

Руководство по обеспечению качества питьевой воды

ЧЕТВЕРТОЕ ИЗДАНИЕ



Всемирная
организация здравоохранения

Руководство по обеспечению качества питьевой воды: 4-е изд. [Guidelines for drinking-water quality - 4th ed.]

ISBN 978-92-4-454815-8

© Всемирная организация здравоохранения, 2017 г.

Некоторые права защищены. Данная работа распространяется на условиях лицензии Creative Commons «С указанием авторства – На некоммерческих условиях – Распространение на тех же условиях» 3.0 IGO (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo>).

По условиям данной лицензии разрешается копирование, распространение и адаптация работы в некоммерческих целях при условии надлежащего цитирования в указанном ниже порядке. В случае какого-либо использования этой работы не должно подразумеваться, что ВОЗ одобряет какую-либо организацию, товар или услугу. Использование эмблемы ВОЗ не разрешается. Результат адаптации работы должен распространяться на условиях такой же или аналогичной лицензии Creative Commons. Переводы настоящего материала на другие языки должны сопровождаться следующим предупреждением и библиографической ссылкой: «Данный перевод не был выполнен Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), и ВОЗ не несет ответственность за его содержание или точность. Аутентичным и подлинным изданием является оригинальное издание на английском языке».

Урегулирование споров, возникающих в связи с лицензией, должно осуществляться в соответствии с правилами по урегулированию споров Всемирной организации интеллектуальной собственности.

Пример оформления библиографической ссылки для цитирования. Руководство по обеспечению качества питьевой воды: 4-е изд. [Guidelines for drinking-water quality - 4th ed.]. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2017 г. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Данные каталогизации перед публикацией (CIP). Данные CIP доступны по ссылке: <http://apps.who.int/iris>.

Приобретение, вопросы авторских прав и лицензирование. Для приобретения публикаций ВОЗ, перейдите по ссылке: <http://apps.who.int/bookorders>. Чтобы направить запрос для получения разрешения на коммерческое использование или задать вопрос об авторских правах и лицензировании, перейдите по ссылке: <http://www.who.int/about/licensing>.

Материалы третьих лиц. Если вы хотите использовать содержащиеся в данной работе материалы, правообладателем которых является третье лицо, вам надлежит самостоятельно выяснить, требуется ли для этого разрешение правообладателя, и, при необходимости, получить у него такое разрешение. Риски возникновения претензий вследствие нарушения авторских прав третьих лиц, материалы которых содержатся в настоящей работе, несет исключительно пользователь.

Оговорки общего характера. Обозначения, используемые в настоящей публикации, и приводимые в ней материалы не отражают какого-либо мнения ВОЗ относительно юридического статуса какой-либо страны, территории, города или района или их органов власти, либо относительно делимитации их границ. Пунктирные линии на географических картах обозначают приблизительные границы, в отношении которых пока еще может быть не достигнуто полное согласие.

Упоминание конкретных компаний или продукции некоторых изготовителей, патентованной или нет, не означает, что ВОЗ поддерживает или рекомендует их, отдавая им предпочтение по сравнению с другими компаниями или продуктами аналогичного характера, не упомянутыми в тексте. За исключением случаев, когда имеют место ошибки и пропуски, названия патентованных продуктов выделяются начальными прописными буквами.

ВОЗ были приняты все разумные меры предосторожности для проверки информации, содержащейся в настоящей публикации. Тем не менее, опубликованные материалы распространяются без какой-либо четко выраженной или подразумеваемой гарантии. Ответственность за интерпретацию и использование материалов ложится на пользователей. ВОЗ ни в коем случае не несет ответственности за ущерб, связанный с использованием этих материалов.

Содержание

Предисловие	xiv
Выражение признательности	xvii
Акронимы и сокращения, используемые в тексте	xix
1 Введение	1
1.1 Общие соображения и принципы	1
1.1.1 Механизм обеспечения безопасности питьевой воды	3
1.1.2 Аспекты микробного загрязнения	4
1.1.3 Дезинфекция	6
1.1.4 Химические аспекты	6
1.1.5 Радиационные аспекты	7
1.1.6 Аспекты приемлемости: вкус, запах и вид	8
1.2 Роли и обязанности в обеспечении безопасности питьевой воды	8
1.2.1 Надзор и контроль качества	9
1.2.2 Органы общественного здравоохранения	10
1.2.3 Местные органы управления	12
1.2.4 Управление водными ресурсами	13
1.2.5 Органы снабжения питьевой водой	14
1.2.6 Регулирование силами общины	15
1.2.7 Продавцы воды	16
1.2.8 Индивидуальные потребители	16
1.2.9 Агентства по сертификации	17
1.2.10 Водопроводная система	18
1.3 Вспомогательные ресурсы для Руководства	19
1.3.1 Опубликованные документы	19
1.3.2 Сети по наращиванию потенциала	19
2 Концептуальная основа осуществления Руководства	20
2.1 Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья	21
2.2 Планы обеспечения безопасности воды	23
2.2.1 Оценка и разработка систем	24
2.2.2 Оперативный (рабочий) мониторинг	25
2.2.3 Планы управления, документальное оформление и информационное обеспечение	26
2.3 Надзор	27
2.4 Проверка (верификация) качества питьевой воды	28
2.4.1 Качество воды с точки зрения микробного загрязнения	28

2.4.2	Качество воды с точки зрения химического загрязнения.....	28
2.5	Определение приоритетных проблем.....	29
2.5.1	Проведение оценки качества питьевой воды.....	31
2.5.2	Оценка приоритетов с точки зрения микробного загрязнения.....	32
2.5.3	Оценка приоритетов с точки зрения химического загрязнения.....	32
2.6	Разработка стандартов качества питьевой воды.....	33
2.6.1	Адаптация нормативных значений к стандартам, актуальным для данной местности.....	34
2.6.2	Периодический обзор и пересмотр стандартов.....	34
2.7	Нормативное регулирование качества питьевой воды и соответствующие меры политики и программы.....	35
2.7.1	Нормативное регулирование.....	35
2.7.2	Сопутствующие политика и программы.....	36
3	Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья	
3.1	Установление целевых показателей исходя из требований охраны здоровья.....	39
3.2	Количество лет жизни, скорректированных на инвалидность, приемлемое бремя болезней и эталонный уровень риска.....	41
3.3	Виды целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья.....	43
3.3.1	Целевые показатели результатов мер по охране здоровья.....	46
3.3.2	Целевые показатели обеспечения качества воды.....	46
3.3.3	Целевые показатели эффективности действий.....	48
3.3.4	Целевые показатели, связанные с конкретной технологией.....	49
4	Планы обеспечения безопасности воды.....	50
4.1	Оценка и разработка систем.....	55
4.1.1	Новые системы.....	56
4.1.2	Сбор и оценка имеющихся данных.....	56
4.1.3	Охрана ресурсов и источников воды.....	59
4.1.4	Очистка.....	61
4.1.5	Водопроводные системы распределения.....	63
4.1.6	Неводопроводные, общинные и частные системы.....	65
4.1.7	Валидация.....	66
4.1.8	Модернизация и совершенствование.....	68
4.2	Оперативный (рабочий) мониторинг и обеспечение контроля.....	68
4.2.1	Определение системных мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению).....	69
4.2.2	Выбор параметров для оперативного (рабочего) мониторинга.....	69
4.2.3	Установление рабочих и критических пределов.....	71
4.2.4	Неводопроводные, общинные и частные системы.....	72
4.3	Проверка (верификация).....	72

СОДЕРЖАНИЕ

4.3.1	Проверка (верификация) качества воды с точки зрения микробного загрязнения.....	73
4.3.2	Проверка (верификация) качества воды с точки зрения химического загрязнения.....	74
4.3.3	Источник воды.....	75
4.3.4	Трубопроводные системы распределения.....	75
4.3.5	Общинные системы.....	76
4.3.6	Обеспечение качества и контроль качества.....	76
4.3.7	Планы обеспечения безопасности воды.....	78
4.4	Процедуры управления для водопроводных систем распределения.....	78
4.4.1	Предсказуемые аварийные ситуации ("отклонения").....	80
4.4.2	Непредвиденные аварии.....	80
4.4.3	Чрезвычайные ситуации.....	80
4.4.4	Подготовка плана мониторинга.....	81
4.4.5	Вспомогательные программы.....	82
4.5	Регулирование водоснабжения в общинах и домохозяйствах.....	83
4.6	Документальное оформление и информационное обеспечение.....	84
4.7	Плановый обзор.....	85
4.7.1	Периодический обзор.....	85
4.7.2	Обзоры после аварийных ситуаций.....	86
5	Надзор.....	87
5.1	Категории методик.....	88
5.1.1	Аудит.....	89
5.1.2	Прямая оценка.....	90
5.2	Адаптация методик к конкретным условиям.....	91
5.2.1	Городские районы в развивающихся странах.....	91
5.2.2	Общинные системы питьевого водоснабжения.....	91
5.2.3	Системы очистки и хранения воды в домашних условиях.....	93
5.3	Соответствие водоснабжения нормам.....	93
5.3.1	Количество (уровень обеспеченности услугами).....	93
5.3.2	Доступность.....	95
5.3.3	Ценовая доступность.....	96
5.3.4	Непрерывность.....	97
5.4	Планирование и осуществление.....	97
5.5	Отчетность и информационное обеспечение.....	100
5.5.1	Взаимодействие с местным населением и потребителями.....	101
5.5.2	Региональное использование данных.....	101
6	Применение Руководства в конкретных условиях.....	105
6.1	Изменение климата, нехватка воды и сильные осадки.....	105
6.2	Сбор дождевой воды.....	106
6.3	Торговля водой.....	108
6.4	Оптовые поставки воды.....	109
6.5	Системы опреснения.....	110
6.6	Системы раздельной подачи питьевой и технической воды.....	112
6.7	Чрезвычайные ситуации и бедствия.....	113
6.8	Системы временного водоснабжения.....	115
6.9	Здания.....	118

6.10	Учреждения здравоохранения.....	121
6.11	Безопасная питьевая вода для лиц, совершающих поездку	122
6.12	Воздушные суда и аэропорты	127
6.13	Суда	128
6.14	Упакованная питьевая вода.....	130
6.15	Производство и обработка пищевых продуктов	132
7	Микробиологические аспекты	134
7.1	Микробные опасные факторы, связанные с питьевой водой.....	134
7.1.1	Инфекции, передаваемые через воду.....	135
7.1.2	Вновь возникающие проблемы	140
7.1.3	Жизнеспособность и размножение в воде.....	141
7.1.4	Медико-санитарные аспекты.....	141
7.2	Установление целевых показателей исходя из требований охраны здоровья.....	142
7.2.1	Применение целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, к микробным опасным факторам	142
7.2.2	Контрольные патогены.....	143
7.2.3	Количественная оценка микробиологического риска.....	146
7.2.4	Установление целевых показателей эффективности на основе оценки риска	152
7.2.5	Представление результатов расчета целевых показателей эффективности	154
7.2.6	Адаптация к местным условиям процесса установления целевых показателей эффективности на основе оценки риска.....	154
7.2.7	Целевые показатели результатов мер по охране здоровья	156
7.3	Распространенность патогенов в воде и способы их удаления	157
7.3.1	Распространенность.....	157
7.3.2	Обработка	159
7.4	Мониторинг содержания микроорганизмов	170
7.5	Методы обнаружения микроорганизмов – индикаторов фекального загрязнения.....	173
7.6	Определение мероприятий на местах при возникновении проблем и чрезвычайных ситуаций, связанных с микробиологическими параметрами качества воды.....	174
7.6.1	Рекомендации по кипячению воды	174
7.6.2	Мероприятия по завершении инцидента.....	177
8	Химические аспекты	178
8.1	Вредные химические вещества в питьевой воде.....	179
8.2	Расчет нормативных величин для химических веществ.....	181
8.2.1	Применяемые подходы	183
8.2.2	Химические вещества порогового действия	183
8.2.3	Химические вещества, оказывающие непороговое воздействие.....	189
8.2.4	Качество данных	190
8.2.5	Временные нормативные величины	191

СОДЕРЖАНИЕ

8.2.6	Химические вещества, влияющие на приемлемость.....	191
8.2.7	Химические вещества, не включенные в Руководство	191
8.2.8	Смеси.....	192
8.2.9	Адаптация нормативных величин к местным условиям	192
8.3	Аналитическая достижимость.....	193
8.4	Обработка.....	195
8.4.1	Эффективность обработки/очистки	196
8.4.2	Побочные продукты дезинфекции – меры контроля за процессом	198
8.4.3	Обработка в целях борьбы с коррозией.....	200
8.4.4	Обработка в домашних условиях	201
8.5	Нормативные величины для отдельных химических веществ, сгруппированных по происхождению.....	202
8.5.1	Химические вещества природного происхождения.....	202
8.5.2	Химические вещества из промышленных источников и жилого сектора.....	204
8.5.3	Химические вещества, применяемые в сельском хозяйстве.....	206
8.5.4	Химические вещества, используемые при обработке воды или высвобождающиеся в результате контакта материалов с питьевой водой	210
8.5.5	Химические вещества, вызывающие обеспокоенность	215
8.6	Пестициды, используемые в воде в интересах общественного здравоохранения.....	216
8.7	Определение местных ответных мер на проблемы и чрезвычайные ситуации, связанные с химическими параметрами качества воды	219
8.7.1	Основания для принятия мер.....	221
8.7.2	Изучение ситуации	221
8.7.3	Установление контактов с соответствующими лицами.....	221
8.7.4	Информирование общественности	222
8.7.5	Оценка значимости для общественного здравоохранения и отдельных лиц	222
8.7.6	Определение надлежащих мер	226
8.7.7	Приемлемость для потребителей	226
8.7.8	Принятие мер по устранению последствий, недопущение рецидивов и корректировка плана обеспечения безопасности воды	227
8.7.9	Смеси.....	227
8.7.10	Рекомендации по отказу от использования воды	227
9	Радиационные аспекты.....	230
9.1	Источники радиационного излучения и его воздействие на здоровье.....	231
9.1.1	Радиационное воздействие при потреблении питьевой воды	233
9.1.2	Последствия для здоровья, вызванные радиационным облучением при потреблении питьевой воды.....	233
9.2	Обоснование скрининговых и нормативных уровней	234
9.3	Мониторинг и оценка растворенных радионуклидов.....	235
9.3.1	Скрининг запасов питьевой воды	237

9.3.2	Стратегия оценки питьевой воды в случае превышения скрининговых уровней	237
9.3.3	Стратегия оценки питьевой воды в случае превышения нормативных уровней	238
9.3.4	Частота отбора проб	239
9.4	Нормативные уровни для радионуклидов, часто обнаруживаемых в питьевой воде.....	239
9.5	Методы анализа	241
9.5.1	Измерение концентрации общей альфа- и общей бета-радиоактивности	241
9.5.2	Измерение содержания конкретных радионуклидов	242
9.6	Восстановительные меры	242
9.7	Радон.....	243
9.7.1	Радон в атмосфере и воде.....	243
9.7.2	Риски для здоровья из-за воздействия радона	244
9.7.3	Рекомендации в отношении радона, содержащегося в запасах питьевой воды	244
9.7.4	Измерение содержания радона в питьевой воде.....	245
9.7.5	Снижение концентрации радона в питьевой воде.....	245
9.8	Оповещение о рисках.....	246
9.8.1	Отчеты о результатах	246
9.8.2	Оповещение о факторах риска	246
10	Аспекты приемлемости: вкус, запах и внешний вид.....	247
10.1	Загрязнители биологического происхождения.....	249
	Актиномицеты и грибки.....	249
	Цианобактерии и водоросли	249
	Беспозвоночные.....	249
	Железобактерии	250
10.2	Загрязнители химического происхождения.....	251
	Алюминий.....	251
	Аммиак.....	251
	Хлорамины.....	251
	Хлорид.....	251
	Хлор.....	252
	Хлорбензолы.....	252
	Хлорфенолы.....	252
	Цветность	252
	Медь.....	253
	Растворенный кислород.....	253
	Этилбензол.....	253
	Жесткость.....	254
	Сульфид водорода.....	254
	Железо	254
	Марганец.....	255
	Нефтяные масла	255
	pH и коррозия	255
	Натрий.....	256
	Стирол	256

СОДЕРЖАНИЕ

	Сульфат	256
	Синтетические моющие средства.....	256
	Толуол	256
	Общее содержание растворенных твердых веществ	256
	Мутность	257
	Ксилолы	258
	Цинк.....	258
10.3	Решение проблем, связанных со вкусом, запахом и внешним видом	259
10.4	Температура.....	259
11	Справочные материалы по микроорганизмам	260
11.1	Бактериальные патогены	261
	<i>Acinetobacter</i>	261
	<i>Aeromonas</i>	263
	<i>Bacillus</i>	264
	<i>Burkholderia pseudomallei</i>	265
	<i>Campylobacter</i>	267
	<i>Enterobacter sakazakii</i>	268
	Патогенные штаммы <i>Escherichia coli</i>	269
	<i>Helicobacter pylori</i>	271
	<i>Klebsiella</i>	272
	<i>Legionella</i>	273
	<i>Leptospira</i>	275
	Микобактерия.....	277
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	279
	<i>Salmonella</i>	281
	<i>Shigella</i>	282
	<i>Staphylococcus aureus</i>	284
	<i>Tsukamurella</i>	285
	<i>Vibrio</i>	286
	<i>Yersinia</i>	288
11.2	Вирусные патогены	289
	Аденовирусы	290
	Астровирусы	292
	Калицивирусы	293
	Энтеровирусы	294
	Вирус гепатита А.....	296
	Вирус гепатита Е.....	297
	Ротавирусы и орторевовирусы	299
11.3	Протозойные патогены	301
	<i>Акантамеба</i>	301
	<i>Balantidium coli</i>	303
	<i>Blastocystis</i>	304
	<i>Cryptosporidium</i>	306
	<i>Cyclospora cayetanensis</i>	307
	Дизентерийная амеба.....	309
	<i>Giardia intestinalis</i>	310
	<i>Isospora belli</i>	312
	Микроспоридия.....	313

	<i>Naegleria fowleri</i>	315
	<i>Toxoplasma gondii</i>	317
11.4	Патогенные гельминты	318
	<i>Dracunculus medinensis</i>	319
	<i>Fasciola spp.</i>	320
	Свободноживущие нематоды	322
	<i>Schistosoma spp.</i>	324
11.5	Токсичные цианобактерии	327
11.6	Индикаторные организмы	329
	Общие колиформные бактерии	329
	<i>Escherichia coli</i> и термотолерантные колиформные бактерии	330
	Определение количества микроорганизмов чашечным методом	332
	Желудочно-кишечные энтерококки	333
	<i>Clostridium perfringens</i>	335
	Колифаги	336
	Фаги <i>Bacteroides fragilis</i>	338
	Энтеровирусы	340
12	Справочные материалы по химическим веществам	342
12.1	Химические загрязнители в питьевой воде	342
	Акриламид	342
	Алахлор	344
	Алдикарб	344
	Альдрин и дильдрин	345
	Алюминий	346
	Аммиак	349
	Сурьма	349
	Мышьяк	351
	Асбест	354
	Атразин и его метаболиты	355
	Барий	357
	Бентазон	358
	Бензол	358
	Бериллий	359
	Бор	360
	Бромат-анион	361
	Бромид-анион	362
	Бромированные уксусные кислоты	363
	Кадмий	364
	Карбарил	365
	Карбофуран	365
	Тетрахлорид углерода	366
	Хлоральгидрат	367
	Хлорамины (моноклорамин, дихлорамин, трихлорамин)	368
	Хлордан	370
	Хлорид-анион	371

СОДЕРЖАНИЕ

Хлор.....	371
Хлорит-ион и хлорат-ион	372
Хлорацетоны.....	374
Хлорфенолы (2-хлорфенол, 2,4-дихлорфенол, 2,4,6- трихлорфенол).....	374
Хлорпикрин	375
Хлортолурон	376
Хлорпирифос	376
Хром	377
Медь.....	378
Цианазин	379
Цианид-анион	380
Токсины, выделяемые цианобактериями: микроцистин-LR	382
Хлорциан.....	384
2,4-D	385
2,4-DB.....	386
ДДТ и его метаболиты.....	387
Диалкилстаннаны.....	388
1,2-дибром-3-хлорпропан.....	389
1,2-дибромэтан	389
Дихлоруксусная кислота	391
Дихлорбензолы (1,2-дихлорбензол, 1,3-дихлорбензол, 1,4-дихлорбензол)	391
1,1-дихлорэтан.....	393
1,2-дихлорэтан.....	393
1,1-дихлорэтен.....	394
1,2-дихлорэтен.....	395
Дихлорметан.....	396
1,2-дихлорпропан	397
1,3-дихлорпропан.....	398
1,3-дихлорпропен	398
Дихлорпроп.....	399
Ди-(2-этилгексил)-адипинат	399
Ди-(2-этилгексил)-фталат.....	400
Диметоат	401
1,4-диоксан.....	402
Дикват	403
Эдетовая кислота.....	403
Эндосульфан.....	404
Эндрин.....	405
Эпихлоргидрин.....	406
Этилбензол.....	407
Фенитроцион.....	407
Фенопроп	408
Фторид-ион	409
Формальдегид.....	413
Глифосат и АМРА.....	413

Галогензамещенные ацетонитрилы (дихлорацетонитрил, дибромацетонитрил, бромхлорацетонитрил, трихлорацетонитрил).....	414
Жесткость.....	416
Гептахлор и гептахлор эпоксид.....	417
Гексахлорбензол.....	418
Гексахлорбутадиен.....	419
Сероводород.....	419
Неорганическое олово.....	420
Йод.....	421
Железо.....	421
Изопротурон.....	422
Свинец.....	423
Линдан.....	425
Малатион.....	424
Марганец.....	427
МХФУК.....	428
Мекопроп.....	428
Ртуть.....	429
Метоксихлор.....	430
Метилпаратион.....	431
Метил-трет-бутиловый эфир.....	432
Метолахлор.....	433
Молинат.....	434
Молибден.....	435
Монохлоруксусная кислота.....	435
Монохлорбензол.....	436
МХ.....	436
Никель.....	437
Нитрат и нитрит.....	438
Нитрилотриуксусная кислота.....	444
Нитробензол.....	445
N-нитрозодиметиламин.....	446
Паратион.....	448
Пендиметалин.....	448
Пентахлорфенол.....	449
Нефтепродукты.....	450
pH.....	451
2-фенилфенол и его натриевая соль.....	451
Полициклические ароматические углеводороды.....	452
Калий.....	454
Пропанил.....	455
Селен.....	455
Серебро.....	457
Симазин.....	457
Натрий.....	458
Дихлоризоцианурат натрия.....	459
Стирол.....	460
Сульфат.....	461

СОДЕРЖАНИЕ

2,4,5-Т.....	462
Тербутилазин.....	463
Тетрахлорэтен.....	463
Общее содержание растворенных твердых веществ.....	465
Трихлоруксусная кислота.....	466
Трихлорбензолы (общее содержание).....	466
1,1,1-трихлорэтан.....	467
Трихлорэтен.....	468
Трифторалин.....	469
Тригалогенметаны (бромформ, бромдихлорметан, хлороформ, дибромхлорметан).....	470
Уран.....	473
Винилхлорид.....	474
Ксилолы.....	475
Цинк.....	476
12.2 Пестициды, применяемые для борьбы с переносчиками инфекции в источниках питьевой воды и емкостях для воды.....	477
<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>	477
Дифторбензурон.....	478
Метопрен.....	479
Новалурон.....	480
Перметрин.....	481
Пиримифос-метил.....	482
Пирипроксифен.....	483
Спиносад.....	484
Темефос.....	485
Приложение 1 Вспомогательная документация к Руководству.....	487
Приложение 2 Ссылки на процитированные источники.....	492
Приложение 3 Сводные таблицы химических веществ.....	505
Приложение 4 Аналитические методы и техническая возможность определения веществ.....	513
Приложение 5 Методы и показатели очистки.....	522
Приложение 6 Вспомогательная информация о радионуклидах.....	542
Приложение 7 Лица, внесшие вклад в подготовку четвертого издания <i>Руководства по обеспечению качества питьевой воды</i>	546
Индекс.....	555

Предисловие

Доступ к безопасной питьевой воде имеет ключевое значение для здоровья, является одним из основных прав человека и составной частью эффективной политики в области охраны здоровья.

Важность водоснабжения, санитарии и гигиены для здоровья и развития нашла свое отражение в результатах ряда международных форумов по вопросам политики. В их число входят такие посвященные вопросам здравоохранения конференции, как Международная конференция по первичной медико-санитарной помощи, проведенная в Алма-Ате, Казахстан (бывший Советский Союз), в 1978 г., такие конференции по проблемам водоснабжения, как Всемирная конференция по водоснабжению в Мардель-Плата, Аргентина (1977 г.), которая положила начало десятилетию водоснабжения и санитарии (1981–1990 гг.), а также Цели тысячелетия в области развития, принятые Генеральной Ассамблеей Организации Объединенных Наций (ООН) в 2000 г., и результаты Всемирной встречи на высшем уровне по устойчивому развитию в Йоханнесбурге в 2002 г. Генеральная Ассамблея ООН объявила период с 2005 по 2015 г. Международным десятилетием действий "Вода для жизни". Недавно Генеральная Ассамблея ООН провозгласила право на безопасную и чистую питьевую воду и санитарии правом человека, необходимым для пользования в полной мере жизненными благами и осуществления всех других прав человека.

Доступ к безопасной питьевой воде имеет важное значение как вопрос охраны здоровья и развития на национальном, региональном и местном уровнях. В некоторых регионах удалось наглядно доказать, что инвестиции в водоснабжение и санитарии могут обернуться чистыми экономическими выгодами, поскольку снижение пагубного воздействия на здоровье и затрат на оказание медико-санитарной помощи значительно превышают затраты на осуществление мер вмешательства. Это относится к инвестициям в различные сферы – от основной инфраструктуры водоснабжения до очистки воды в домах. Опыт также показал, что меры вмешательства в целях улучшения доступа к безопасной воде в первую очередь отвечают интересам малообеспеченного населения, будь то в сельских районах или городах, и могут являться эффективной частью стратегий по сокращению масштабов бедности.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) опубликовала в 1983–1984 гг., 1993–1997 гг. и 2004 г. три издания *Руководства по обеспечению качества питьевой воды*, ставшие продолжением предыдущих *Международных стандартов ВОЗ по питьевой воде*, изданных в 1958, 1963 и 1971 гг. С 1995 г. Руководство регулярно пересматривается и обновляется, и в рамках этого процесса регулярно публикуются дополнения, в которых содержатся данные, дополняющие или заменяющие собой информацию в предыдущих изданиях, а также предваряющие подготовку Руководства экспертные оценки по ключевым проблемам.

Руководство процессом подготовки четвертого издания осуществлял Отдел питьевой воды, санитарии, гигиены и здоровья, работающий в штаб-квартире ВОЗ.

Материалы по опасным химическим веществам были предоставлены Программой по химической безопасности, а материалы по факторам радиационной опасности – Отделом по радиационному состоянию и гигиене окружающей среды. В работе принимали участие все шесть региональных бюро ВОЗ при постоянных консультациях с государствами-членами.

В настоящее издание *Руководства по обеспечению качества питьевой воды* включено опубликованное в 2004 году третье издание, а также первое дополнение к третьему изданию, опубликованное в 2006 году, и второе дополнение к третьему изданию, опубликованное в 2008 году. Настоящее издание заменяет собой предыдущие издания *Руководства* и *Международные стандарты*.

В этом издании *Руководства* далее развиваются концепции, подходы и информация, содержащиеся в предыдущих изданиях, и в том числе впервые изложенный в третьем издании комплексный подход к профилактическому управлению риском в целях обеспечения качества питьевой воды. Предметом рассмотрения в нем являются такие вопросы, как:

- безопасность питьевой воды, и в том числе минимальные требования к процедурам и конкретные нормативные величины, а также порядок их использования;
- подходы к практическому осуществлению *Руководства*, в том числе к применению приводимых в нем нормативных величин;
- опасные микробные факторы, которые по-прежнему являются проблемой первостепенной важности как в развивающихся, так и в развитых странах. Опыт показал ценность системного подхода к обеспечению микробной безопасности. Данное издание исходит из изложенных в третьем издании принципов профилактики в целях обеспечения микробной безопасности питьевой воды путем применения подхода множественных барьеров, уделяя при этом особое внимание важности защиты источников воды;
- изменение климата, которое влечет за собой изменение температуры воды и характера осадков, сильные и длительные засухи или усиление наводнений, а также его воздействие на качество воды и ее запасы. Отмечается необходимость управления этими последствиями в рамках стратегий рационального водопользования;
- химические вещества, загрязняющие питьевую воду, в том числе данные о химических веществах, не рассматривавшихся ранее, например о пестицидах, применяемых для борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде; пересмотр нынешних сводов данных о химических веществах с учетом новой научной информации; а в некоторых случаях – сокращение в новом *Руководстве* объема информации о веществе в том случае, если в связи с новыми данными внимание к нему можно ослабить;
- те основные химические вещества, которые, воздействуя через питьевую воду, вызывают серьезные последствия для здоровья, в том числе мышьяк, фтористые соединения, нитраты, свинец, селен и уран, и рекомендации по выявлению и решению местных приоритетных проблем;
- важная роль, которую играют различные заинтересованные стороны в обеспечении безопасности питьевой воды. В настоящем издании продолжено рассмотрение ролей и зон ответственности ключевых заинтересованных сторон в обеспечении качества питьевой воды;
- рекомендации по ситуациям, выходящим за рамки традиционных систем водоснабжения в местных сообществах или коммунальных услуг, например по

ПРЕДИСЛОВИЕ

сбору дождевой воды и водоснабжению из открытых источников или по отдельным поставкам питьевой и хозяйственной воды по трубопроводам.

Данное издание Руководства сопровождается рядом сопутствующих публикаций. К их числу относятся прошедшие международное рецензирование экспертные оценки риска в отношении конкретных химических веществ (см. перечень справочных документов к [главе 12](#) в [Приложении 2](#)) и другие публикации, в которых излагаются научные основы разработки Руководства и даются рекомендации по наиболее эффективной практике их применения (см. [Приложение 1](#)). В томе 3 *Руководства по обеспечению качества питьевой воды – Надзор и контроль за коммунальными системами водоснабжения* (1997 г.) – приводятся рекомендации по передовым методам контролирования, мониторинга и оценки качества питьевой воды в коммунальных системах водоснабжения.

Данное Руководство адресовано в первую очередь регулирующим органам систем водоснабжения и здравоохранения, директивным органам и их консультантам в целях оказания помощи в разработке национальных стандартов. Руководство и связанные с ним документы также используются многими другими в качестве источника информации по вопросам обеспечения качества воды и охраны здоровья, а также по эффективным подходам к управлению.

По мнению Механизма Организации Объединенных Наций по водным ресурсам – органа, координирующего деятельность 24 учреждений и программ ООН, занимающихся проблемами воды, Руководство отражает позицию системы ООН по вопросам качества питьевой воды и здоровья.

Выражение признательности

Подготовка четвертого издания *Руководства по обеспечению качества питьевой воды* и сопровождающей документации заняла более пяти лет и проходила при участии сотен экспертов из многих развивающихся и развитых стран. Выражаем глубокую признательность за содействие всем, кто принимал участие в работе над четвертым изданием, включая всех тех, чьи имена перечислены в Приложении 7.

Огромный вклад в подготовку четвертого издания внесли следующие координаторы рабочей группы и другие члены Комитета по обеспечению качества питьевой воды:

Д-р F. Ahmed, Бангладешский университет инженерного дела и технологий, Бангладеш (*Малые системы*)

Д-р I. Chorus, Федеральное агентство по охране окружающей среды, Германия (*Охрана ресурсов и источников воды*)

Д-р J. Cotruvo, Joseph Cotruvo & Associates/Международный центр сотрудничества NSF, США (*Материалы и химические вещества, применяемые в производстве и распределении питьевой воды*)

Д-р D. Cunliffe, Департамент здравоохранения, Австралия (*Общественное здравоохранение*)

Д-р A.M. de Roda Husman, Национальный институт общественного здравоохранения и охраны окружающей среды (RIVM), Нидерланды (*Вирусы и оценка риска*)

Д-р T. Endo, Министерство здравоохранения, труда и благосостояния, Япония (*Паразиты*)

Г-н J.K. Fawell, независимый консультант, Соединенное Королевство (*Природные и промышленные загрязняющие вещества и Пестициды*)

Г-жа M. Giddings, Министерство здравоохранения, Канада (*Дезинфицирующие вещества и побочные продукты дезинфекции*)

Д-р G. Howard, Британская высокая комиссия, Индия (*Мониторинг и оценка*)

Г-н P. Jackson, WRc-NSF Ltd, Соединенное Королевство (*Химические вещества – практические аспекты*)

Д-р S. Kumar, Малайский университет, Малайзия (*Простейшие и управление риском*)

Д-р S. Kunikane, Институт экологии, Япония (*Операции и Сеть материально-технического обслуживания*)

Профессор Y. Magara, Университет Хоккайдо, Япония (*Аналитические аспекты*)

Д-р A.V.F. Ngowi, Университет медицинских и смежных наук Мухимбили, Объединенная Республика Танзания (*Пестициды*)

Д-р E. Ohanian, Агентство по охране окружающей среды, США (*Дезинфицирующие вещества и побочные продукты дезинфекции*)

ВЫРАЖЕНИЕ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ

Д-р С.N. Ong, Национальный университет Сингапура, Сингапур (*Вновь возникающие факторы химической опасности*)

Г-н О. Schmoll, Федеральное агентство по охране окружающей среды, Германия (*План обеспечения безопасности питьевой воды: наращивание потенциала и мониторинг*)

Профессор М. Sobsey, Университет Северной Каролины, США (*Управление риском*)

Координатором от ВОЗ являлся г-н В. Gordon, штаб-квартира ВОЗ, содействие которому оказывал г-н Р. Callan из Национального совета по вопросам здравоохранения и медицинских исследований, Австралия. Г-жа С. Vickers и д-р А. Tritscher обеспечивали важные контакты с международными программами оценки химических рисков в штаб-квартире ВОЗ. Д-р М. Perez работал в качестве представителя Программы радиационного состояния и гигиены окружающей среды, штаб-квартира ВОЗ. Д-р М. Zaim, Система по оценке пестицидов, штаб-квартира ВОЗ, предоставил данные по пестицидам, добавляемым в питьевую воду в интересах защиты здоровья населения. Координатор по вопросам воды, санитарии, гигиены и охраны здоровья, штаб-квартира ВОЗ (прежде Jamie Bartram, а с 2009 г. – Robert Vos), осуществлял стратегическое руководство в течение всего процесса работы.

Г-жа Р. Ward оказывала неоценимую административную поддержку в период подготовки к печати и публикации. Г-жа М. Sheffer, Оттава, Канада, отвечала за научное редактирование материала.

Свой вклад в подготовку Руководства внесли ряд представителей разных стран. Выражаем огромную благодарность всем, чьи усилия содействовали подготовке настоящего документа, и прежде всего тем, кто высказал свои замечания в порядке экспертного или общественного рецензирования.

Подготовка данного Руководства была бы невозможной без щедрой финансовой поддержки следующих организаций, которым выражается глубокая признательность: Австралийское агентство по международному развитию и сотрудничеству, Министерство здравоохранения, Канада, Федеральное министерство здравоохранения Германии, Министерство здравоохранения, труда и благосостояния Японии, Министерство окружающей среды и водных ресурсов, Республика Сингапур, и Агентство Соединенных Штатов по охране окружающей среды.

Акронимы и сокращения, используемые в тексте

2,4-D	2,4-D	(2,4-дихлорфенокси)уксусная кислота
2,4-DB	2,4-DB	4-(2,4-дихлорфенокси)бутановая кислота
2,4-DP	2,4-DP	дихлорпроп
2,4,5-T	2,4,5-T	(2,4,5-трихлорфенокси)уксусная кислота
2,4,5-TP	2,4,5-TP	2,4,5-трихлорфеноксипропионовая кислота; фенопроп
AAS	ААС	атомно-абсорбционная спектрометрия
Absor	Абсор	абсорбциометрия
ADI	ПУСП	приемлемый уровень суточного потребления
AES	АЭС	атомно-эмиссионная спектрометрия
AIDS	СПИД	синдром приобретенного иммунодефицита
AMPA	АМРА	аминометилфосфоновая кислота
ARfD	БУОВ	безопасный уровень острого воздействия
BDCM	БДХМ	бромдихлорметан
BMD	ОД	ориентировочная доза
BMDL	ОДНДП	ориентировочная доза нижнего доверительного предела
BTEX	БТЭК	бензол, толуол, этилбензол и ксилолы
Bti	Bti	<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>
bw	MT	масса тела
CAS	CAS	Служба подготовки аналитических обзоров по химии
Col	Кол	колориметрический анализ
CSAF	ПККХВ	поправочный коэффициент для конкретного химического вещества
Ct	Кв	произведение концентрации дезинфицирующего вещества и времени контакта
DAEC	DAEC	диффузно-адгерентная <i>E. coli</i>
DALY	DALY	количество лет жизни, скорректированных на инвалидность
DBCM	ДБХМ	дибромхлорметан
DBCP	ДБХП	1,2-дибром-3-хлорпропан
DBP	ППД	побочный продукт дезинфекции

РУКОВОДСТВО ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

DCA	ДХУК	дихлоруксусная кислота
DCB	ДХБ	дихлорбензолы
DCP	ДХП	дихлорпропан
DDT	ДДТ	дихлордифенилтрихлорэтан
DEHA	ДЭГА	ди(2-этилгексил)-адипинат
DEHP	ДЭГФ	ди(2-этилгексил)-фталат
DNA	ДНК	дезоксирибонуклеиновая кислота
EAAS	ЭТААС	электротермическая атомно-абсорбционная спектрометрия
EAEC	EAEC	энтероагрегативная <i>E. coli</i>
ECD	ЭЗД	электронно-захватный детектор
EDTA	ЭДТУ	этилендиаминтетрауксусная кислота; эдетовая кислота
EHEC	EHEC	энтерогеморрагическая <i>E. coli</i>
EIEC	EIEC	энтероинвазивная <i>E. coli</i>
ELISA	ИСАФМ	иммуносорбентный анализ с ферментной меткой
EPES	EPES	энтеропатогенная <i>E. coli</i>
ETEC	ETEC	энтеротоксигенная <i>E. coli</i>
FAAS	ПААС	пламенная атомно-абсорбционная спектрометрия
FAO	ФАО	Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций
FD	ФД	флуоресцентный детектор
FID	ПИД	пламенно-ионизационный детектор
FPD	ПФД	пламенно-фотодиодный детектор
GAC	ГАУ	гранулированный активированный уголь
GC	ГХ	газовая хроматография
GL	НУ	нормативный уровень (используемый в отношении радионуклидов в питьевой воде)
GV	НВ	нормативная величина
НАА	ГУК	галогензамещенная уксусная кислота
HAV	ВГА	вирус гепатита А
НСВ	ГХБ	гексахлорбензол
НСВД	ГХБД	гексахлорбутадиен
НСН	ГХЦГ	гексахлорциклогексаны
HEV	ВГЕ	вирус гепатита Е
HIV	ВИЧ	вирус иммунодефицита человека
НРС	НРС	определение количества микроорганизмов чашечным методом
HPLC	ВЭЖХ	высокоэффективная жидкостная хроматография
IARC	МАИР	Международное агентство по изучению рака
IC	ИХ	ионообменная хроматография
ICP	ИСП	индуктивно-связанная плазма

АКРОНИМЫ И СОКРАЩЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ТЕКСТЕ

ICRP	МКРЗ	Международная комиссия по радиационной защите
IDC	КИД	критерий индивидуальной дозы
IPCS	МПХБ	Международная программа по химической безопасности
IQ	IQ	коэффициент умственного развития
ISO	ИСО	Международная организация по стандартизации
JECFA	ОКЭПД	Объединенный комитет экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам
JMPR	ССОКП	Совместное совещание ФАО/ВОЗ по остаточным количествам пестицидов
LC	ЖФХ	жидкофазная хроматография
LOAEL	ПУВВ	пороговый уровень вредного воздействия
LRV	LRV	уменьшение содержания микроорганизмов в логарифмических единицах (\log_{10})
MCB	МХБ	моноклорбензол
MCPA	МХФУК	(2-метил-4-хлорфенокси)уксусная кислота
MCPB	МХФБ	2,4-МСПВ; 4-(4-хлор- <i>o</i> -толилокси)масляная кислота; 4-(2-метил-4-хлорфенокси)бутановая кислота
MCPP	МХФП	2(2-метил-4-хлорфенокси)пропионовая кислота; мекопроп
MMT	ММТ	метилциклопентадиенила марганца трикарбонил
MS	МС	масс-спектрометрия
MTBE	МТБЭ	метил-трет-бутиловый эфир
MX	МХ	3-хлор-4-дихлорметил-5-гидрокси-(5H)-фуран-2-он
NDMA	NDMA	<i>N</i> -нитрозодиметиламин
NOAEL	УНВВНИ	уровень, не вызывающий видимых неблагоприятных изменений
NOEL	УНВ	уровень ненаблюдаемого воздействия
NTA	НТУК	нитрилтриуксусная кислота
NTP	НПТ	Национальная программа по токсикологии (США)
NTU	НЕМ	нефелометрическая единица мутности
PAC	ПАУ	порошковый активированный уголь
PAH	ПАУ	полициклический ароматический углеводород
PCP	ПХФ	пентахлорфенол
PCR	ПЦР	полимеразная цепная реакция
PD	ФИД	фотоионизационный детектор
PMTDI	УПМСП	условно переносимое максимальное суточное поступление
PPA	ТПФФ	тест на протеинфосфатазы
PT	ПУ	продувка и улавливание
PTDI	УПСП	условно переносимое суточное поступление
PTMI	УПМП	условно переносимое месячное поступление
PTWI	УПНП	условно переносимое недельное поступление
PVC	ПВХ	поливинилхлорид

РУКОВОДСТВО ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

QMRA	КОМР	количественная оценка микробиологического риска
RNA	РНК	рибонуклеиновая кислота
SI	СИ	Международная система единиц
SODIS	СОДИС	дезинфекция воды с использованием энергии солнца
sp.	В	вид (ед. ч.)
spp.	Вд	виды (мн. ч.)
subsp.	Пдв	подвид (ед. ч.)
TBA	ТБА	тербутилазин
TCB	ТХБ	трихлорбензол
TCU	ЕИЦ	единица истинной цветности
TD ₀₅	ТД ₀₅	туморогенная доза ₀₅ поглощения или воздействия, связанная с 5-процентным превышением возникновения новообразований при экспериментальных исследованиях животных
TDI	ДУСП	допустимый уровень суточного потребления
TDS	ОСРТВ	общее содержание растворенных твердых веществ
THM	ТГМ	тригалогенметан
TID	ДТИ	детектор термической ионизации
TID	СИД	суммарная индикативная доза
UF	ФН	фактор неопределенности
UN	ООН	Организация Объединенных Наций
UNICEF	ЮНИСЕФ	Детский фонд Организации Объединенных Наций
UNSCEAR	ЮНСЕАР	Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации
USA	США	Соединенные Штаты Америки
UV	УФ	ультрафиолетовый
UVPAD	УМФД	ультрафиолетовый матричный фотодиодный детектор
WHO	ВОЗ	Всемирная организация здравоохранения
WHOPEP	WHOPEP	Схема Всемирной организации здравоохранения по оценке пестицидов
WSP	ПОБВ	план обеспечения безопасности воды
YLD	YLD	количество утраченных лет здоровой жизни в состоянии хуже хорошего здоровья (то есть количество лет, прожитых с инвалидностью)
YLL	YLL	количество утраченных лет жизни в результате преждевременной смерти

1 Введение

Основной целью *Руководства по обеспечению качества питьевой воды* является охрана здоровья населения. В Руководстве содержатся рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по управлению факторами риска, которые могут отрицательно сказаться на качестве питьевой воды. Эти рекомендации следует рассматривать в контексте управления рисками, исходящими из других источников, на которые воздействуют соответствующие факторы, таких как отходы, воздух, продукты питания и потребительские продукты.



1.1 Общие соображения и принципы

Вода имеет решающее значение для поддержания жизни, и удовлетворительное (адекватное, безопасное и доступное) снабжение водой должно быть обеспечено для всех. Результатом улучшения доступа к безопасной питьевой воде могут стать ощутимые выгоды для здоровья. Следует делать все возможное для обеспечения максимально возможного уровня безопасности питьевой воды.

Как указывается в Руководстве, безопасная питьевая вода не представляет никакого значительного риска для здоровья при ее потреблении в течение всей жизни, в том числе с учетом различных особых ситуаций, которые могут иметь место на разных ее этапах. К группе наибольшего риска в плане передаваемых через воду болезней относятся дети грудного и раннего возраста, люди с ослабленным здоровьем и пожилые люди, особенно если они живут в антисанитарных условиях. Тем, кто вообще рискует заразиться болезнью, передаваемой через воду, может потребоваться принять дополнительные меры для того, чтобы защитить себя от водопатогенных организмов, например кипятить питьевую воду. Безопасная питьевая вода требуется для всех традиционных бытовых целей, включая питье, приготовление пищи и личную

Болезни, вызываемые загрязнением питьевой воды, создают огромные проблемы для здоровья человека. Меры вмешательства в целях повышения качества питьевой воды обеспечивают большие выгоды для здоровья.

гигиену. Данное Руководство применимо к расфасованным в тару воде и льду, предназначенным для потребления человеком. Однако для некоторых особых целей, таких как гемодиализ и чистка контактных линз, или для определенных целей в производстве пищевых продуктов и фармацевтике может потребоваться вода более высокого качества. Руководство может быть непригодно для охраны водной флоры и фауны или для некоторых отраслей промышленности.

Руководство предназначено для содействия разработке и осуществлению стратегий управления рисками, которые обеспечивают снабжение безопасной питьевой водой посредством контроля за содержащимися в воде опасными веществами. В число этих стратегий могут входить национальные или региональные стандарты, разработанные на научной базе, которую предоставляет Руководство. В Руководстве содержатся обоснованные минимальные требования к безопасной практике охраны здоровья потребителей и рассчитаны количественные "нормативные величины" для составных элементов воды или показателей качества воды. При определении обязательных для соблюдения ограничений желателен применять данное Руководство с учетом местных или национальных экологических, социальных, экономических и культурных условий. Кроме того, Руководство должно стать частью общей стратегии охраны здоровья, которая предусматривает меры санитарии и иные стратегии, например борьбу с загрязнением пищевых продуктов. Эту стратегию также следует включать в законодательную систему и систему регулирования, что позволяет адаптировать Руководство в целях учета местных потребностей и условий (см. также [раздел 2.6](#)).

Основной причиной для того, чтобы не содействовать принятию международных стандартов качества питьевой воды, является такое благоприятствующее обстоятельство, как использование при разработке национальных стандартов и регулирующих положений подхода, основанного на соотношении риска и выгоды (качественной или количественной). Кроме того, эффективность данного Руководства оказывается наивысшей в том случае, если оно применяется для создания комплексного механизма профилактического регулирования в целях обеспечения безопасности, применяемого в цепочке от водосбора до потребителя. Национальным органам Руководство предоставляет научно обоснованную отправную точку для разработки регулирующих положений и стандартов по питьевой воде, учитывающих национальную ситуацию. При разработке стандартов и регулирующих положений следует проявлять осторожность, чтобы не допускать нецелесообразного расходования ограниченных ресурсов на разработку стандартов и мониторинг веществ, имеющих относительно небольшое значение для общественного здравоохранения. Применяемый в Руководстве подход предназначен для разработки национальных стандартов и регулирующих положений, которые можно легко осуществлять и соблюдать и которые служат интересам общественного здравоохранения.

Характер и форма стандартов питьевой воды могут различаться по странам и регионам. Единого подхода, который был бы применим повсеместно, не существует. В рамках разработки и применения стандартов необходимо учитывать существующее или готовящееся законодательство, касающееся воды, здравоохранения и местных органов власти, а также проводить оценку потенциала регулирующих органов в стране. Подходы, которые могут работать в одной стране или регионе, необязательно применимы в других странах или регионах. Важно, чтобы каждая страна проанализировала свои потребности и возможности в том, что касается разработки системы регулирования.

Оценка безопасности – или того, что является приемлемым уровнем риска в конкретных обстоятельствах, – это вопрос, в решении которого свою роль должно

играть все общество. Каждая страна сама принимает окончательное решение относительно оправданности затрат на фоне тех выгод, которые будут получены в результате принятия какого-либо руководства или нормативных величин в качестве национальных или местных стандартов.

Хотя в Руководстве дается описание качества воды, приемлемого для ее потребления в течение всей жизни, внедрение Руководства в практику, и в том числе приводимые в нем нормативные величины, не следует рассматривать как косвенное указание на то, что качество питьевой воды можно понизить до рекомендуемого уровня. Наоборот, следует постоянно прилагать усилия в целях поддержания качества питьевой воды на самом высоком возможном уровне.

В рамках выделения ресурсов для повышения безопасности питьевой воды важным принципом является постепенный прогресс и продвижение к достижению долгосрочных целевых показателей в области здравоохранения. Приоритеты, определенные в целях решения самых неотложных проблем (например, защиты от патогенов; см. [раздел 1.1.2](#)), могут быть связаны с долгосрочными целями дальнейшего улучшения качества воды (например, повышения степени приемлемости питьевой воды в плане ее вкуса, запаха и вида; см. [раздел 1.1.6](#)).

В рамках выделения ресурсов для повышения безопасности питьевой воды важным принципом является постепенный прогресс и продвижение к достижению долгосрочных целевых показателей качества питьевой воды.

1.1.1 Механизм обеспечения безопасности питьевой воды

Основные и существенные требования к обеспечению безопасности питьевой воды составляют основу механизма обеспечения такой безопасности, включающего целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья компетентным органом здравоохранения; адекватные и надлежащим образом управляемые системы (адекватная инфраструктура, надлежащий мониторинг и эффективное планирование и управление); и системы независимого надзора.

Целостный подход к оценке рисков в области питьевого водоснабжения и управлению этими рисками повышает уверенность в безопасности питьевой воды.

Этот подход предусматривает систематическую оценку рисков по всей цепочке снабжения питьевой водой – от водосбора и источника воды до потребителя – и определение способов, с помощью которых можно устранять эти риски, включая методы обеспечения эффективности мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению).

В 1999 году в Стокгольме было решено включить в будущие рекомендации относительно питьевой воды, сточных вод и вод, используемых для рекреационных целей, оценку риска, варианты управления риском и элементы контроля вредного воздействия в качестве единой системы с включенными в нее целевыми показателями качества (см. сопроводительный документ *Качество воды – рекомендации, стандарты и здоровье, Приложение 1*). В соответствии с этим подходом оценка риска является не самоцелью, а основой для принятия решений. Данная общая система, известная как Стокгольмская система (см. [главу 2](#)), является основой Механизма обеспечения безопасности питьевой воды и рекомендуемого подхода к мерам регулирования, политике и программам.

Подход предусматривает применение стратегий повседневного регулирования качества воды, в том числе устранения повреждений и аварий. В данном случае изменение климата, проявляющееся в увеличении продолжительности и повышении интенсивности периодов засухи или в усилении осадков, вызывающих наводнения, может воздействовать как на качество, так и на количество воды, и в целях минимизации негативного воздействия на снабжение питьевой водой потребуются соответствующие планирование и управление. Изменение климата следует также рассматривать с учетом

демографических сдвигов, таких как дальнейший рост городов, который сам по себе создает существенные проблемы для снабжения питьевой водой.

В обоснование механизма обеспечения безопасности питьевой воды в Руководстве представлена обширная вспомогательная информация, в том числе по аспектам микробного загрязнения (главы 7 и 11), химическим аспектам (главы 8 и 12), радиационным аспектам (глава 9) и аспектам приемлемости (глава 10). На рисунке 1.1 представлена схема взаимосвязей между главами Руководства в части обеспечения безопасности питьевой воды.

Руководство может применяться в отношении крупных городских и маломасштабных общинных водопроводных систем питьевого водоснабжения, а также систем водоснабжения из закрытых источников в общинах и отдельных домохозяйствах. Кроме того, Руководство может быть использовано применительно к ряду конкретных ситуаций (глава 6), включая обслуживание зданий, лиц, совершающих поездки, и транспорта.

1.1.2 Аспекты микробного загрязнения

Обеспечение микробной безопасности питьевого водоснабжения основано на использовании множества преград на пути от водосбора до потребителя в целях предупреждения загрязнения питьевой воды или сокращения загрязнения до уровней, которые не вредны для здоровья. Безопасность возрастает при установке различных препятствующих загрязнению преград, включая защиту водных ресурсов, надлежащий выбор и осуществление ряда мер по очистке, а также регулирование систем распределения (водопроводных или неводопроводных) в целях обеспечения и сохранения качества обработанной воды. Предпочтительной стратегией является регулирование, при котором основной акцент ставится на профилактике или сокращении проникновения патогенных микроорганизмов в источники воды, а также на снижении роли очистки в процессе удаления патогенов.

В целом наибольший риск микробного загрязнения связан с потреблением воды, которая загрязнена фекалиями людей или животных (включая птиц). Фекалии могут быть источником патогенных бактерий, вирусов, простейших и гельминтов.

Патогенные микроорганизмы в фекалиях являются основным предметом беспокойства при установлении целевых показателей исходя из требований охраны здоровья для микробной безопасности. Качество воды с точки зрения микробного загрязнения зачастую изменяется быстро и в широких пределах. Кратковременная максимальная концентрация патогенов может значительно повысить риск возникновения болезни и вызвать вспышки болезни, передаваемой через воду. Кроме того, прежде чем микробное загрязнение будет обнаружено, его воздействию могут подвергнуться многие люди. По этим причинам для обеспечения микробной безопасности питьевой воды нельзя полагаться лишь на проверку (верификацию) конечного состояния воды, даже если она проводится часто.

Потенциальные последствия микробного загрязнения для здоровья могут быть столь тяжелы, что контролю над ним следует постоянно уделять наибольшее внимание и им никогда нельзя пренебрегать.

Особое внимание следует уделять механизму обеспечения безопасности воды и осуществлению всеобъемлющих планов по обеспечению безопасности воды в целях последовательного обеспечения безопасности питьевой воды и, таким образом, охраны здоровья населения (см. главу 4). Неспособность обеспечить безопасность питьевой воды может поставить население под угрозу вспышек кишечных и других инфекционных болезней. Избегать вспышек болезней, передаваемых через воду, следует прежде всего потому, что они способны привести к одновременному

заражению большого числа людей, а потенциально – значительной части жителей общины.

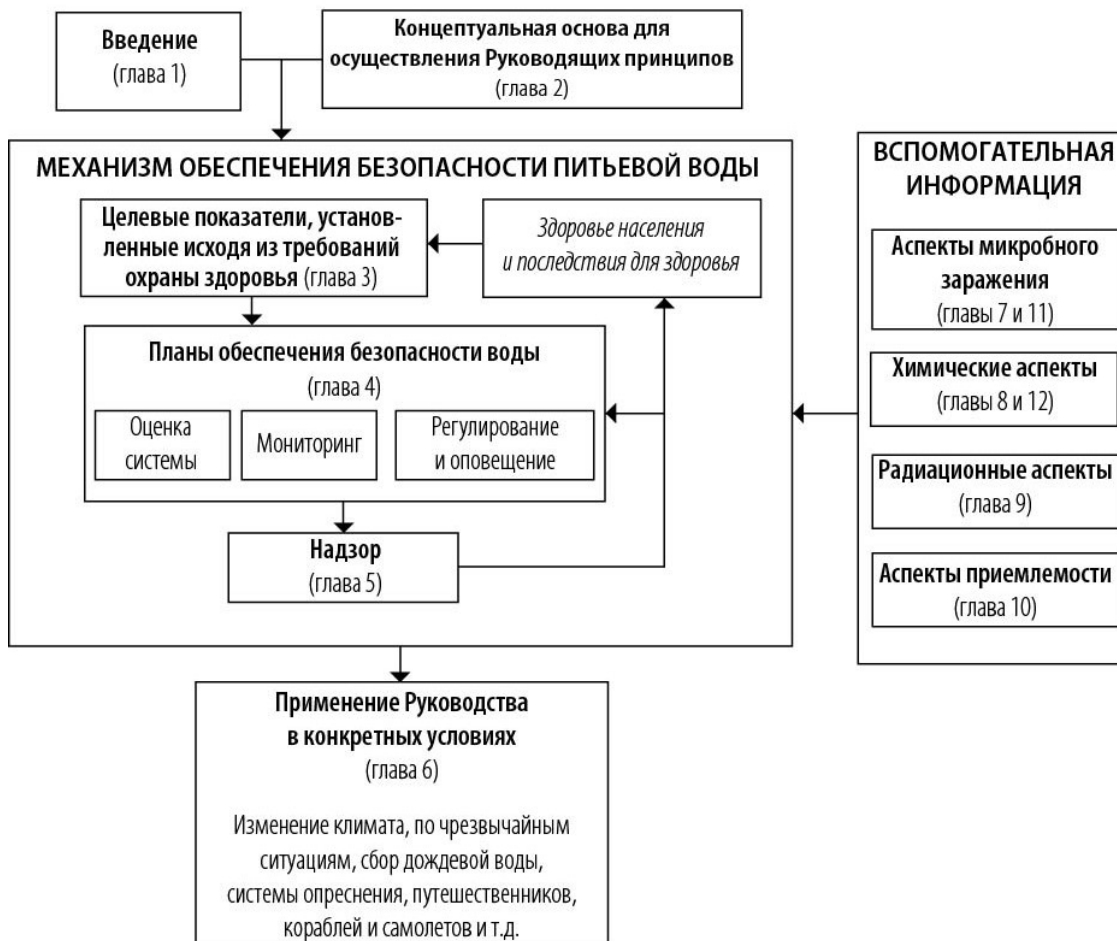


Рисунок 1.1. Взаимосвязь между главами Руководства по обеспечению качества питьевой воды в части обеспечения безопасности питьевой воды

Кроме патогенных микроорганизмов, переносимых фекалиями, при определенных обстоятельствах значение в плане общественного здравоохранения могут также иметь другие вредные микробы, например ришта (*Dracunculus medinensis*), токсичные цианобактерии и *Legionella*.

Хотя вода может быть очень существенным источником инфекционных микроорганизмов, многие болезни, которые передаются через воду, могут также передаваться другими путями, в том числе при контакте от человека к человеку, в процессе приема пищи, а также капельно-воздушным путем. В зависимости от обстоятельств и при отсутствии вспышек болезни, передаваемой через воду, эти пути передачи могут быть более значимыми, нежели передача через воду.

Микробные аспекты качества воды подробнее рассматриваются в [главе 7](#), а фактические данные по конкретным микроорганизмам представлены в [главе 11](#).

1.1.3 Дезинфекция

Вне всякого сомнения, дезинфекция играет большую роль в снабжении безопасной питьевой водой. Уничтожение микробных патогенов крайне важно, и очень часто оно связано с использованием химических веществ, таких как хлор.

При очистке питьевой воды дезинфекция создает действенные барьеры для многих патогенных микроорганизмов (особенно бактерий), и ее следует использовать в отношении поверхностных и подземных вод, подверженных загрязнению фекалиями. Остаточная дезинфекция используется для обеспечения частичной защиты от загрязнения в малых дозах и от размножения бактерий в системе распределения.

Химическая дезинфекция загрязненных фекалиями систем питьевого водоснабжения снизит общий риск болезней, но не обязательно может обеспечить безопасное водоснабжение. Например, дезинфекция питьевой воды с помощью хлора имеет ограничения в отношении протозойных патогенов – в частности, *Cryptosporidium* – и некоторых вирусов. Эффективность дезинфекции может быть также неудовлетворительной в отношении патогенов, содержащихся в хлопьях или частицах, которые предохраняют эти патогены от воздействия дезинфицирующих веществ. Высокие уровни мутности могут предохранять микроорганизмы от воздействия дезинфекции, стимулировать рост бактерий и существенно увеличить потребность в хлоре. Крайне важно применять общую стратегию регулирования, в рамках которой для предупреждения или удаления микробного загрязнения предусматривается наряду с проведением дезинфекции применение нескольких линий защиты, в том числе защита источника воды, и соответствующие процессы очистки, а также обеспечение защиты во время хранения и распределения.

Использование химических дезинфицирующих средств при обработке воды обычно приводит к образованию побочных химических веществ. Однако риск для здоровья от этих побочных продуктов чрезвычайно низок по сравнению с риском, сопряженным с ненадлежащей дезинфекцией, и важно, чтобы попытки взять под контроль такие побочные продукты не приводили к снижению эффективности дезинфекции.

Попытки взять под контроль побочные продукты дезинфекции не должны снижать эффективность дезинфекции.

Мониторинг и контроль некоторых дезинфицирующих веществ, таких как хлор, используемый в качестве дезинфицирующего средства для питьевой воды, не вызывают больших сложностей, и там, где применяется хлорирование, рекомендуется частое проведение мониторинга.

Дезинфекция питьевой воды подробнее рассматривается в [главе 7](#) и [Приложении 5](#), а фактические данные по конкретным дезинфицирующим веществам и побочным продуктам дезинфекции представлены в [главе 12](#).

1.1.4 Химические аспекты

Проблемы со здоровьем, связанные с химическими веществами, которые содержатся в питьевой воде, отличаются от проблем, связанных с микробным загрязнением, и возникают в основном из-за способности химических веществ вызывать в результате продолжительного воздействия пагубные последствия для здоровья. В воде содержатся несколько химических веществ, которые могут создать проблемы со здоровьем в результате единичного воздействия, за

Подавляющее большинство очевидных проблем со здоровьем, связанных с водой, являются результатом микробного (бактериального, вирусного, протозойного или иного биологического) загрязнения. Вместе с тем достаточно много случаев серьезных проблем со здоровьем может быть следствием химического загрязнения питьевой воды.

исключением случаев массового случайного загрязнения систем снабжения питьевой водой. Кроме того, опыт показывает, что во многих, хотя и не во всех подобных случаях вода становится непригодной для питья из-за неприемлемых вкуса, запаха и вида.

В тех случаях, когда кратковременное воздействие вряд ли приведет к нарушению здоровья, нередко наиболее эффективным средством является сосредоточение имеющихся ресурсов на мерах по выявлению и устранению источника загрязнения, а не на установке дорогостоящего оборудования по обработке питьевой воды в целях удаления химического вещества.

В питьевой воде может содержаться ряд химических веществ; однако лишь небольшое их число может оказать немедленное воздействие на здоровье в той или иной конкретной ситуации. Приоритеты в отношении как мониторинга, так и мер по удалению химических загрязнителей в питьевой воде следует регулировать таким образом, чтобы ограниченные ресурсы не направлялись без необходимости на устранение веществ, которые оказывают незначительное воздействие на здоровье или не оказывают его вовсе (см. сопроводительный документ *Химическая безопасность питьевой воды*, Приложение 1).

Существует некоторое количество химических веществ, которые, содержась в потребляемой населением питьевой воде, выступают в качестве важного фактора в профилактике болезни. Одним из примеров является воздействие содержащегося в питьевой воде фторида как средства защиты от кариеса зубов. В Руководстве не ставится цель определить минимальные допустимые концентрации химических веществ в питьевой воде.

Нормативные величины рассчитаны в отношении многих химических веществ, содержащихся в питьевой воде. Нормативная величина обычно показывает, какая концентрация вещества не сопряжена со сколько-нибудь значительным риском для здоровья при его потреблении в течение всей жизни. На основе данных о достижимости практического уровня эффективности обработки/очистки и технической возможности определения разработан ряд временных нормативных величин. В этих случаях нормативная величина выше, чем рассчитанная санитарная норма.

Химические аспекты качества питьевой воды более подробно рассматриваются в главе 8, а фактические данные по конкретным химическим загрязнителям представлены в главе 12.

1.1.5 Радиационные аспекты

Учитывать следует также риск для здоровья, связанный с присутствием в питьевой воде встречающихся в природе радионуклидов, хотя в обычных условиях роль питьевой воды как источника оказывающих воздействие радионуклидов очень незначительна.

Для отдельных радионуклидов, содержащихся в питьевой воде, официальные нормативные величины не устанавливаются. В основу применяемого подхода положен скорее скрининг питьевой воды на общий уровень альфа- и бета-излучения. Хотя обнаружение уровня радиоактивности, превышающего эталонные величины, не означает какого-либо непосредственного риска для здоровья, тем не менее это должно послужить сигналом к проведению новых исследований в целях выявления соответствующих радионуклидов и возможного риска с учетом местных условий.

Приведенные в настоящем Руководстве нормативные уровни для радионуклидов не применяются к источникам питьевого водоснабжения, загрязненным во время чрезвычайных ситуаций, возникающих в результате случайных выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду.

Радиационные аспекты качества питьевой воды подробнее рассматриваются в [главе 9](#).

1.1.6 Аспекты приемлемости: вкус, запах и вид

В воде не должно быть привкуса или запаха, неприемлемых для большинства потребителей.

При оценке качества питьевой воды потребители в основном полагаются на свои ощущения. Содержащиеся в воде микробные, химические и физические элементы, могут оказывать влияние на вид, запах или вкус воды, и потребитель будет оценивать качество и приемлемость воды на основе этих критериев. Хотя эти элементы могут не оказывать непосредственного воздействия на здоровье, слишком мутную воду, воду с сильной окраской или с неприятным вкусом или запахом потребители могут считать небезопасной и отказаться от нее. В крайних случаях потребители могут не пользоваться эстетически неприемлемой, но безопасной в других отношениях питьевой водой, используя взамен кажущуюся более приятной, но забираемую из потенциально небезопасных источников воду. Поэтому разумным было бы изучать восприятие потребителя и при оценке питьевого водоснабжения и разработке регулирующих положений и стандартов учитывать как связанные со здоровьем определяющие принципы, так и эстетические критерии.

Изменение обычного вида, запаха или вкуса поставляемой питьевой воды может свидетельствовать об изменениях в качестве источника неочищенной воды или о недостатках процесса обработки и требует изучения.

Аспекты приемлемости качества питьевой воды подробнее рассматриваются в [главе 10](#).

1.2 Роли и обязанности в обеспечении безопасности питьевой воды

Профилактическое регулирование является предпочтительным подходом к обеспечению безопасности питьевой воды и предполагает учет особенностей питьевого водоснабжения на пути от водосбора и источника воды до ее использования потребителями. Поскольку многие аспекты регулирования качества питьевой воды часто не входят в круг прямых обязанностей поставщика воды, очень важно разработать совместный межучрежденческий подход, чтобы учреждения, ответственные за конкретные этапы цикла водоснабжения, участвовали в регулировании качества воды. Одним из примеров является случай, когда районы водосбора и источник воды находятся вне юрисдикции поставщика питьевой воды. Консультация с другими органами власти обычно требуется в отношении иных элементов регулирования качества питьевой воды, таких как требования в отношении мониторинга и отчетности, планы реагирования на чрезвычайные ситуации и стратегии оповещения.

Совместное профилактическое регулирование при участии всех соответствующих структур является предпочтительным подходом к обеспечению безопасности питьевой воды.

По мере необходимости следует поощрять основные заинтересованные стороны, которые могут воздействовать или находиться под воздействием решений или мер, принимаемых поставщиком питьевой воды, к координации их деятельности в сфере планирования и регулирования. К числу таких заинтересованных сторон могут относиться, например, учреждения, осуществляющие контроль за санитарным состоянием и ресурсами, потребители, промышленные предприятия и слесари-

водопроводчики. Необходимо разработать надлежащие механизмы и документацию, определяющие обязательства заинтересованных сторон и их участие в работе.

1.2.1 Надзор и контроль качества

Для охраны здоровья населения эффективным оказался дифференцированный подход, при котором разграничиваются роли и обязанности поставщиков услуг и органа, ответственного за проведение независимого контроля в целях охраны здоровья населения ("надзор за питьевым водоснабжением").

При проведении организационных мероприятий по поддержанию и совершенствованию служб питьевого водоснабжения следует учитывать жизненно важные и взаимодополняющие роли учреждения, ответственного за надзор, и поставщика воды. Эти две функции надзора и контроля качества лучше всего выполняют отдельные и независимые структуры, поскольку при их объединении возникает конфликт интересов. При этом:

Поставщики питьевой воды несут постоянную ответственность за качество и безопасность поставляемой ими воды.

- национальные учреждения устанавливают систему целей, стандартов и законодательных положений, определяющих полномочия поставщиков и требования к ним в том, что касается выполнения определенных обязательств;
- учреждения, занимающиеся снабжением водой для потребления, следует в любом случае обязать принимать меры по обеспечению и проверке, чтобы системы, которыми они управляют, могли поставлять и постоянно поставляли безопасную воду; а также
- надзорное ведомство отвечает за проведение независимого (внешнего) надзора, периодически проверяя все аспекты безопасности и/или проводя проверочное тестирование.

На практике не всегда возможно четко разделить обязанности надзорного ведомства и учреждения, занимающегося питьевым водоснабжением. В некоторых случаях спектр профессиональных, правительственных, неправительственных и частных структур может быть шире и сложнее, чем рассмотренный выше. Независимо от сложившейся системы, очень важно разработать четкие стратегии и структуры для осуществления планов обеспечения безопасности воды, контроля качества и надзора, сбора и обобщения данных, отчетности и распространения результатов, а также для проведения корректирующих мероприятий. Существенное значение имеет четкий порядок отчетности и оповещения.

Надзор – это исследование, проводимое для выявления и оценки потенциального риска для здоровья, связанного с питьевой водой. Надзор способствует охране здоровья населения, обеспечивая улучшение качества, количества, доступности, охвата (то есть групп населения с надежным доступом), приемлемости по цене и непрерывности обеспечения питьевой водой (так называемые показатели обслуживания). Орган по надзору должен иметь полномочия определять, насколько поставщик воды выполняет свои обязательства.

Надзор за качеством питьевой воды можно определить как "постоянный и бдительный контроль и анализ безопасности и приемлемости систем питьевого водоснабжения с позиции общественного здоровья" (ВОЗ, 1976 г.).

В большинстве стран учреждением, ответственным за проведение надзора за службами снабжения питьевой водой, является министерство здравоохранения (или общественного здравоохранения) и его региональные или ведомственным отделы. В некоторых странах это может быть ведомство по охране окружающей среды; в

других определенную ответственность могут нести департаменты по охране окружающей среды местных органов власти.

Надзор предполагает наличие систематической программы обследований, в число которых могут входить проверки, анализ, меры санитарной инспекции и/или учрежденческие аспекты и аспекты деятельности общин. Надзор должен распространяться на всю систему питьевого водоснабжения, включая источник воды и деятельность, связанную с водосбором, инфраструктуру транспортировки, очистные установки, резервуары для хранения и систему распределения (водопроводную или неводопроводную).

Единой целью программы надзора должно быть обеспечение своевременных мер по предупреждению проблем и исправление ошибок. Иногда для поддержки и обеспечения выполнения требований может потребоваться применение санкций. Поэтому надзорное ведомство должно в своей работе опираться на эффективное и действенное законодательство. Однако этому ведомству очень важно поддерживать позитивные и партнерские отношения с поставщиками, когда санкции применяются лишь в качестве крайней меры.

Закон должен наделить надзорное ведомство соответствующими полномочиями, чтобы в случае выявления микробного загрязнения, которое может угрожать здоровью населения, оно могло рекомендовать поставщикам воды проводить ее кипячение и принимать другие меры.

1.2.2 Органы общественного здравоохранения

В целях эффективного содействия охране здоровья населения национальная структура, которая несет ответственность за здоровье населения, обычно действует в четырех областях:

- 1) *наблюдение за состоянием здоровья и тенденциями*, включая выявление и изучение вспышек заболеваний, как правило осуществляемое самостоятельно, но в некоторых случаях – посредством децентрализованного органа;
- 2) *прямое определение норм и стандартов* качества питьевой воды. Национальные органы общественного здравоохранения нередко несут основную ответственность за установление норм в отношении питьевого водоснабжения, и к сфере этой ответственности может относиться постановка целей обеспечения качества воды, целей, связанных с эффективностью действий и безопасностью, а также определение конкретных требований (например, в отношении очистки). Нормотворческая деятельность не ограничивается качеством воды, она предполагает, например, регулирование и утверждение материалов и химических веществ, используемых в производстве и распределении питьевой воды (см. [раздел 8.5.4](#)), и установление минимальных стандартов в таких областях, как водопроводная система бытового использования (см. [раздел 1.2.10](#)). Такая деятельность не является статичной, потому что изменения происходят в практике снабжения питьевой водой, в используемых технологиях и материалах (например, в материалах для изготовления водопроводных магистралей и в процессах очистки) и в результате также изменяются первоочередные проблемы в сфере здравоохранения и формы реагирования на них;
- 3) *обеспечение учета проблем здравоохранения при разработке более широкой политики*, особенно политики в области здравоохранения и комплексного управления водными ресурсами (см. [раздел 1.2.4](#)). Проблемы здравоохранения зачастую служат стимулом для выделения ресурсов тем, кто занимается вопросами расширения и улучшения питьевого водоснабжения, нередко ставят

1. ВВЕДЕНИЕ

вопросы удовлетворения потребностей в безопасной питьевой воде выше других задач первостепенной важности и могут предопределять участие в урегулировании конфликтов;

- 4) осуществление *прямых действий*, обычно через вспомогательные органы (например, региональные и местные органы, ведающие вопросами гигиены окружающей среды) или путем предоставления рекомендаций другим местным структурам (например, местным органам власти) по вопросам надзора за питьевым водоснабжением. Эти функции могут значительно различаться в зависимости от национальных и местных структур и обязанностей и нередко включают вспомогательное участие поставщиков воды на уровне местного сообщества, притом что прямое вмешательство зачастую осуществляют местные органы.

Надзор со стороны органов общественного здравоохранения (то есть наблюдение за состоянием здоровья и тенденциями в этой области) способствует проведению проверок безопасности питьевой воды. При этом учитывается заболеваемость во всей группе населения, которая может подвергаться воздействию патогенных микроорганизмов из ряда источников, а не только из питьевой воды. Национальные органы общественного здравоохранения могут также проводить соответствующие исследования или давать распоряжения о проведении исследований в целях оценки роли воды как фактора риска заболевания – например, посредством исследований типа "случай-контроль", а также посредством обследований групп пациентов или интервенционных исследований. Группы по надзору за состоянием здоровья населения обычно действуют на национальном, региональном и местном уровнях, а также в городах и сельских центрах здравоохранения. Плановый надзор включает:

- постоянный мониторинг подлежащих регистрации болезней, многие из которых могут вызываться передаваемыми через воду патогенами;
- выявление вспышек заболеваний;
- анализ долгосрочных тенденций;
- географический и демографический анализ;
- поддержание обратной связи с органами водоснабжения.

Существуют различные способы повышения эффективности осуществляемого органами общественного здравоохранения надзора в целях выявления возможных вспышек болезней, передаваемых через воду, при возникновении подозрения в отношении необычной распространенности заболевания или после ухудшения качества воды. Эпидемиологические исследования включают:

- исследования вспышек болезней;
- интервенционные исследования для оценки вариантов мер вмешательства;
- исследования типа "случай-контроль" или обследования групп пациентов для оценки роли воды в качестве фактора риска заболевания.

Вместе с тем нельзя полагаться на результаты осуществляемого органами общественного здравоохранения надзора как на источник своевременной информации, позволяющей принимать быстрые оперативные ответные меры по борьбе с болезнью, передаваемой через воду. К числу ограничений относятся:

- вспышки нерегистрируемого заболевания;

- временной интервал между воздействием возбудителя болезни и возникновением заболевания;
- временной интервал между заболеванием и уведомлением о нем;
- низкое качество отчетности;
- трудности с выявлением вызывающих заболевание патогенных микроорганизмов и источников.

Орган общественного здравоохранения принимает меры реагирования и упреждения в соответствии с общей политикой общественного здравоохранения и во взаимодействии со всеми заинтересованными сторонами. В соответствии с требованиями общественного здравоохранения приоритетное внимание обычно уделяется социально незащищенным группам населения. Это, как правило, предполагает поддержание баланса между регулированием и улучшением безопасности питьевой воды и необходимостью обеспечить гарантированный доступ к безопасной питьевой воде в достаточном объеме.

В целях получения четкой картины ситуации с питьевой водой в стране национальный орган общественного здравоохранения должен периодически представлять отчеты о качестве воды и ставить проблемы и приоритетные задачи, касающиеся здоровья населения, увязывая их с общими приоритетами общественного здравоохранения. Для этого необходимо налаживать действенный обмен информацией между местными, региональными и национальными структурами.

Национальные органы здравоохранения должны осуществлять руководство или принимать участие в выработке и осуществлении политики, которая в том или ином виде обеспечивала бы доступ к гарантированному снабжению безопасной питьевой водой. В тех случаях, когда решить эту задачу не удастся, необходимо предоставлять надлежащие инструменты и проводить мероприятия просветительского характера, чтобы обеспечить очистку и безопасное хранение воды в индивидуальном порядке или на уровне отдельных домашних хозяйств.

1.2.3 Местные органы управления

Местные органы, занимающиеся вопросами гигиены окружающей среды, нередко играют важную роль в управлении водными ресурсами и снабжении питьевой водой. Это может предполагать инспектирование водосбора и выдачу разрешений на деятельность в зоне водосбора, которая может воздействовать на качество источника воды. Кроме того, могут проводиться проверки и контроль (надзор) за работой официальных систем снабжения питьевой водой. Местные органы по вопросам гигиены окружающей среды также разрабатывают конкретные рекомендации для общин или отдельных лиц по проектированию и созданию систем питьевого водоснабжения всего сообщества и отдельных домохозяйств, а также по исправлению недостатков. Они могут также отвечать за надзор за снабжением общин или отдельных домохозяйств питьевой водой. Эти органы играют важную роль в просвещении потребителей при необходимости проводить очистку воды в домохозяйствах.

Для регулирования питьевого водоснабжения на уровне домохозяйств и небольших общин обычно необходимы просветительские программы по проблемам питьевого водоснабжения и качества воды. Как правило, в таких программах рассматриваются такие вопросы, как:

- повышение информированности по проблемам гигиены воды;
- обучение основным техническим навыкам и информирование о технологиях поставок питьевой воды и ее обработки;

1. ВВЕДЕНИЕ

- изучение факторов социального и культурного характера, препятствующих внедрению мер по обеспечению качества питьевой воды, и поиск путей решения этих проблем;
- мотивация, мобилизация и мероприятия в сфере социального маркетинга;
- система постоянной поддержки, внедрения и распространения программы обеспечения качества воды в целях достижения и поддержания устойчивости.

Эти программы могут осуществляться на уровне общин местными органами здравоохранения или другими структурами, такими как неправительственные организации и частный сектор. Если инициаторами программы являются другие структуры, то местным органам здравоохранения настоятельно рекомендуется принимать участие в выработке и осуществлении программы по обучению и подготовке кадров в области обеспечения качества воды.

Подходы к программам совместных действий в области гигиены, санитарного просвещения и подготовки кадров представлены в других документах ВОЗ (см. Simpson-Hébert, Sawyer & Clarke, 1996; Sawyer, Simpson-Hébert & Wood, 1998; Brikké, 2000).

1.2.4 Управление водными ресурсами

Управление водными ресурсами является неотъемлемым компонентом профилактического регулирования качества питьевой воды. Предупреждение микробного и химического загрязнения источника воды является первой преградой против загрязнения питьевой воды и предметом обеспокоенности общественного здравоохранения.

Управление водными ресурсами и деятельность человека, потенциально приводящая к загрязнению зоны водосбора, влияет на качество воды ниже по течению и в водоносных пластах. Это оказывает воздействие на этапы очистки, необходимые для обеспечения безопасности воды, и принятие мер профилактики может быть предпочтительнее, нежели совершенствование очистки.

В рамках управления водными ресурсами необходимо проводить оценку воздействия землепользования на качество воды. Эта оценку обычно проводят не только органы здравоохранения или учреждения по питьевому водоснабжению, и в ее ходе следует учитывать:

- изменение покрова земли;
- разработку полезных ископаемых;
- сооружение/изменение каналов пропуска воды;
- применение удобрений, гербицидов, пестицидов и других химических веществ;
- величину поголовья домашнего скота и применение органических удобрений;
- строительство, техническое обслуживание и эксплуатацию дорог;
- различные формы рекреационной деятельности;
- развитие жилых кварталов в городах и сельских районах, уделяя особое внимание вопросам удаления нечистот, санитарии, мусорных свалок и вывоза отходов;
- прочие виды деятельности человека, способные загрязнять окружающую среду, в том числе промышленность, горнорудные разработки и военные зоны.

Управление водными ресурсами может относиться к сфере ответственности учреждений по регулированию водосбора и/или других структур, контролирующих водные ресурсы или влияющих на них, таких как промышленные и

сельскохозяйственные предприятия, а также органы по контролю за судоходством и борьбе с наводнениями.

Масштабы включения вопросов управления водными ресурсами в круг ведения учреждений здравоохранения или учреждений по питьевому водоснабжению значительно различаются по странам и общинам. Независимо от сферы ответственности правительственных структур и отраслей важно, чтобы органы здравоохранения действовали согласованно и сотрудничали с отраслями, занимающимися управлением водными ресурсами и регулированием землепользования в зоне водосбора.

Налаживание тесного сотрудничества между органом общественного здравоохранения, поставщиком воды и учреждением по управлению ресурсами способствует выявлению опасных для здоровья факторов, которые потенциально могут возникнуть в системе. Также очень важно обеспечить учет вопросов охраны ресурсов питьевой воды в решениях по землепользованию или в регулирующих положениях по борьбе с загрязнением водных ресурсов. В зависимости от существующих условий, эта деятельность может проводиться с привлечением других отраслей, таких как сельское хозяйство, транспорт, туризм или городское развитие.

В интересах обеспечения надлежащей защиты источника питьевой воды национальные органы при выработке национальной политики совместного управления водными ресурсами обычно взаимодействуют с другими секторами. Создаются региональные и местные структуры для реализации этой политики, а национальные органы направляют работу региональных и местных органов, предоставляя им соответствующие документы.

Региональные органы охраны окружающей среды и органы общественного здравоохранения выполняют важную задачу, участвуя в подготовке совместных планов по управлению водными ресурсами в целях обеспечения наивысшего возможного качества источника питьевой воды. Дополнительная информация содержится в сопроводительном документе *Охрана грунтовых вод в интересах здоровья* (см. [Приложение 1](#)).

1.2.5 Органы снабжения питьевой водой

Системы питьевого водоснабжения варьируются от очень крупных городских систем, обслуживающих большие населенные пункты с десятками миллионов жителей, до маломасштабных общинных систем, снабжающих водой малочисленные группы населения. В большинстве стран в структуру этих систем входят общинные источники воды, а также трубопроводы, по которым осуществляется снабжение водой.

Органы снабжения питьевой водой отвечают за обеспечение и контроль качества (см. [раздел 1.2.1](#)). Их основные задачи состоят в подготовке и осуществлении планов обеспечения безопасности воды (подробнее см. [главу 4](#)).

Зачастую поставщик воды не отвечает за управление зоной водосбора, питающего источники, из которых он берет воду. Применительно к водосборам задача поставщика воды заключается в том, чтобы участвовать в межучрежденческой деятельности по управлению водными ресурсами, выявлять факторы риска, которые создают потенциально вызывающие загрязнение виды деятельности и инциденты, и использовать эту информацию в целях оценки рисков для питьевого водоснабжения и разработки и осуществления надлежащего порядка управления. Хотя поставщики питьевой воды могут не проводить обследование зоны водосбора и оценку риска загрязнения самостоятельно, в их обязанности входит решение о необходимости таких мероприятий и инициирование межучрежденческого сотрудничества – например, с органами здравоохранения и органами по охране окружающей среды.

Опыт показывает, что ассоциация заинтересованных сторон, участвующих в питьевом водоснабжении (например, операторов, управляющих и групп специалистов, таких как мелкие поставщики, ученые, социологи, законодатели и политики), может стать значимым и не угрожающим ничьим интересам форумом для обмена идеями.

Дополнительная информация содержится в сопроводительном документе *Планы обеспечения безопасности воды* (см. Приложение 1).

1.2.6 Регулирование силами общины

Регулируемые общиной системы питьевого водоснабжения как с водопроводным, так и с неводопроводным распределением широко распространены и в развитых, и в развивающихся странах. Точного определения общинной системы питьевого водоснабжения не существует. Хотя определение, основанное на численности населения или типе водоснабжения, может быть правомерным во многих ситуациях, подходы к управлению и регулированию проводят различие между системами питьевого водоснабжения в небольших общинах и в более крупных городах. Здесь следует учитывать более значительную роль зачастую неквалифицированных, а иногда и не получающих платы добровольных членов общины в управлении и эксплуатации общинных систем питьевого водоснабжения. В развивающихся странах системы питьевого водоснабжения в пригородных районах – в общинах, обитающих вокруг крупных городов, – могут также иметь особенности, свойственные общинным системам.

Эффективные и устойчивые программы по регулированию качества питьевой воды в общинах требуют активной поддержки и участия самих местных общин. Эти общины должны привлекаться к участию на всех этапах осуществления таких программ, включая обследование на начальном этапе; принятие решений о размещении колодцев и отводящих каналов или установлении охранных зон; мониторинг и надзор за поставками питьевой воды; регистрацию неполадок, техническое обслуживание и проведение ремонтных работ; и осуществление вспомогательных мер, в том числе практических действий в сфере санитарии и гигиены.

Община может отличаться высокой степенью организованности и уже принимать меры по решению вопросов охраны здоровья и питьевого водоснабжения. В других случаях местная община может не иметь хорошо развитой системы питьевого водоснабжения; некоторые группы населения, например женщины, могут быть недостаточно представлены; могут иметь место противоречия или конфликты между отдельными группами. В таких ситуациях для обеспечения участия общины потребуется больше времени и усилий по объединению людей, разрешению противоречий, согласованию общих целей и проведению практических действий. Во многих случаях, возможно, понадобится в течение нескольких лет выезжать на место в целях обеспечения поддержки и содействия, а также недопущения, чтобы созданные для безопасного снабжения питьевой водой системы прекратили свое существование. В связи с этим может потребоваться осуществление программ в области гигиены и санитарного просвещения, задача которых – добиться, чтобы община:

- осознавала значение качества питьевой воды и его связь с состоянием здоровья, а также необходимость располагать достаточным количеством безопасной питьевой воды для потребления на бытовые нужды: для питья, приготовления пищи и личной гигиены;

- понимала важность надзора и необходимость принятия ответных мер силами общины;
- понимала свою роль в осуществлении надзора и была готова ее выполнять;
- обладала навыками, необходимыми для выполнения этой роли;
- была знакома с требованиями по защите питьевого водоснабжения от загрязнения.

Дополнительную информацию см. в публикации 1997 г. под названием "Эпиднадзор и контроль общинных систем водоснабжения" (*Surveillance and control of community supplies*) (WHO, 1997); в сопроводительном документе *Планы обеспечения безопасности воды* (Приложение 1); Simpson-Hébert, Sawyer & Clarke (1996); Sawyer, Simpson-Hébert & Wood (1998); и Brikké (2000).

1.2.7 Продавцы воды

Продавцы, поставляющие воду домашним хозяйствам или торгующие в местах сбора, действуют во многих частях мира, где ограниченность водных ресурсов, неполадки в инфраструктуре или ее отсутствие ограничивают доступ к достаточному количеству питьевой воды. Для доставки питьевой воды непосредственно потребителю продавцы воды используют ряд транспортных средств, в том числе цистерны, тележки или тачки. В настоящем Руководстве торговля разлитой по бутылкам или упакованной водой (рассматривается в разделе 6.14) или торговля водой через автоматы не рассматривается.

Ряд проблем, касающихся здоровья, связаны с поставкой воды потребителям ее продавцами. К числу таких проблем относятся возможность получать воду в необходимых количествах и обеспокоенность по поводу ненадлежащей очистки или транспортировки в неподходящих емкостях, что может привести к загрязнению.

Более подробную информацию по вопросам обработки продаваемой воды, проведения оценки риска при подобном методе водоснабжения, операционного мониторинга мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), планов управления и независимого надзора см. в разделе 6.3.

1.2.8 Индивидуальные потребители

Все люди потребляют воду из тех или иных источников, и потребители нередко играют важную роль в сборе, обработке и хранении воды. Действия потребителей могут способствовать обеспечению безопасности воды, которую они потребляют, и могут также способствовать улучшению качества или загрязнению воды, потребляемой другими. Потребители несут ответственность за то, чтобы их действия не оказывали вредного воздействия на качество воды. Установка и техническое обслуживание водопроводных систем в домах предпочтительно должны осуществляться квалифицированными и официально уполномоченными водопроводчиками (см. раздел 1.2.10) либо другими лицами, имеющими соответствующий опыт для того, чтобы перекрестные соединения или противоток не привели к загрязнению местных систем водоснабжения.

В большинстве стран есть группы населения, которые получают воду из домашних источников, таких как частные колодцы, или собирая дождевую воду. В домохозяйствах, пользующихся неводопроводным водоснабжением, необходимо принимать надлежащие меры для обеспечения безопасного сбора, хранения и, возможно, обработки потребляемой ими питьевой воды. В некоторых случаях домохозяйства и отдельные лица могут обрабатывать воду в домашних условиях, чтобы быть более уверенными в ее безопасности. Это возможно не только при

отсутствии водоснабжения в общине, но и в том случае, если известно, что водоснабжение в общине загрязнено или вызывает болезни, передаваемые через воду (см. главу 7). Органы по надзору за состоянием здоровья населения или другие местные органы могут давать рекомендации, призванные помочь домохозяйствам и отдельным потребителям обеспечить безопасность их питьевой воды. Такие рекомендации будут наиболее эффективны при их включении в программы просвещения и обучения населения.

1.2.9 Агентства по сертификации

Сертификация используется для того, чтобы установить, насколько используемые в питьевом водоснабжении устройства и материалы соответствуют определенному уровню качества и безопасности. Сертификация – это процесс, в рамках которого независимая организация проверяет обоснованность доводов производителей против официального стандарта или критерия и проводит независимую оценку возможного риска загрязнения в связи с используемым материалом или процессом. Агентство по сертификации может отвечать за получение данных от производителей, обобщение результатов тестирования, проведение инспекций и проверок и, возможно, представление рекомендаций в отношении эксплуатационных характеристик материалов и оборудования.

Сертификация проводится в отношении технологий, применяемых на уровне отдельных домохозяйств или общин, например ручных насосов, материалов, используемых поставщиками воды, таких как химические средства обработки, а также устройств, используемых в домохозяйствах для сбора, обработки и хранения воды.

Сертификация веществ или процессов, связанных со сбором, обработкой, хранением и распределением воды, может проводиться под надзором государственных учреждений или частных организаций. Процедуры сертификации зависят от стандартов, в соответствии с которыми сертифицируются материалы и оборудование, критериев сертификации и от того, кто проводит сертификацию.

Сертификация может также применяться в отношении осуществления планов обеспечения безопасности воды. Для этого независимая организация или орган, проводящий проверки, могут удостовериться в том, что эти планы были должным образом разработаны, правильно осуществляются и являются эффективными.

Национальные, местные государственные или частные (проверка, осуществляемая третьей стороной) программы сертификации могут иметь ряд целей, таких как:

- сертификация материалов и оборудования для обеспечения того, чтобы их использование не создавало угрозы безопасности пользователя или широких слоев населения, например вызывая загрязнение питьевой воды токсичными веществами, веществами, которые могут повлиять на приемлемость для потребителя, или веществами, которые способствуют росту микроорганизмов;
- тестирование материалов и оборудования во избежание повторного тестирования на местных уровнях или перед каждой поставкой;
- обеспечение одинакового качества и состояния материалов и оборудования;
- сертификация и аккредитация аналитических лабораторий и других лабораторий, занимающихся тестированием;
- контроль материалов и химических веществ, используемых для обработки питьевой воды, в том числе работы устройств, предназначенных для использования в домашних хозяйствах;
- обеспечение эффективной реализации планов обеспечения безопасности воды.

Важным шагом в любой процедуре сертификации является определение стандартов, которые должны быть положены в основу оценки материалов и оборудования. Эти стандарты должны также по возможности содержать критерии для выдачи положительного заключения. При сертификации технических аспектов эти стандарты обычно разрабатываются совместно с производителями, агентством по сертификации и потребителями. Национальные органы общественного здравоохранения должны нести ответственность за разработку этапов процесса выдачи заключения или критериев, имеющих непосредственное отношение к общественному здравоохранению. Дополнительную информацию по вопросам контроля материалов и химических веществ, применяемых для обработки питьевой воды, см. в [разделе 8.5.4](#).

1.2.10 Водопроводная система

Значительное пагубное воздействие на здоровье проистекает из-за несовершенства водопроводных систем в государственных и частных зданиях, связанного с плохим проектированием, неправильной установкой, переделками и ненадлежащим техническим обслуживанием.

На качество воды в водопроводной системе распределения в здании влияют множество факторов, и следствием такого воздействия может стать микробное или химическое загрязнение питьевой воды. Вспышки желудочно-кишечных заболеваний могут иметь место в результате загрязнения питьевой воды в зданиях фекалиями, возникшего, например, из-за неполадок в баках хранения воды на крыше и в перекрестных соединениях с трубами для сточной воды. Неудачно сконструированные водопроводные системы могут вызывать застой воды и создавать благоприятную среду для распространения *Legionella*. Материалы для водопроводной системы, трубы, водопроводная арматура и покрытия могут способствовать повышению концентраций тяжелых металлов (например, свинца) в питьевой воде, а неподходящие материалы могут привести к росту бактерий. Потенциально неблагоприятное воздействие на здоровье может иметь место, но только в отдельном здании. Воздействие загрязнителей на других потребителей может происходить вследствие загрязнения местной общественной системы распределения воды за пределами конкретного здания в результате перекрестного загрязнения питьевой воды и противотока.

Снабжение отвечающей соответствующим стандартам водой внутри зданий обычно осуществляется по водопроводной системе, которая не находится под непосредственным контролем поставщика воды. Поэтому упор делается на надлежащую установку водопроводной системы, а в зданиях большего размера – на рассчитанные непосредственно на это здание планы обеспечения безопасности воды (см. [раздел 6.9](#)).

Для обеспечения безопасности питьевого водоснабжения в системе здания работа водопроводной системы должна быть налажена так, чтобы предупреждать появление факторов риска для здоровья. Для этого необходимо добиваться, чтобы:

- трубы, по которым проходит питьевая вода или сточные воды, были водонепроницаемыми и прочными, имели ровную и свободную внутреннюю поверхность и были защищены от возможных воздействий;
- не было перекрестных соединений между системами питьевого водоснабжения и удаления сточных вод;
- системы резервуаров для хранения воды не были повреждены и не допускали проникновения микробных и химических загрязнителей;

1. ВВЕДЕНИЕ

- системы горячего и холодного водоснабжения были спроектированы таким образом, чтобы свести к минимуму распространение *Legionella* (см. также разделы 6.10 и 11.1);
- были установлены соответствующие средства защиты в целях предотвращения противотока;
- конструкция системы в многоэтажных зданиях сводила к минимуму колебания давления;
- сточная вода удалялась, не заражая питьевую воду;
- водопроводные системы функционировали эффективно.

Важно, чтобы водопроводчики имели соответствующую квалификацию, могли проводить необходимую установку и обслуживание водопроводных систем в соответствии с местными нормами регулирования и использовали лишь утвержденные материалы, безопасные для питьевой воды.

Конструкция водопроводных систем зданий должна, как правило, утверждаться до начала строительства и проверяться соответствующим регулирующим органом в ходе строительства и до введения этих зданий в строй.

Подробнее о том огромном значении, которое имеет для общественного здравоохранения надлежащее производство сантехнических работ в трубопроводных системах питьевого водоснабжения и водоотведения, см. сопроводительный документ *Аспекты здравоохранения при санитарно-технических работах (Health aspects of plumbing)*, Приложение 1.

1.3 Вспомогательные ресурсы для Руководства

1.3.1 Опубликованные документы

К данному Руководству приложены материалы, в которых представлена справочная информация, обосновывающая создание этого Руководства и предоставляющая рекомендации по надлежащей практике его эффективного осуществления. Эти материалы можно получить в печатном виде, скачать с веб-сайта ВОЗ или получить на CD-ROM. Подробные ссылки приводятся в [Приложении 1](#).

1.3.2 Сети по наращиванию потенциала

В целях содействия быстрому распространению информации, совершенствования обмена знаниями, трансляции практического опыта, представления рекомендаций по проблемам политики и практики в области общественного здравоохранения и содействия в осуществлении настоящего Руководства было создано несколько международных сетей. Эти международные сети объединяют специалистов по вопросам качества воды, управляющих системами питьевого водоснабжения, регуляторов системы здравоохранения, руководителей общин и другие заинтересованные стороны. В центре внимания этих сетей находятся проблемы планирования мер по обеспечению безопасности воды для крупных систем, в том числе их эффективной эксплуатации и технического обслуживания, безопасной эксплуатации маломасштабных общинных систем водоснабжения, обработки воды в домохозяйствах, безопасного хранения воды и совершенствования мер регулирования в сфере питьевого водоснабжения в интересах защиты здоровья населения.

Подробнее об этих сетях см. по адресу: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/.

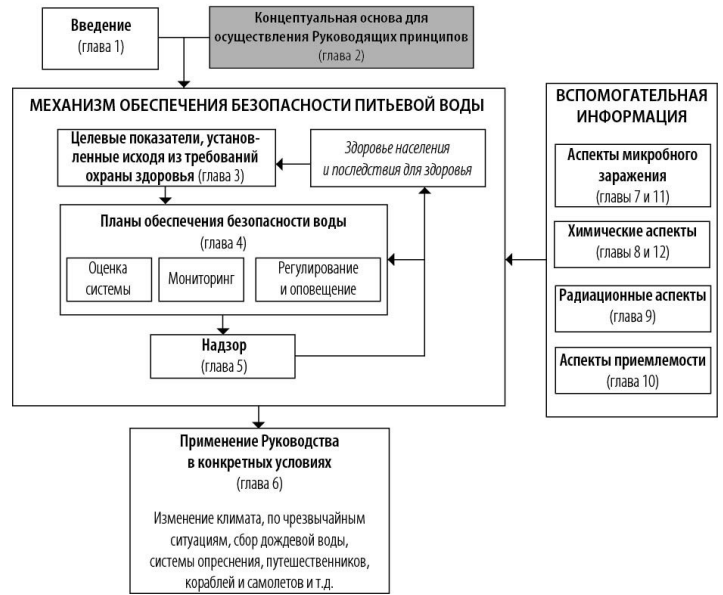
2

Концептуальная основа осуществления Руководства

Базовым и неперенным условием обеспечения безопасности питьевой воды является осуществление "концепции обеспечения безопасности питьевой воды" на основе настоящего Руководства. Эта концепция предполагает профилактический и основанный на учете рисков подход к управлению качеством воды. Ее компонентами являются целевые показатели в области здравоохранения, определенные компетентным органом здравоохранения с использованием Руководства в качестве отправного пункта, адекватные и надлежащим образом управляемые системы (адекватная инфраструктура, мониторинг должного уровня и эффективное планирование и управление), а также система независимого надзора. Обычно такая концепция закрепляется в национальных стандартах, мерах регулирования или директивах в сочетании с соответствующими стратегиями и программами (см. [разделы 2.6](#) и [2.7](#)). Принятые в результате меры регулирования и стратегии должны соответствовать местным условиям и учитывать экологические, социальные, экономические и культурные факторы и приоритеты.

Концепция обеспечения безопасности питьевой воды предусматривает использование подхода на принципах профилактического управления с применением трех основных компонентов:

- 1) целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, основанные на результатах оценки рисков для здоровья ([раздел 2.1](#) и [глава 3](#));
- 2) планы обеспечения безопасности воды (ПОБВ), включающие ([раздел 2.2](#) и [глава 4](#)):
 - оценку систем для определения способности питьевого водоснабжения в целом (от источника воды через очистку к пункту потребления) обеспечивать водой, качество которой соответствует целевым показателям, установленным исходя из требований охраны здоровья ([раздел 4.1](#));
 - оперативный (рабочий) мониторинг мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) в питьевом водоснабжении, которые имеют особое значение для обеспечения безопасности питьевой воды ([раздел 4.2](#));



- планы регулирования, обосновывающие оценку систем, и планы мониторинга и описания действий, которые следует предпринимать в условиях нормальной эксплуатации и в аварийной ситуации, включая меры по модернизации и повышению эффективности, документальному подтверждению и оповещению (разделы 4.4–4.6);
- 3) система независимого надзора, проверяющая правильность функционирования вышеуказанных компонентов (раздел 2.3 и глава 5).

Проведение проверки (верификации) того, что снабжение питьевой водой осуществляется в соответствии с целевыми показателями, установленными исходя из требований охраны здоровья, и ПОБВ сам по себе эффективен, могут взять на себя поставщик воды и надзорные ведомства по отдельности либо совместно (см. раздел 4.3).

2.1 Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья

Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, являются существенным компонентом системы обеспечения безопасности питьевой воды. Эти целевые показатели должен устанавливать орган высокого уровня, занимающийся вопросами здравоохранения, по согласованию с другими сторонами, включая поставщиков воды и общины, которых эти проблемы касаются непосредственно. Они должны учитывать общую ситуацию в области здоровья населения и взаимосвязь между качеством питьевой воды и болезнями, которые вызываются передаваемыми через воду микробами и химическими веществами, в рамках общей политики в области водоснабжения и здравоохранения. Они должны также учитывать важность обеспечения доступа к воде для всех потребителей.

Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, являются основой для применения Руководства ко всем категориям поставщиков питьевой воды. Некоторые элементы, содержащиеся в питьевой воде, могут вызывать негативные последствия для здоровья в результате единичного воздействия (например, микробных патогенов) или длительного воздействия (например, многих химических веществ). В зависимости от вида содержащихся в воде веществ, характера их воздействия, а также особенностей изменения уровней их концентрации в качестве основы для формулировки требований, предъявляемых к безопасности, выделяются четыре основных типа целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья.

- 1) *Целевые показатели результатов мер по охране здоровья.* В некоторых ситуациях, особенно в тех случаях, когда болезни, передаваемые через воду, представляют собой значительную и поддающуюся измерению угрозу, сокращение степени воздействия в результате потребления питьевой воды может существенно снизить риск возникновения и показатели распространенности болезни. В таких обстоятельствах можно определить целевой показатель результатов мер по охране здоровья как сокращение на определенную величину общего уровня заболеваемости. Этот подход является наиболее применимым в тех случаях, когда вредные последствия проявляются вскоре после воздействия, когда такие последствия легко и надежно отслеживаются и когда изменения в воздействии могут также отслеживаться легко и надежно. Этот тип целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, применим

прежде всего в отношении некоторых видов вредного микробного воздействия в развивающихся странах и вредного химического воздействия с точно определенными последствиями для здоровья, в основном передаваемого через воду (например, воздействия фторида, нитрата/нитрита и мышьяка). В других ситуациях целевые показатели результатов мер по охране здоровья могут послужить основой для оценки результатов путем применения моделей количественной оценки риска. В этих случаях оценка последствий для здоровья проводится на основе информации, касающейся воздействия в больших дозах и соотношений дозы – реакции. Результаты могут быть использованы непосредственно для уточнения целевых показателей качества воды или в качестве основы при разработке других видов целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья. Идеальными, но редко достижимыми на практике являются целевые показатели результатов мер по охране здоровья, в основу которых положена информация о воздействии протестированных мер вмешательства на здоровье реальных групп населения. Более распространены целевые показатели результатов мер по охране здоровья, которые исходят из четко определенных уровней допустимого риска либо всего бремени заболевания, либо его долей и основаны, как правило, на данных токсикологических опытов на животных, а иногда – на эпидемиологических данных.

- 2) *Целевые показатели обеспечения качества воды.* Целевые показатели обеспечения качества воды определяются в отношении отдельных содержащихся в питьевой воде элементов, которые представляют риск для здоровья в результате длительного воздействия и в тех случаях, когда их концентрация колеблется незначительно. Эти целевые показатели обычно выражены в виде нормативных величин (концентраций) соответствующих субстанций или химических веществ.
- 3) *Целевые показатели эффективности действий.* Целевые показатели эффективности действий используются в отношении тех веществ, кратковременное воздействие которых представляет собой риск для здоровья населения либо если возможны значительные колебания в количестве или уровнях концентрации таких веществ в течение коротких периодов времени и со значительными последствиями для здоровья. Эти показатели обычно базируются на технологиях и выражены в виде требований к сокращению количества соответствующих веществ или к повышению эффективности мер по предупреждению загрязнения.
- 4) *Целевые показатели, связанные с конкретной технологией.* Национальные регулирующие учреждения могут предлагать другие рекомендации по конкретным действиям в отношении маломасштабного водоснабжения населенных пунктов, общин и домохозяйств. В таких целевых показателях могут быть указаны конкретные устройства или процессы, применение которых допускается в данной ситуации и/или в отношении общих типов систем питьевого водоснабжения.

Важно, чтобы целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, были достижимы в местных условиях и устанавливались в интересах охраны и улучшения здоровья населения. Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, составляют основу разработки ПОБВ, способствуют предоставлению информации, с помощью которой оценивается адекватность существующих установок, и помогают определить, на каком уровне и в каком виде

следует осуществлять технический контроль и аналитическую проверку (верификацию).

Большинство стран применяют целевые показатели нескольких видов в отношении различных типов водоснабжения и различных загрязнителей. Чтобы цели были актуальными и полезными, следует разработать репрезентативные сценарии развития событий с описанием там, где это необходимо, их возможных вариантов, вариантов регулирования, мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) и систем показателей для отслеживания и проверки (верификации) качества работы. Их следует дополнять рекомендациями общего характера по проблемам определения национальных, региональных или местных приоритетов и последовательного их осуществления, содействуя таким образом оптимальному использованию ограниченных ресурсов.

Подробнее целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, рассматриваются в [главе 3](#).

Рекомендации по определению приоритетов в отношении химических веществ исходя из степени риска, который они представляют для здоровья населения, см. в [разделе 2.5](#) и в сопроводительном документе *Chemical safety of drinking-water* (Приложение 1).

2.2 Планы обеспечения безопасности воды

Для осуществления общего контроля качества питьевой воды в плане микробного и химического загрязнения необходимо разрабатывать планы регулирования, которые по осуществлении создают основу для защиты системы и контроля процедур в целях обеспечения того, чтобы количество патогенов и уровни концентрации химических веществ представляли ничтожно малый риск для здоровья населения и вода была приемлема для потребителей. Планы, разрабатываемые поставщиками воды для регулирования водоснабжения, – это ПОБВ. В структуру ПОБВ входят оценка и разработка системы, планы операционного мониторинга и регулирования, включая документальное оформление и оповещение. В основу компонентов ПОБВ положены подход множественных барьеров, принципы анализа нештатных ситуаций и выявления критических контрольных точек, а также другие методы системного регулирования. В планах должны учитываться все аспекты питьевого водоснабжения, а во главу угла должен быть поставлен контроль над добычей, обработкой и транспортировкой питьевой воды.

Многие системы питьевого водоснабжения поставляют надлежащую безопасную питьевую воду и в отсутствие официальных ПОБВ. В этих случаях основная выгода от разработки и осуществления ПОБВ заключается в систематической и подробной оценке опасностей и определении степени их приоритетности, в оперативном (рабочем) мониторинге барьеров или мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) и в совершенствовании документального оформления. Кроме того, ПОБВ предусматривает создание организованной и структурированной системы в целях сведения к минимуму риска сбоя из-за недосмотра или ошибки руководства и дает возможность предусмотреть в планах действий в чрезвычайных ситуациях меры реагирования на сбой в системе или непредвиденные события, способные повлиять на качество воды, например усиливающиеся сильные засухи, ливни или наводнения.

2.2.1 Оценка и разработка систем

Оценка системы питьевого водоснабжения применима, с соответствующими изменениями, к крупным объектам с водопроводными системами распределения, водопроводному и неводопроводному снабжению водой общин, в том числе посредством ручных насосов, и индивидуальному снабжению домохозяйств, в том числе путем сбора дождевой воды. Степень сложности ПОБВ зависит от конкретных обстоятельств. Оценка может касаться существующей инфраструктуры или планов в отношении новых систем водоснабжения или модернизации уже существующих. Поскольку качество питьевой воды различается в рамках всей системы, целью оценки должно стать определение того, насколько конечное качество поставляемой потребителю воды соответствует целевым показателям, установленным исходя из требований охраны здоровья. Определение качества источника воды и изменений при ее прохождении по всей системе должно проводиться с участием специалистов. Оценку систем необходимо регулярно повторять.

При оценке системы необходимо учитывать свойства отдельных составных элементов или групп элементов, которые могут воздействовать на качество воды. После выявления и документального оформления существующих и потенциально возможных факторов риска, в том числе события и действия, которые способны воздействовать на качество воды, можно провести оценку и установить градацию уровней риска для каждого вредного фактора с учетом его вероятности и степени тяжести последствий.

Валидация является элементом оценки системы. Она производится с тем, чтобы удостовериться, что положенная в основу плана информация является достоверной, а также направленной на оценку научных и технических данных, используемых в ПОБВ. Важные для ПОБВ фактические данные можно получить из широкого ряда источников, включая научную литературу, регулирующие органы и органы по исполнению законодательства, исторические данные, профессиональные объединения и опыт поставщиков.

ПОБВ является инструментом регулирования, который должен использоваться для реального достижения целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, и его разработку следует вести в том порядке, который приводится в [главе 4](#). Если маловероятно, что система сможет соответствовать целевым показателям, установленным исходя из требований охраны здоровья, то следует приступить к программе модернизации системы (возможно, требующей инвестиций или подготовки кадров), с тем чтобы питьевое водоснабжение соответствовало установленным целевым показателям. ПОБВ представляет собой важный инструмент выявления недостатков и тех участков, которые в наибольшей степени нуждаются в модернизации. Одновременно ПОБВ следует использовать в целях содействия всем возможным усилиям, чтобы поставляемая вода была максимально достижимого качества. При наличии значительного риска для здоровья населения, могут потребоваться дополнительные меры, в том числе по оповещению, информированию о компенсационных мерах (например, кипячении или дезинфекции в пункте использования), а также, в случае необходимости, о наличии альтернативных или экстренных систем водоснабжения.

Подробнее об оценке и разработке систем см. [раздел 4.1](#) (см. также вспомогательный документ *Upgrading water treatment plants*, [Приложение 1](#)).

2.2.2 Оперативный (рабочий) мониторинг

Оперативный (рабочий) мониторинг – это проведение запланированных наблюдений или измерений для оценки того, действуют ли меры по контролю в системе питьевого водоснабжения надлежащим образом. Можно установить ограничения для мер по контролю, провести мониторинг этих ограничений и предпринять в ответ на обнаруженное отклонение от нормы корректирующие меры до того, как вода станет небезопасной. Оперативный (рабочий) мониторинг предусматривает, например, меры, позволяющие быстро и регулярно проводить проверку, с тем чтобы ограждение вокруг ручного насоса было целым и неповрежденным, мутность воды после фильтрации была ниже определенной величины или остаточное количество хлора после прохождения через дезинфекционную установку либо на выходе из системы распределения было выше согласованной величины.

Оперативный (рабочий) мониторинг обычно проводится путем простых наблюдений и тестов, чтобы быстро убедиться в том, что меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) продолжают работать. Меры контроля – это действия в отношении системы водоснабжения, позволяющие предупредить, снизить или устранить загрязнение; эти меры определяются в ходе оценки системы. К их числу относятся, например, меры регулирования водосбора, зоны, непосредственно прилегающей к колодцу, фильтров, инфраструктуры обеззараживания и распределительных водопроводных систем. Если все эти меры осуществляются должным образом, они обеспечивают достижение целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья.

Частота оперативного (рабочего) мониторинга изменяется в зависимости от характера мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) – например, частота проверки целостности ограждений колеблется в пределах от месяца до года, мониторинг мутности проводится в режиме реального времени или очень часто, а мониторинг остаточного количества дезинфицирующих веществ в разных точках – ежедневно или постоянно в режиме реального времени. Если мониторинг показывает, что предел не соответствует спецификациям, это означает, что существует возможность того, что вода является или может стать небезопасной. Цель заключается в своевременном мониторинге мер контроля с использованием логически обоснованного плана выборочного контроля, чтобы не допустить поставок потенциально небезопасной воды.

Оперативный (рабочий) мониторинг включает отслеживание или измерение таких параметров, как мутность, остатки хлора или структурная целостность. Более сложные или дорогие микробные или химические тесты обычно проводятся в рамках мер по валидации или проверке (верификации) (рассматриваются соответственно в [разделах 4.1.7 и 4.3](#)), а не как часть оперативного (рабочего) мониторинга.

Чтобы не только быть уверенным в том, что цепочка снабжения действует надлежащим образом, но и иметь подтверждение того, что качество безопасной воды достигнуто и сохраняется, необходимо провести проверку (верификацию), как указано в [разделе 4.3](#).

Использование индикаторных микроорганизмов (см. [раздел 11.6](#)) при мониторинге качества воды рассматривается в сопроводительном документе *Оценка микробной безопасности питьевой воды* (см. [Приложение 1](#)), а оперативный (рабочий) мониторинг подробнее обсуждается в [разделе 4.2](#).

2.2.3 Планы управления, документальное оформление и информационное обеспечение

В плане управления обосновываются оценка системы и оперативный (рабочий) мониторинг, а также планы проверок (верификации) и содержится описание действий как в случае эксплуатации в нормальных условиях, так и во время "нештатных ситуаций", когда может быть утрачен контроль над системой. В плане управления также должны излагаться процедуры и другие вспомогательные программы, которые требуются для обеспечения оптимальной эксплуатации системы питьевого водоснабжения.

Поскольку регулирование некоторых аспектов системы питьевого водоснабжения нередко выходит за пределы ответственности одного учреждения, важно, чтобы были определены роли, подотчетность и обязанности различных участвующих учреждений, с тем чтобы координировать их планирование и управление. Поэтому необходимо определить надлежащие механизмы и дать обоснование для привлечения заинтересованных сторон и определения их обязательств. В этих целях могут быть созданы рабочие группы, комитеты или целевые группы с соответствующим представительством, а также разработаны партнерские соглашения, в том числе, например, подписаны меморандумы о взаимопонимании (см. также раздел 1.2).

Документальное обоснование всех аспектов регулирования качества питьевой воды имеет существенное значение. В документах должно содержаться описание предпринимаемых действий, а также того, как осуществляются процедуры. Они также должны включать подробную информацию в отношении:

- оценки системы питьевого водоснабжения (включая карты системы водоснабжения и потенциальные вредные факторы);
- мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), оперативного (рабочего) мониторинга и планов контрольных проверок (верификации) и проверок стабильности технических характеристик;
- рутинных процедур эксплуатации и управления;
- планов ответных мер в случае аварий или чрезвычайной ситуации;
- вспомогательных мер, в том числе:
 - программ обучения персонала;
 - научных исследований и разработок;
 - процедур оценки результатов и отчетности;
 - оценок, проверок и анализа эффективности работы;
 - протоколов по оповещению;
- консультаций с местным населением.

Системы документального оформления и учета должны быть по возможности простыми и ориентированными на достижение поставленных целей. Уровень детализации при документальном оформлении процедур должен быть достаточным для обеспечения оперативного (рабочего) мониторинга, при условии что работы выполняются квалифицированными и компетентными операторами.

Следует разработать механизмы для периодического проведения обзоров документов, а в случае необходимости вносить в них изменения в целях отражения изменившихся обстоятельств. Документы должны составляться таким образом, чтобы можно было легко вносить любые необходимые изменения. Необходимо разработать систему контроля за документами, добиваясь того, чтобы применялись действующие в настоящее время версии и не использовались устаревшие документы.

Следует также подготовить надлежащую документацию и систему информирования об авариях или чрезвычайных ситуациях. Организации необходимо как можно глубже изучить нештатную ситуацию, чтобы повысить степень готовности и подготовить планы на случай подобных событий в будущем. Изучение нештатной ситуации может указать на необходимость внесения поправок в существующие протоколы.

Эффективно действующая система информационного обеспечения, направленная на повышение уровня информированности и знаний населения о проблемах обеспечения качества питьевой воды, и распределение зон ответственности помогают потребителям понять решения по услугам, предоставляемым поставщиком питьевой воды, или по проблемам ограничений на землепользование, вводимых в зонах водосбора, и содействовать их выполнению. Это может способствовать готовности потребителей создавать фонды для финансирования необходимой модернизации. Глубокое понимание различных точек зрения, которых придерживаются отдельные граждане или группы местных жителей, является залогом того, что ожидания населения удастся оправдать.

Вопросы управления, документального оформления и информационного обеспечения подробнее рассматриваются в [разделах 4.4, 4.5 и 4.6](#).

2.3 Надзор

Надзорные органы несут ответственность за независимую (внешнюю) и периодическую проверку всех аспектов качества и безопасности в области здоровья населения и должны быть наделены полномочиями по проведению расследований и по инициированию ответных мер и действий по исправлению ситуаций в связи с вызванными загрязнением вспышками заболеваний, передаваемых через воду, или иными угрозами здоровью населения. Осуществление надзора предусматривает выявление потенциального загрязнения питьевой воды и случаев заболеваний, передаваемых через воду, а также, в рамках упреждающих действий, оценку соблюдения ПОБВ и содействие в улучшении качества, увеличении количества, расширении доступности, охвата, ценовой доступности и непрерывности питьевого водоснабжения.

Надзор за питьевым водоснабжением требует наличия программы систематического сбора данных и проведения контрольных мероприятий, в число которых могут входить проверки осуществления ПОБВ, анализ, санитарные инспекции, а также учрежденческие и общинные аспекты. Надзор должен охватывать всю систему питьевого водоснабжения, включая источник воды и деятельность на водосборе, инфраструктуру снабжения водопроводной или неводопроводной водой, очистные установки, резервуары для хранения и системы распределения.

Поскольку поэтапное совершенствование и установление приоритетности действий в системах, представляющих наибольший общий риск для здоровья населения, имеют большое значение, целесообразно принять квалификационную шкалу для определения относительной безопасности снабжения питьевой водой (см. [главу 4](#)). Более сложные квалификационные шкалы могут, в частности, применяться при надзоре за общинными системами водоснабжения, где проверки проводятся нечасто, а полагаются исключительно на результаты аналитического анализа особенно нецелесообразно. В таких шкалах обычно учитываются как данные анализов, так и результаты санитарных инспекций с использованием методик, примеры которых представлены в [разделе 4.1.2](#).

Роль надзора рассматривается в [разделе 1.2.1](#) и [главе 5](#).

2.4 Проверка (верификация) качества питьевой воды

Безопасность питьевой воды обеспечивается путем применения ПОБВ, который включает мониторинг эффективности мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) с использованием надлежащим образом отобранных показателей. В дополнение к такому оперативному (рабочему) мониторингу требуется проведение заключительной проверки (верификации) качества воды.

Проверка представляет собой использование методов, процедур или тестов в дополнение к тем, которые применяются в ходе оперативного (рабочего) мониторинга для определения степени соответствия работы системы питьевого водоснабжения заявленным целям, определенным на основе целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, и необходимости изменения ПОБВ или возможности продолжения его осуществления.

Проверку (верификацию) качества питьевой воды могут проводить поставщик воды и надзорные ведомства по отдельности или совместно (см. [раздел 4.3](#)). Хотя чаще всего проверки (верификацию) проводит надзорное ведомство, программа проверок (верификации), осуществляемых силами предприятия, может повысить уровень доверия, дополняя нормы, определяющие параметры и частоту мониторинга.

2.4.1 Качество воды с точки зрения микробного загрязнения

Что касается качества воды с точки зрения микробного загрязнения, то проверка (верификация), как правило, предусматривает анализ индикаторных фекальных микроорганизмов, причем анализ проводится на наличие *Escherichia coli* или же термотолерантных колиформных бактерий (см. [разделы 4.3.1, 7.4 и 11.6](#)). Мониторинг наличия специфических патогенов может предусматриваться лишь в исключительных случаях для подтверждения того, что заболевание, вспышка которого имела место, передавалось через воду или что ПОБВ эффективен. Наличие *Escherichia coli* является убедительным доказательством недавнего загрязнения фекалиями, и эти бактерии не должны присутствовать в питьевой воде. В определенных ситуациях можно использовать дополнительные индикаторы, такие как бактериофаги или бактериальные споры.

Вместе с тем качество воды может быстро изменяться, и все системы подвержены риску случайных сбоев. Например, дождь может в значительной степени повысить уровни микробного загрязнения в источнике воды, и нередко после дождя происходят вспышки болезней, передаваемых через воду. Результаты аналитического тестирования необходимо интерпретировать с учетом этого обстоятельства.

2.4.2 Качество воды с точки зрения химического загрязнения

Оценка на предмет надлежащего качества питьевой воды с точки зрения химического загрязнения основана на сопоставлении результатов анализа качества воды с нормативными величинами. В настоящем Руководстве приводятся нормативные величины для многих химических загрязнителей, которые фактически могут попадать в ту или иную систему водоснабжения, и поэтому, прежде чем приступать к анализу на содержание в воде химических веществ, необходимо сделать рациональный выбор между мониторингом и надзором.

В отношении добавок (то есть химических веществ, источником которых являются главным образом материалы и химические вещества, используемые в производстве и распределении питьевой воды) во главу угла ставится прямой контроль

качества этих коммерческих продуктов. При проведении контроля добавок в питьевой воде в ходе тестирования обычно проводится оценка того, насколько продукт соответствует техническим требованиям (см. [раздел 8.5.4](#)).

Как указано в [главе 1](#), большинство химических веществ создают проблемы лишь при длительном их воздействии; однако некоторые вредные химические вещества, попадающие в питьевую воду, вызывают обеспокоенность в связи с последствиями своего воздействия в течение короткого периода времени. В тех случаях, когда концентрация конкретного химического вещества (например, нитрата/нитрита, способного вызывать метгемоглобинемию у грудных детей, находящихся на искусственном вскармливании) изменяется в широких пределах, даже серия результатов анализов может не позволить в полной мере определить и описать риск для здоровья населения. В ходе контроля за такими вредными факторами необходимо уделять внимание выявлению причинных факторов, таких как применение удобрений в сельском хозяйстве, а также тенденциям в обнаруженных уровнях концентрации, поскольку они покажут, вероятно ли возникновение значительных проблем в будущем. Другие вредные вещества могут появляться периодически, нередко в связи с сезонной активностью или сезонными условиями. Одним из примеров является появление налета токсических цианобактерий в поверхностной воде.

Нормативная величина представляет собой концентрацию вещества, которая не превышает допустимого риска для здоровья человека, потребляющего его в течение всей жизни. Нормативные величины в отношении некоторых химических загрязнителей (например, свинца, нитрата) устанавливаются в целях охраны здоровья уязвимых подгрупп населения. Эти нормативные величины также обеспечивают защиту населения в целом в течение всей жизни.

Важно, чтобы рекомендованные нормативные величины были научно обоснованными, применимыми на практике и достижимыми, а также служили интересам охраны здоровья населения. Нормативные величины обычно не устанавливаются на уровне концентрации ниже, чем уровень, поддающийся выявлению в условиях обычных лабораторий. Кроме того, некоторые нормативные величины устанавливаются с учетом имеющихся методик осуществления контроля, удаления или снижения концентрации загрязняющего вещества до желательного уровня. Поэтому в некоторых случаях устанавливаются временные нормативные величины для загрязнителей, для которых рассчитанные с точки зрения защиты здоровья нормативные величины практически недостижимы.

2.5 Определение приоритетных проблем

В настоящем Руководстве речь идет о большом числе веществ, потенциально содержащихся в питьевой воде, что позволяет учесть разнообразные потребности стран повсюду в мире. Обычно лишь небольшое количество веществ является предметом для беспокойства в тех или иных ситуациях. Важно, чтобы национальное регулирующее ведомство и местные органы водного хозяйства определили, какие вещества имеют большое значение в данных условиях и какие меры следует принимать в их отношении. Это позволит сосредоточить усилия и инвестиции именно на тех веществах, которые чреваты наибольшим риском или играют важную роль с точки зрения общественного здравоохранения.

Для потенциально опасных содержащихся в воде компонентов установлены целевые показатели исходя из требований охраны здоровья, которые выступают в качестве основы для оценки качества питьевой воды. В интересах улучшения и охраны

здоровья населения различные параметры могут потребовать установления разных приоритетов в области регулирования. В целом приоритетами, в порядке снижения их значимости, являются:

Многие содержащиеся в питьевой воде микробные и химические компоненты могут потенциально оказывать негативное воздействие на здоровье человека. Выявление этих компонентов как в источнике воды, так и в доставленной потребителю воде нередко происходит медленно, вызывает сложности и сопряжено с большими затратами, и это ограничивает возможности раннего предупреждения и доступность. Полагаться только на определение качества воды недостаточно для охраны здоровья населения. Кроме того, поскольку ни практически, ни экономически невозможно проверить все параметры качества питьевой воды, мониторинг и использование ресурсов следует тщательно планировать и направлять на

- обеспечение надлежащего снабжения безопасной в микробном отношении водой и поддержание ее приемлемости в целях стимулирования потребителей не пользоваться потенциально менее безопасной в микробном отношении воды;
- регулирование содержания основных химических веществ, в отношении которых известно, что они пагубно воздействуют на здоровье;
- принятие мер в отношении других химических веществ, в первую очередь тех, которые влияют на приемлемость питьевой воды в плане ее вкуса, запаха или вида;
- применение необходимых технологий для снижения концентрации загрязнителей в источнике воды до уровня ниже нормативной или регулируемой величины.

Два основных фактора для отбора вредных веществ, установление стандартов для которых желательно из соображений охраны здоровья, – это воздействие на здоровье (степень тяжести воздействия) данного вещества и вероятность его появления в значительных количествах (подверженность воздействию). В сочетании эти элементы определяют степень риска в связи с конкретным вредным веществом. Что касается микробного загрязнения, то установление целевых показателей будет определяться появлением и концентрацией в источнике воды и относительным вкладом водных организмов в возникновение заболевания. Для химических веществ необходимо учитывать такие факторы, как степень тяжести последствий для здоровья и частота воздействия на население в сочетании с уровнями концентрации, воздействию которых население подвергается. Очевидно, что вероятность наступления последствий для здоровья зависит от степени токсичности и уровня концентрации, однако она также зависит от длительности воздействия. В отношении большинства химических веществ можно отметить, что последствия для здоровья имеют место при длительном воздействии. Таким образом, в случае если это воздействие единично, то риск негативных последствий для здоровья, по всей видимости, невелик, если только уровень концентрации не был чрезвычайно высок. Соответственно, приоритет должен быть отдан веществам, которые используются широко, присутствуют в источнике воды или в самой питьевой воде постоянно или почти постоянно и в концентрациях, создающих проблемы для здоровья.

Рекомендации, помогающие определить, какие химические вещества важны в конкретной ситуации, приводятся в сопроводительном документе *Chemical safety of drinking-water* (Приложение 1).

Хотя ВОЗ не устанавливает официальных нормативных величин для веществ на основе приемлемости для потребителей (то есть веществ, воздействующих на вид, вкус или запах питьевой воды), имеются примеры определения стандартов и параметров, имеющих отношение к приемлемости для потребителей. Хотя превышение подобных стандартов не создает непосредственных проблем для здоровья, оно может оказать значительное влияние на доверие со стороны потребителей и вынудить их брать воду из альтернативного, менее безопасного источника. Обычно такие стандарты основываются на местных представлениях о приемлемости.

Приоритеты следует устанавливать по итогам систематической оценки, проводимой совместными усилиями всех соответствующих структур, и такие приоритеты могут применяться на национальном уровне и на уровне конкретных систем. На национальном уровне приоритеты необходимо устанавливать в целях выявления соответствующих вредных веществ на основании оценки риска – то есть степени тяжести воздействия и подверженности воздействию. На уровне отдельных систем водоснабжения также может быть необходимо установить приоритетность веществ в интересах эффективного управления системой. Для этого может потребоваться привлечение к работе широкого спектра заинтересованных сторон, в том числе представляющих здравоохранение, водное хозяйство, питьевое водоснабжение, охрану окружающей среды, сельское хозяйство, а также геологические службы и органы управления горнодобывающей промышленностью, в целях создания механизма для обмена информацией и достижения консенсуса по вопросам качества питьевой воды.

2.5.1 Проведение оценки качества питьевой воды

Для определения компонентов, действительно вызывающих беспокойство, необходимо провести оценку качества питьевой воды. Важно выявить виды систем питьевого водоснабжения, существующие в стране (например, водопроводное водоснабжение, неводопроводное водоснабжение, продажа воды), а также качество источников питьевой воды и поставляемой воды.

К числу дополнительных данных, которые следует рассматривать в ходе оценки, относятся данные о типе водосбора (защищенный, незащищенный), сбросах сточных вод, геологии, топографии, использовании земель для сельскохозяйственных нужд, промышленной деятельности, санитарных инспекций, данные предыдущих мониторингов и проверок, местные и общинные знания. Чем шире круг используемых источников данных, тем полезнее будут результаты процесса.

Во многих ситуациях органы власти или потребители, возможно, уже определили ряд проблем, связанных с качеством питьевой воды, в частности проблемы, оказывающие очевидное воздействие на здоровье или проблемы приемлемости. Обычно имеющимся проблемам такого рода придается первостепенное значение.

Необходимо выявлять системы питьевого водоснабжения, представляющие собой наиболее серьезную угрозу для здоровья населения, и перераспределять ресурсы соответственно.

2.5.2 Оценка приоритетов с точки зрения микробного загрязнения

Наиболее частым и распространенным риском для здоровья, связанным с питьевой водой, является микробное загрязнение, последствия которого столь серьезны, что борьба с ним всегда должна иметь первостепенное значение. Приоритетной следует считать задачу улучшения и совершенствования систем питьевого водоснабжения, представляющих наибольший риск для здоровья населения.

Наиболее частым и распространенным риском для здоровья, связанным с питьевой водой, является микробное загрязнение, последствия которого столь серьезны, что борьба с ним всегда должна иметь первостепенное значение.

Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, в отношении микробных загрязнителей рассматриваются в [разделе 3.2](#), а комплексное рассмотрение микробных аспектов качества питьевой воды содержится в [главе 7](#).

2.5.3 Оценка приоритетов с точки зрения химического загрязнения

Не все химические вещества, для которых установлены нормативные величины, присутствуют во всех системах водоснабжения и во всех странах. Даже там, где они присутствуют, возможно, они не будут выявлены на уровнях, вызывающих беспокойство. Напротив, некоторые химические вещества, для которых нормативные величины не установлены или которые не рассматриваются в настоящем Руководстве, при определенных обстоятельствах могут тем не менее вызывать законную обеспокоенность на местном уровне.

В рамках стратегий по управлению рисками (отраженных в национальных стандартах и деятельности по мониторингу) и при выделении ресурсов первостепенное внимание следует уделять тем химическим веществам, которые ставят под угрозу здоровье людей или оказывают существенное воздействие на приемлемость воды.

Выяснено, что лишь небольшое число химических веществ вызывает серьезные последствия для здоровья людей вследствие воздействия через питьевую воду в тех случаях, когда такие вещества присутствуют в ней в чрезмерном количестве. К числу таких веществ относятся фторид, мышьяк и нитрат. В некоторых районах было выявлено воздействие свинца (имеющегося в домашних водопроводных системах) на здоровье человека, и существует обеспокоенность в отношении потенциальных масштабов воздействия селена и урана, присутствующих в некоторых районах в концентрациях, опасных для здоровья человека. Железо и марганец имеют большое значение из-за их воздействия на приемлемость питьевой воды. Эти компоненты следует всегда учитывать в рамках процесса установления приоритетов. В некоторых случаях оценка покажет отсутствие риска значительного воздействия на национальном, региональном или системном уровне.

Питьевая вода может играть лишь незначительную роль в общем воздействии конкретного химического вещества на организм, и в некоторых обстоятельствах проведение контроля за уровнями его содержания в питьевой воде, сопряженное, возможно, со значительными затратами, может играть лишь незначительную роль в общем воздействии. Поэтому стратегии управления рисками в отношении питьевой воды следует рассматривать в комплексе с другими потенциальными источниками воздействия на человека.

Процесс составления "краткого перечня" химических веществ, вызывающих обеспокоенность, может на начальном этапе представлять собой простую классификацию высокого и низкого риска, что позволит затем выявлять более широкие проблемы. Такую классификацию можно будет уточнять, используя данные более

подробных оценок и анализа, а также с учетом редких случаев, вариативности и неопределенности.

Во вспомогательном документе *Chemical safety of drinking-water* (Приложение 1) содержатся указания по порядку ранжирования содержащихся в питьевой воде химических веществ по их значимости. Здесь рассматриваются такие вопросы, как:

- вероятность воздействия (включая период воздействия) химического вещества на потребителя;
- концентрация химического вещества, которая, вероятно, оказывает воздействие на здоровье (см. также [раздел 8.5](#));
- фактические данные о воздействии на здоровье или воздействии через питьевую воду в противопоставлении с другими источниками, а также относительная степень сложности контроля за различными источниками воздействия.

Дополнительная информация о вредном воздействии и факторах риска, связанных со многими химическими веществами, которые не представлены в настоящем Руководстве, может быть получена из ряда источников, включая монографии ВОЗ о критериях гигиены окружающей среды и краткие документы по международной оценке химических веществ, доклады Совместного совещания Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) и ВОЗ по остаточным количествам пестицидов и Объединенного комитета экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам, а также информацию от компетентных национальных органов. Эти источники информации прошли экспертную оценку и содержат легкодоступную информацию по токсикологии, вредным воздействиям и рискам в отношении многих менее распространенных загрязнителей. Они могут быть полезны поставщикам воды и работникам здравоохранения в принятии решений относительно степени значимости (в случае ее наличия) выявленного химического вещества и соответствующих ответных мер.

2.6 Разработка стандартов качества питьевой воды

Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, в том числе количественные нормативные величины и другие показатели, о которых идет речь в *Руководстве по обеспечению качества питьевой воды*, не носят обязательного характера; они дают научно обоснованную отправную точку для разработки национальных или региональных количественных стандартов качества питьевой воды. Не существует единого универсального подхода, и стандарты качества питьевой воды для разных стран и регионов могут очень различаться по характеру и форме.

При разработке национальных стандартов качества питьевой воды на основе настоящего Руководства необходимо учитывать экологические, социальные, культурные, экономические условия, особенности питания и другие факторы, влияющие на потенциальное воздействие. В результате национальные стандарты могут заметно отличаться от предусмотренных в настоящем Руководстве как по масштабам охвата, так и по целевым показателям риска. Программа, в основу которой положены более скромные, но реалистичные задачи – в том числе меньшее количество параметров качества воды, имеющих приоритетное значение для защиты здоровья, при возможности их поддержания на соответствующих уровнях в целях обеспечения приемлемого уровня защиты здоровья населения в плане снижения уровня заболеваемости или риска заболеваемости среди населения, – может дать больше,

нежели чрезмерно амбициозная программа, особенно в случае, если целевые показатели периодически пересматриваются.

В целях обеспечения приемлемости стандартов для потребителей необходимо привлекать к их разработке получающие услуги общины, а также крупнейших водопользователей. Органы общественного здравоохранения могут быть ближе к общине, нежели структуры, отвечающие за ее водоснабжение. Кроме того, на местном уровне они взаимодействуют с другими секторами (например, сектором образования), и их совместная деятельность крайне важна для обеспечения активного участия общины.

2.6.1 Адаптация нормативных значений к стандартам, актуальным для данной местности

С учетом разных показателей воздействия из различных источников (например, воды, продуктов питания) в разных частях мира доля максимально допустимой суточной дозы приема, отведенная для питьевой воды, будет разной при определении нормативных значений для многих химических веществ. Там, где имеются те или иные данные о воздействии, органам власти предлагается разрабатывать учитывающие особенности ситуации нормативные значения, соответствующие ситуации и условиям на местах. Так, например, там, где известно, что с питьевой водой потребляется гораздо больше определенного загрязнителя, нежели его поступает из других источников (например, из воздуха и продуктов питания), возможно, имеет смысл отвести для питьевой воды большую долю максимально допустимой суточной дозы приема, чтобы нормативное значение в большей степени соответствовало местным условиям.

Объем ежедневно потребляемой воды может различаться по районам мира, варьируясь в зависимости от времени года, и особенно там, где потребители занимаются ручным трудом в условиях жаркого климата. Возможно, существует необходимость при разработке местных стандартов внести поправки на величину ежедневного потребления воды, как, например, в случае фторида.

Содержащиеся в воде летучие вещества могут высвободиться в воздух при приеме душа или в процессе иной бытовой деятельности. В подобной ситуации вдыхание может стать значимым путем воздействия. Там, где будет доказано, что такое воздействие является важным для того или иного вещества (например, высокая летучесть, плохая вентиляция и частый прием душа/ванны), может быть целесообразно внести коррективы в нормативную величину. Для веществ, отличающихся особо высокой летучестью, например хлороформа, коэффициент коррекции может быть примерно равен удвоенному показателю воздействия. Подробнее об этом см. [раздел 8.2.9](#).

2.6.2 Периодический обзор и пересмотр стандартов

По мере нарастания объема данных могут вноситься изменения в нормативные величины или приниматься к рассмотрению новые факторы, влияющие на безопасность питьевой воды. При этом также происходят изменения в технологии очистки питьевой воды и методах анализа загрязнителей. Соответственно, национальные и субнациональные стандарты необходимо периодически пересматривать так, чтобы в них можно было быстро внести изменения. Изменения могут потребоваться для модификации стандартов, исключения прежних или введения новых параметров, однако никакие изменения не могут вноситься без надлежащего обоснования путем оценки риска и определения приоритетов при распределении

ресурсов, выделяемых на охрану здоровья населения. Там, где изменения оправданны, необходимо сообщить о них всем заинтересованным сторонам.

2.7 Нормативное регулирование качества питьевой воды и соответствующие меры политики и программы

Учет мер превентивного управления рисками и подхода с позиций расстановки приоритетов к нормативным документам, мерам политики и программам в области регулирования качества питьевой воды:

- обеспечивает ориентацию нормативных документов на расстановку в приоритетном порядке подлежащих тестированию параметров качества воды вместо обязательного тестирования каждого параметра, приводимого в настоящем Руководстве;
- обеспечивает осуществление соответствующих санитарных мероприятий на уровне общин и домохозяйств и стимулирует меры по предупреждению загрязнения источника воды или по снижению уровня такого загрязнения;
- выявляет системы питьевого водоснабжения, представляющие наиболее высокий риск для здоровья населения, и тем самым определяет целесообразное распределение ресурсов.

2.7.1 Нормативное регулирование

Приведение нормативных документов национального уровня, регламентирующих качество питьевой воды, в соответствие с изложенными в настоящем Руководстве принципами обеспечивает:

- наличие прямой связи между нормативными документами, регламентирующими качество питьевой воды, и охраной здоровья населения;
- разработку норм, обеспечивающих посредством применения системы барьеров безопасность питьевой воды на пути от источника воды до потребителя;
- разработку норм исходя из наиболее эффективного практического опыта, применимость и действенность которого была подтверждена временем;
- наличие ряда механизмов, позволяющих обеспечить и поддерживать выполнение норм, в том числе образовательных и учебных программ, стимулов к внедрению эффективной практики, а также санкций при необходимости принуждения к соблюдению таких норм;
- целесообразность нормативных документов и их соответствие национальным, субнациональным и местным особенностям, в том числе конкретные подходы для определенных ситуаций или видов водоснабжения, например для маломасштабного водоснабжения общин;
- четкое определение ролей и сфер ответственности заинтересованных сторон, в том числе порядка их взаимодействия;
- обмен информацией по принципу "что, когда и как" между заинтересованными сторонами, включая потребителей, и четкое определение порядка действий в обычных ситуациях и в условиях нештатной или чрезвычайной ситуации;
- возможность внесения в нормативные документы изменений для отражения изменившейся ситуации, накопленного опыта и технологических новшеств и периодический пересмотр и обновление этих норм;
- подкрепление нормативных документов соответствующими мерами политики и программами.

Цель нормативного регулирования качества питьевой воды должна заключаться в обеспечении потребителю устойчивого доступа к безопасной питьевой воде в достаточных количествах. Необходимо, чтобы законодательные акты предусматривали широкие полномочия и сферу охвата для соответствующего нормативного регулирования, а также цели в области охраны здоровья населения, такие как предупреждение болезней, передаваемых через воду, и обеспечение надлежащего снабжения питьевой водой. В центре внимания нормативного регулирования качества питьевой воды должны находиться меры повышения качества поставок и безопасности питьевой воды путем определения комплекса требований, механизмов и стратегий осуществления. Хотя в рамках регулирования необходимо также предусматривать соответствующие санкции, основная задача заключается не в том, чтобы прекращать деятельность систем водоснабжения в тех случаях, если они несовершенны.

Нормативное регулирование качества питьевой воды – не единственный возможный механизм охраны здоровья населения. К числу других механизмов регулирования относятся меры по защите источника воды, инфраструктуры, систем обработки и доставки воды, меры надзора и реагирования на возможное загрязнение и вспышки болезней, передаваемых через воду.

Нормативные документы, регламентирующие качество питьевой воды, могут также содержать временные стандарты, допустимые пределы отклонений и исключения как часть национальной или региональной политики, но не как проявление местной инициативы. Эти меры могут выступать в форме временных исключений, допускаемых для тех или иных общин или районов на определенный период времени. Кратко- и среднесрочные целевые показатели следует устанавливать таким образом, чтобы в первую очередь объектом регулирования становились наиболее значительные риски для здоровья населения. Системы регулирования должны способствовать постоянному и последовательному улучшению положения дел.

2.7.2 Сопутствующие политика и программы

Разработка и принятие нормативных документов сами по себе не могут обеспечить охрану здоровья населения. Нормативным документам должны сопутствовать надлежащие меры политики и программы. Это означает, что регуляторные ведомства, например правоохранительные органы, должны иметь достаточно средств для выполнения возложенных на них обязанностей, а также что в помощь тем, кто обязан соблюдать требования нормативного регулирования, приняты соответствующие политика и программы. Иными словами, чтобы те, кто является объектом регулирования, и те, кто отвечает за регулирование, не были обречены на неудачи, им необходимо обеспечить соответствующую поддержку.

Осуществление или изменение политики и программ по обеспечению безопасной питьевой водой не следует откладывать из-за отсутствия соответствующего регулирования. Даже там, где норм, регламентирующих питьевое водоснабжение, пока нет, существует возможность стимулировать предоставление безопасной питьевой воды и даже обязывать делать это, например путем проведения просветительских мероприятий или заключения коммерческих договоров между потребителем и поставщиком (например, на основе гражданского права).

В тех странах, где еще не достигнут приемлемый уровень обеспечения всеобщего доступа к безопасной питьевой воде, меры политики следует ориентировать на заявленные целевые показатели расширения устойчивого доступа к безопасной питьевой воде. Подобные положения политики должны находиться в русле достижения Целей развития тысячелетия (<http://www.un.org/millenniumgoals/>),

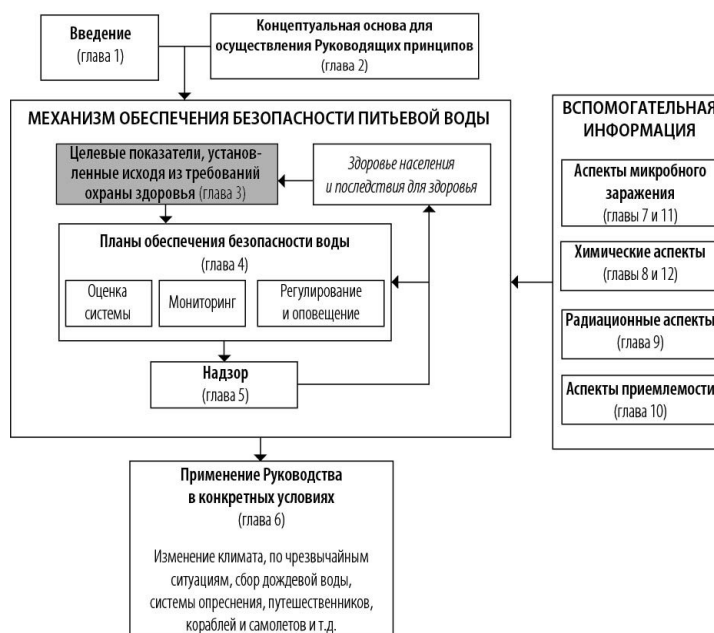
2. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ОСНОВА ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ РУКОВОДСТВА

сформулированных в Декларации тысячелетия Организации Объединенных Наций, и учитывать показатели приемлемого доступа, изложенные в Замечании общего порядка № 15 о праве на воду Комитета по экономическим, социальным и культурным правам Организации Объединенных Наций (<http://umn.edu/humanrts/gencomm/escgencom15.htm>) и в сопутствующих документах.

3

Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья

Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, – это измеримые цели в области охраны здоровья, обеспечения качества воды или эффективности действий, определяемые на основе оценок безопасности и риска воздействия присутствующих в воде опасных факторов. В данном Руководстве представлены четыре различных вида целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, которые применимы ко всем видам опасных факторов и всем типам систем водоснабжения:



- 1) целевые показатели результатов мер по охране здоровья (например, допустимое бремя болезни);
- 2) целевые показатели обеспечения качества воды (например, нормативные концентрации вредных химических веществ);
- 3) целевые показатели эффективности действий (например, логарифмическое сокращение количества определенных патогенов);
- 4) целевые показатели, связанные с конкретной технологией (например, применение определенных методов водоочистки).

Эти целевые показатели обычно включаются в действующие руководства или стандарты питьевого водоснабжения, способствующие поддержанию и повышению качества питьевой воды и, следовательно, охране и укреплению здоровья населения. Они служат для поставщиков воды и регуляторных органов ориентирами, позволяющими определить соответствие существующих систем предъявляемым требованиям либо необходимость их совершенствования. Целевые показатели служат основой для выработки

Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, могут использоваться для содействия постепенному улучшению положения путем определения основных этапов достижения целей в области обеспечения безопасности питьевой воды и охраны здоровья населения.

планов обеспечения безопасности воды и проверки их успешного выполнения. При необходимости целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, могут использоваться для содействия постепенному улучшению положения путем определения основных этапов достижения целей в области обеспечения безопасности питьевой воды и охраны здоровья населения. Обычно для этого требуется проведение периодического обзора и обновление приоритетов и целевых показателей. В свою очередь, следует также периодически обновлять нормы и стандарты (см. [раздел 2.6.2](#)).

Необходимо, чтобы целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, способствовали определению конкретных мероприятий, отвечающих целям обеспечения безопасности питьевой воды, в том числе мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), таких как охрана источника воды и процессы водоочистки.

3.1 Установление целевых показателей исходя из требований охраны здоровья

Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, можно использовать в странах, находящихся на любом уровне развития. Чтобы меры по охране и укреплению здоровья были эффективными, целевые показатели должны быть реалистичными, измеримыми, опираться на научные данные и соответствовать местным условиям (в том числе экономическим, экологическим, социальным и культурным), а также финансовым, техническим и институциональным ресурсам. Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, должны являться составной частью общей политики в области здравоохранения и учитывать состояние и тенденции изменения здоровья населения, равно как и роль питьевой воды в передаче инфекционных заболеваний и в распространении воздействия опасных химических веществ как в отдельных случаях, так и в рамках управления системой здравоохранения в целом.

Хотя вода может быть источником микробиологических, химических или радиационных опасных факторов, она ни в коем случае не является их единственным источником. При определении целевых показателей необходимо также принимать во внимание другие источники, в том числе пищу, воздух, контакты между людьми и продукты потребления, а также неудовлетворительное санитарное состояние и несоблюдение правил личной гигиены. Если общее бремя заболеваний, передаваемых разными путями, очень велико, то установление жестких целевых показателей в отношении питьевой воды даст лишь ограниченный эффект. Так, например, не имеет большого смысла определять жесткий целевой показатель для какого-либо опасного химического фактора, если с питьевой водой связана лишь незначительная доля воздействия этого химического вещества. На достижение таких целевых показателей могут, без особой на то необходимости, расходоваться средства, которые могли бы использоваться на осуществление других, более насущных медико-санитарных мер, и это не соответствует цели общественного здравоохранения – снижать общий уровень риска, связанного со всеми источниками воздействия опасных факторов окружающей среды (Prüss et al., 2002; Prüss and Corvalan, 2006).

Важно также принимать во внимание воздействие предлагаемых мер на общую заболеваемость. В отношении некоторых патогенов и связанных с ними болезней меры по улучшению качества воды могут оказаться неэффективными и поэтому, возможно, неоправданными. Подобное может происходить в тех случаях, когда доминирующими являются иные пути воздействия. В других случаях накопленный в течение

длительного периода опыт подтверждает эффективность совершенствования питьевого водоснабжения и мер по улучшению качества воды как средства борьбы с заболеваниями, передаваемыми через воду, например с тифом и дизентерией.

Достижение целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, следует рассматривать в контексте общей политики в сфере общественного здравоохранения, в том числе инициатив по улучшению санитарного состояния, удалению отходов, личной гигиены и санитарного просвещения, относительно как способов снижения риска воздействия опасных факторов на человека, так и антропогенного влияния на водные ресурсы. Улучшение общественного здравоохранения, сокращение масштабов переноса патогенов и снижение антропогенного воздействия на водные ресурсы – все эти факторы содействуют обеспечению безопасности питьевой воды (Howard et al., 2002). Расстановка приоритетов в системе общественного здравоохранения обычно указывает на то, что первоочередное внимание следует уделять факторам, в наибольшей степени способствующим распространению заболеваний, с учетом затрат на проведение возможных мер вмешательства и их результативности. Однако при этом нельзя игнорировать менее значимые целевые показатели, если их можно достичь с незначительными затратами и при условии, что при этом не снижается внимание к более важным показателям.

Оценка безопасности – или допустимого бремени болезни в конкретных обстоятельствах – это вопрос, в решении которого свою роль должно играть все общество. Окончательный ответ на вопрос о том, оправданны ли затраты в связи с выгодами от установления какого-либо целевого показателя исходя из требований охраны здоровья, каждая страна ищет самостоятельно.

Таблица 3.1. Выгоды в связи с целевыми показателями, установленными исходя из требований охраны здоровья

Этап работы с целевым показателем	Выгоды
Разработка	Дает представление о состоянии здоровья населения Выявляет пробелы в знаниях Содействует определению приоритетов Повышает прозрачность политики в области здравоохранения Содействует согласованности национальных программ в сфере здравоохранения Стимулирует обсуждение
Осуществление	Создает для участвующих структур стимулы и мотивацию к действиям Повышает степень готовности к работе Совершенствует отчетность Помогает рационально распределять средства
Оценка	Дает конкретные ориентиры для последовательных улучшений Создает возможность для мер по устранению недостатков и/или отклонений от намеченного курса Выявляет потребность и расхождения в данных

При выделении средств на деятельность по повышению безопасности питьевой воды важным принципом является возможность установления менее жестких целевых показателей переходного характера при поддержке со стороны эффективных систем управления риском, с тем чтобы способствовать поступательному улучшению качества

питьевой воды. В связи с этим целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, можно использовать как основу для содействия последовательному процессу в деле улучшения качества питьевой воды и его измерения. Улучшение может быть увязано с прогрессом, достигаемым посредством установления все более жестких целевых показателей, или с динамикой через установление таких видов целевых показателей, которые постепенно все точнее отражают цели в области охраны здоровья (например, от целевых показателей, связанных с конкретной технологией, к целевым показателям эффективности действий).

Процедуры разработки, достижения целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, доведения их до сведения общественности и их оценки обеспечивают выгоды для профилактического подхода к управлению качеством питьевой воды в целом. Перечень таких выгод приводится в таблице 3.1.

3.2 Количество лет жизни, скорректированных на инвалидность, приемлемое бремя болезней и эталонный уровень риска

Принятые на национальном уровне решения о приемлемой степени риска и приемлемом бремени заболеваний являются комплексными, и в них необходимо учитывать вероятность и степень тяжести воздействия вдобавок к экологическим, социальным, культурным, экономическим и политическим параметрам, играющим важную роль при принятии решений. Важной составной частью их процессов являются переговоры, и результаты в каждом отдельном случае могут быть очень разными. Несмотря на комплексный характер этих решений, определения приемлемого бремени болезни и эталонного уровня риска необходимы в качестве основы для разработки целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, и отправной точки для принятия решений в конкретных ситуациях.

"Приемлемое бремя болезни" – установленный национальными директивными органами верхний предел бремени последствий для здоровья, вызванных заболеванием, передаваемым через воду. "Эталонный уровень риска" – термин с тем же значением, используемый в процессе количественных оценок риска.

Описания приемлемого бремени болезней, связанных с водой, как правило, приводятся в виде конкретных последствий для здоровья, например максимальной частоты случаев диареи или раковых заболеваний. Вместе с тем в рамках подобных описаний не учитывается тяжесть последствий. Различные опасные факторы, которые, возможно, присутствуют в воде, могут иметь разные последствия для здоровья: от выраженной в слабой форме диареи до потенциально тяжелых последствий, таких как тиф, рак или флюороз скелета.

Необходим общий "метрический показатель", который можно было бы использовать для количественного измерения и сравнения бремени болезней, вызываемых различными факторами, связанными с водой, с учетом различных вероятностей, степени тяжести и продолжительности последствий. Необходимо иметь возможность применять такой метрический показатель независимо от вида опасного фактора (микробного, химического или радиационного), чтобы обеспечить возможность применения согласованного подхода к каждому опасному фактору. В настоящем Руководстве в качестве такого метрического показателя используется количество лет жизни, скорректированных на инвалидность, или DALY (вставка 3.1). Всемирная организация здравоохранения очень активно использует этот показатель для оценки приоритетов общественного здравоохранения и бремени болезней,

связанных с воздействием окружающей среды, прежде всего опасных факторов микробного характера.

Вставка 3.1. Количество лет жизни, скорректированных на инвалидность

Различные опасные факторы, которые могут присутствовать в воде, способны оказывать очень разное воздействие на здоровье. В одних случаях последствия выражены слабо (например, в форме диареи), в других они могут носить тяжелый характер (например, холера, гемолитико-уремический синдром, вызываемый *Escherichia coli* O157, или рак). Иногда последствия проявляются остро (например, в форме диареи), а иногда носят отложенный характер (например, инфекционный гепатит или рак). Некоторые последствия проявляются у отдельных возрастных категорий и групп (например, флюороз скелета у пожилых людей нередко возникает из-за того, что в детстве они подвергались долговременному воздействию больших доз фтористых соединений; заражение вирусом гепатита E ведет к крайне высокому уровню смертности среди беременных женщин). Кроме того, один опасный фактор может вызывать множественные последствия (например, гастроэнтерит, синдром Гийена–Барре, реактивный артрит и смертность, вызываемые *Campylobacter*).

Для содействия определению приоритетных задач общественного здравоохранения необходим общий метрический показатель, который можно было бы применять ко всем видам опасных факторов и который учитывал бы разные виды последствий для здоровья, в том числе вероятность, степень тяжести и длительность последствий. Таким метрическим показателем является количество лет жизни, скорректированных на инвалидность (DALY).

Базовый принцип DALY заключается в том, чтобы взвесить каждое последствие для здоровья по степени тяжести в диапазоне от 0 для удовлетворительного состояния здоровья до 1 для случая смерти. Затем полученное значение умножается на показатель длительности сохранения последствий и число пострадавших. В случае смерти длительность рассматривается как количество непрожитых лет в расчете на нормальную ожидаемую продолжительность жизни. В рамках этого подхода для легкой диареи с показателем веса тяжести 0,1 и продолжительностью 7 дней значение DALY составляет 0,002, тогда как в случае смерти и утраты 30 лет жизни значение DALY будет равно 30.

Таким образом, DALY = YLL (количество утраченных лет жизни в результате преждевременной смерти) + YLD (количество лет, прожитых с инвалидностью). В данном случае под *инвалидностью* понимается состояние, отличное от удовлетворительного состояния здоровья.

Например, ротавирусная инфекция (в развитых странах) приводит к:

- легкой диарее (с весом тяжести 0,1) продолжительностью 7 дней в 97,5% случаев;
- тяжелой диарее (с весом тяжести 0,23) продолжительностью 7 дней в 2,5% случаев;
- редким случаям смерти детей самого раннего возраста в 0,015% случаев.

DALY на один случай рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} \text{DALY} &= (0,1 \times 7/365 \times 0,975) + (0,23 \times 7/365 \times 0,025) + (1 \times 70 \times 0,00015) = \\ &= 0,0019 + 0,0001 + 0,0105 = \\ &= 0,0125 \end{aligned}$$

Инфицирование *Cryptosporidium* может вызвать водянистую диарею (с весом тяжести 0,067) продолжительностью 7 дней при очень редких случаях смерти в 0,0001% случаев. DALY в расчете на один случай здесь составляет 0,0015.

Подробнее об использовании DALY при определении целевых показателей в области здравоохранения см. во вспомогательном документе *Quantifying public health risk in the WHO Guidelines for drinking-water quality* (Приложение 1).

Основное преимущество использования DALY состоит в том, что в этом показателе агрегированы различные воздействия на качество и продолжительность жизни, а также в том, что он ориентирован на реальные результаты, а не на потенциальные риски; соответственно, это способствует рациональной расстановке приоритетов в сфере общественного здравоохранения. DALY можно использовать для определения приемлемого бремени болезней и связанного с этим эталонного уровня риска.

В настоящем Руководстве приемлемое бремя болезней определяется как верхняя граница 10^{-6} DALY на человека в год. Такая верхняя граница DALY примерно соответствует значению 10^{-5} избыточного риска рака в течение жизни (то есть

1 избыточному случаю рака на 100 000 жителей, потреблявших ежедневно в течение 70 лет воду, соответствующую по качеству целевому показателю), и именно этот уровень риска используется в настоящем Руководстве в целях определения нормативных величин для генотоксических канцерогенов.

Преимущество выражения в DALY целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, для опасных факторов химического характера состоит в том, что это позволяет проводить сопоставления с микробиологическими рисками. Вместе с тем применение метода DALY к химическим веществам на практике ограничивается проблемами в информации.

Такой целевой показатель, как приемлемое бремя болезней на уровне 10^{-6} DALY, может оказаться в ближайшей перспективе недостижимым или нереалистичным для некоторых мест и в некоторых ситуациях. Там, где общее бремя заболеваний, передаваемых различными путями (с водой, пищей, по воздуху, при непосредственном личном контакте и т. д.), очень велико, установление бремени болезней, передаваемых через воду, на уровне 10^{-6} DALY на человека в год окажет очень незначительное влияние на общее бремя болезней. Установление менее жесткого уровня приемлемого риска для заболеваний, передаваемых через воду, например 10^{-5} или 10^{-4} DALY на человека в год, было бы более реалистичным и при этом соответствовало бы целям обеспечения более безопасной водой высокого качества.

3.3 Виды целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья

Характер и типичное применение целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, представлены в [таблице 3.2](#). Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, существенно отличаются друг от друга в плане объема ресурсов, необходимых для их разработки и достижения, а также степени точности, с которой можно определить выгоды для общественного здравоохранения от мер по управлению риском. Наиболее точными являются целевые показатели результатов мер по охране здоровья, на основании которых ведется разработка остальных целевых показателей, как показано на [рисунке 3.1](#). Целевой показатель каждого вида основывается на показателях, расположенных выше его в [таблице 3.2](#), и при переходе сверху вниз к каждому следующему показателю используются допущения со значениями по умолчанию. Целевые показатели в верхней части таблицы требуют значительно большего научного и технического обоснования, и в силу этого они более конкретно связаны с уровнем охраны здоровья. Виды целевых показателей, представленные в нижней части таблицы 3.2, вызывают меньше всего разногласий у специалистов-практиков в рамках их достижения, однако зависят от ряда допущений (например, определения целевых показателей, связанных с конкретной технологией, в случае отсутствия данных о качестве источника воды, достаточных для применения целевых показателей эффективности действий в отношении бактериальных патогенов). В случае если критически важные данные, необходимые для перехода к следующему этапу установления целевых показателей, отсутствуют, следует прилагать усилия к сбору дополнительной информации. Подобное постепенное улучшение ситуации обеспечит максимально полный учет местных особенностей в целевых показателях, установленных исходя из требований охраны здоровья.

Таблица 3.2. Характер и применение целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья

Вид целевого показателя	Характер целевого показателя	Типичное применение	Примечания
Результаты мер по охране здоровья	Определение приемлемого бремени заболеваний	Целевой показатель политического характера высокого уровня, определяемый на национальном уровне и применяемый в качестве основы для определения целевых показателей эффективности действий, качества воды и показателей, связанных с конкретной технологией	В настоящем Руководстве приемлемое бремя болезней определяется как 10^{-6} DALY в расчете на человека в год
	Отсутствие или пренебрежимо малый риск негативных последствий	Опасные факторы химического или радиационного характера	На основании данных международных оценок риска отдельных химических веществ или радионуклидов
Качество воды	Нормативные величины	Опасные факторы химического характера	На основании оценок риска отдельных химических веществ
		Целевые показатели микробиологического качества воды, как правило, не применяются	В качестве индикатора фекального загрязнения и для проверки качества воды используется <i>Escherichia coli</i>
		Целевые показатели радиологического качества воды, как правило, не применяются	Применяются разноуровневые скрининговые оценки радиационного загрязнения
Эффективность действий	Конкретизация устранения опасных факторов	Опасные факторы микробного характера (сокращение выражено в логарифмических единицах)	Конкретные целевые показатели, устанавливаемые поставщиком воды на основе количественных оценок микробиологического риска и целевых показателей результатов мер по охране здоровья или общих целевых показателей, установленных на национальном уровне
		Опасные факторы химического характера (сокращение выражено в процентных долях)	Конкретные целевые показатели, устанавливаемые поставщиком воды на основе нормативных величин или общих целевых показателей, установленных на национальном уровне
Конкретная технология	Определение технологий	Контроль над опасными факторами микробного или химического характера	Определяются на национальном уровне; основываются на оценках качества источника воды, зачастую подкрепляемых сведениями об установленной или подтвержденной эффективности конкретной технологии (например, требование относительно фильтрации поверхностной воды)

3. ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, УСТАНОВЛЕННЫЕ ИСХОДЯ ИЗ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ

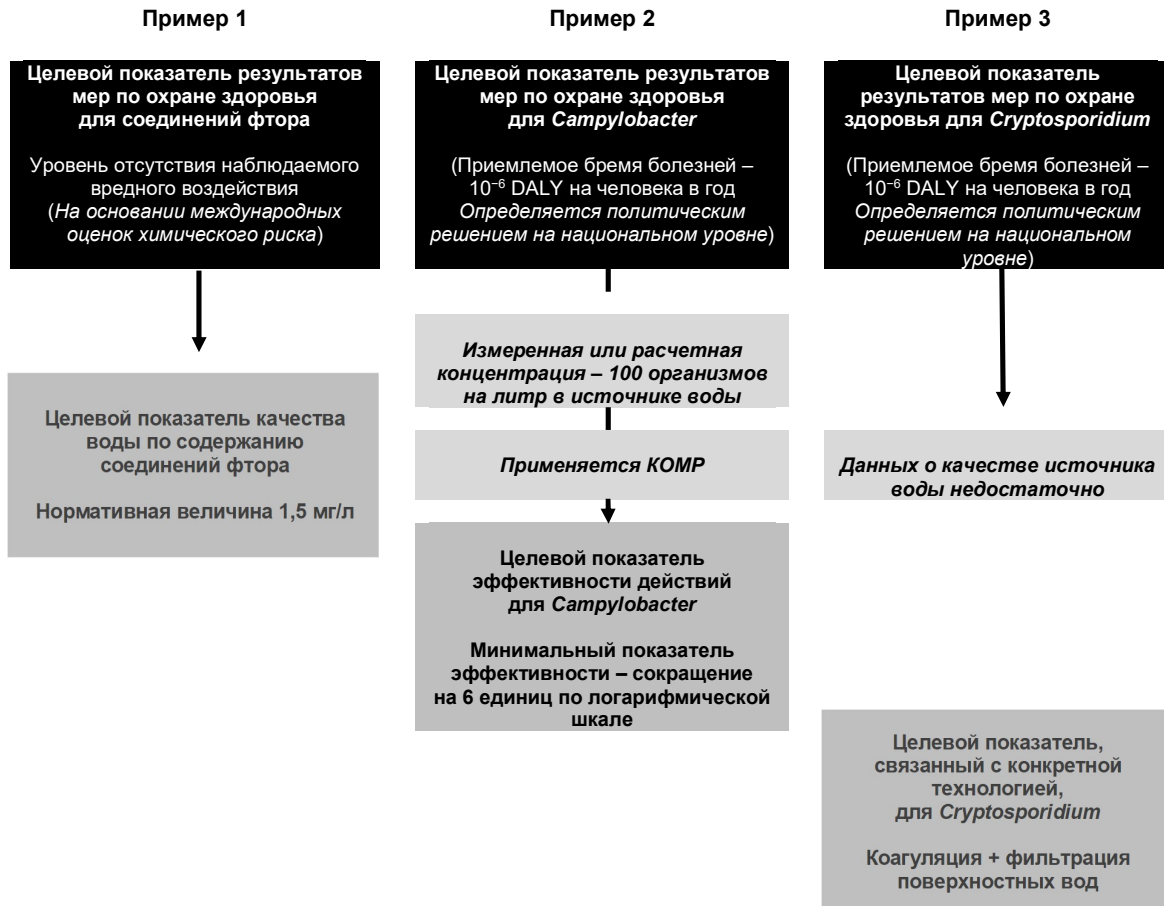


Рисунок 3.1. Примеры установления целевых показателей исходя из требований охраны здоровья в отношении различных опасных факторов.

При установлении целевых показателей исходя из требований охраны здоровья необходимо обеспечить учет не только "устойчивых" условий, но и кратковременных явлений и отклонений в качестве воды. Это особенно важно при разработке целевых показателей эффективности действий и показателей, связанных с конкретной технологией. Возможно существенное краткосрочное ухудшение качества воды – например, после сильных дождей или при проведении работ по техническому обслуживанию. Следствием катастрофических явлений могут стать периоды значительного ухудшения качества источника воды и существенного снижения эффективности многих процессов и даже системные сбои, что существенно повышает вероятность вспышки заболевания. Такого рода события – это еще один аргумент в пользу давно применяемого подхода множественных барьеров к обеспечению безопасности воды.

Применительно к химическим опасным факторам целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, чаще всего устанавливаются в виде целевых показателей обеспечения качества воды с применением нормативных величин, которые приводятся в [разделе 8.5](#). Кроме того, в отношении химических опасных факторов могут применяться целевые показатели эффективности действий, выраженные в процентных долях сокращения, или же целевые показатели, связанные с конкретной технологией.

В отношении микробных опасных факторов целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, обычно устанавливаются в виде показателей эффективности действий или показателей, связанных с конкретной технологией. Выбор целевого показателя определяется объемом имеющихся данных о качестве источника воды, причем для показателей эффективности действий таких данных требуется больше. Целевые показатели обеспечения качества воды для патогенов, как правило, не устанавливаются, поскольку мониторинг очищенной питьевой воды на содержание патогенов считается слишком сложной и нерентабельной операцией. Концентрация патогенов, соответствующая целевому показателю в области здравоохранения на уровне 10^{-6} DALY на человека в год, составляет, как правило, менее 1 микроорганизма на 10^4 – 10^5 литров. Соответственно, более целесообразным и рентабельным представляется мониторинг индикаторных организмов, например *E. coli*.

На практике риски для общественного здравоохранения, проистекающие от питьевой воды, зачастую оказываются в каждый отдельный момент связанными с тем или иным опасным фактором; соответственно, при определении целевых показателей эталонный уровень риска применяется к каждому опасному фактору отдельно.

3.3.1 Целевые показатели результатов мер по охране здоровья

Целевые показатели результатов мер по охране здоровья, например верхние пределы частоты возникновения диареи или случаев рака, дают наиболее точное описание требований к безопасности питьевой воды. Такие верхние пределы представляют собой приемлемое бремя заболеваний и, как правило, устанавливаются на национальном уровне. На их основе разрабатываются целевые показатели обеспечения качества воды, эффективности действий и показатели, связанные с конкретной технологией (рисунок 3.1). В настоящем Руководстве приемлемое бремя заболеваний установлено на уровне 10^{-6} DALY на человека в год. Для химических веществ порогового действия целевой показатель, касающийся результатов мер по охране здоровья, основывается на уровнях отсутствия наблюдаемого вредного воздействия (см. [раздел 8.2](#)).

На основе целевых показателей результатов мер по охране здоровья должны разрабатываться целевые показатели обеспечения качества воды, эффективности действий и показатели, связанные с конкретной технологией, чтобы поставщик воды мог работать с ними в рамках плана обеспечения безопасности воды.

3.3.2 Целевые показатели обеспечения качества воды

Целевые показатели обеспечения качества воды являются наиболее распространенной формой целевых показателей в области здравоохранения, применяемых в отношении химических веществ, которые могут находиться в питьевой воде. Нормативные величины, установленные для отдельных химических веществ, представленных в [разделе 8.5](#), являются целевыми показателями обеспечения качества воды, которые можно применять в целях проверки эффективности планов обеспечения безопасности воды в управлении рисками в связи с наличием химических веществ в питьевой воде.

Нормативные величины рассчитываются на основе международных оценок риска последствий для здоровья в связи с воздействием химических веществ, содержащихся в воде. При разработке на основе таких нормативных величин национальных стандартов питьевой воды (или целевых показателей в области здравоохранения) необходимо учитывать широкий спектр экологических, социальных, культурных, экономических, связанных с рационом питания и иных обстоятельств, влияющих на возможное воздействие, равно как и допущения по умолчанию, применяемые при

расчете нормативных величин. Химические вещества, содержащиеся в питьевой воде, как правило, оказывают, за несколькими важными исключениями (к числу которых относятся, например, мышьяк и фтористые соединения), меньшее воздействие в сравнении с веществами, содержащимися в других источниках (например, пище, потребительских продуктах и воздухе). В результате национальные целевые показатели могут ощутимо отличаться от нормативных величин. В некоторых случаях целесообразными могут оказаться меры по предупреждению воздействия химических веществ из иных, нежели питьевая вода, источников (например, свинца из банок с паяным швом и бензина).

Одним из примеров здесь может послужить целевой показатель, установленный исходя из требований охраны здоровья, для фтористых соединений, содержащихся в воде. В [таблице А3.3](#) в [Приложении 3](#) рекомендуемая нормативная величина 1,5 мг/л приводится со следующим комментарием: "При определении национальных стандартов следует учитывать количество выпитой и поглощенной из других источников воды". Таким образом, в странах с круглогодичным теплым климатом, где водопроводы являются основным средством доставки питьевой воды, органы власти могут выбрать целевой показатель, установленный исходя из требований охраны здоровья, для фтористых соединений, более низкий по значению, нежели данная нормативная величина, поскольку объемы потребляемой воды, по всем расчетам, должны быть больше. Аналогичным образом целевой показатель, установленный исходя из требований охраны здоровья, следует также пересматривать с учетом его воздействия на наиболее уязвимые категории населения.

В том случае, если для ликвидации или снижения содержания конкретных химических веществ применяются те или иные методы обработки воды (см. [раздел 8.4](#) и [Приложение 5](#)), необходимо использовать целевые показатели обеспечения качества воды для определения соответствующих требований к обработке.

Важно определять целевые показатели обеспечения качества воды только в отношении тех химических веществ, которые по результатам тщательной оценки были признаны представляющими опасность для здоровья или вызывающими опасения в отношении приемлемости питьевой воды для потребителей. Не имеет смысла проводить замеры тех химических веществ, попадание которых в систему маловероятно, которые присутствуют в концентрациях значительно ниже нормативных величин или не оказывают воздействия на здоровье человека или на приемлемость питьевой воды. Примером здесь являются содержащиеся в питьевой воде радионуклиды, которые могут присутствовать в ней в столь незначительных количествах, что их вклад в общие риски для здоровья, проистекающие от питьевой воды, является пренебрежимо малым. Анализ на отдельные радионуклиды требует проведения сложных и дорогостоящих процедур; соответственно, в подобных случаях замеры суммарной альфа- и суммарной бета-радиоактивности можно применять в качестве тестов на обнаружение присутствия радионуклидов в питьевой воде. Подробнее этот вопрос рассматривается в [разделе 9.3](#).

Целевые показатели обеспечения качества воды также используются для сертификации химических веществ, попадающих в воду в процессе ее очистки или из материалов, контактирующих с водой. В подобных случаях при расчете стандартов для материалов и химических веществ используются допущения, которые можно применять и в процессе их сертификации. Обычно предусматривается допуск на постепенное возрастание уровней веществ, обнаруженных в источнике воды. В отношении некоторых материалов (например, трубопроводов в жилищах) необходимо также учитывать сравнительно высокую степень загрязнения некоторыми веществами в течение короткого периода после монтажа системы.

Escherichia coli остается важным индикатором фекального загрязнения при проверке качества воды, однако замеры содержания *E. coli* не являются основанным на оценке риска целевым показателем обеспечения качества воды. Подробнее об использовании *E. coli* в качестве индикаторного организма см. в [главе 7](#).

3.3.3 Целевые показатели эффективности действий

Хотя целевые показатели эффективности действий могут применяться в отношении опасных химических факторов, чаще всего они применяются для контроля микробных опасных факторов при поставках воды по водопроводам. Целевые показатели эффективности действий помогают отбирать и использовать меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), позволяющие предупредить проникновение патогенов сквозь барьеры, защищающие источник воды, структуры обработки и распределения воды или не допустить их размножения в системе распределения.

Целевые показатели эффективности действий определяют требования, предъявляемые к качеству источника воды. В идеале в основу таких показателей должны быть положены конкретные данные по системе; вместе с тем чаще целевые показатели определяются в отношении более широких категорий качества и вида источника воды (см. [раздел 7.2](#)). При расчете целевых показателей эффективности действий необходимо учитывать такие факторы, как приемлемое бремя болезней (приемлемый риск), в том числе степень тяжести последствий заболеваний, а применительно к патогенам – количественную оценку микробиологического риска (см. [раздел 7.2](#)). Из-за отсутствия достаточных данных нет смысла разрабатывать целевые показатели эффективности действий в отношении всех патогенов, потенциально передаваемых через воду. Разумный подход заключается в том, чтобы определить целевые показатели для эталонных патогенов, представляющих группы патогенов (например, бактерии, вирусы и протозойные организмы). При отборе эталонных патогенов следует учитывать различия в степени восприимчивости к обработке, равно как и местные условия, в том числе степень распространенности передачи через воду и особенности источника воды.

Чаще всего целевые показатели эффективности действий применяются для определения разумных сочетаний технологий водоочистки в целях сокращения концентрации патогенов в источнике воды до уровня, который соответствует целевым показателям результатов мер по охране здоровья, и, соответственно, является безопасным. Как правило, показателем в данном случае является снижение содержания патогенов в логарифмических единицах. Для выбора технологий необходимы фактические данные, подтверждающие, что они обеспечат достижение заданных целевых показателей эффективности действий (например, данные валидации, см. [разделы 2.2.2](#) и [4.1.7](#)). Примеры технологий водоочистки и сокращения количества патогенов приводятся в [разделе 7.3](#).

Целевые показатели эффективности действий могут применяться в отношении мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) для водосборных бассейнов, направленных на сокращение концентрации патогенов путем проведения профилактических мероприятий, а также в отношении мер, призванных воспрепятствовать проникновению загрязнения через системы распределения. Целевые показатели эффективности действий также важны для сертификации оборудования в точках использования и конкретных технологий, применяемых для обработки питьевой воды. Вопросы сертификации оборудования рассмотрены выше (см. [раздел 1.2.9](#)).

Целевые показатели эффективности действий могут применяться в отношении опасных химических факторов. В отличие от целевых показателей, применяемых в отношении микробных опасных факторов, они, как правило, применяются в отношении конкретных химических веществ; при этом эффективность действий измеряется в показателях снижения загрязнения в процентах (см. [раздел 8.4](#)).

3.3.4 Целевые показатели, связанные с конкретной технологией

Целевые показатели, связанные с конкретной технологией, как правило, устанавливаются в форме рекомендаций, касающихся технологий, которые применяются в определенных обстоятельствах (например, фильтрации и дезинфекции поверхностной воды). За основу при выборе технологий обычно берутся результаты качественной оценки вида и качества источника воды (например, загрязненная поверхностная вода, защищенные грунтовые воды). Связанные с конкретной технологией целевые показатели чаще всего применяются в отношении маломасштабных общинных систем водоснабжения, а также в отношении оборудования, используемого в домохозяйствах. Они могут применяться в отношении как микробных, так и химических опасных факторов.

Некрупные муниципальные и общинные поставщики питьевой воды нередко ограничены в ресурсах и возможностях, необходимых для оценки отдельных систем и разработки целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья. Поэтому национальные регламентирующие органы могут непосредственно определять требования к технологиям или их утвержденные варианты. К их числу могут относиться, например:

- конкретные и утвержденные процессы очистки воды, учитывающие тип и особенности источника воды;
- рекомендации относительно требований по защите источника воды;
- требования относительно поддержания качества питьевой воды в системах распределения.

Важно регулярно пересматривать конкретные целевые показатели для обеспечения их соответствия последним научным данным о технологии и ее применении.

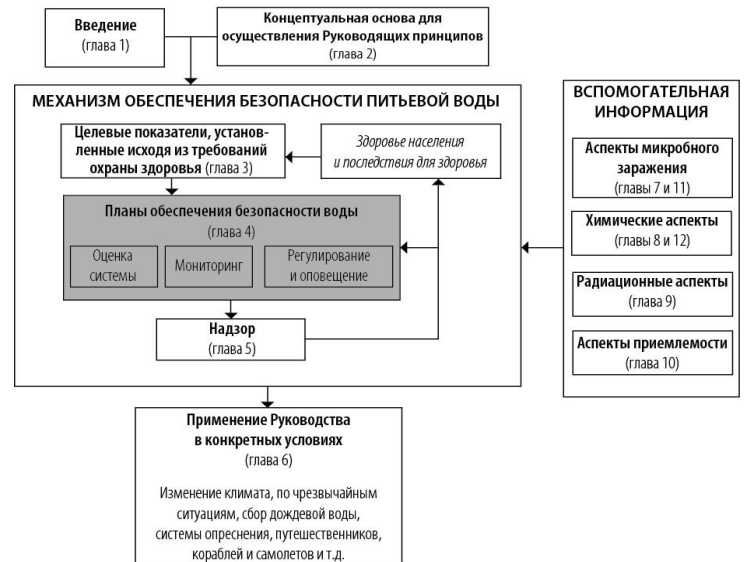
Планы обеспечения безопасности воды

Наиболее эффективным средством непрерывного обеспечения безопасности питьевого водоснабжения является использование метода всеобъемлющей оценки риска и управления риском, который охватывает все этапы водоснабжения от водосбора до потребления воды. В данном Руководстве подобные подходы именуются планами обеспечения безопасности воды (ПОБВ). Метод ПОБВ разработан в целях организации и систематизации применявшихся на протяжении многих лет различных видов практики управления в отношении питьевого водоснабжения, а также в целях обеспечения применимости этих видов практики к управлению качеством питьевой воды. ПОБВ – это итог развития концепции санитарных обследований и оценок уязвимости, включающих и охватывающих всю систему водоснабжения и ее функционирование. Метод ПОБВ опирается на многие принципы и концепции, заимствованные из других методик управления риском, в частности на многобарьерную концепцию защиты и на систему анализа рисков и критических контрольных точек (используемую в пищевой промышленности).

В данной главе основное внимание уделяется ключевым принципам ПОБВ. Она не является всесторонним руководством по применению этих принципов на практике. Практическую информацию по разработке и применению ПОБВ см. во вспомогательном документе *Руководство по разработке и реализации плана обеспечения безопасности воды (Приложение 1)*.

Степень сложности ПОБВ различна и определяется ситуацией. Во многих случаях они могут быть достаточно простыми и ориентированными на основные опасности, выявленные для данной системы питьевого водоснабжения. Широкое разнообразие примеров мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), приведенных в тексте ниже, не означает, что все они целесообразны во всех случаях.

Предпочтительно, чтобы ПОБВ разрабатывались для каждой отдельной системы питьевого водоснабжения. Универсальные ПОБВ для маломасштабных систем могут разрабатываться органом, предусмотренным законодательством, либо аккредитованной независимой организацией. В этих условиях может также понадобиться руководство по хранению воды в домохозяйствах, обращению с ней и ее использованию. Планы домашнего водохозяйства следует увязывать с программами



4. ПЛАНЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДЫ

санитарно-гигиенического просвещения и рекомендациями домохозяйствам по обеспечению безопасности воды.

ПОБВ состоит из трех основных компонентов, ориентирами для которых служат целевые показатели в области здравоохранения (см. главу 3) и осуществление которых контролируется посредством надзора за питьевым водоснабжением (см. главу 5). К этим компонентам относятся:

ПОБВ включает как минимум три основных компонента, ответственность за которые несет поставщик питьевой воды в целях обеспечения безопасности питьевой воды. К ним относятся:

- оценка системы;
- эффективный оперативный (рабочий) мониторинг;
- регулирование и информационное обеспечение.

- 1) *проведение оценки системы* в целях определения способности цепи питьевого водоснабжения в целом (вплоть до точки потребления) обеспечить качество воды, соответствующее сформулированным целевым показателям. Сюда же относится оценка критериев проектирования новых систем;
- 2) определение мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) в системе питьевого водоснабжения, которые в совокупности позволят нейтрализовать выявленные риски и обеспечить достижение целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья. Для каждой такой установленной меры контроля следует определить соответствующие средства *оперативного (рабочего) мониторинга*, которые обеспечат незамедлительное и своевременное выявление любых отклонений от требуемых рабочих параметров;
- 3) *планы регулирования и оповещения*, в которых дается описание действий, предпринимаемых в нормальном режиме эксплуатации или во время аварийных ситуаций, и документируется оценка системы, включая планирование модернизации и совершенствования, содержатся планы мониторинга и информационного обеспечения, а также вспомогательные программы.

Основными задачами ПОБВ в деле обеспечения надлежащей практики питьевого водоснабжения являются предупреждение или минимизация загрязнения источника воды, снижение уровня загрязнения или устранение загрязнения посредством процессов водоочистки и предупреждение загрязнения во время хранения, распределения питьевой воды и ее обработки. Эти задачи в равной степени применимы к крупногабаритным водопроводным системам водоснабжения, маломасштабным общинным системам водоснабжения (см. раздел 1.2.6) и домашним системам. Они достигаются посредством:

- формирования представления о конкретной системе и о ее способности обеспечивать подачу воды, соответствующей целевым показателям качества воды;
- определения потенциальных источников загрязнения и способов обеспечения контроля над ними;
- оценки мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), применяемых для противодействия опасным факторам;
- создания системы оперативного (рабочего) мониторинга осуществления мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) в системе водоснабжения;
- своевременных корректирующих действий по обеспечению бесперебойного водоснабжения безопасной водой;

- проведения проверок качества питьевой воды в целях обеспечения правильного выполнения ПОВБ и достижения результатов, необходимых для соблюдения соответствующих национальных, региональных и местных стандартов или требований в отношении качества воды.

ПОВБ являются мощным инструментом, с помощью которого поставщик питьевой воды может обеспечить безопасное водоснабжение. ПОВБ также являются подспорьем для осуществления санэпиднадзора органами здравоохранения. К основным выгодам реализации ПОВБ для поставщиков питьевой воды относятся:

- проявление "надлежащей осмотрительности";
- более строгое соблюдение действующих норм;
- рационализация и документирование существующих оперативных процедур, что способствует повышению эффективности, качества работы и оперативности реагирования на аварийные ситуации;
- повышение целенаправленности и обоснованности долгосрочных капиталовложений на основании оценки риска;
- совершенствование управления знаниями, которыми обладает персонал, и выявление существенных пробелов в навыках персонала;
- улучшение взаимоотношений с заинтересованными сторонами.

Одной из задач и обязанностей поставщиков воды и лиц, регулирующих водоснабжение, является предвосхищение, планирование и учет изменчивости климата и экстремальных погодных явлений. ПОВБ являются эффективным инструментом смягчения воздействия таких изменений и экстремальных явлений (см. также [раздел 6.1](#)).

В тех случаях, когда водоснабжением занимается определенная структура, на нее возлагается ответственность за подготовку и осуществление ПОВБ. План обычно рассматривается и утверждается органом, занимающимся вопросами охраны здоровья населения. Это делается для того, чтобы качество воды соответствовало установленным целевым показателям.

В тех случаях, когда официальный поставщик услуг отсутствует, необходимо, чтобы источником информации и руководящих указаний относительно соответствия требованиям надлежащего управления коммунальными и индивидуальными источниками питьевого водоснабжения служили компетентные национальные или региональные органы. Это предусматривает определение требований к оперативному (рабочему) мониторингу и управлению. Способы проверки при подобных обстоятельствах будут зависеть от возможностей местных органов и общин, и их следует формулировать на уровне национальной политики.

В процессе инициирования, разработки и реализации ПОВБ многие поставщики воды могут столкнуться с проблемами практического характера. К ним относятся ошибочные мнения о необходимости придерживаться одной предписанной методики; о том, что шаги в осуществлении ПОВБ должны предприниматься при управлении рисками от источника воды до водопроводного крана в определенном порядке; что для разработки ПОВБ всегда необходимо приглашать сторонних специалистов; что ПОВБ заменяют собой существующую эффективную практику, а не основываются на ней; и что ПОВБ всегда сложны и не подходят для маломасштабных систем водоснабжения.

Хотя при осуществлении ПОВБ требуется соблюдение определенных минимальных стандартов, касающихся этапов его осуществления ([рисунок 4.1](#)), в целом это гибкий метод, который должен опираться на существующую практику деятельности поставщика воды и соответствовать организации его деятельности.

4. ПЛАНЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДЫ

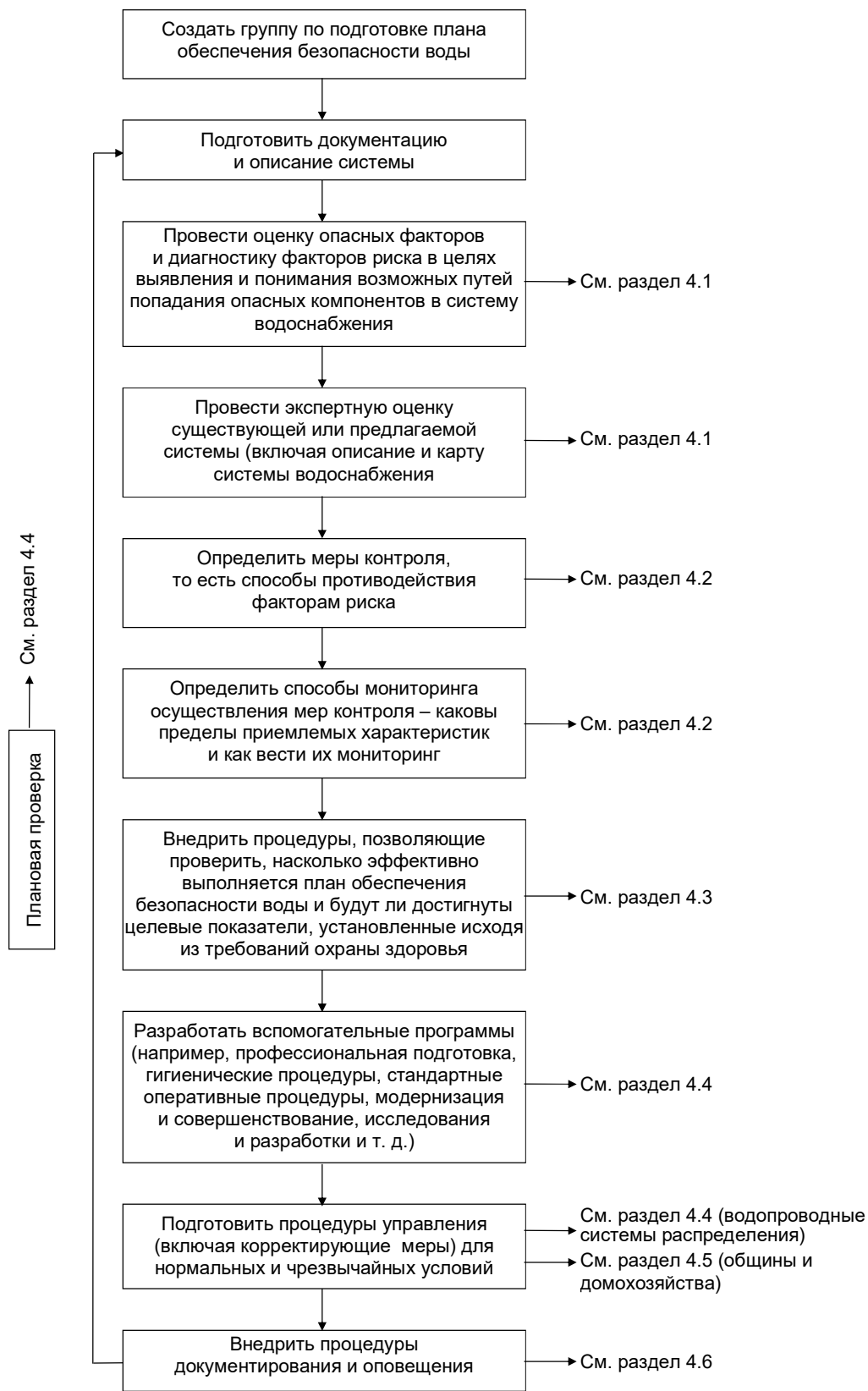


Рисунок 4.1. Основные этапы в разработке плана обеспечения безопасности воды

ПОБВ играет чрезвычайно важную роль в выявлении факторов опасности и риска, связанных с источником воды, особенно в тех случаях, когда поставщик воды не управляет системой водосбора, или с созданными системами очистки и распределения. Крайне важно начать с существующей системы очистки, чтобы убедиться, что она постоянно работает на оптимальном уровне, поскольку зачастую она является основным барьером, препятствующим загрязнению питьевой воды. Необходимо признать, что даже в случае обнаружения в системе водосбора иных опасных факторов их устранение может потребовать определенного времени, однако это не должно служить причиной того, чтобы отложить подготовку и выполнение ПОБВ. Аналогичным образом особо важным шагом, сделать который полномочен поставщик воды, является инициирование процесса обеспечения целостности системы водораспределения и надлежащего управления ею.

Большинство процедур в рамках ПОБВ, таких как документирование системы и внедрение стандартных оперативных процедур для каждого процесса очистки и функционирования системы распределения, – это не более чем обычная эффективная практика питьевого водоснабжения. Поэтому необходимо, чтобы ПОБВ основывался на существующей практике и способствовал ее совершенствованию.

Кроме того, не следует воспринимать ПОБВ как инициативу, конкурирующую с уже осуществляемыми программами. Например, программа решения проблемы потери воды (например, вследствие утечки) хоть и связана в первую очередь с вопросами количества воды, но при этом также является частью ПОБВ. В рамках программы борьбы с потерями воды решаются такие проблемы, как перебои в водоснабжении и пониженное давление воды, а оба этих фактора способствуют загрязнению питьевой воды в системе распределения.

Существует общее мнение, что невозможно одновременно внедрить ПОБВ в полной мере, однако картирование системы, выявление опасных факторов и оценка рисков позволяют создать основу для установления приоритетности действий и определить потребности в целях продолжения совершенствования по мере появления средств. Они также позволяют выявить и помогут обосновать необходимость адресного распределения средств и инвестиций таким образом, чтобы они принесли наибольшую выгоду, способствуя тем самым оптимизации средств и инвестиций.

В некоторых странах действует довольно сложная система нормативно-правового регулирования. Важными элементами ПОБВ и доставки безопасной питьевой воды являются надлежащая связь и обмен информацией между регуляторными органами, включая органы охраны окружающей среды, а также между регуляторными органами или ведомствами и поставщиками воды. Это имеет особенно большое значение в случае, если необходима оптимизация ресурсов, и обмен информацией может обеспечить экономию по всем направлениям при одновременном обеспечении совершенствования питьевого водоснабжения.

Маломасштабные системы водоснабжения по-прежнему остаются серьезной проблемой во многих странах, отчасти в связи с ограниченностью людских, технических и финансовых ресурсов. Внедрение ПОБВ помогает определить простые и рентабельные способы защиты и совершенствования подобных систем водоснабжения. Очень важно добиться того, чтобы органы здравоохранения указывали на важность безопасной питьевой воды для местных общин и повышали статус операторов в общинах. Кроме того, соответствующие органы власти могут помочь операторам, создав ресурс или контактный центр, в котором операторы могут получить советы или поддержку по вопросам осуществления ПОБВ.

4.1 Оценка и разработка систем

На первом этапе разработки ПОБВ необходимо сформировать многодисциплинарную группу экспертов, хорошо разбирающихся в соответствующих системах водоснабжения. Необходимо, чтобы группу возглавляло лицо, занимающееся поставками питьевой воды, и члены группы обладали достаточными специальными знаниями в сфере забора, очистки и распределения питьевой воды. В состав подобной группы обычно входят лица, имеющие отношение к каждому этапу питьевого водоснабжения, а во многих случаях – и представители более широкого круга заинтересованных сторон, на которых лежит коллективная ответственность за функционирование системы водоснабжения в цепочке от водосбора до потребителя. В состав групп могут входить инженеры, специалисты по управлению водосбором и водоснабжением, по качеству воды, по вопросам экологии, общественного здравоохранения или гигиены, представители эксплуатационного персонала, а также потребителей или общин. В большинстве случаев в состав группы будут входить представители сторонних организаций, в том числе соответствующего регуляторного органа. При составлении ПОБВ для маломасштабных систем полезным дополнением к опыту эксплуатационного персонала может стать опыт сторонних специалистов.

Для эффективного управления системой питьевого водоснабжения необходимо всестороннее понимание этой системы, диапазона и масштабов опасных факторов и событий, которые могут затронуть систему; необходимо также, чтобы существующие процессы и инфраструктура могли справляться с фактическими или потенциальными факторами риска (иначе говоря, следует проводить *санитарно-эпидемиологическое обследование*). Также необходимо проводить оценку возможностей достижения целей. При планировании новой системы или модернизации существующей первый этап разработки ПОБВ состоит в сборе и оценке всей имеющейся существенной информации и изучении того, какие факторы риска могут возникнуть в процессе поставки воды потребителю.

Оценка системы питьевого водоснабжения служит основой последующих этапов разработки ПОБВ, на которых планируются и реализуются действенные стратегии нейтрализации опасных факторов.

Экспертизе и оценке системы питьевого водоснабжения помогает тщательное описание системы, в том числе ее технологическая схема. В описание системы питьевого водоснабжения следует включить ее общий обзор, в том числе характеристику источника воды, указать потенциальные источники загрязнения в

Для эффективного управления риском необходимо выявить потенциальные опасные факторы и события, а также произвести оценку уровня риска, соответствующего каждому из них. В этом контексте:

- *опасным фактором* называется биологический, химический, физический или радиологический фактор, потенциально способный причинить вред;
- *опасным событием* именуется аварийная ситуация или ситуация, могущая привести к возникновению опасного фактора (что может случиться и как);
- *риском* называется вероятность того, что выявленный опасный фактор причинит вред затронутым группам населения в определенный промежуток времени, с учетом масштабов этого вреда и/или последствий.

водосборе, меры по защите ресурсов и источника воды, процессы водоочистки, хранения и механизмы распределения (включая водопроводные и неводопроводные системы). Очень важно обеспечить концептуальную точность описания и технологической схемы системы питьевого водоснабжения. При неправильном описании возникает возможность упустить из виду потенциальные опасные факторы, которые могут оказаться существенными. Для обеспечения точности описание системы необходимо подтверждать при помощи визуальной проверки положения дел на местах.

Данные о наличии патогенов и химических веществ в источнике воды и в питьевой воде в совокупности с информацией об эффективности существующих мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) позволяют оценить возможность достижения целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, при существующей инфраструктуре. Если же необходимы дальнейшие улучшения, то эти данные также помогают определить меры по управлению водосбором, процессы очистки и условия эксплуатации водораспределительных систем, при наличии которых можно ожидать достижения целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья.

Для нейтрализации какого-либо опасного фактора инвестиции в профилактические меры в водосборе нередко оказываются эффективнее капиталовложений в крупные объекты водоочистой инфраструктуры.

Для обеспечения точности оценки, в том числе общей оценки риска, важно, чтобы все элементы системы питьевого водоснабжения (водосбор, очистка и распределение) рассматривались в совокупности и с учетом взаимодействия этих элементов.

4.1.1 Новые системы

При поиске или освоении новых источников питьевого водоснабжения целесообразно провести широкий спектр анализов, чтобы убедиться в общей безопасности источника питьевого водоснабжения и определить потенциальные источники его загрязнения. К этим анализам обычно относятся гидрологический анализ, геологическая оценка и кадастровый учет земель, позволяющие определить потенциальные химические и радиологические факторы загрязнения.

При проектировании новых систем и выборе технологий забора и очистки новых водных ресурсов необходимо принимать во внимание все факторы качества воды. Колебания мутности и других параметров необработанных поверхностных вод могут быть значительными, и этот фактор необходимо учитывать. Водоочистные сооружения следует проектировать, ориентируясь не столько на среднее качество воды, сколько на такие колебания параметров, которые, как известно или как ожидается, могут происходить достаточно часто; в противном случае, например, фильтры могут быстро засориться или произойдет перегрузка водоотстойников. Химическая агрессивность подземных вод в некоторых случаях может нарушить целостность облицовки скважин и насосов, что приведет к неприемлемо высокому уровню содержания железа в воде, а в конечном счете – к поломке и дорогостоящему ремонту. При этом пострадает качество воды и снизится объем питьевого водоснабжения, а здоровье людей окажется под угрозой.

4.1.2 Сбор и оценка имеющихся данных

К аспектам, которые следует принимать во внимание в процессе оценки системы питьевого водоснабжения, относятся все реальные или потенциальные опасные факторы и события, связанные с каждым из сегментов системы питьевого водоснабжения и способные привести к загрязнению или прерыванию водоснабжения. В большинстве случаев для анализа водосбора необходимо провести консультации с органами здравоохранения и другими структурами, включая земле- и водопользователей, а также со всеми теми, кто регулирует деятельность в области водосбора. Важно выработать структурированный подход, чтобы не упустить из виду какие-либо существенные аспекты и выявить области наибольшего риска.

В рамках общей оценки системы водоснабжения следует учитывать накопленные данные о качестве воды, которые могут помочь оценить свойства источника воды и эффективность работы системы водоснабжения – как за определенные периоды времени, так и после каких-либо событий (например, проливных дождей). Примеры информации, которую следует учитывать при оценке компонентов системы питьевого водоснабжения, см. в Модуле 3 вспомогательного документа *Руководство по разработке и реализации плана обеспечения безопасности воды* ([Приложение 1](#)).

Определение приоритетности опасных факторов в целях их нейтрализации

Сразу после выявления потенциальных опасных факторов и их источников необходимо сопоставить риски, связанные с каждым опасным фактором или событием, чтобы можно было определить и документировать приоритеты в управлении риском. Несмотря на многочисленность загрязняющих компонентов, способных поставить под угрозу качество питьевой воды, не всем опасным факторам или явлениям необходимо будет уделять одинаково пристальное внимание.

Связанный с каждым из опасных факторов или событий риск можно описать путем определения вероятности возникновения опасного фактора (например, несомненное, вероятное, маловероятное возникновение) и оценки тяжести последствий в случае, если опасность все же возникнет (например, незначительные, серьезные, катастрофические). Цель должна состоять в проведении различия между существенными и менее существенными опасными факторами или событиями. Обычно используется метод полуколичественной матрицы.

В простых оценочных матрицах нередко используется техническая информация, получаемая из руководств, научной литературы и отраслевой практики и дополняемая достаточно обоснованным "экспертным" мнением, базирующимся на знаниях и опыте членов группы по разработке ПОБВ и подкрепленным рецензиями специалистов или сравнительными исследованиями. Поскольку каждая система питьевого водоснабжения уникальна, столь же специфичны и оценочные результаты каждой системы. В тех случаях, когда разрабатываются общие ПОБВ для технологий, используемых в маломасштабных системах питьевого водоснабжения, оценки будут специфичны для данной технологии, а не для данной системы питьевого водоснабжения.

Исходя из классификации рисков, меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) можно ранжировать по степени значимости. Для классификации рисков можно применять различные полуколичественные и качественные методы – в Модуле 3 вспомогательного документа *Руководство по разработке и реализации плана обеспечения безопасности воды* ([Приложение 1](#)) приводится ряд практических примеров. Пример полуколичественного метода см. в [таблице 4.1](#). При использовании этой матрицы значительную роль играет экспертное мнение, которое позволяет судить о рисках для здоровья населения, возникающих в связи с опасными факторами или событиями.

Таблица 4.1. Пример простой матрицы оценки рисков, используемой в целях классификации рисков

Вероятность	Степень тяжести последствий				
	Незначительная	Малая	Умеренная	Крупная	Катастрофическая
Почти наверняка	5	10	15	20	25
Вероятно	4	8	12	16	20
С умеренной вероятностью	3	6	9	12	15
Маловероятно	2	4	6	8	10
Изредка	1	2	3	4	5

Баллы риска	< 6	6–9	10–15	> 15
Класс риска	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий

Пример ключевых слов, которые можно использовать для классификации вероятности наступления события или тяжести последствий, см. в [таблице 4.2](#). Необходимо определить "точку отсечения", при достижении которой все факторы риска требуют к себе немедленного внимания. Нецелесообразно затрачивать значительные усилия на рассмотрение крайне незначительных факторов риска.

Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению)

Оценивая и планируя меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), следует обеспечить достижение целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, и опираться на выявление опасных факторов и оценку рисков. Необходимо, чтобы уровень применяемых в отношении опасного фактора мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) был соразмерен присвоенному ему классу риска. Оценка таких мер контроля включает:

- определение существующих мер контроля в отношении каждого существенного опасного фактора или события от водосбора до потребителя;
- оценку эффективности всей совокупности мер контроля с точки зрения снижения риска до приемлемого уровня;
- если необходимы улучшения – оценку альтернативных и дополнительных мер контроля, которые могут быть приняты.

Необходимо, чтобы определение и принятие мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) основывались на подходе множественных барьеров. Преимущество этого подхода состоит в том, что отказ одного из барьеров компенсируется защитными действиями остальных барьеров, что, таким образом, сводит к минимуму вероятность прохождения загрязнителей через систему в целом и их наличия в количествах, достаточных для нанесения вреда потребителям. Многие меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) могут способствовать удержанию под контролем нескольких опасных факторов, в то время как для эффективного

Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) – это мероприятия или процессы в рамках питьевого водоснабжения, используемые в целях устранения угроз безопасности воды или существенного снижения частоты их возникновения. Эти меры принимаются в совокупности для обеспечения постоянного соответствия питьевой воды целевым показателям, установленным исходя из требований охраны здоровья.

сдерживания некоторых опасных факторов может потребоваться принятие нескольких мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению). Примеры таких мер контроля см. в последующих разделах.

Таблица 4.2. Примеры определений категорий вероятности и тяжести последствий, которые можно использовать для оценки риска

Предмет	Класс	Определение
<i>Категории вероятности</i>		
Почти наверняка	5	Один раз в день
Вероятно	4	Один раз в неделю
С умеренной вероятностью	3	Один раз в месяц
Маловероятно	2	Один раз в год
Изредка	1	Один раз в 5 лет
<i>Категории тяжести последствий</i>		
Катастрофические	5	Воздействие на здоровье населения
Крупные	4	Регуляторное воздействие
Умеренные	3	Воздействие на органолептические свойства
Малые	2	Воздействие на соответствие нормативам
Незначительные	1	Воздействие отсутствует или не выявлено

Все меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) важны, и им следует уделять постоянное внимание. Они должны являться объектом оперативного (рабочего) мониторинга и контроля, причем средства мониторинга и частота сбора данных зависят от характера соответствующих мер контроля и скорости изменения ситуации (см. [раздел 4.2](#)).

4.1.3 Охрана ресурсов и источников воды

Действенное управление водосборной площадью приносит ряд преимуществ. При снижении уровня загрязнения источника воды сокращается объем необходимой работы по очистке. Это может сократить объем побочных продуктов водоочистки и минимизировать эксплуатационные затраты.

Выявление опасных факторов

Понимание причин колебаний качества необработанной воды крайне важно, поскольку это оказывает влияние на требования к процессу очистки, эффективность этого процесса и вытекающие из этого риски для здоровья, связанные с потреблением очищенной питьевой воды. В целом на качество необработанной воды воздействуют как природные, так и антропогенные факторы. К важным природным факторам относятся флора и фауна, климат, топография, геология и растительность. К антропогенным факторам относятся точечные источники (например, сбросы сточных вод) и неточечные источники (например, поверхностный сток). Например, сбросы муниципальных сточных вод могут являться масштабным источником патогенов; сток с городских территорий и сельскохозяйственные животные могут создавать значительную бактериальную нагрузку; отдых на воде может быть причиной фекального загрязнения; а сельскохозяйственные стоки, включая агрохимические отходы и навоз, могут усложнить процесс очистки.

Независимо от того, происходит ли забор воды из поверхностных или подземных источников, важно понимать характеристики местного водосбора или водоносного

слоя, а также выявлять варианты развития событий, способных привести к загрязнению воды, и нейтрализовать их. Уровень, до которого возможно сократить в районе водосбора масштабы деятельности, потенциально способной вызвать загрязнение, может, как представляется, иметь ограничения в связи с конкурентной борьбой за воду и давлением сторонников расширенного хозяйственного освоения водосборной площади. Однако внедрение передовой практики землепользования и нейтрализации опасных факторов нередко возможно без существенного ограничения хозяйственной деятельности, а сотрудничество между заинтересованными сторонами может оказаться мощным инструментом снижения загрязнения, не препятствующим выгодному всем развитию.

Охрана водных ресурсов и источников обеспечивает первую линию защиты качества питьевой воды. В тех случаях, когда управление водосборной площадью находится вне юрисдикции поставщика питьевой воды, планирование и осуществление мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) требует координации с другими ведомствами. К ним могут относиться плановые органы, советы по охране водосборных бассейнов, регуляторные органы по охране окружающей среды и водопользованию, органы управления дорожным хозяйством, экстренные службы, а также сельскохозяйственные, промышленные и другие коммерческие структуры, деятельность которых может повлиять на качество воды. На первоначальном этапе может оказаться невозможным задействовать все аспекты охраны водных ресурсов и источников воды. Тем не менее приоритетное внимание следует уделять управлению водосборной площадью. Это будет способствовать формированию чувства сопричастности заинтересованных сторон и совместной ответственности за управление ресурсами питьевой воды посредством многосторонних структур, занимающихся оценкой рисков и разрабатывающих планы совершенствования практики водопользования в целях снижения этих рисков.

Грунтовые воды из глубоких и ограниченных водоносных горизонтов обычно безопасны в бактериальном отношении и химически стабильны при отсутствии прямого источника загрязнения. Однако неглубокие или неограниченные водоносные горизонты могут загрязняться выбросами или инфильтрацией, связанными с сельскохозяйственной деятельностью (например, патогены, нитраты и пестициды), местными системами ассенизации и канализации (например, патогены и нитраты), а также промышленными отходами. Примеры опасных факторов и ситуаций, которые следует учитывать в рамках анализа опасных факторов и оценки рисков, см. в Модуле 4 вспомогательного документа *Руководство по разработке и реализации плана обеспечения безопасности воды (Приложение 1)* и во вспомогательном документе *Protecting groundwater for health (Приложение 1)*.

Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению)

Для эффективной защиты водных ресурсов и охраны источников воды необходимо:

- разработать и осуществить план управления водосборной площадью, включающий меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), направленные на защиту поверхностных и грунтовых источников воды;
- обеспечить включение в нормативные документы по планированию положений об охране водных ресурсов (планирование землепользования и управление водосборными бассейнами) от потенциально загрязняющих видов деятельности и соблюдение этих требований;
- вести среди населения разъяснительную работу о влиянии деятельности человека на качество воды.

При наличии нескольких источников воды появляется возможность гибкого выбора воды для очистки и водоснабжения. Может быть, придется отказаться от забора воды из рек и водотоков, если ее качество неудовлетворительно (например, после ливней), в целях снижения риска и предупреждения потенциальных проблем при последующей водоочистке.

Хранение воды в резервуарах помогает снизить число фекальных микроорганизмов посредством осаждения и инактивации, в том числе путем солнечной (ультрафиолетовой) дезинфекции, однако при этом также возникают возможности для загрязнения. Большинство патогенных микроорганизмов фекального происхождения (кишечные патогены) в подобной среде сохраняются недолго. Значительная часть кишечных бактерий погибает в течение нескольких недель. Кишечные вирусы и протозойные организмы нередко сохраняются в течение более длительных периодов (от нескольких недель до нескольких месяцев), однако их нередко можно удалить путем осаждения или за счет уничтожения их местными микроорганизмами. Хранение также позволяет добиться осаждения взвешенных частиц, что способствует повышению эффективности последующей дезинфекции и препятствует образованию побочных продуктов дезинфекции (ППД).

К мерам контроля (барьерным или защитным мерам, препятствующим загрязнению) в отношении подземных источников относятся защита водоносного горизонта и местной зоны вокруг устья скважины от загрязнения и обеспечение физической целостности скважины (поверхностная герметизация, целостность обсадки и т. д.); дополнительную информацию см. во вспомогательном документе *Protecting groundwater for health* (Приложение 1).

Примеры мер контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) по эффективной охране источника воды, водосборов, систем водоотбора и хранения воды см. в Модуле 4 вспомогательного документа *Руководство по разработке и реализации плана обеспечения безопасности воды* (Приложение 1). Дополнительная информация об использовании индикаторных бактерий для характеристики водосборов представлена также в главе 4 вспомогательного документа *Assessing microbial safety of drinking water* (Приложение 1).

4.1.4 Очистка

Следующей после защиты источника воды линией защиты системы питьевого водоснабжения от загрязнения является процесс очистки воды, включая дезинфекцию и физическое удаление загрязняющих компонентов.

Выявление опасных факторов

Опасные факторы могут проявляться в процессе очистки, либо загрязняющие вещества могут пройти очистные сооружения в значительных концентрациях вследствие опасных событий. Определенные компоненты могут попасть в питьевую воду в процессе очистки, в частности используемые в этом процессе химические добавки или продукты, вступающие в контакт с питьевой водой. Очистные сооружения могут не справиться со спорадически возникшей повышенной мутностью источника воды, результатом чего может стать проникновение кишечных патогенов в обработанную воду и в систему водораспределения. Аналогичным образом к попаданию патогенов в систему распределения может привести субоптимальная фильтрация после обратной промывки фильтров.

Примеры потенциальных опасных факторов и событий, которые могут оказать влияние на процесс очистки питьевой воды, см. в Модуле 3 вспомогательного

документа *Руководство по разработке и реализации плана обеспечения безопасности воды* (Приложение 1).

Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению)

К таким мерам контроля относятся предварительная очистка, коагуляция, флокуляция, осаждение, фильтрация и дезинфекция.

К предварительной очистке относятся такие методы, как фильтрация с помощью фильтров грубой очистки, сетчатых микрофильтров, применение наливных водохранилищ и береговая фильтрация. Различные способы предварительной очистки могут сочетаться с широким кругом процессов очистки различной степени сложности – от простой дезинфекции до процессов мембранной очистки. Предварительная очистка может понизить или стабилизировать содержание бактерий, органических материалов природного происхождения и частиц.

Коагуляция, флокуляция, осаждение (или флотация), а также фильтрация удаляют частицы, включая микроорганизмы (бактерии, вирусы и протозойные организмы). Для обеспечения устойчивой и надежной работы важно, чтобы процессы были оптимизированы и контролировались. Наиболее важным этапом, предопределяющим эффективность процессов коагуляции, флокуляции и осветления при удалении загрязняющих веществ, является химическая коагуляция. Она также непосредственно отражается на эффективности удаления загрязнений установками гранулярной фильтрации и оказывает прямое воздействие на эффективность процесса дезинфекции. Хотя маловероятно, что сам процесс коагуляции создает какие-либо новые бактериальные опасности для очищенной воды, неправильное проведение или неэффективность процесса коагуляции может привести к увеличению содержания бактерий, попадающих в систему распределения питьевой воды.

При очистке питьевой воды используются различные процессы фильтрации, включая гранулярные фильтры, медленные песчаные фильтры, намывные фильтры и мембранные фильтры (микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация и обратный осмос). При надлежащей конструкции и эксплуатации фильтрация является устойчивым и эффективным заслоном для патогенных микроорганизмов и может быть в некоторых случаях единственным заслоном (например, для удаления ооцист *Cryptosporidium* путем прямой фильтрации, когда хлор используется как единственный дезинфектант).

Использование адекватной концентрации дезинфектантов необходимо для достижения необходимого уровня снижения бактериального риска в большинстве систем очистки. Если учтен необходимый в отношении более резистентных бактериальных патогенов уровень бактериальной инактивации посредством осуществления концепции *Ct* (произведение концентрации дезинфектанта и контактного времени) при конкретных значениях рН и температуры, то это позволяет эффективно противодействовать и другим, более чувствительным бактериям. При использовании дезинфекции следует также принимать во внимание меры, необходимые для минимизации образования ППД.

Наиболее часто используемым процессом дезинфекции является хлорирование. Также используются озонирование, ультрафиолетовая иррадиация, хлораминирование и применение двуокиси хлора. Применение этих методов способствует весьма эффективному уничтожению бактерий; эти методы в достаточной степени эффективны в отношении инактивации вирусов (в зависимости от типа), а некоторые методы могут обеспечивать инактивацию многих протозойных организмов, включая *Giardia* и *Cryptosporidium*. Наиболее практичным способом эффективного уничтожения или инактивации протозойных цист и ооцист является коагуляция и флокуляция (для

удаления частиц и замутнения), после чего проводится дезинфекция (при помощи одного дезинфектанта или их сочетания).

Отстаивание воды после дезинфекции и до того, как она поступает потребителю, может улучшить дезинфекцию за счет увеличения контактного времени дезинфектанта с водой. Это может иметь особое значение для борьбы с резистентными микроорганизмами, такими как *Giardia* и некоторые вирусы.

Примеры мер контроля (барьерным или защитным мерам, препятствующим загрязнению) по очистке воды см. в Модуле 4 вспомогательного документа *Руководство по разработке и реализации плана обеспечения безопасности воды* (Приложение 1). Дополнительная информация также представлена во вспомогательном документе *Water treatment and pathogen control* (Приложение 1).

4.1.5 Водопроводные системы распределения

В целях предотвращения появления бактерий, коррозии труб и образования осадков очистку воды необходимо оптимизировать.

Поддержание качества воды в системе распределения на приемлемом уровне будет зависеть от конструкции и характера работы системы, а также от технического обслуживания и процедур контроля, направленных на предупреждение загрязнения, предотвращение и удаление накапливающихся внутренних отложений.

Выявление опасных факторов

Ключевое значение для обеспечения населения безопасной питьевой водой имеет защита системы распределения. В силу характера системы распределения, составными элементами которой являются многокилометровые водопроводы, накопительные резервуары и узловые точки для промышленных пользователей, а также с учетом потенциала для незаконной деятельности и вандализма, существует опасность бактериального и химического загрязнения. Примеры опасных факторов и событий в водопроводных системах распределения см. в Модуле 3 вспомогательного документа *Руководство по разработке и реализации плана обеспечения безопасности воды* (Приложение 1).

При загрязнении системы распределения кишечными патогенами или опасными химическими веществами возникает вероятность того, что потребитель подвергнется воздействию этих патогенов или химических веществ. При попадании патогенов в систему распределения, даже в тех случаях, когда для ограничения содержания бактерий используются остатки дезинфектантов, их может оказаться недостаточно для борьбы с загрязнением или они могут оказаться неэффективными против некоторых или всех видов попавших в систему патогенов. В результате концентрация патогенов может достичь уровня, достаточного, чтобы вызвать инфицирование и заболевание.

Если вода подается с перерывами, то ее давление оказывается низким, что открывает возможность попадания в систему загрязненной воды через щели, трещины, соединения и небольшие отверстия. Подача воды с перерывами нежелательна, однако во многих странах это нередко имеет место и часто приводит к загрязнению. Обеспечить контроль качества воды при перебоих в водоснабжении весьма затруднительно, поскольку риск проникновения загрязнения и обратного потока значительно увеличивается. Возможно сезонное повышение рисков, поскольку влажная почва увеличивает вероятность возникновения градиента давления от почвы к трубе. В тех случаях, когда при перебоих в водоснабжении загрязняющие компоненты попадают в трубу, перезагрузка системы при восстановлении водоснабжения может увеличить риск для потребителя, поскольку концентрированное "скопление" загрязненной воды может пройти через всю систему. Когда при перебоих с

водоснабжением создаются домашние запасы воды, необходимо локально применять дезинфектанты в целях предотвращения размножения бактерий.

В питьевой воде, поступающей в систему распределения, могут содержаться свободноживущие амёбы и имеющиеся в окружающей среде штаммы некоторых гетеротрофных бактериальных и грибковых видов. При благоприятных условиях амёбы и гетеротрофы, включая штаммы *Citrobacter*, *Enterobacter* и *Klebsiella*, могут колонизировать системы распределения и образовывать биопленки. Нет никаких данных, позволяющих предположить, что большинство микроорганизмов из биопленок (единственным исключением является *Legionella*, которая может колонизировать системы водоснабжения в зданиях) оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье потребляющих питьевую воду людей, возможные исключения из которых составляют лишь лица с серьёзным нарушением иммунной системы (см. вспомогательный документ *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety*, Приложение 1).

Температура воды и содержание питательных веществ в системе распределения обычно недостаточны для размножения *E. coli* (или кишечного патогена) в биопленках. Таким образом, наличие *E. coli* следует рассматривать как подтверждение недавнего фекального загрязнения.

Природные бедствия, включая наводнения, засухи и подземные толчки, могут оказать значительное воздействие на водопроводные системы распределения.

Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению)

Поступающая в распределительную систему вода должна быть безопасна с бактериальной точки зрения и в идеальном случае должна также быть биологически стабильной. Сама система распределения должна обеспечить надёжный заслон повторному загрязнению в процессе доставки воды к потребителю. Сохранение остаточного дезинфектанта в системе распределения может обеспечить некоторую защиту против загрязнения и ограничить рост бактерий. Применение хлорамина оказалось успешным в борьбе против *Naegleria fowleri* в воде и осадках в длинных водопроводах. Хлорамин может сократить размножение *Legionella* в зданиях.

Остаточный дезинфектант обеспечивает частичную защиту против бактериального загрязнения, однако он может также мешать выявлению загрязнения в связи с использованием бактерий, являющихся обычным фекальным индикатором, таких как *E. coli*, и в особенности резистентных видов. В тех случаях, когда в системе распределения используется остаточный дезинфектант, следует подумать о мерах по минимизации образования ППД.

Системы водораспределения должны быть полностью герметичны. Водохранилища и резервуары должны быть надёжно укрыты и иметь наружные водоотводы для предотвращения загрязнения. Недопущение короткого замыкания в водотоке и предупреждение застаивания воды при хранении и распределении помогают воспрепятствовать размножению бактерий. Для сохранения качества воды в системе распределения можно использовать различные меры, включая применение устройств, препятствующих обратному водотоку, поддержание положительного давления во всей системе и обеспечение эффективного технического обслуживания. Также важны надлежащие меры безопасности, препятствующие неразрешённому доступу или вмешательству в инфраструктуру системы питьевого водоснабжения.

Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) могут включать использование более стабильного вторичного дезинфекционного химического агента (например, хлорамина вместо свободного хлора), замену труб, промывку и выравнивание, а также поддержание положительного давления в системе

распределения. Поддержанию качества питьевой воды также будет способствовать сокращение времени нахождения воды в системе в целях недопущения застаивания в резервуарах хранения, в контурах и заглушенных секциях. Примеры других мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) в системах распределения см. в Модуле 4 вспомогательного документа *Руководство по разработке и реализации плана обеспечения безопасности воды (Приложение 1)*. Дополнительная информация также представлена во вспомогательном документе *Safe piped water* (Приложение 1).

4.1.6 Неводопроводные, общинные и частные системы

Выявление опасных факторов

В идеальном случае выявление опасных факторов в неводопроводных, общинных и частных системах производится отдельно в каждой системе. Однако на практике в основном исходят из общего представления об опасных условиях, которые характерны для тех или иных технологий или типов систем и могут быть определены на национальном или региональном уровне.

Примеры опасных факторов и ситуаций, потенциально связанных с различными неводопроводными источниками воды, см. в Модуле 3 вспомогательного документа *Руководство по разработке и реализации плана обеспечения безопасности воды (Приложение 1)*. Дополнительные руководящие указания также представлены во вспомогательном документе *Планы обеспечения безопасности воды (Приложение 1)* и в публикации 1997 года под названием *Surveillance and control of community supplies* (WHO, 1997).

Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению)

Необходимые меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) в идеале зависят от характеристик источника воды и соответствующего водосбора. На практике вместо избирательного подхода к каждой из систем могут применяться стандартные методы.

Примеры таких мер контроля в отношении различных неводопроводных источников воды см. в Модуле 4 вспомогательного документа *Руководство по разработке и реализации плана обеспечения безопасности воды (Приложение 1)* и в докладе 1997 года под названием *Surveillance and control of community supplies* (WHO, 1997).

В большинстве случаев загрязнению подземных водных ресурсов можно противодействовать путем комбинации ряда простых мер. При отсутствии разрывов или трещин, которые могут обеспечить быстрый доступ загрязнителям к источнику, подземные воды в ограниченных или глубоких водоносных горизонтах обычно не содержат патогенных микроорганизмов. Скважины должны быть обсажены до необходимой глубины, а устья скважин должны быть загерметизированы в целях предотвращения попадания поверхностных вод или грунтовых вод, залегающих на небольшой глубине.

Системы сбора дождевой воды, в особенности те, которые предусматривают хранение воды в резервуарах, находящихся над землей, могут быть сравнительно безопасным источником водоснабжения (см. [раздел 6.2](#)). Основными источниками загрязнения являются птицы, мелкие млекопитающие и мусор, накапливающийся на крышах. Воздействие этих источников может быть сведено к минимуму простыми методами: сточные желоба необходимо регулярно чистить, нависание веток деревьев необходимо свести к минимуму (поскольку они могут быть источником мусора и способствовать доступу к водосборной части крыши птицам и мелким млекопитающим); в трубах, подающих воду в резервуары, должны быть

предусмотрены фильтры, удерживающие листья. Рекомендуется применять отводящие первую смывную воду устройства, которые препятствуют попаданию в резервуар первоначального стока воды, очищающего крышу (20–25 литров). Если отводящих устройств нет, то с тем же результатом можно использовать сточную трубу, которая отсоединяется вручную.

В целом для обеспечения бактериальной безопасности поверхностных вод необходима по крайней мере дезинфекция и, как правило, фильтрация. Задача первого заслона состоит в сведении к минимуму загрязнения отходами жизнедеятельности человека и животных и других опасных факторов в источнике воды.

Чем лучше защищен источник воды, тем меньше зависимость от очистки или дезинфекции. Воду необходимо защищать во время хранения и доставки к потребителям, обеспечивая герметичность систем распределения и хранения. Это касается как общинных водопроводных систем, так и воды, которую поставляют торговцы (раздел 6.3). Что касается воды, хранимой в домашних условиях, то ее защиту от загрязнения можно обеспечить путем использования емкостей герметичной или иной безопасной конструкции, исключающих контакт воды с руками, черпаками или другими внешними источниками загрязнения.

В рамках контроля химических опасных факторов упор может быть сделан главным образом на первоначальное обследование источника воды и на обеспечение надлежащего качества и эффективности применяемых для очистки химических веществ, материалов и устройств, которые имеются для этой цели, включая системы хранения воды.

Могут быть разработаны типовые ПОВВ для таких видов водоснабжения, как:

- подземные воды из защищенных скважин или колодцев с механизированной откачкой;
- обычная очистка воды;
- многоступенчатая фильтрация;
- хранение и распределение через водопроводные системы, управляемые структурами водоснабжения;
- хранение и распределение через водопроводные системы, управляемые общинами;
- розничная продажа воды;
- вода, доставляемая транспортными средствами (самолеты, морские суда и поезда);
- трубчатые колодцы с ручным водосбором;
- источники с ручным водосбором;
- простые защищенные колодцы;
- сбор дождевой воды.

Также имеются указания по обеспечению безопасности воды при ее сборе, транспортировке и хранении в домохозяйствах (см. вспомогательный документ *Managing water in the home*, Приложение 1). Для снижения уровня заболеваемости, связанной с потреблением воды, эти меры следует применять в сочетании с санитарно-просветительскими программами по вопросам пропаганды здорового образа жизни.

4.1.7 Валидация

В целях обеспечения надежности и эффективности ПОВВ для упреждения опасных факторов и явлений, в связи с которыми этот план был внедрен, и противодействия им необходимо подкрепить его достоверной и точной технической информацией. Валидация заключается в сборе сведений об эффективности мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению). В зависимости от типа контроля

4. ПЛАНЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДЫ

валидация может осуществляться посредством проведения инспекции на месте, использования имеющихся данных и документации либо проведения целевых программ мониторинга в целях подтверждения эффективности в нормальных и чрезвычайных условиях.

Валидация процессов очистки воды необходима для подтверждения того, что процессы очистки могут производиться требуемым образом, в результате чего достигается надлежащий уровень уменьшения опасности. В случае возникновения бактериальной опасности надлежащие уровни уменьшения этой опасности, как правило, выражаются в виде целевых показателей эффективности, основанных на использовании эталонных патогенов (см. [раздел 7.2](#)). Валидация может проводиться на этапе опытного проектирования или в ходе первоначального обустройства новой или модифицированной системы очистки воды. Валидация также может являться полезным инструментом оптимизации существующих процессов очистки воды.

Под валидацией понимается исследовательская деятельность в целях определения эффективности мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению). Валидация обычно активно проводится в период первоначального обустройства или модернизации системы. Она позволяет получить сведения о гарантированно достижимом качестве воды, которые предпочтительнее исходных допусков. Она также используется для определения эксплуатационных критериев, позволяющих убедиться, что меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) помогают эффективно противодействовать опасным факторам.

Первый этап валидации состоит в изучении имеющихся данных и информации. К источникам относятся научная литература, соответствующие отраслевые структуры, партнерские связи и установление эталонных показателей совместно с более широкими структурами управления, спецификации производителей и данные прошлых периодов. Собранная на этом этапе информация будет использована для разработки требований к тестированию. Очень важно добиться того, чтобы используемые при валидации данные соответствовали условиям в каждой конкретной системе, поскольку, например, изменения в составе и качестве воды могут серьезно воздействовать на эффективность мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению).

Валидация не применяется для повседневного регулирования питьевого водоснабжения, поэтому могут использоваться бактериальные параметры, которые были бы неприемлемы для оперативного контроля; зачастую можно счесть допустимым длительное время ожидания результатов и дополнительные расходы на измерение содержания патогенов. Параметры следует выбирать таким образом, чтобы они отражали виды микроорганизмов, устраняемых при очистке (см. [раздел 7.2](#)). В рамках валидации все чаще используются индикаторные параметры. Например, для оценки эффективности уничтожения вирусов в процессе фильтрации или для определения эффективности процессов дезинфекции могут быть использованы колифаги, в то время как для оценки эффективности уничтожения протозойных организмов в процессе фильтрации могут быть использованы *Clostridium perfringens*.

Не следует путать валидацию с рутинным оперативным (рабочим) мониторингом, задача которого – подтвердить, что прошедшие валидацию меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) сохраняют свою эффективность (см. [раздел 4.2](#)). Процесс валидации нередко способствует улучшению эксплуатационных характеристик благодаря выявлению наиболее эффективных и надежных методов эксплуатации. К числу дополнительных

преимуществ процесса валидации можно отнести выявление наиболее подходящих параметров оперативного (рабочего) мониторинга работы отдельных узлов.

4.1.8 Модернизация и совершенствование

Оценка системы питьевого водоснабжения может показать, что существующая практика и меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) не обеспечивают безопасность питьевой воды. В некоторых случаях необходимо лишь рассмотреть, документировать и формализовать порядок работы, а также уделить внимание тем областям, в которых необходимы усовершенствования. В других случаях могут понадобиться масштабные изменения в инфраструктуре. Процесс оценки системы следует использовать в качестве основы разработки плана по устранению выявленных недостатков, что будет способствовать полноценному осуществлению ПОБВ.

Совершенствование системы водоснабжения может охватывать широкий круг вопросов, таких как:

- капитальные работы;
- профессиональная подготовка;
- улучшение оперативных процедур;
- программы консультаций с населением;
- исследования и разработки;
- разработка протоколов на случай возникновения аварийных ситуаций;
- информирование и отчетность.

Планы модернизации и совершенствования могут предусматривать краткосрочные (например, однолетние) или долгосрочные программы. К улучшениям краткосрочного характера могут относиться, например, совершенствование порядка проведения консультаций с населением и разработка программ санитарного просвещения в общинах. Долгосрочные проекты капитальных работ могут включать обустройство крытых аккумулирующих бассейнов или совершенствование процессов коагуляции и фильтрации.

Выполнение планов усовершенствования может иметь ощутимые бюджетные последствия, поэтому может потребоваться детальный анализ и тщательное ранжирование по степени значимости с учетом результатов оценки риска. Чтобы убедиться в осуществлении улучшений и их эффективности, необходимо контролировать выполнение планов. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) нередко связаны со значительными расходами, и решения в отношении улучшения качества воды нельзя принимать изолированно от других аспектов питьевого водоснабжения, также требующих финансовых вложений, общий объем которых ограничен. Требуется определить первоочередные задачи, и, возможно, производить улучшения необходимо будет поэтапно в течение определенного времени.

4.2 Оперативный (рабочий) мониторинг и обеспечение контроля

Оперативный (рабочий) мониторинг – это комплекс запланированных рутинных мероприятий для определения того, сохраняют ли свою эффективность меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению). В процессе такого мониторинга поставщики питьевой воды своевременно отслеживают каждую меру

контроля в целях обеспечения эффективного управления системой и достижения целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья.

4.2.1 Определение системных мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению)

Характер и количество мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) зависят от конкретной системы и определяются количеством и характером опасных факторов и событий, а также масштабами связанных с ними рисков.

Необходимо, чтобы такие меры контроля отражали вероятность и последствия утраты контроля. К мерам контроля предъявляется ряд оперативных требований, в том числе:

- поддающиеся измерению параметры для оперативного (рабочего) мониторинга, в отношении которых могут быть установлены предельные значения, чтобы определить эксплуатационную эффективность данного технологического процесса;
- параметры для оперативного (рабочего) мониторинга, которые можно отслеживать с достаточной частотой для своевременного выявления отказов;
- корректирующие меры, которые можно проводить в случае отклонения от установленных предельных значений.

4.2.2 Выбор параметров для оперативного (рабочего) мониторинга

Оперативный (рабочий) мониторинг может включать измерение параметров или наблюдение. Необходимо, чтобы выбираемые для оперативного (рабочего) мониторинга параметры отражали действенность каждой меры контроля (барьерной или защитной меры, препятствующей загрязнению), предоставляли своевременную информацию об эффективности, легко поддавались измерению и обеспечивали возможность принятия надлежащих ответных мер. В качестве примера можно привести измеряемые переменные, такие как показатели наличия остаточного хлора, pH и мутности, или наблюдаемые факторы, такие как целостность средств защиты от вредителей.

В рамках оперативного (рабочего) мониторинга эффективность мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) оценивается через соответствующие временные интервалы. Интервалы могут изменяться в широких пределах. Например, от непрерывного контроля остаточного хлора до ежеквартальной проверки целостности цокольной части колодца.

Использование кишечных патогенов и индикаторных организмов в рамках оперативного (рабочего) мониторинга зачастую ограничено, поскольку затрачиваемое на обработку и анализ проб время не позволяет принимать оперативные меры корректировки до поступления воды в систему водоснабжения.

В рамках оперативного (рабочего) мониторинга может использоваться ряд параметров.

- Для источника воды применяются такие параметры, как мутность, поглощение ультрафиолетовых лучей, рост водорослей, дебит воды и продолжительность ее пребывания в очистном сооружении, цвет, проводимость, местные метеорологические явления и целостность защитных сооружений (например, оград) и инфраструктуры водосбора (например, труб колодцев) (см. вспомогательный документ *Protecting groundwater for health*, Приложение 1).
- Для водоочистки могут применяться такие параметры, как концентрация дезинфектанта и продолжительность контакта, ультрафиолетовая интенсивность, pH, светопоглощение, целостность мембран, мутность и цвет (см. вспомогательный документ *Water treatment and pathogen control*, Приложение 1).

- В водопроводных системах распределения параметры оперативного (рабочего) мониторинга могут включать следующее.
 - *Мониторинг остаточного содержания хлора* позволяет оперативно получить информацию о проблемах, указывающую на то, в каком направлении необходимо производить измерения бактериальных параметров. Внезапное исчезновение остаточного хлора, содержание которого обычно было стабильным, может служить указанием на проникновение загрязнителей. С другой стороны, возникновение трудностей с поддержанием остаточной концентрации в некоторых точках системы водораспределения или постепенное исчезновение остаточного хлора может указывать на то, что вода или водопровод из-за роста бактерий нуждаются в значительных количествах окислителя.
 - *Измерение окислительно-восстановительного потенциала* (или редокс-потенциала) может также применяться при оперативном (рабочем) мониторинге эффективности дезинфекции. Имеется возможность определения минимального уровня окислительно-восстановительного потенциала, необходимого для эффективной дезинфекции. Этот показатель определяется всякий раз в индивидуальном порядке. Рекомендовать универсальное значение невозможно. Весьма желательны дополнительные исследования и оценка окислительно-восстановительного потенциала в качестве метода оперативного (рабочего) мониторинга.
 - *Присутствие в воде гетеротрофных бактерий* может оказаться полезным индикатором изменений, таких как увеличение потенциала бактериального роста, увеличение активности биопленки, увеличение продолжительности пребывания воды в очистном сооружении или стагнация либо нарушение целостности системы. Количество присутствующих в воде гетеротрофных бактерий может отражать наличие обширных контактных поверхностей в очистной системе, таких как встроенные фильтры, и не является прямым указанием на состояние системы распределения (см. вспомогательный документ *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety*, Приложение 1).
 - *Измерения давления и мутности* также являются полезными параметрами оперативного (рабочего) мониторинга в водопроводных системах распределения.

Имеются указания по управлению эксплуатацией и техническим обслуживанием системы распределения (см. вспомогательный документ *Safe piped water*, Приложение 1). Эти указания предусматривают разработку контрольной программы в отношении качества воды и других параметров, таких как давление.

Примеры параметров оперативного (рабочего) мониторинга приведены в [таблице 4.3](#).

Таблица 4.3. Примеры параметров оперативного (рабочего) мониторинга, которые могут быть использованы для мониторинга мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению)

Оперативные параметры	Заборная вода	Коагуляция	Осаждение	Фильтрация	Дезинфекция	Система распределения
рН		✓	✓		✓	✓
Мутность (или количество частиц)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Растворенный кислород	✓					
Дебит водотока/реки	✓					
Дождь	✓					
Цвет	✓					
Проводимость (общее содержание растворенных твердых веществ)	✓					
Органический углерод	✓		✓			
Водоросли, водорослевые токсины и метаболиты	✓					✓
Дозировка химических веществ		✓			✓	
Расход		✓	✓	✓	✓	
Чистая загрузка		✓				
Текущее значение потока		✓				
Потери на трение				✓		
Ct (концентрация дезинфектанта × время контакта)					✓	
Остаточное содержание дезинфектанта					✓	✓
Окислительно-восстановительный потенциал					✓	
ППД					✓	✓
Гетеротрофные бактерии					✓	✓
Давление воды						✓

4.2.3 Установление рабочих и критических пределов

Необходимо, чтобы с мерами контроля (барьерными или защитными мерами, препятствующими загрязнению) были соотнесены определенные пределы эксплуатационной приемлемости (именуемые рабочими пределами), которые можно применить к параметрам оперативного (рабочего) мониторинга. Рабочие пределы следует устанавливать для параметров, применимых к каждой мере контроля. Если мониторинг показывает превышение рабочего предела, то необходимо осуществить заранее установленные корректирующие меры (см. раздел 4.4). Необходимо, чтобы выявление отклонений и выполнение корректирующих действий осуществлялось в сроки, необходимые для поддержания функциональности и безопасности воды.

В отношении некоторых мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) также может быть установлен второй ряд "критических пределов", при превышении которых утрачивается уверенность в безопасности воды. Отклонения от критических пределов обычно требуют неотложных действий, включая незамедлительное уведомление соответствующих органов здравоохранения.

Рабочие и критические пределы могут являться верхними пределами, нижними пределами, набором пределов или "совокупностью" эксплуатационных характеристик.

4.2.4 Неводопродные, общинные и частные системы

Обычно поверхностные воды или грунтовые воды неглубокого залегания не следует использовать в качестве источника питьевой воды без санитарной обработки или очистки.

Мониторинг источников воды (включая резервуары с дождевой водой), проводимый общинными операторами водоснабжения или домохозяйствами, обычно предусматривает периодические санитарные инспекции (подробнее см. в публикации 1997 года под названием *Surveillance and control of community supplies*; WHO, 1997). Используемые формы санитарной инспекции должны быть понятными и легкими в применении: например, в них могут использоваться пиктограммы. Предпочтительно, чтобы учитываемые факторы риска относились к процессам, подконтрольным оператору и способным воздействовать на качество воды. Следует обеспечить четкую увязку действий с результатами оперативного (рабочего) мониторинга; кроме того, потребуется инструктаж.

Операторам также следует проводить регулярную физическую оценку воды, в особенности после проливных дождей, вести мониторинг качества воды на предмет каких-либо явных изменений (например, изменений цвета, запаха, вкуса или мутности).

Ответственность за поддержание качества воды во время ее сбора и ручной транспортировки несет домохозяйство. Здесь необходимо соблюдать гигиенические правила, что подкрепляется санитарным просвещением. Благодаря программам санитарного просвещения домашние хозяйства и общины усваивают навыки гигиеничного обращения с водой и проведения соответствующего мониторинга.

При проведении очистки воды из общинных источников (таких, как скважины, колодцы и родники), а также дождевой воды целесообразно проводить оперативный (рабочий) мониторинг. В тех случаях, когда домохозяйства впервые приступают к очистке воды, необходимо предоставлять пользователям информацию (а в соответствующих случаях – возможность пройти инструктаж), чтобы обеспечить понимание ими основных требований к оперативному (рабочему) мониторингу.

4.3 Проверка

Проверка представляет собой выходной контроль эффективности функционирования всей цепи питьевого водоснабжения и безопасности питьевой воды, поставляемой потребителям. Проверку должен проводить надзорный орган; поставщики воды могут также осуществлять программы внутренней проверки.

В рамках проверки бактериальной безопасности обычно проводится анализ на наличие бактерий – индикаторов фекального загрязнения в очищенной воде и в воде, поступающей в системы распределения. Для проверки химической безопасности анализ на наличие вызывающих обеспокоенность химических

В дополнение к оперативному (рабочему) мониторингу эффективности функционирования отдельных компонентов системы питьевого водоснабжения необходимо проводить заключительную *проверку*, с тем чтобы удостовериться в безопасном функционировании системы в целом. Проверка может проводиться поставщиком, независимым ведомством или совместно вышеуказанными структурами в зависимости от установленного в данной стране административного режима. Обычно проверка предусматривает анализ на наличие индикаторов фекального загрязнения и опасных химических веществ, а также проведение аудита ПОБВ, с тем чтобы убедиться, что планы выполняются надлежащим образом и работают эффективно.

веществ может проводиться по завершении очистки, в системе распределения или в точке потребления (в зависимости от вероятности изменения концентрации в процессе распределения). Особо часто встречающимися ППД являются тригалогенметаны и

галоуксусные кислоты – они относятся к числу веществ, концентрация которых в питьевой воде наиболее высока. Во многих случаях их присутствие может служить подходящим показателем, отражающим концентрацию широкого спектра сопутствующих хлорсодержащих ППД.

Частота отбора проб должна учитывать необходимость уравновесить затраты и выгоды, связанные с получением дополнительной информации. Частота отбора проб обычно определяется численностью обслуживаемого населения или объемом подаваемой воды, с тем чтобы учесть возросший риск для населения. Частота анализов на отдельные характеристики также зависит от их изменчивости. Пробы и анализы более всего необходимы в отношении бактериальных компонентов и менее необходимы в отношении химических составляющих. Это объясняется тем, что даже краткие эпизоды бактериального загрязнения могут непосредственно привести к возникновению болезней у потребителей, тогда как эпизоды химического загрязнения, приобретающие характер острой проблемы в области здравоохранения, при отсутствии каких-либо особых событий (например, передозировки химических веществ при водоочистке) достаточно редки. Частота отбора проб из воды по завершении очистки зависит от качества источника воды и типа очистки.

Следует разрабатывать планы реагирования на результаты, не отвечающие целевым показателям качества воды. В эти планы следует включить выявление причин несоответствия установленным нормам и в случае необходимости проведение корректирующих действий, таких как рекомендации по кипячению воды. В случае повторного несоответствия целевым показателям следует провести пересмотр ПОВВ и разработать планы совершенствования системы.

4.3.1 Проверка качества воды с точки зрения микробного загрязнения

При проверке качества воды с точки зрения микробного загрязнения, как правило, проводится анализ на наличие *Escherichia coli* как индикатора фекального загрязнения. На практике приемлемой альтернативой во многих случаях может быть анализ на наличие термотолерантных колиформных бактерий. Хотя анализ на наличие *E. coli* очень практичен, он имеет свои ограничения. Кишечные вирусы и протозойные организмы более устойчивы к дезинфекции, следовательно, отсутствие *E. coli* не всегда означает отсутствие и этих организмов. В определенных ситуациях следует рассмотреть возможность использования более устойчивых индикаторов, таких как бактериофаги и/или бактериальные споры (см. [раздел 7.4](#)).

Проверка качества воды с точки зрения микробного загрязнения должна быть организована таким образом, чтобы обеспечить наилучшие возможности выявления загрязнения. Поэтому при отборе проб необходимо учитывать потенциальные изменения качества воды в системе водораспределения. Это обычно означает учет особенностей местоположения или времени возросшей вероятности загрязнения.

В системе водопроводного распределения фекальные загрязнения не распределяются равномерно. В системах с доброкачественной водой это значительно снижает вероятность выявления бактерий – индикаторов фекального загрязнения в сравнительно небольшом числе проб.

Шансы выявления загрязнения в системах, где преобладают отрицательные результаты на бактерии – индикаторы фекального загрязнения, можно повысить путем более частого применения анализа на наличие/отсутствие загрязнения. Анализ на наличие/отсутствие может оказаться более простым, более быстрым и менее затратным, чем количественные методы. Сравнительное изучение метода анализа на наличие/отсутствие и количественных методов говорит о том, что методы анализа на наличие/отсутствие могут в максимальной степени содействовать выявлению

бактерий – индикаторов фекального загрязнения. Однако анализ на наличие/отсутствие целесообразен лишь в тех системах, где большинство анализов на индикаторные организмы дает отрицательные результаты.

Чем чаще вода исследуется на индикаторные организмы фекального загрязнения, тем выше вероятность выявления загрязнения. Частые проверки простыми методами более ценны, чем менее частые проверки с проведением сложных анализов или совокупности анализов.

Характер и вероятность загрязнения могут изменяться в зависимости от сезона, во время дождей и в зависимости от других местных условий. Отбор проб обычно проводится в произвольном порядке, однако его следует учащать во время эпидемий, наводнений или чрезвычайных операций либо по возобновлении водоснабжения после перерыва или после ремонтных работ.

Рекомендуемое минимальное количество проб при проверке качества воды с точки зрения микробного загрязнения представлено в [таблице 4.4](#).

Таблица 4.4. Рекомендуемое минимальное количество проб на показатель фекального загрязнения в системах распределения^а

Виды источников водоснабжения и население	Общее количество проб в год
Точечные источники	Постепенный отбор проб во всех источниках в течение 3–5-летнего цикла (максимум)
Водоснабжение по водопроводу	
< 5000	12
5000–100 000	12 на 5000 человек
> 100 000–500 000	12 на 10 000 человек плюс дополнительные 120 проб
> 500 000	12 на 50 000 человек плюс дополнительные 600 проб

^а Такие параметры, как содержание хлора, мутность и pH, должны проверяться чаще в рамках оперативного (рабочего) и проверочного мониторинга.

4.3.2 Проверка качества воды с точки зрения химического загрязнения

При планировании проверки качества воды с точки зрения химического загрязнения следует учитывать такие вопросы, как наличие надлежащих аналитических центров, стоимость анализов, возможность порчи проб, стабильность загрязнителя, возможное наличие загрязняющих веществ в различных материалах и принадлежностях, наиболее подходящая точка для мониторинга и частота отбора проб.

Место и частота отбора проб конкретного химического вещества определяются его основными источниками (см. [главу 8](#)) и изменчивостью его концентрации. Вещества, концентрация которых не изменяется существенным образом с течением времени, требуют менее частых проб, чем те, которые могут изменяться в широких пределах.

Во многих случаях может оказаться достаточным проведение проверки качества источника воды с точки зрения химического загрязнения один раз в год или даже реже, в особенности в стабильных грунтовых водах, в которых концентрация встречающихся в природе веществ, вызывающих беспокойство, очень медленно изменяется со временем. Концентрация встречающихся в природе веществ, скорее всего, будет в большей степени изменяться в поверхностных водах, поэтому в отношении поверхностных вод может потребоваться взятие большего количества проб, в зависимости от загрязняющего вещества и его значения.

Место для отбора проб зависит от изучаемых характеристик качества воды. Взятие проб в водоочистном сооружении или в начальной точке системы распределения может оказаться достаточным в отношении тех составляющих, концентрация которых не изменяется в ходе доставки воды. Однако пробы тех составляющих, концентрация которых в ходе распределения воды изменяется, следует отбирать лишь после изучения поведения такого вещества или его источника. Пробы следует отбирать из точек, находящихся вблизи конечных пунктов системы распределения и кранов, подключенных непосредственно к водопроводам в домах и крупных многоквартирных зданиях. Например, проверку на свинец следует проводить, отбирая воду из крана, через который вода поступает потребителю, поскольку источником свинца обычно являются вспомогательные соединения или водопроводы в зданиях.

Дополнительную информацию см. в сопроводительном документе *Chemical safety of drinking-water* (Приложение 1).

4.3.3 Источник воды

Проверочные анализы источника воды имеют особое значение в тех случаях, когда вода не проходит очистку. Целесообразно также проводить их после сбоев в процессе водоочистки или в рамках эпидемиологических расследований вспышек заболеваний, передаваемых через воду. Частота проведения анализов зависит от причины отбора проб. Анализы могут проводиться:

- регулярно (частота проведения проверочных анализов зависит от ряда факторов, включая численность обслуживаемого водой населения, надежность качества питьевой воды или степени очистки и наличие местных факторов риска);
- эпизодически (в произвольном порядке или в ходе посещений в целях осмотра общинных систем питьевого водоснабжения);
- с повышенной частотой в случае ухудшения качества источника воды вследствие предсказуемых аварийных ситуаций, чрезвычайных обстоятельств или незапланированных событий, считающихся способными повысить вероятность внезапного загрязнения (например, после наводнения или водосбросов в верхнем течении).

До введения в строй новой системы питьевого водоснабжения необходимо провести расширенный спектр анализов, в том числе по параметрам, в отношении которых на основе изучения данных по аналогичным системам водоснабжения или оценки факторов риска в отношении источника воды установлено, что потенциально они могут присутствовать.

4.3.4 Трубопроводные системы распределения

Выбор точек отбора проб определяется особенностями конкретной системы водоснабжения. Характер медико-санитарного риска в связи с патогенами и потенциальная опасность загрязнения через системы распределения означают, что отбор проб на бактериальный анализ (и связанные с этим параметры, такие как остаточная концентрация хлора, рН и мутность), как правило, производится часто и в различных местах. Необходимо тщательно продумать точки отбора проб и их частоту в отношении тех химических составляющих, которые обусловлены свойствами водопровода и водопроводных материалов, и тех, которые не контролируются непосредственным образом, а также тех, которые претерпевают изменения в ходе

доставки воды к потребителю, таких как тригалогенметаны. Была подтверждена эффективность метода стратифицированных рандомизированных проб в системах распределения.

4.3.5 Общинные системы

Для надлежащей оценки работы общинной системы питьевого водоснабжения следует учитывать ряд факторов. В некоторых странах, где были разработаны национальные стратегии надзора и контроля за качеством в отношении систем питьевой воды, приняты *количественные показатели обслуживания* (то есть качество, количество, доступность, охват, ценовая доступность и непрерывность), которые применяются на общинном, региональном и национальном уровнях. Как правило, сюда включены критические параметры в отношении бактериального качества (обычно *E. coli*, хлор, мутность и pH) и проведение санитарных инспекций. Методы проведения этих анализов должны быть стандартизированы и утверждены. Рекомендуется проверять комплекты для полевого отбора проб на эффективность в сравнении с эталонными или стандартными методами и утверждать их к использованию для проверочных анализов.

В совокупности показатели обслуживания создают основу для установления целевых показателей в рамках общинных систем водоснабжения. Они служат количественным руководством по определению адекватности питьевого водоснабжения и дают потребителям объективную картину качества общего обслуживания и указывают, таким образом, на степень обеспечиваемой медико-санитарной защиты.

Периодические анализы и санитарные инспекции общинных систем питьевого водоснабжения обычно следует проводить надзорному ведомству. При этом необходимо производить оценку наличия бактериальных опасных факторов и известных проблемных химических веществ (см. также главу 5). Частый отбор проб вряд ли окажется возможным, поэтому одним из решений является непрерывная программа посещений, предусматривающая проверку каждой системы водоснабжения один раз в 3–5 лет. Основная цель состоит не в оценке отдельных систем питьевого водоснабжения на соответствие нормам, а в обеспечении информации для стратегического планирования и выработки политики. Комплексный анализ химического качества всех источников рекомендуется проводить как минимум до введения их в эксплуатацию, а впоследствии предпочтительно проводить его каждые 3–5 лет.

Рекомендации в отношении программ тестирования и частоты тестирования систем общинного водоснабжения см. в публикации 1997 года *Surveillance and control of community supplies* (WHO, 1997).

4.3.6 Обеспечение качества и контроль качества

В отношении всех действий, связанных с получением данных о качестве питьевой воды, следует внедрить надлежащие процедуры обеспечения качества и аналитические процедуры контроля качества. Эти процедуры обеспечивают соответствие данных своему назначению, иными словами, обеспечивают надлежащую достоверность полученных результатов. Понятия соответствия назначению или надлежащей достоверности определяются в программе мониторинга качества воды, которая включает заявление о достоверности и точности данных. Поскольку в процессе мониторинга качества питьевой воды, по всей вероятности, будет применяться широкий спектр веществ, методов, видов оборудования и требований в отношении

4. ПЛАНЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДЫ

точности, то это касается многих подробных практических аспектов аналитического контроля качества. Эти вопросы выходят за рамки данной публикации.

Подробное описание процессов подготовки и реализации программы обеспечения качества для аналитических лабораторий см. в публикации *Water quality monitoring: A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes* (Bartram and Ballance, 1996). Соответствующая глава опирается на стандарт ISO/IEC 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*, в котором предлагается схема управления качеством в аналитических лабораториях.

Руководящие указания по отбору проб представлены в стандартах Международной организации по стандартизации (ИСО), перечисленных в [таблице 4.5](#).

Таблица 4.5. Стандарты Международной организации по стандартизации (ИСО) по качеству воды с рекомендациями в отношении отбора проб^а

№ стандарта ИСО	Название (качество воды)
5667-1:2006	Отбор проб. Часть 1. Руководство по составлению программ и методик отбора проб
5667-3:2003	Отбор проб. Часть 3. Рекомендации в отношении обеспечения сохранности проб и обращения с ними
5667-4:1987	Отбор проб. Часть 4. Руководство по отбору проб из естественных и искусственных озер
5667-5:2006	Отбор проб. Часть 5. Руководство по отбору проб питьевой воды из водоочистных станций и трубопроводных распределительных систем
5667-6:2005	Отбор проб. Часть 6. Рекомендации в отношении отбора проб в реках и водотоках
5667-11:2009	Отбор проб. Часть 11. Руководство по отбору проб грунтовых вод
5667-13:1997	Отбор проб. Часть 13. Рекомендации в отношении отбора проб из осадков в сточных водах и в водоочистительных установках
5667-14:1998	Отбор проб. Часть 14. Рекомендации по обеспечению качества сбора проб в окружающей среде и обращению с ними
5667-16:1998	Отбор проб. Часть 16. Руководство по биотестированию проб
5667-20:2008	Отбор проб. Часть 20. Руководство по использованию выборочных данных для принятия решения. Соответствие порогам и классификационным системам
5667-21:2010	Отбор проб. Часть 21. Руководство по отбору проб питьевой воды, распределяемой танкерами или посредством не распределительных труб
5667-23:2011	Отбор проб. Часть 23. Руководство по пассивному отбору проб из поверхностных вод
5668-17:2008	Отбор проб. Часть 17. Рекомендации в отношении взятия проб массовых взвешенных осадков
13530:2009	Руководство по аналитическому контролю качества для химического и физико-химического анализа воды
17381:2003	Выбор и применение методов анализа воды с готовым комплектом для испытания

^а ИСО также разработала стандарты управления качеством, связанные с питьевым водоснабжением, в том числе ИСО 24510:2007, Деятельность, связанная с услугами питьевого водоснабжения и удаления сточных вод. Руководящие указания по оценке и улучшению услуги, оказываемой потребителям; и ИСО 24512:2007, Деятельность, связанная с услугами водоснабжения и удаления сточных вод. Руководящие указания для менеджмента систем питьевого водоснабжения и оценки услуг питьевого водоснабжения.

4.3.7 Планы обеспечения безопасности воды

Помимо проведения анализов качества воды, в процесс проверки следует включать аудит ПОБВ, чтобы показать, что планы были разработаны надлежащим образом, корректно выполняются и являются эффективными. Следует обратить внимание на такие факторы, как:

- выявление всех значительных опасных факторов и событий;
- включение в план надлежащих мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению);
- создание надлежащих процедур оперативного (рабочего) мониторинга;
- определение надлежащих рабочих пределов;
- определение корректирующих действий;
- создание надлежащих процедур мониторинга для целей проверки.

Аудит ПОБВ может проводиться в рамках внутренней или внешней проверки, а также может быть частью надзора со стороны независимых органов. Целью аудита может быть как оценка, так и определение соответствия планов нормам.

4.4 Процедуры управления для водопроводных систем распределения

Большая часть плана управления посвящена описанию действий, необходимых для обеспечения оптимального функционирования системы в нормальных условиях эксплуатации. К ним относятся меры реагирования как на обычные колебания параметров оперативного (рабочего) мониторинга, так и на случаи достижения параметрами такого мониторинга критических пределов. Все действия, включая стандартные оперативные процедуры, применяемые в нормальных условиях, и запланированные ответные меры на аварийные и чрезвычайные ситуации, подлежат документированию.

Эффективное управление предполагает определение действий, предпринимаемых при нормальных условиях эксплуатации, действий, предпринимаемых в конкретных аварийных ситуациях, когда может иметь место утрата контроля над системой, а также процедур, которых необходимо придерживаться в непредвиденных (чрезвычайных) ситуациях. Процедуры управления следует документировать, равно как и оценку системы, планы мониторинга, вспомогательные программы и коммуникации, необходимые для обеспечения безопасной работы системы.

Выявляемое в ходе оперативного (рабочего) мониторинга (или в ходе проверки) существенное отклонение, при котором превышаются критические пределы, нередко квалифицируется как "аварийная ситуация". Аварийной является любая ситуация, при которой имеются основания предполагать, что поступающая в качестве питьевой вода может быть небезопасна или может стать таковой (то есть утрачивается уверенность в безопасности воды). В рамках ПОБВ следует разработать процедуры управления для принятия мер реагирования на предсказуемые аварийные ситуации, равно как и на непредсказуемые аварийные и чрезвычайные ситуации.

В планах реагирования на аварийную ситуацию могут предусматриваться различные уровни предупреждения и готовности: от малозначительных ранних предупреждений, в отношении которых достаточно провести лишь дополнительное расследование, до чрезвычайных ситуаций. В случае чрезвычайных ситуаций могут потребоваться ресурсы иных организаций, нежели поставщики питьевой воды, в частности органов общественного здравоохранения.

4. ПЛАНЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДЫ

Планы реагирования на аварийную ситуацию обычно включают:

- порядок подчиненности и контактные данные ключевых сотрудников, нередко в отношении нескольких организаций и нескольких лиц;
- перечень измеримых показателей и предельных значений/условий, которые могут способствовать возникновению аварийной ситуации, а также шкалу уровней готовности;
- четкое описание необходимых действий в случае тревоги;
- местонахождение и название документа, содержащего типовой порядок действий, и местонахождение необходимого оборудования;
- местонахождение аварийного оборудования;
- соответствующую логистическую и техническую информацию;
- контрольные списки и краткие инструкции-справочники.

Приступить к выполнению плана может потребоваться в кратчайшие сроки, поэтому необходимы резервные списки сотрудников, эффективные системы коммуникаций, профессиональная подготовка и документация на самом современном уровне.

Сотрудников необходимо обучать процедурам принятия ответных мер, чтобы они эффективно справлялись с аварийными или чрезвычайными ситуациями. Необходимо периодически пересматривать планы реагирования на аварийные и чрезвычайные ситуации и практиковаться в их выполнении. Это повышает готовность и дает возможность повысить эффективность этих планов, прежде чем наступит чрезвычайная ситуация.

После любой аварийной или чрезвычайной ситуации необходимо провести расследование с участием всех причастных сотрудников. В его ходе следует рассмотреть такие факторы, как:

- причина проблемы;
- каким образом проблема впервые была выявлена или распознана;
- наиболее важные требуемые действия;
- какие возникли коммуникационные проблемы и каким образом они решались;
- ближайшие и долгосрочные последствия;
- насколько удовлетворительным оказался план реагирования на чрезвычайную ситуацию.

Следует также выработать надлежащий порядок документирования аварийных или чрезвычайных ситуаций и отчетности о таких ситуациях. Организации следует извлекать из аварийных или чрезвычайных ситуаций максимум уроков, с тем чтобы повысить свою готовность и улучшить планирование в отношении будущих аварийных ситуаций. Разбор обстоятельств аварийной или чрезвычайной ситуации может помочь внести необходимые поправки в ПОБВ и существующие протоколы.

Подготовка четких процедур, определение порядка подотчетности и обеспечение оборудованием для взятия проб и хранения воды в случае аварийной ситуации может оказать ценную помощь в последующих эпидемиологических или иных расследованиях, поэтому подготовка проб и хранение воды уже на ранних этапах предполагаемой аварийной ситуации должны являться неотъемлемой частью плана реагирования.

4.4.1 *Предсказуемые аварийные ситуации ("отклонения")*

Многие аварийные ситуации (например, превышение критического предела) можно предвидеть, и в планах управления можно определить вытекающие из этого мероприятия. К ним могут относиться, например, временная замена источника воды (если это возможно), увеличение коагуляционной дозы, использование аварийной дезинфекции или увеличение концентрации дезинфектанта в системах распределения.

4.4.2 *Непредвиденные аварии*

Некоторые обстоятельства, при которых вода считается потенциально небезопасной, конкретно могут быть не предусмотрены в планах реагирования на аварийную ситуацию. Это может происходить либо вследствие того, что данные события оказались непредвиденными, либо вследствие того, что они считались слишком маловероятными для оправдания подготовки подробных планов корректирующих действий. Чтобы учесть подобные события, следует разработать общий план реагирования на аварийные ситуации. Этот план будет использован для изложения общих руководящих указаний по выявлению и устранению аварийных ситуаций, наряду с конкретными указаниями по ответным мерам, которые будут применяться к самым разным видам аварийных ситуаций.

В общий план реагирования на аварийные ситуации необходимо включить протокол оценки ситуации и объявления аварийной ситуации, в котором определяется порядок личной подотчетности и строгие критерии отбора. К критериям отбора относятся время вступления в действие, численность населения, затронутого аварийной ситуацией, и характер предполагаемого опасного фактора.

Успех общих мер реагирования на аварийную ситуацию зависит от опыта, суждения и навыков сотрудников, занимающихся эксплуатацией систем питьевого водоснабжения и управлением ими. Тем не менее в общие планы реагирования на аварийные ситуации могут быть включены типичные мероприятия, присущие ответным мерам на многие аварийные ситуации. Например, можно подготовить стандартные оперативные процедуры по экстренной промывке водопроводных систем и протестировать их для использования в случае необходимости удаления загрязненной воды из водопроводной системы. Аналогичным образом можно подготовить, проверить и ввести в действие стандартные оперативные процедуры для быстрой смены водохранилищ или перенаправления воды в обход. Разработка подобного "набора" вспомогательных материалов ограничивает вероятность ошибки и повышает оперативность ответных мер во время аварийных ситуаций.

4.4.3 *Чрезвычайные ситуации*

Поставщикам воды следует разрабатывать планы на случай возникновения чрезвычайной ситуации. В этих планах следует учитывать возможность возникновения стихийных бедствий (например, землетрясений, наводнений, повреждений электрооборудования молнией), аварий (например, попадания загрязняющих веществ в водосборную площадь, прерывания поставок электроэнергии), нанесения ущерба очистительному оборудованию и системе распределения, а также действий людей (например, забастовок, саботажа). В планах на случай возникновения чрезвычайной ситуации следует ясно определить ответственность за предпринимаемые координационные меры, коммуникационный план по оповещению и информированию пользователей системы питьевого водоснабжения, а также планы обеспечения и распределения чрезвычайных запасов питьевой воды.

4. ПЛАНЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДЫ

Эти планы следует разрабатывать во взаимодействии с соответствующими регулирующими органами и другими ключевыми ведомствами, а также обеспечить их согласованность с национальными и местными механизмами реагирования на чрезвычайные ситуации. Ключевыми аспектами, которые следует отразить в планах реагирования на чрезвычайные ситуации, являются:

- меры реагирования, включая усиление мониторинга;
- сфера ведения ответственных лиц в рамках организации и вне ее;
- планы обеспечения питьевой водой в условиях чрезвычайной ситуации;
- протоколы и стратегии внешних связей, включая процедуры уведомления (подразделений организации, регулирующих органов, средств массовой информации и общественности);
- механизмы усиления медико-санитарного контроля.

В планы реагирования на чрезвычайные ситуации и непредвиденные события, чреватые опасностью бактериального или химического загрязнения, следует также включить основные рекомендации по кипячению воды (см. [раздел 7.6.1](#)) и по отказу от использования сырой воды (см. [раздел 8.7.10](#)). Целью рекомендаций является защита общественных интересов. Поэтому эти рекомендации следует выпускать после того, как будет оперативно, но взвешенно рассмотрена имеющаяся информация и сделан вывод о том, что существующая постоянная угроза здоровью населения перевешивает любые риски, связанные с рекомендациями по кипячению воды или отказу от использования сырой воды. Практическое выполнение рекомендаций обычно осуществляют органы здравоохранения. Решение о прекращении питьевого водоснабжения влечет за собой принятие обязательства по предоставлению альтернативного безопасного источника воды и может быть оправдано лишь в крайне редких случаях в силу неблагоприятных последствий ограничения доступа к воде, в особенности для здоровья. Конкретные действия в случае отклонения от рекомендуемых параметров или чрезвычайных ситуаций обсуждаются в [разделе 7.6](#) (бактериальные опасности) и в [разделе 8.7](#) (химические опасности); вопросы более общего характера рассматриваются в [разделе 6.7](#). "Учебные" чрезвычайные ситуации являются важной частью поддержания готовности к чрезвычайным ситуациям. Они помогают определить потенциальные действия, принимаемые в различных обстоятельствах в отношении каждого конкретного источника водоснабжения.

4.4.4 Подготовка плана мониторинга

Для оперативного (рабочего) и проверочного мониторинга следует разработать и документально оформить как составную часть ПОВВ программы, в которых подробно излагаются стратегии и процедуры мониторинга различных аспектов системы питьевого водоснабжения. Планы мониторинга следует полностью документально оформить и включить в них такую информацию, как:

- параметры, подлежащие мониторингу;
- место и частота отбора проб;
- методы отбора проб и соответствующее оборудование;
- графики отбора проб;
- ссылки на процедуры принятия корректирующих мер, в том числе на области ответственности;
- квалификационные и сертификационные требования, предъявляемые к проводящим анализы лабораториям;

- методы обеспечения качества и валидация результатов взятия проб;
- требования к проверке и истолкованию результатов;
- распределение ответственности и необходимые квалификационные качества сотрудников;
- требования к документированию и делопроизводству, включая порядок фиксации и хранения результатов мониторинга;
- требования к отчетности и оповещению о результатах.

Действия, играющие важную роль в обеспечении безопасности питьевой воды, однако не оказывающие непосредственного влияния на качество питьевой воды, именуется вспомогательными программами.

4.4.5 Вспомогательные программы

Многие мероприятия играют важную роль в обеспечении безопасности питьевой воды, однако они не оказывают непосредственного воздействия на качество питьевой воды и поэтому не относятся к мерам контроля (барьерным или защитным мерам, препятствующим загрязнению). Такие мероприятия называются вспомогательными программами. Их также следует документально отразить в ПОБВ. Вспомогательные программы могут включать:

- контроль доступа к установкам водоочистки, водосбора и водохранилищам и принятие надлежащих мер безопасности для предупреждения трансмиссии исходящих от людей опасных факторов в случае контакта людей с источником воды;
- разработку проверочных протоколов использования химических веществ и материалов в питьевом водоснабжении – например, чтобы гарантировать привлечение поставщиков, участвующих в программах обеспечения качества;
- использование надлежащего оборудования для ликвидации аварийных ситуаций, таких как прорывы водопроводов (например, оборудование должно быть предназначено только для работы с питьевой водой, а не со сточными водами);
- программы инструктажа и подготовки лиц, принимающих участие в действиях, которые могут повлиять на безопасность питьевой воды; инструктаж следует включить в программу вводного обучения при приеме на работу, а затем вновь проводить его как можно чаще;
- программы исследований и разработок, предназначенные для совершенствования представления о качестве воды, в том числе о качестве источника воды, и об очистке воды.

Вспомогательные программы практически полностью состоят из мероприятий, которые обычно уже осуществляются в рамках обычной деятельности структур, обеспечивающих водоснабжение и водоочистку. В большинстве случаев осуществление вспомогательных программ предусматривает:

- сопоставление существующей практики эксплуатации и управления;
- первоначальный, а затем периодический обзор и обновление существующей практики в целях ее непрерывного совершенствования;
- распространение передового опыта в целях содействия его внедрению;
- контрольную проверку применения передового опыта, с тем чтобы удостовериться в его использовании, включая принятие корректирующих мер в случае несоответствия нормам.

Ключевыми компонентами вспомогательных программ являются кодексы надлежащей практики эксплуатации и управления и соблюдения гигиены рабочего

места. Их положения нередко включаются в стандартные оперативные процедуры. Они включают нижеследующие положения, но не ограничиваются ими:

- соблюдение гигиенических требований при осуществлении технического обслуживания;
- внимание к личной гигиене;
- обучение и компетентность персонала, занятого в службе питьевого водоснабжения;
- вспомогательные средства управления работой сотрудников, такие как системы обеспечения качества;
- обеспечение приверженности заинтересованных сторон на всех уровнях делу снабжения безопасной питьевой водой;
- санитарное просвещение населения, деятельность которого может воздействовать на качество питьевой воды;
- калибровка оборудования для мониторинга;
- ведение отчетности.

Сопоставление одного комплекта вспомогательных программ с вспомогательными программами других поставщиков воды посредством взаимного рецензирования, установления стандартов и обмена сотрудниками или документами может стимулировать предложения по совершенствованию практики.

Вспомогательные программы могут быть обширными, разнообразными и предусматривать участие в них различных организаций и лиц. Многие вспомогательные программы предусматривают меры охраны водных ресурсов и обычно включают аспекты контроля за землепользованием. Некоторые меры по охране водных ресурсов, имеющие инженерный характер, например процессы очистки стоков и практика регулирования дождевых стоков, могут использоваться в качестве мер контроля.

4.5 Регулирование водоснабжения в общинах и домохозяйствах

Во всем мире общинные системы питьевого водоснабжения подвергаются загрязнению чаще, чем более масштабные системы водоснабжения. Для общинных систем могут быть характерны режимы эксплуатации с периодическим отключением (или работа с перебоями), более частые поломки или отказы.

Для обеспечения безопасности питьевой воды основное внимание в маломасштабных системах водоснабжения уделяется:

- информированию населения;
- оценке системы водоснабжения в целях выяснения ее способности соответствовать целевым показателям, установленным исходя из требований охраны здоровья (см. [раздел 4.1](#));
- мониторингу определенных мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) и подготовке операторов в целях обеспечения контроля над всеми потенциальными опасными факторами и удержания факторов риска на допустимом уровне (см. [раздел 4.2](#));
- оперативному (рабочему) мониторингу системы питьевого водоснабжения (см. [раздел 4.2](#));
- систематическому применению процедур управления качеством воды (см. [раздел 4.4](#)), включая документирование и информационное обеспечение (см. [раздел 4.6](#));

- разработке надлежащих протоколов реагирования на аварийные ситуации (обычно предусматривающих принятие мер на уровне отдельных источников водоснабжения, подкрепляемое обучением операторов, а также принятие мер, предписанных местными или национальными органами власти) (см. [разделы 4.4.2 и 4.4.3](#)); и
- разработке программ по модернизации и совершенствованию существующих систем подачи воды (обычно определяемых на национальном или региональном уровне, а не на уровне отдельной системы водоснабжения) (см. [раздел 4.1.8](#)).

Что касается мелких точечных источников, обеспечивающих потребности общин или отдельных домохозяйств, то основное внимание следует уделять выбору источника воды оптимального доступного качества и поддержанию ее качества с использованием многобарьерной методики (обычно в рамках защиты источника воды) и программ обслуживания. Каков бы ни был источник воды (грунтовые воды, поверхностные воды или резервуары с дождевой водой), общинам и домохозяйствам следует убедиться в том, что эта вода безопасна для питья. Обычно поверхностные воды и грунтовые воды неглубокого залегания, находящиеся под непосредственным воздействием поверхностных вод (к которым относятся неглубокие грунтовые воды с предпочтительным направлением движения), следует подвергать очистке.

К рекомендуемым параметрам минимального мониторинга общинного водоснабжения относятся те из них, которые наилучшим образом определяют гигиеническое состояние воды, а следовательно, и уровень риска вспышки болезней, передаваемых через воду. Основными параметрами качества воды являются *E. coli* – в качестве их замены подойдут термотолерантные (фекальные) колиподобные бактерии – и остаточное содержание хлора (если используется хлорирование). В необходимых случаях эти параметры следует дополнять корректировкой рН (если используется хлорирование) и измерением мутности.

Эти параметры можно замерять на месте, используя для анализа сравнительно несложные приборы; при этом продолжается разработка усовершенствованных и относительно недорогих систем. Проведение анализов на месте имеет ключевое значение при выявлении мутности и остаточного хлора, содержание которого быстро изменяется в ходе доставки и хранения воды. Оно также важно для других параметров, когда отсутствует возможность лабораторной проверки или когда применение обычных методов отбора проб и анализа нецелесообразно из-за транспортных проблем.

Также следует замерять иные связанные с охраной здоровья параметры, имеющие местное значение. Общий подход к борьбе с химическим загрязнением излагается в главе 8.

4.6 Документальное оформление и информационное обеспечение

При документальном оформлении ПОБВ следует предусмотреть:

- описание и оценку системы питьевого водоснабжения (см. [раздел 4.1](#)), включая программы совершенствования и улучшения существующей системы доставки воды (см. [раздел 4.1.8](#));
- план оперативного (рабочего) мониторинга и проверки системы водоснабжения (см. [разделы 4.2 и 4.3](#));

4. ПЛАНЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДЫ

- процедуры обеспечения безопасности воды в рабочем режиме, аварийные ситуации (конкретные и общие) и чрезвычайные ситуации (см. [разделы 4.4.1, 4.4.2 и 4.4.3](#)), включая планы информационного обеспечения; и
- описание вспомогательных программ (см. [раздел 4.4.5](#)).

Учетная документация имеет ключевое значение для анализа соответствия ПОВБ предъявляемым требованиям и подтверждения соответствия системы питьевого водоснабжения положениям ПОВБ. Обычно хранятся несколько видов отчетных документов:

- вспомогательная документация, используемая при разработке ПОВБ и его валидации;
- учетная документация и результаты оперативного (рабочего) мониторинга и проверки;
- результаты расследования аварийных ситуаций;
- документация по используемым методам и процедурам;
- учетная документация по программам обучения сотрудников.

Проверяя учетную документацию по оперативному (рабочему) мониторингу и проверке, оператор или руководитель может выявить приближение какого-либо процесса к рабочему или критическому пределу. Изучение учетной документации может способствовать выявлению тенденций и осуществлению оперативных корректировок. Рекомендуется периодически изучать отчетные материалы ПОВБ в целях учета тенденций, принятия решений относительно надлежащих действий, а затем их осуществления. Учетная документация также чрезвычайно важна в тех случаях, когда надзор за работой системы осуществляется посредством аудита.

В стратегии в области информационного обеспечения следует включать:

- процедуры незамедлительного информирования о любой значительной аварийной ситуации в системе питьевого водоснабжения, включая уведомление органа здравоохранения;
- обобщенную информацию, подлежащую сообщению потребителям, например, посредством ежегодных отчетов и в Интернете;
- учреждение механизмов рассмотрения жалоб населения и принятия своевременных активных мер.

Право потребителей получать медико-санитарную информацию о воде, которой они снабжаются для бытового потребления, является фундаментальным. Однако во многих общинах право доступа к информации само по себе не обеспечивает осведомленности частных лиц о качестве предоставляемой им воды; кроме того, вероятность потребления небезопасной воды может оказаться сравнительно высокой. Поэтому осуществляющим мониторинг органам следует разработать стратегии распространения информации и разъяснения значения сведений, касающихся здоровья. Дополнительная информация в отношении информационной обеспеченности см. в [разделе 5.5](#).

4.7 Плановый обзор

4.7.1 Периодический обзор

Не следует считать ПОВБ неизменяемыми документами. Они нуждаются в регулярных обзорах и пересмотрах, предназначенных для того, чтобы убедиться в том, что ПОВБ

функционируют надлежащим образом и в них отражаются изменения в области систем водоснабжения или новые тенденции. При обзорах следует учитывать:

- данные, собранные в рамках процессов мониторинга;
- изменения в источниках воды и водосборах;
- изменения в области очистки, спроса и распределения;
- осуществление программ совершенствования и модернизации;
- пересмотренные процедуры;
- новые опасные факторы и риски.

4.7.2 *Обзоры после аварийных ситуаций*

Следует проводить обзоры ПОБВ после аварийных и чрезвычайных ситуаций в целях возможного предотвращения повторения аварийных ситуаций, а если это невозможно (например, если речь идет о наводнении), то уменьшения их воздействия. В ходе обзоров после аварийных ситуаций могут быть выявлены аспекты, нуждающиеся в совершенствовании, равно как и потребность в пересмотре ПОБВ.

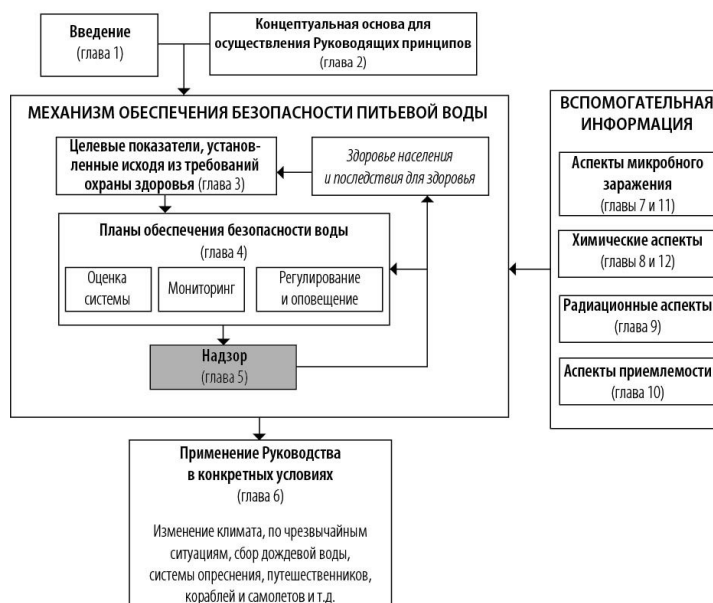
5 Надзор

Надзор за питьевым водоснабжением представляет собой "непрерывную критическую медико-санитарную оценку и анализ безопасности и приемлемости водоснабжения" (ВОЗ, 1976 г.). Этот надзор содействует охране здоровья населения, способствуя улучшению качества, количества, доступа, охвата, финансовой доступности и непрерывности водоснабжения (эти факторы известны под названием показателей обслуживания), и дополняет контроль качества, осуществляемый поставщиком питьевой воды. Надзор за питьевым водоснабжением не снимает и не подменяет ответственность поставщиков питьевой воды за обеспечение приемлемого качества питьевого водоснабжения и его соответствие заранее установленным исходам из требований охраны здоровья целевым показателям.

Все слои населения получают питьевую воду тем или иным путем – по водопроводам, очищенную или неочищенную, с использованием насосов и без них (подаваемую через домашнее подключение или при помощи водоразборной колонки), доставляемую в автоцистерне или перевозимую тягловым скотом либо путем водосбора из подземных источников (родников и колодцев) или из поверхностных источников (озер, рек и ручьев). Надзорному органу необходимо представлять себе частоту использования различных типов водоснабжения, в особенности на первоначальном этапе планирования программы надзора. Эффективность надзора только за водоснабжением при помощи водопровода будет низкой, если им пользуется лишь небольшая часть населения или если по трубам подается лишь незначительная часть воды.

Знание этих вопросов само по себе к улучшениям не приводит. Только эффективное применение и использование информации, получаемой в результате надзора, дает возможность рационального улучшения водоснабжения, где понятие "рациональный" означает, что все имеющиеся ресурсы используются с максимальной пользой для общественного здравоохранения.

Надзор является важным элементом в разработке стратегий постепенного улучшения качества служб питьевого водоснабжения. Важное значение имеет разработка стратегий надзора, сопоставления, анализа и обобщения данных, а также



отчетности и обнародования полученных результатов, что должно сопровождаться рекомендациями по устранению недостатков. Для обеспечения осуществления мер, направленных на устранение недостатков, необходим контроль исполнения.

Надзор охватывает не только системы питьевого водоснабжения, находящиеся в ведении отдельных поставщиков питьевой воды, но также распространяется на общинные системы питьевого водоснабжения и включает обеспечение надлежащих гигиенических условий при сборе и хранении используемой в домохозяйствах воды.

Помимо знаний, касающихся питьевой воды и ее качества, надзорный орган должен обладать юридическими знаниями или доступом к ним. Надзор за питьевым водоснабжением также используется в целях обеспечения надлежащего расследования и урегулирования любых потенциально возможных нарушений. Во многих случаях более целесообразно использовать надзор в качестве механизма взаимодействия между органами здравоохранения и поставщиками питьевой воды в целях улучшения питьевого водоснабжения, нежели прибегать к административному принуждению, в особенности в тех случаях, когда проблема имеет место главным образом в общинных системах водоснабжения.

Органом надзора за питьевым водоснабжением может являться министерство здравоохранения или иное ведомство (см. раздел 1.2.1), роль которого охватывает четыре сферы деятельности:

- 1) медико-санитарный надзор за организованными системами питьевого водоснабжения;
- 2) медико-санитарный надзор и оказание информационной поддержки группам населения, не имеющим доступа к организованным системам питьевого водоснабжения, в том числе общинам и домохозяйствам;
- 3) обобщение информации из различных источников для формирования представления об общей ситуации в области питьевого водоснабжения в стране или регионе в целом, в целях содействия разработке последовательной политики и практики в интересах общественного здравоохранения;
- 4) участие в расследованиях вспышек заболеваний, передаваемых через воду, в подготовке отчетов и обобщении данных о таких вспышках.

Обычно в программу надзора за питьевым водоснабжением следует включать процесс утверждения планов обеспечения безопасности воды (ПОБВ). В большинстве случаев это утверждение предусматривает обзор результатов оценки системы водоснабжения, идентификации соответствующих мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) и программ поддержки, а также планов оперативного (рабочего) мониторинга и управления. Необходимо удостовериться в том, что в рамках ПОБВ учтены нормальные условия функционирования и предсказуемые инциденты (отклонения), а также разработаны особые планы действий на случай чрезвычайной ситуации или непредвиденного события.

Надзорный орган может также поддержать или инициировать разработку ПОБВ для общинных систем питьевого водоснабжения и обработки и хранения воды в домохозяйствах. Подобные планы могут составляться в общем виде для отдельных технологических решений, а не конкретно для отдельных систем.

5.1 Категории методик

Существует две категории методик надзора за качеством питьевой воды: на основе аудита и на основе прямой оценки. При осуществлении надзорной деятельности

обычно используется сочетание этих двух методик с учетом типа водоснабжения и может быть предусмотрено использование циклических программ, в рамках которых системы водоснабжения проверяются поочередно. Нередко осуществление всеобъемлющего надзора за всеми системами водоснабжения на уровне общин и домохозяйств оказывается невозможным. В таких случаях необходимо проведение хорошо продуманных обследований для изучения ситуации на национальном или региональном уровне.

5.1.1 Аудит

В случае осуществления надзора методом аудита мероприятия по оценке, в том числе проверочные испытания, проводятся главным образом поставщиком воды при независимом аудите в отношении соблюдения установленных норм. В настоящее время услуги анализа все чаще предоставляют аккредитованные независимые лаборатории. Некоторые ведомства также экспериментируют с использованием подобной схемы в отношении таких услуг, как проведение санитарной инспекции, взятие проб и аудиторские проверки.

Метод аудита требует постоянного наличия в надзорном учреждении квалифицированных специалистов и потенциала для:

- пересмотра и утверждения новых ПОБВ;
- аудита выполнения отдельных ПОБВ или надзора за таким аудитом в рамках обычной плановой деятельности;
- принятия ответных мер, проведения расследований и подготовки рекомендаций при получении сообщений о серьезных происшествиях.

Периодический аудит выполнения ПОБВ требуется:

- по прошествии определенного периода времени (частота проведения плановых аудиторских проверок зависит от таких факторов, как численность обслуживаемого населения, характер и качество источника воды и очистных сооружений);
- после обнаружения значительных изменений в источнике воды, системе распределения или хранения воды или технологии очистки;
- после серьезных происшествий.

Периодический аудит обычно включает следующие элементы:

- изучение документации в целях обеспечения управления системой в соответствии с ПОБВ;
- обеспечение и поддержание соответствия параметров оперативного (рабочего) мониторинга рабочим пределам;
- обеспечение проведения программ проверок поставщиком воды (либо собственными силами, либо с привлечением сторонних организаций);
- оценка вспомогательных программ и стратегий усовершенствования и обновления ПОБВ;
- при определенных обстоятельствах – проведение санитарной инспекции, которая может охватывать всю систему питьевого водоснабжения, включая источник воды, инфраструктуру подачи воды, очистные сооружения, резервуары для хранения воды и системы распределения.

В порядке реагирования на сообщения о серьезных происшествиях необходимо обеспечить:

- оперативное и надлежащее расследование происшествия;
- выявление и устранение причины происшествия;
- документирование происшествия и осуществленных корректирующих действий, а также представление отчета соответствующим органам власти;
- пересмотр ПОВБ в целях избежания возникновения аналогичной ситуации.

Использование методики на основе аудита возлагает на поставщика питьевой воды ответственность за предоставление надзорному органу информации о соответствии эффективности работы системы согласованным показателям. Кроме того, следует осуществлять программу плановых и внеплановых выездных аудиторских проверок поставщиков питьевой воды в целях изучения документации и отчетов о практике эксплуатации, чтобы убедиться в достоверности представляемых данных. Такой подход вовсе не подразумевает наличие вероятности фальсификации отчетности поставщиками воды, однако является важным инструментом создания у потребителей уверенности в том, что деятельность поставщиков воды подвергается реальной независимой проверке. Как правило, надзорный орган оставляет за собой полномочия проводить анализы качества питьевой воды в целях проверки эффективности системы водоснабжения или привлечь к проведению таких анализов стороннюю организацию.

5.1.2 Прямая оценка

Для органа надзора за питьевым водоснабжением может оказаться целесообразным проведение независимого тестирования водоснабжения. Этот подход нередко предполагает наличие у надзорного органа доступа к аналитическим структурам, сотрудники которых обладают необходимой квалификацией для проведения отбора проб, их анализа и санитарной инспекции.

Метод прямой оценки также предполагает, что надзорные органы способны произвести оценку результатов, подготовить отчеты и рекомендации для поставщиков и населения. Программа надзора на основе метода прямой оценки обычно включает:

- отдельные методы работы с крупными муниципальными/мелкими муниципальными/общинными системами водоснабжения и водоснабжением отдельных домохозяйств;
- санитарные инспекции, проводимые квалифицированными сотрудниками;
- отбор проб, проводимый квалифицированными сотрудниками;
- проведение исследований аккредитованными лабораториями с использованием соответствующих методов либо квалифицированным персоналом в условиях эксплуатации с использованием утвержденного оборудования;
- процедуру представления отчета о полученных результатах и последующий контроль за принятием мер по этим результатам.

В отношении общинных систем водоснабжения и в тех случаях, когда возможности проведения проверки своими силами либо с привлечением сторонних организаций ограничены, прямая оценка может использоваться в качестве основного метода надзора. Этот метод можно применять к системам питьевого водоснабжения в небольших городах, находящимся под управлением небольших частных компаний или местных органов власти. Прямая оценка может выявить необходимость внесения

поправок в ПОВВ или его обновления, и следует четко определить процедуру внесения таких изменений.

Если прямая оценка проводится надзорным органом, то она дополняет другие виды проверочных испытаний, проводимых поставщиком воды. Общие рекомендации в отношении проверочных испытаний, которые также могут быть использованы для надзора методом прямой оценки, см. [разделе 4.3](#).

5.2 Адаптация методик к конкретным условиям

5.2.1 Городские районы в развивающихся странах

Системы питьевого водоснабжения в городских районах развивающихся стран обычно имеют сложную структуру. Зачастую в нее могут входить одна или несколько крупных водопроводных систем с подключением домов и общественных мест, в сочетании с рядом альтернативных источников питьевого водоснабжения, включая местные источники и продажу воды. В таких ситуациях при разработке программы надзора следует учитывать наличие различных источников питьевой воды и возможность ухудшения ее качества во время сбора, хранения и использования. Кроме того, социально-экономическое положение населения и степень его уязвимости к болезням, передаваемым через воду, различаются.

Во многих случаях необходимо зонирование городской территории исходя из степени уязвимости и принципа организации питьевого водоснабжения. Необходимо, чтобы система зонирования охватывала все группы населения, проживающие в городском районе, в том числе неофициальные и пригородные поселения, независимо от их правового статуса, с тем чтобы направлять ресурсы туда, где будут достигнуты наибольшие улучшения (или преимущества) в вопросах здравоохранения. Таким образом, формируется механизм, обеспечивающий включение в сферу надзора за питьевым водоснабжением также неводопроводных источников питьевой воды.

Опыт показал, что для зонирования могут быть использованы качественные и количественные методы и оно полезно для выявления уязвимых групп и общин, в первую очередь нуждающихся в улучшении питьевого водоснабжения.

5.2.2 Общинные системы питьевого водоснабжения

Маломасштабные системы питьевого водоснабжения, находящиеся в ведении общин, существуют в большинстве стран и могут являться основным видом питьевого водоснабжения широких слоев населения. Точные формулировки понятия "общинная система питьевого водоснабжения" будут варьироваться, однако зачастую именно административно-управленческие аспекты являются тем фактором, который выделяет общинное водоснабжение в особую категорию, прежде всего в развивающихся странах. Системы водоснабжения, находящиеся в ведении общин, могут включать простые трубопроводные системы или разнообразные местные источники воды, такие как скважины с ручными насосами, копаные колодцы и обустроенные родники.

Контроль за качеством воды в таких системах водоснабжения и осуществление программ надзора за ними нередко сопряжены со значительными трудностями, такими как:

- ограниченность возможностей и навыков местного населения по проведению контроля и проверки технологического процесса; у надзорного органа в связи с этим может возникнуть более насущная необходимость оценивать состояние

- системы питьевого водоснабжения, а для сотрудников надзорного органа – обеспечивать поддержку и обучение местного населения;
- большое количество широко рассеянных источников водоснабжения, что существенно увеличивает совокупные расходы на проведение надзорных мероприятий.

Кроме того, нередко именно в маломасштабных общинных системах водоснабжения возникают наиболее серьезные проблемы с качеством воды.

Опыт как развивающихся, так и развитых стран показал, что надзор за общинными системами питьевого водоснабжения может быть эффективным, если он хорошо спроектирован и в большей степени ориентирован на поддержку и совершенствование общинного управления этими системами, нежели на обеспечение соблюдения установленных норм.

Надзор за общинными системами питьевого водоснабжения требует проведения систематических обследований, охватывающих все аспекты питьевого водоснабжения населения в целом, включая санитарные инспекции (в том числе инспекции водосборных площадей), а также организационные и общинные аспекты. В рамках надзора следует уделять внимание вопросам нестабильности качества источника воды, эффективности процесса водоочистки и качества поставляемой или подвергающейся домашней обработке и хранящейся в домашних условиях воды.

Опыт также показал, что к задачам надзора могут относиться мероприятия по санитарному просвещению и охране здоровья в целях содействия здоровому образу жизни и рациональному подходу к управлению питьевым водоснабжением и санитарии. В число мероприятий с широким участием может входить проведение санитарных инспекций силами общин и в соответствующих случаях осуществление силами общин проверки качества питьевой воды с использованием недорогих полевых индикаторных комплектов и других доступных методов анализа.

Необходимо, чтобы при оценке общих стратегий основной целью было извлечение общих уроков в отношении повышения безопасности воды для всех общинных систем водоснабжения, а не ориентация на мониторинг эффективности отдельных систем водоснабжения.

Частые выездные проверки каждой отдельной системы водоснабжения могут быть нецелесообразными в силу очень большого количества таких систем и ограниченности средств на такие проверки. Вместе с тем надзор за многочисленными общинными системами водоснабжения может быть обеспечен в рамках циклических программ выездных проверок. Обычно цель состоит в периодической проверке каждой системы водоснабжения (как минимум один раз в 3–5 лет) с выбором конкретных систем для проверки методом стратифицированной случайной выборки либо групповой выборки. Как правило, в ходе каждой выездной проверки производится санитарная инспекция и анализ качества воды для выявления загрязнения и выяснения его причин.

В ходе каждой выездной проверки в некоторых домохозяйствах может проводиться анализ хранимой там воды. Цель такого анализа заключается в том, чтобы определить, происходит ли загрязнение главным образом в источнике воды или в домашних условиях. Это позволит оценить необходимость вложения средств либо в улучшение водоснабжения, либо в пропаганду надлежащей гигиенической практики обработки и безопасного хранения воды в домашних условиях. Проводимые в домохозяйствах анализы могут также использоваться для оценки результатов конкретной программы санитарного просвещения.

5.2.3 Системы очистки и хранения воды в домашних условиях

Когда вода подвергается воздействию во время хранения в домашних условиях, она может оказаться подвержена загрязнению, поэтому взятие пробы воды, хранящейся в домашних условиях, представляет интерес для независимого надзора. Нередко забор проб происходит в рамках "обследования" и помогает понять масштабы и характер существующих проблем. В связи с этим в отношении тех систем питьевого водоснабжения, где используется обработка и хранение контейнеров с водой в домашних условиях, рекомендуется внедрять системы надзора, находящиеся в ведении органов здравоохранения.

В рамках надзора за мероприятиями с водой в домашних условиях основное внимание будет уделяться экспертной оценке их приемлемости и результативности посредством выборочных обследований, что позволит оценить разработку и совершенствование общей стратегии, а также собрать необходимую для этих процессов информацию. Рекомендуется систематически определять целостность, корректность и эффективность использования и управления в целях выявления недостатков в использовании и управлении и их исправления ответственными за это лицами.

5.3 Соответствие водоснабжения нормам

Поскольку орган надзора за питьевым водоснабжением руководствуется интересами населения в целом, его объектом изучения является не только качество воды как таковое, но и все аспекты соответствия питьевого водоснабжения нормам охраны здоровья населения.

В процессе оценки соответствия питьевого водоснабжения нормам обычно следует учитывать следующие основные параметры предоставления услуг по снабжению питьевой водой:

- *качество*: проводится ли регулярная проверка качества воды в системе водоснабжения, существует ли утвержденный ПОБВ (см. главу 4), прошедший валидацию и периодически подвергающийся аудиту для подтверждения соблюдения соответствующих норм регулирования (см. главы 3 и 4);
- *количество (уровень обеспеченности услугами)*: доля населения, имеющего доступ к различным уровням питьевого водоснабжения (например, доступ отсутствует, доступ, удовлетворяющий основные потребности, промежуточный доступ и оптимальный доступ), как идентификатор воздействия на здоровье человека в зависимости от количества используемой воды;
- *доступность*: доля населения, имеющего приемлемый доступ к улучшенному питьевому водоснабжению;
- *ценовая доступность*: тариф для бытовых потребителей;
- *непрерывность*: доля времени, в течение которого питьевая вода имеется в наличии (ежедневно, еженедельно и сезонно).

5.3.1 Количество (уровень обеспеченности услугами)

Количество воды, собираемой и используемой домашними хозяйствами, оказывает важное воздействие на здоровье. Потребность в воде является базовой физиологической потребностью организма человека. Вода необходима для поддержания водного баланса организма человека, а также требуется для

приготовления пищи. Кроме того, вода необходима для гигиенических целей, что также обязательно для поддержания здоровья.

Оценки количества воды, необходимого для поддержания жизнедеятельности, значительно различаются. Исходя из рекомендаций Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), предполагается, что ежедневное потребление питьевой воды на душу населения составляет приблизительно 2 литра для взрослого человека, хотя фактическое потребление может изменяться в зависимости от климата, уровня активности и рациона питания. Согласно имеющимся на настоящий момент данным, для большинства людей в большинстве случаев минимальный объем 7,5 литра воды на человека в день является достаточным количеством для поддержания водного баланса организма и употребления в пищу. Кроме того, определенное количество воды необходимо для приготовления пищи, стирки, а также для личной и бытовой гигиены, что также имеет значение для здоровья. Вода также может играть важную роль в экономической деятельности и в быту.

Количество воды, собираемой и используемой в домохозяйствах, зависит в первую очередь от расстояния до источника воды или совокупного времени, необходимого для сбора воды. Эти факторы в целом отражают уровень обеспеченности услугами. Можно выделить четыре уровня обеспеченности услугами, как показано в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Уровень обеспеченности услугами и количество собираемой воды

Уровень обеспеченности услугами	Расстояние/ время	Вероятные объемы собираемой воды	Риск для общественного здравоохранения вследствие низкого уровня гигиены	Первоочередные меры вмешательства и действия
Доступ отсутствует	Более 1 км/ более 30 мин. туда и обратно	Крайне низкий объем – 5 л на человека в день	Очень высокий Правила гигиены не соблюдаются Минимально необходимое потребление воды может быть под вопросом	Очень высокая потребность Повышение уровня обеспеченности услугами до базового Санитарное просвещение Обработка и безопасное хранение воды в домашних хозяйствах в качестве временной меры
Номинальный доступ	В пределах 1 км/в пределах 30 мин. туда и обратно	В среднем примерно 20 л на человека в день	Высокий Возможен риск несоблюдения правил гигиены Стирка может производиться вне дома	Высокая потребность Повышение уровня обеспеченности услугами до улучшенного Санитарное просвещение Обработка и безопасное хранение воды в домашних хозяйствах в качестве временной меры

Уровень обеспеченности услугами	Расстояние/ время	Вероятные объемы собираемой воды	Риск для общественного здравоохранения вследствие низкого уровня гигиены	Первоочередные меры вмешательства и действия
Промежуточный доступ	Водоснабжение в пределах домохозяйства как минимум через один водоразборный кран (во дворе)	В среднем примерно 50 л на человека в день	Низкий Риск несоблюдения правил гигиены маловероятен Стирка, по всей вероятности, производится в пределах домохозяйства	Низкая потребность Санитарное просвещение продолжает приносить результаты Содействие обеспечению оптимального доступа
Оптимальный доступ	Водоснабжение через ряд водоразборных кранов в доме	В среднем 100–200 л на человека в день	Очень низкий Риск несоблюдения правил гигиены маловероятен Стирка производится в пределах домохозяйства	Очень низкая потребность Санитарное просвещение продолжает приносить результаты

Источник: *Domestic water quantity, service level and health* (вспомогательный документ в [Приложении 1](#)).

Уровень обеспеченности услугами является удобным и легко измеряемым показателем, эффективно отражающим количество воды, собираемой домохозяйствами. Данный показатель является предпочтительным для целей надзора. Имеющиеся данные указывают на то, что благоприятные для здоровья результаты достигаются при повышении уровня обеспеченности услугами в два основных этапа: обеспечение доступности воды в пределах 1 км или при совокупных затратах времени на сбор воды в пределах 30 минут, а также создание пунктов водоразбора в пределах домохозяйства (во дворах). Дальнейших результатов в области здравоохранения можно достичь только в том случае, когда водоснабжение осуществляется через ряд водоразборных кранов, что увеличивает доступность воды для различных гигиенических целей. Объем потребляемой воды может также зависеть от надежности водоснабжения и стоимости воды. Таким образом, сбор данных по этим показателям имеет важное значение.

5.3.2 Доступность

В плане общественного здравоохранения важнейшим показателем успешности программы питьевого водоснабжения в целом является доля населения, надежно обеспеченного безопасной питьевой водой.

Существует ряд определений доступа (или охвата), многие из которых включают квалификационные требования относительно безопасности или адекватности. В настоящее время для Целей развития тысячелетия доступ к безопасной питьевой воде измеряется в рамках Совместной программы ВОЗ и Международного детского фонда Организации Объединенных Наций (ЮНИСЕФ) по мониторингу в области водоснабжения и санитарии с применением показателя, который оценивает использование улучшенных источников питьевой воды в домохозяйствах. Улучшенным считается источник питьевой воды, конструкция и дизайн которого обеспечивают надлежащую защиту источника воды от внешнего загрязнения, в частности фекалиями. Основное допущение состоит в том, что улучшенные источники с большей степенью вероятности поставляют безопасную питьевую воду, по

сравнению с водой, полученной из неулучшенных источников. Ниже приводится перечень улучшенных и неулучшенных технологий водоснабжения.

- Улучшенные источники питьевой воды:
 - вода, подаваемая по трубам в жилище, на двор или участок;
 - общественный водоразборный кран или колонка;
 - артезианский колодец или скважина;
 - защищенный шахтный колодец;
 - защищенный источник;
 - сбор дождевой воды.
- Неулучшенные источники питьевой воды:
 - незащищенный шахтный колодец;
 - незащищенный источник;
 - тележка с небольшим баком или бочкой, предоставляемая продавцом воды;
 - вода, доставляемая в автоцистернах;
 - поверхностные воды (река, водохранилище, озеро, пруд, ручей, канал, оросительный канал);
 - бутилированная вода¹.

Определение доли населения, имеющего надежный доступ к питьевой воде, является важнейшей функцией органа надзора за питьевым водоснабжением. Эту задачу можно упростить путем введения единого определения для понятия приемлемого доступа, подходящего для местных условий, с указанием минимального количества поставляемой воды на человека в день наряду с максимально допустимым расстоянием/временем, необходимым для подхода к источнику воды (например, для номинального доступа соответственно 20 л и в пределах 1 км/30 минут).

5.3.3 Ценовая доступность

Ценовая доступность воды значительно воздействует на использование воды и выбор ее источника. Домохозяйства с наиболее низким уровнем доступа к безопасному водоснабжению нередко платят за воду больше, чем домохозяйства, подключенные к водопроводу. Высокая стоимость воды может вынудить домохозяйства использовать альтернативные источники воды худшего качества, что создает большой риск для здоровья. Кроме того, высокая стоимость воды ведет к уменьшению количества воды, используемой домохозяйствами, что, в свою очередь, отражается на гигиенической практике и увеличивает риск передачи болезней.

Важное значение для оценки финансовой доступности имеет сбор данных о ценах в месте приобретения воды. Если домохозяйства подключены к системе питьевого водоснабжения, то необходимо рассматривать применяемые тарифы. Если вода приобретается в общественных водоразборных колонках или у соседей, то цена на месте продажи может значительно отличаться от тарифов поставщиков питьевой воды. За воду из многих альтернативных источников (в частности, от продавцов) также необходимо платить, и эти расходы необходимо учитывать при оценке финансовой доступности. В дополнение к текущим расходам при оценке финансовой доступности необходимо также учитывать расходы на первоначальное подключение.

¹ Бутилированная вода считается улучшенной только в том случае, если домохозяйство использует для приготовления воды и личной гигиены питьевую воду из улучшенных источников.

5.3.4 Непрерывность

Перебои в питьевом водоснабжении в связи с перебоями в источнике воды либо с неэффективностью конструкции являются одним из основных факторов, влияющих на доступ к питьевой воде и ее качество. При анализе данных о непрерывности водоснабжения необходимо учитывать несколько компонентов. Можно выделить следующие категории непрерывности:

- круглогодичное водоснабжение из надежного источника воды, без перебоев в подаче воды на уровне водоразборного крана или источника воды;
- круглогодичное водоснабжение с частыми (ежедневными или еженедельными) перебоями, наиболее общими причинами которых являются:
 - ограничения по режиму работы насосов в водонасосных системах, которые могут быть как плановыми, так и связанными с перебоями в подаче электроэнергии или случайными поломками;
 - максимальный спрос, превышающий пропускную способность магистрали или емкость источника воды;
 - чрезмерные потери в системе распределения;
 - чрезмерная нагрузка на точечные источники, находящиеся в ведении общин;
- сезонные изменения в водоснабжении, являющиеся результатом колебаний уровня воды в источнике, что чаще всего обусловлено одной из трех причин:
 - естественные колебания объема воды в источнике в течение года;
 - ограничения объема в результате отбора воды на другие цели, например на орошение;
 - периоды повышенной мутности, когда источник воды не поддается очистке;
- совокупность частых и сезонных перебоев.

В данной классификации представлены широкие категории непрерывности, которые, вероятнее всего, по-разному влияют на санитарно-гигиенические условия. Любые перебои в подаче воды могут приводить к ухудшению качества воды, повышению риска использования загрязненной воды и, следовательно, к повышению риска возникновения заболеваний, передаваемых через воду. Ежедневные или еженедельные перерывы приводят к тому, что в трубах создается пониженное давление, и вследствие этого возникает риск повторного загрязнения водопровода. К другим последствиям относится снижение доступности и объема потребляемой воды, что отрицательно сказывается на гигиене. Может возникнуть необходимость хранения воды в домашних условиях, что может привести к увеличению риска загрязнения в ходе такого хранения и связанного с этим обращения с водой. Сезонные перебои нередко вынуждают потребителей использовать воду из менее качественных и более отдаленных источников. Вследствие этого, в дополнение к очевидному снижению качества и сокращению количества воды, затрачивается больше времени на ее сбор.

5.4 Планирование и осуществление

Чтобы надзор за питьевым водоснабжением привел к улучшению положения дел в этой сфере, крайне важно выявить и использовать способствующие улучшению механизмы.

Приоритетные направления деятельности по улучшению питьевого водоснабжения (будь то расстановка приоритетов на региональном или национальном

уровнях, разработка программ санитарного просвещения или обеспечение соблюдения установленных норм) зависит от характера систем питьевого водоснабжения и от вида выявленных проблем. Ниже приводится перечень механизмов, способствующих улучшению питьевого водоснабжения, который опирается на результаты надзора.

- *Расстановка приоритетов на национальном уровне.* После выявления наиболее распространенных проблем и недостатков системы питьевого водоснабжения становится возможной разработка национальных стратегий по устранению недостатков и улучшению ситуации. Данные стратегии могут включать изменение характера обучения (управляющих, администраторов, инженеров или сотрудников на местах), цикличные программы модернизации или внесения улучшений либо изменение стратегии финансирования с ориентацией на конкретные потребности.
- *Расстановка приоритетов на субнациональном/региональном уровне.* Региональные подразделения ведомств, занимающихся питьевым водоснабжением, могут сами принимать решение, в каких именно общинах работать и каким мерам по устранению недостатков отдавать приоритет; при расстановке приоритетов необходимо принимать во внимание критерии общественного здравоохранения.
- *Разработка программ санитарного просвещения.* Не все выявляемые в процессе надзора проблемы являются техническими по своему характеру, и не все из них способны решить поставщики питьевой воды; надзор также занимается проблемами, связанными с водоснабжением на уровне общин и домохозяйств, со сбором воды и ее транспортировкой, а также с очисткой и хранением воды в домашних условиях. Решение многих из этих проблем, вероятно, потребует усилий в области санитарного просвещения и пропаганды.
- *Аудит ПОВВ и модернизация.* Полученные в рамках надзора данные могут использоваться для аудита ПОВВ и оценки их соответствия установленным нормам. В случае выявления каких-либо недостатков следует проводить модернизацию систем питьевого водоснабжения и относящихся к ним ПОВВ, однако при этом надлежит рассмотреть вопрос осуществимости такой модернизации, а также следует увязывать требования о проведении модернизации со стратегиями поступательного совершенствования систем.
- *Обеспечение эксплуатации и технического обслуживания силами общины.* Уполномоченному органу следует оказывать общинам помощь, с тем чтобы дать местным жителям возможность пройти обучение, позволяющее им взять на себя ответственность за эксплуатацию и обслуживание общинных систем питьевого водоснабжения.
- *Создание каналов повышения осведомленности и информирования населения.* Распространение информации о медико-санитарных аспектах питьевого водоснабжения, качества воды и эффективности работы ее поставщиков может способствовать использованию поставщиками передового опыта, мобилизации общественного мнения и реакции населения, а также уменьшению потребности в регулятивном правоприменении, которое следует рассматривать как крайнюю меру.
- *Осуществление программ обработки и безопасного хранения воды в домохозяйствах.* Если, согласно полученной в рамках надзора информации, обеспеченность услугами водоснабжения отсутствует или находится на базовом уровне (согласно таблице 5.1) либо подаваемая вода небезопасна, то для улучшения качества воды и содействия рациональному использованию воды в гигиенических целях может быть рекомендовано осуществление на уровне

домохозяйств программ содействия обработке и безопасному хранению воды в домохозяйствах. Это может стать эффективной временной мерой обеспечения безопасности воды, подкрепленной соответствующей разъяснительной работой, учебными мероприятиями и созданием цепочек поставок, обеспечивающих внедрение соответствующих технологий обработки и безопасного хранения воды в домохозяйствах. Дополнительную информацию см. в [разделе 7.3.2](#) и в публикации 1997 г. *Surveillance and control of community supplies* (WHO, 1997).

В целях оптимального использования ограниченных ресурсов там, где надзор еще не производится, целесообразно начать с базовой программы, реализация которой осуществляется в плановом порядке. Мероприятия на первоначальных этапах должны принести достаточный объем ценных данных, свидетельствующих о полезности надзора. Впоследствии цель должна заключаться в совершенствовании надзора по мере того, как это будут позволять ресурсы и условия.

Мероприятия, обычно проводимые на начальном, промежуточном этапах и на этапе повышенного уровня в рамках организации надзора за питьевым водоснабжением, кратко излагаются ниже.

- *Начальный этап*
 - Определение требований к институциональному развитию.
 - Проведение обучения сотрудников, принимающих участие в программе.
 - Определение роли участников (например, обеспечение качества/контроль качества со стороны поставщика, надзор со стороны органа общественного здравоохранения).
 - Выработка подходящих для данной области методик.
 - Начало осуществления постоянного надзора в приоритетных областях (включая составление перечней проблем).
 - Ограничение сферы проверки основными параметрами и известными, заведомо проблемными компонентами.
 - Создание систем отчетности, систематизации и коммуникации.
 - Содействие улучшениям в выявленных приоритетных областях.
 - Организация информирования местных поставщиков воды, общин, средств массовой информации и региональных органов власти.
 - Установление контакта с общинами; определение роли общин в надзоре и средств содействия участию общин.
- *Промежуточный этап*
 - Обучение участвующих в программе сотрудников.
 - Организация и расширение систематического постоянного надзора.
 - Расширение доступа к аналитическим структурам (нередко с помощью региональных лабораторий, поскольку национальные лаборатории в большей степени отвечают за контроль качества проводимых анализов и подготовку сотрудников региональных лабораторий).
 - Проведение обследования на наличие химических загрязнителей с использованием широкого спектра аналитических методов.
 - Проведение оценки всех методик (отбор проб, анализ и т. д.).
 - Использование соответствующих стандартных методов (например, аналитических методов, процедур работы на местах).
 - Развитие потенциала статистического анализа данных.
 - Создание национальной базы данных.

- Выявление общих проблем и совершенствование мер по их устранению на региональном и национальном уровнях.
- Расширение отчетности в целях включения в нее интерпретации результатов на национальном уровне.
- Разработка или пересмотр целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, в рамках концепции обеспечения безопасности питьевой воды.
- В необходимых случаях осуществление правоприменительных мер.
- Постоянное привлечение общин к проведению надзора.
- Этап повышенного уровня
 - Проведение дальнейшего обучения или повышения квалификации сотрудников, принимающих участие в программе.
 - Организация постоянного надзора по всем параметрам безопасности для здоровья и приемлемости с установленной частотой.
 - Использование всей сети национальных, региональных и местных лабораторий (включая аналитический контроль качества).
 - Использование национальной системы обеспечения качества питьевой воды.
 - Совершенствование услуг водоснабжения на основе национальных и местных приоритетов, санитарного просвещения и обеспечения соблюдения норм.
 - Создание архивных региональных баз данных, совместимых с национальной базой данных.
 - Распространение информации на всех уровнях (местном, региональном и национальном).
 - Постоянное привлечение общин к осуществлению надзора.

5.5 Отчетность и информационное обеспечение

Одним из важнейших компонентов успешной программы надзора является донесение его результатов до заинтересованных сторон. Важное значение имеет создание необходимых систем отчетности, чтобы с ней могли ознакомиться все соответствующие органы. Надлежащее информирование и обратная связь помогут в разработке действенных стратегий устранения недостатков. Возможности программы надзора в плане выявления и поддержки мероприятий по улучшению водоснабжения в значительной степени зависят от способности анализировать и представлять убедительную информацию различным целевым аудиториям. К целевым аудиториям для получения информации о надзоре обычно относятся:

- должностные лица системы здравоохранения на местном, региональном и национальном уровнях;
- поставщики воды;
- местная администрация;
- общины и водопользователи;
- местные, региональные и национальные органы, ответственные за планирование развития и инвестиции.

5.5.1 *Взаимодействие с местным населением и потребителями*

Участие местного населения является желательным элементом надзора, в особенности в отношении общинных и домашних систем питьевого водоснабжения. Поскольку от улучшения питьевого водоснабжения в первую очередь выигрывают местные жители, они имеют право участвовать в принятии решений. Община является источником местных знаний и опыта, которым можно воспользоваться. Это те люди, которые, скорее всего, первыми заметят проблемы питьевого водоснабжения и, следовательно, смогут указать, когда необходимы срочные корректирующие меры. Необходимо, чтобы стратегии в области информационного обеспечения включали:

Право потребителей на получение информации о безопасности воды, поставляемой им для бытовых целей, является основополагающим.

- предоставление потребителям сводной информации (например, с помощью годовых отчетов или информации в Интернете);
- создание потребительских ассоциаций на местном, региональном и национальном уровнях и привлечение их к работе.

Во многих общинах, однако, право доступа к информации само по себе не гарантирует, что люди будут осведомлены о качестве или безопасности поставляемой воды. Надзорным ведомствам следует разработать стратегии распространения информации и разъяснения значения полученных результатов.

Надзорное ведомство может оказаться не в состоянии предоставить информацию напрямую всем местным жителям. Поэтому целесообразным может оказаться использование общинных организаций, если таковые существуют, в качестве эффективного канала обратной связи с пользователями. Некоторые местные организации (такие, как местные советы и общинные организации, например женские организации, религиозные группы и школы) регулярно проводят встречи в общинах, где они ведут свою работу, и поэтому могут являться механизмом передачи важной информации большому числу людей, проживающих в данной общине. Кроме того, поддержка со стороны местных организаций нередко упрощает инициирование процесса обсуждения и принятия решений в отношении качества воды в рамках данной общины. Наиболее важный фактор в работе с местными организациями заключается в том, чтобы убедиться в наличии у отобранных организаций доступа ко всему населению общины и возможности инициировать обсуждение результатов надзора (см. [разделы 7.6.1](#) и [8.7](#)).

5.5.2 *Региональное использование данных*

Стратегии определения первоочередных задач на региональном уровне обычно имеют среднесрочный характер и требуют специфических данных. В то время как управление информацией на национальном уровне ориентировано на выделение общих или часто возникающих проблем, задача регионального уровня заключается в определении степени приоритетности отдельных мероприятий. Поэтому важной оказывается разработка относительного показателя медико-санитарного риска. Хотя эта информация не может использоваться сама по себе для определения систем, которым необходимо незамедлительно уделить внимание (что также потребует анализа экономических, социальных, экологических и культурных факторов), она является чрезвычайно важным инструментом для определения региональных первоочередных задач. Необходимо, чтобы одной из провозглашенных целей было обеспечение ежегодного проведения мероприятий по устранению неисправностей в заранее

определенной части систем водоснабжения, отнесенных к представляющим значительный риск.

На региональном уровне также важно отслеживать улучшение (или ухудшение) положения на уровне как отдельных систем питьевого водоснабжения, так и системы водоснабжения в целом. В данном контексте необходим ежегодный расчет и мониторинг изменений по таким простым показателям, как средний балл оценки по итогам санитарной инспекции всех систем, процент систем с определенной степенью фекального загрязнения, численность населения с различными уровнями обеспеченности услугами водоснабжения и средняя стоимость домашнего водопотребления.

Как показано в [таблице 7.10](#) в [разделе 7.4](#), цель должна заключаться в обеспечении питьевой водой, не содержащей фекальных индикаторных организмов, таких как *Escherichia coli*. Однако во многих развивающихся и развитых странах значительная доля маломасштабных общинных и домашних систем питьевого водоснабжения, в частности, не отвечают требованиям безопасности воды, в том числе в части отсутствия *E. coli*. В этих обстоятельствах важным оказывается согласование и достижение реальных целей, направленных на постепенное улучшение. Целесообразно классифицировать результаты оценки качества воды по общей шкале безопасности воды в увязке с приоритетными направлениями действий, как показано в [таблице 5.2](#).

Таблица 5.2. Пример категоризации систем питьевого водоснабжения на основе численности населения и показателей качества для определения очередности действий (см. также таблицу 7.10)

Качество системы питьевого водоснабжения ^a	Доля (%) проб с отрицательным результатом по <i>E.coli</i>		
	< 5000 жителей	5000–100 000 жителей	> 100 000 жителей
A	90	95	99
B	80	90	95
C	70	85	90
D	60	80	85

^a Уровень качества снижается от А к D.

Квалификационные шкалы могут оказаться особенно полезными для общинных систем водоснабжения, где вода проверяется нечасто и полагаться только на результаты анализов особенно нецелесообразно. Подобные шкалы обычно учитывают как результаты анализов, так и результаты санитарных инспекций с использованием матриц, подобных той, что приведена в [таблице 5.3](#).

Таблица 5.3. Пример оценки приоритетности мер по устранению недостатков в общинных системах питьевого водоснабжения на основе системы классификации микробиологического качества и балльных оценок санитарной инспекции^а

		Балльная оценка риска по итогам санитарной инспекции (подверженность системы водоснабжения загрязнению фекалиями человека и животных)			
		0–2	3–5	6–8	9–10
Классификация по наличию <i>E. coli</i> ^б	A				
	B				
	C				
	D				

Незначительный риск: принятия мер не требуется	Промежуточный риск: низкая приоритетность принятия мер	Высокий риск: повышенная приоритетность принятия мер	Очень высокий риск: требуются экстренные меры
--	--	--	---

^а При наличии возможного расхождения между результатами оценки микробиологического качества воды и санитарной инспекции требуется последующее наблюдение или дальнейшее изучение.

^б Классификация основана на приведенной в таблице 5.2. Уровень качества снижается от А к D.

Источник: по материалам Lloyd and Bartram (1991). См. также вспомогательный документ *Rapid assessment of drinking-water quality* (Приложение 1).

Комбинированный анализ данных санитарной инспекции и проверки качества воды можно использовать для выявления наиболее важных причин загрязнения и определения мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению). Это важно в плане поддержки эффективного и рационального принятия решений. Например, важно знать, влияет ли на загрязнение питьевой воды санитарное состояние в пределах станции водоснабжения или вне ее, поскольку необходимые для ликвидации источника загрязнения меры будут значительно различаться. Подобный анализ может также выявить другие связанные с загрязнением факторы, такие как проливной дождь. Поскольку полученные данные являются непараметрическими, к подходящим методам анализа можно отнести метод хи-квадрат, коэффициент несогласия и модель логистической регрессии.

Комбинированный анализ данных санитарной инспекции и проверки качества воды особенно эффективен для оценки бытовых систем питьевого водоснабжения. Данные о микробиологическом качестве воды зачастую ограничены, в связи с чем классификация риска по итогам санитарной инспекции приобретает важное значение для оценки бытовых систем водоснабжения, управления ими и определения приоритетности мер по устранению недостатков. Пример комбинированной системы для оценки риска и определения приоритетности коррективных мер для бытовых систем водоснабжения приведен в таблице 5.4.

Таблица 5.4. Пример оценки приоритетности коррективных мер в отношении бытовых систем питьевого водоснабжения на основе системы классификации микробиологического качества и балльных оценок санитарной инспекции^a

		Балльная оценка риска по итогам санитарной инспекции (подверженность водоснабжения загрязнению фекалиями человека и животных)			
		0–2	3–5	6–8	9–10
Классификация по наличию <i>E coli</i> (число бактерий в 100 мл воды)	< 1				
	1–10				
	11–100				
	> 100				

Незначительный риск: принятия мер не требуется	Промежуточный риск: низкая приоритетность принятия мер	Высокий риск: повышенная приоритетность принятия мер	Очень высокий риск: требуются экстренные меры
--	--	--	---

^a В случае потенциального расхождения между результатами оценки микробиологического качества воды и санитарной инспекции требуется последующее наблюдение или дальнейшее изучение.

6

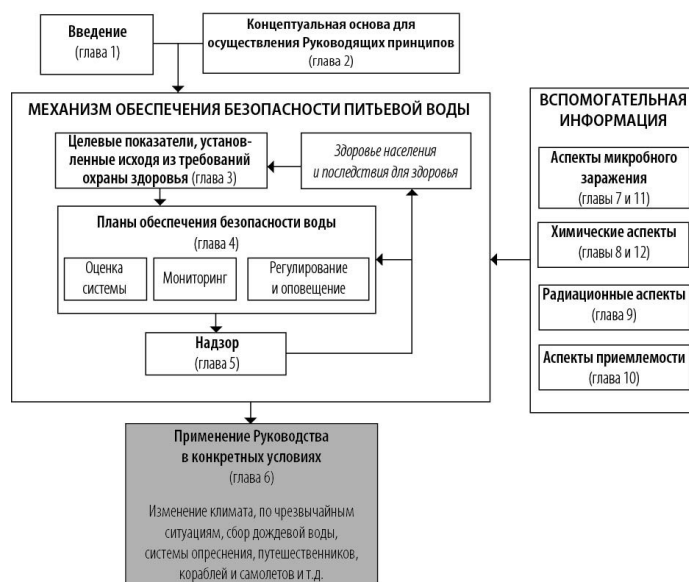
Применение Руководства в конкретных условиях

В настоящем Руководстве предлагается общеприменимый подход к обеспечению безопасности питьевой воды, поставляемой через водопроводные системы распределения и общинные системы водоснабжения. В настоящей главе рассматривается применение Руководства в определенных часто встречающихся условиях, а также приводятся конкретные вопросы, которые необходимо принимать во внимание в каждой ситуации. Разделы настоящей главы не предназначены для самостоятельного использования и содержат ссылки на более комплексные вспомогательные документы, в которых изложены подробные руководящие указания. Ко всем представленным ниже конкретным ситуациям применяются принципы, закрепленные в планах обеспечения безопасности воды (ПОБВ). Тем не менее ПОБВ следует специально приспособлять к типу водоснабжения в каждой конкретной ситуации; например, на уровне домохозяйств невозможно проводить рутинный мониторинг химических и микробиологических параметров дождевой воды, зато на этом уровне возможна и достижима установка защитных устройств.

Как указывается в [главе 4](#), при разработке ПОБВ необходимо уделять пристальное внимание возможным опасным факторам, а перспективное планирование является одним из важных требований для обеспечения надлежащего объема и качества воды в системах водоснабжения. Что касается будущего, то изменение климата является одной из основных проблем, вызывающих беспокойство, однако в отношении последствий изменения климата на местном или даже на субрегиональном уровне сохраняется значительная неопределенность. Тем не менее ожидается, что будут затронуты все виды водоснабжения, в том числе и приводимые ниже конкретные ситуации, не останутся неизменными.

6.1 Изменение климата, нехватка воды и сильные осадки

Региональные или локальные засухи, сильные осадки и наводнения случались всегда, однако в последнее время они, похоже, участились, и следует ожидать большего



размаха экстремальных климатических явлений. Предвидеть эти события и разрабатывать соответствующие планы, обеспечивающие бесперебойную поставку потребителям достаточного количества безопасной воды, – это не только одна из ключевых обязанностей поставщиков воды, но и постоянно усложняющаяся задача. Воздействие вышеуказанных экстремальных климатических явлений на качество и количество воды будет особенно значительным в районах с растущей численностью населения. Как правило, нагрузка на существующие в этих районах системы водоснабжения уже высока, и запасы воды в них на случай масштабного или продолжительного погодного явления либо отсутствуют, либо недостаточны. Это касается, прежде всего, регионов с пустынным климатом, таких как некоторые районы Средиземноморья, Ближнего Востока, Австралии и юго-запад Соединенных Штатов Америки.

В долгосрочной перспективе изменение климата может способствовать увеличению интенсивности экстремальных погодных явлений, в том числе учащению и повышению продолжительности периодов с гораздо более высокими максимальными температурами, засух, сильных осадков и мощных ураганов. Изменение уровня моря вследствие таяния льдов может воздействовать на прибрежные грунтовые воды, способствуя их засолению; засоление может также стать следствием избыточного забора воды. Изменение количества воды сопровождается изменением ее качества: увеличение или уменьшение стока влияет на состав донных отложений, химический состав, общее содержание органического углерода и микробиологическое качество воды. Эти перемены требуют изменения емкости водохранилищ и модификации технологий водоочистки для обеспечения безопасности питьевой воды. Изменение уровня грунтовых вод может также привести к изменению минерального состава, а в случае перехода к использованию грунтовых вод более глубокого залегания возможно проникновение в водоносные горизонты с высоким содержанием минеральных веществ или отдельных компонентов, представляющих опасность для здоровья.

В целях обеспечения надлежащего количества и качества воды в случае таких изменений и экстремальных явлений в некоторых регионах, возможно, потребуется расширение природных источников водоснабжения, а также использование более устойчивых к изменению климата технологий и процессов. Возможно, будет необходимо провести модернизацию систем водоочистки и расширить их емкость, чтобы справиться с ростом содержания микроорганизмов и химических веществ в воде, а также повышением ее мутности. Возможно, понадобится разработать способы использования воды из новых источников, например, очищенной сточной воды, опресненной жесткой воды или морской воды, а также внедрить новые стратегии, такие как подземное хранение вод в водоносных пластах с последующим отбором.

6.2 Сбор дождевой воды

Сбор дождевой воды широко практикуется на уровне домохозяйств, однако все чаще применяется и в более крупных масштабах – на общинном уровне. В определенных обстоятельствах дождевая вода может стать важным источником питьевой воды, а также полезным источником воды, предназначенной для смешивания с водой из других источников в целях уменьшения содержания представляющих опасность для здоровья людей загрязнителей, таких как мышьяк и фтор.

Разрабатывать официальные ПОБВ на уровне домохозяйств, возможно, не всегда целесообразно, однако важно поощрять проведение санитарных инспекций в сочетании с простыми эффективными практическими мерами. Хорошо спроектированные системы сбора дождевой воды, снабженные чистыми водосборами,

крытыми цистернами и резервуарами для хранения воды, надлежащая обработка воды и соблюдение правил гигиены в местах потребления способны обеспечить поставку питьевой воды, не представляющей большого риска для здоровья.

Изначально дождевая вода относительно свободна от примесей, за исключением тех, которые попадают в дождь из атмосферы. Тем не менее качество дождевой воды может последовательно ухудшаться на этапах сбора, хранения и использования в домохозяйствах. Дождевую воду могут загрязнить принесенная ветром грязь, листья, фекалии птиц и животных, насекомые и мусор в местах водосбора, например на крышах или в цистернах, равно как и частицы, содержащиеся в атмосфере, например сажа от сжигания различных предметов (например, старых покрышек). Следует проводить регулярную чистку поверхностей и желобов для водосбора в целях сведения к минимуму возможности накопления мусора. Сточные трубы следует затягивать сверху проволочной сеткой или оборудовать входными фильтрами, чтобы исключить попадание листьев и другого мусора в резервуары для хранения воды. Эти сетки и фильтры необходимо регулярно чистить для предотвращения засоров.

Применяемые для изготовления водосборов и резервуаров для хранения воды материалы, должны быть утверждены к использованию в контакте с питьевой водой и не должны выделять загрязнители или вызывать изменение вкуса или цвета воды либо появление запаха. Для дождевой воды характерны незначительная кислотность и очень низкое содержание растворенных минеральных веществ, поэтому она способна растворять металлы и другие примеси, содержащиеся в материалах, из которых изготовлены водосборы и резервуары для хранения воды, что может привести к неприемлемо высокой концентрации загрязнителей в воде. Большинство применяемых для устройства прочной кровли материалов подходят для сбора дождевой воды, но использовать в этих целях битумные покрытия обычно не рекомендуется, поскольку возможно вымывание из них опасных веществ или придание воде неприятного привкуса. Необходимо позаботиться о том, чтобы крыши, используемые для сбора воды, не были покрыты краской на свинцовой основе. Соломенные крыши могут стать причиной изменения цвета или появления частиц соломы в собранной воде.

Низкий уровень гигиены при хранении воды, ее заборе из резервуаров или в местах потребления также может создавать угрозу для здоровья, однако продуманные конструктивные решения и надлежащая практика позволяют свести эти риски к минимуму. Фекальное загрязнение встречается достаточно часто, особенно в пробах, собранных вскоре после выпадения осадков, однако его можно минимизировать, если придерживаться надлежащей практики. В первом смыве дождевой воды, как правило, содержится более высокая концентрация микроорганизмов, снижающаяся по мере продолжения дождя; поэтому микробиологическое загрязнение менее значительно в дождливое время года, когда водосборы регулярно промываются свежей дождевой водой. Необходимо оборудовать систему отвода загрязненного первого смыва дождевой воды с поверхности крыши; также рекомендуется использовать автоматические устройства, предотвращающие попадание первой смывной воды в резервуары для хранения воды. Для получения такого же результата при отсутствии отводящих устройств можно использовать сточную трубу, которая отсоединяется вручную, и результат будет тем же.

Резервуары для хранения воды могут стать местом размножения комаров, в том числе видов комаров, являющихся переносчиками вируса лихорадки денге (см. [раздел 8.6](#)). Крышки препятствуют размножению комаров и помогают предотвратить фекальное загрязнение, а также защищают воду от солнечного света, способствующего росту водорослей. Крышки должны быть плотно пригнаны, проемы необходимо защищать противомоскитной сеткой. Трещины в резервуаре могут привести к

загрязнению хранящейся там воды, а использование загрязненных емкостей при заборе воды может стать причиной как фекального, так и химического загрязнения. Резервуары для хранения воды следует оборудовать механизмом, обеспечивающим забор воды с соблюдением правил гигиены, например, с помощью крана или водосборной трубы.

В целях улучшения качества питьевой воды и уменьшения риска для здоровья можно проводить дополнительную обработку воды в местах ее потребления. Примерами недорогих способов дезинфекции, применяемых для обработки собранной дождевой воды, служат дезинфекция воды с использованием энергии солнца и хлорирование воды в местах потребления. Эти и другие технологии обработки воды в домохозяйствах более подробно рассматриваются в [разделах 7.3.2](#) (микробиологические аспекты) и [8.4.4](#) (химические аспекты).

6.3 Торговля водой

Торговля водой широко распространена во многих регионах мира, где ограниченность ресурсов воды или отсутствие инфраструктуры не позволяют получать безопасную питьевую воду в достаточном объеме. Хотя торговля водой шире распространена в развивающихся странах, она также встречается и имеет место в развитых странах.

В настоящем Руководстве под торговлей водой подразумевается частная торговля питьевой водой, за исключением торговли бутилированной питьевой водой или питьевой водой в таре (рассматривается в [разделе 6.14](#)) и торговли водой, которая продается через автоматы для продажи воды.

Торговлей водой могут заниматься официальные учреждения, такие как предприятия коммунального водоснабжения или зарегистрированные ассоциации, поставщики воды, работающие по договору, а также неофициальные и независимые поставщики воды. В тех случаях, когда торговлей водой занимаются официальные учреждения, вода обычно поступает из обеспеченных очистными сооружениями систем коммунального водоснабжения или из зарегистрированных источников, и для снабжения этой водой используют цистерны, колонки или торговые палатки. Неофициальные поставщики воды обычно используют разнообразные источники, включая необработанные поверхностные воды, копаные колодцы и скважины, и доставляют небольшие объемы воды для бытового использования, нередко в емкостях, перевозимых на небольших тележках или в автоцистернах.

Качество продаваемой воды и ее соответствие нормам может значительно различаться; торговлю водой связывают с вспышками диареи (Hutin, Luby and Paquet, 2003). Необходимо, чтобы поставляемая потребителям вода подходила для питья и соответствовала национальным или региональным рекомендациям и нормам. В целях установления пригодности воды к употреблению и определения надлежащих мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), в том числе требований к обработке воды, следует проводить анализ химических и микробиологических свойств воды из необработанных или частных источников. Вода из поверхностных источников, а также из некоторых копаных колодцев и скважин, непригодна для питья без обработки; дезинфекция является минимальным необходимым требованием, а при использовании поверхностной воды нередко также требуется фильтрация.

Во многих развивающихся странах потребители приобретают воду в торговых палатках, а затем доставляют эту воду домой в различных емкостях разнообразных размеров. Следует принимать меры по защите продаваемой воды от загрязнения при транспортировке и хранении в домашних условиях, в том числе посредством

транспортировки и хранения воды в чистых емкостях, свободных от фекального и химического загрязнения, закрытых или с узким отверстием, в идеале, снабженных устройством для розлива, например краном, препятствующим контакту воды с руками или другими источниками внешнего загрязнения. Необходим надлежащий уровень гигиены, который следует поддерживать за счет программ санитарного просвещения.

В других случаях, особенно в развитых странах, торговцы перевозят и доставляют потребителям воду в автоцистернах. При транспортировке больших объемов воды желательно добавлять в воду хлор, чтобы в момент доставки воды потребителям концентрация свободного остаточного хлора составляла, как минимум, 0,5 мг/л. Кроме того, автоцистерны следует использовать только для транспортировки воды, а если это невозможно, то их следует тщательно мыть перед использованием для транспортировки воды.

Все компоненты систем, связанных с поставкой и доставкой продаваемой воды, необходимо разрабатывать и эксплуатировать таким образом, чтобы обеспечить защиту качества воды. В резервуарах для хранения воды, водопроводах и водопроводной арматуре не должно быть дефектов, в том числе конструктивных, способствующих утечкам воды и проникновению загрязнителей. Необходимо поддерживать чистоту резервуаров для хранения воды, колонок, водосборных кранов и шлангов. Шланги, используемые для подачи воды в торговые палатки или на тележках и в автоцистернах, следует защищать от загрязнения (например, путем недопущения контакта концов шланга с землей) и опораживать, если они не используются. Прилегающую к колонкам территорию следует оборудовать стоком, либо обустроить ее таким образом, чтобы предотвратить образование луж. Используемые для изготовления всех компонентов, в том числе водопроводов, резервуаров и шлангов материалы, должны быть пригодны для использования в контакте с питьевой водой и не должны приводить к загрязнению воды опасными химическими веществами или веществами, которые могут негативно повлиять на вкус воды.

Все компоненты торговли водой, включая источники, методы водосбора и транспортировку, следует включить в ПОВВ. Если торговцы водой зарегистрированы или заключают договор с предприятием коммунального водоснабжения, то такому предприятию следует регулярно проводить проверки соблюдения и выполнения ПОВВ. Кроме того, необходимо, чтобы ПОВВ и деятельность торговцев водой также были предметом независимого надзора.

6.4 Оптовые поставки воды

Оптом может поставляться либо очищенная, либо неочищенная вода, но, как правило, выбор при таких поставках ограничен или вовсе отсутствует. Оптовые поставки возможны в тех случаях, когда одно ведомство или компания контролирует крупный источник неочищенной воды, как правило, поверхностной, и поставляет воду одному или нескольким другим поставщикам воды. Оптовые поставки воды могут осуществляться по водопроводу или в цистернах, либо судами, автоцистернами или железнодорожными цистернами.

В любом случае очень важно включать оптовые поставки воды в ПОВВ принимающей стороны и рассматривать их наравне с иными источниками водоснабжения. Если оптовые поставки очищенной воды используются для оказания помощи при засухе или чрезвычайной ситуации, то чрезвычайно важно, чтобы поставщик воды, которому адресованы такие поставки, принимал меры по обеспечению безопасности такой воды, прежде чем допускать ее в водораспределительную систему принимающей стороны. На всех этапах важно

обеспечивать поддержание тесной связи между всеми участвующими в этом процессе сторонами, а также при соответствующем мониторинге и проверках (верификации) документирование, понимание и исполнение всех процедур и требований.

Связанные с оптовыми поставками воды потенциальные опасные факторы аналогичны тем, что возникают при любом другом виде водоснабжения, однако в данном случае существуют дополнительные источники загрязнения, такие как ненадлежащие резервуары и материалы, низкий уровень санитарии и гигиены в пунктах налива или перекачки оптовых партий воды. Водопроводы на маршруте перекачки также могут быть уязвимы к загрязнению воды, особенно при наличии возможности несанкционированных врезок в систему.

Большинство предъявляемых к оптовым поставкам воды требований аналогичны требованиям, предъявляемым к любым видам водопроводного водоснабжения; к этим требованиям относится, например, использование апробированных материалов, которые не оказывают отрицательного воздействия на качество воды. Используемые цистерны должны быть изготовлены из подходящего материала, должны быть чистыми и свободными от микробного и химического загрязнения. В целях сведения к минимуму загрязнения при наливке емкостей или цистерн либо загрузке водопроводов для оптовой поставки воды необходимо проводить санитарную инспекцию водоналивных станций и поддерживать там санитарный режим. Эти станции следует оборудовать надлежащими системами осушения во избежание застаивания воды и подтопления, защитить от контакта с источниками загрязнения и обеспечить их безопасность, исключив допуск на них посторонних лиц. Насадки и соединения в пунктах водоналива и доставки следует защитить от контакта с источниками загрязнения, в том числе с животными. Здесь может помочь установка защитных покрытий на водоналивные и водоприемные штуцеры. Трубы, изготовленные из некоторых видов пластика, проницаемы для органических химических веществ, и передача по ним таких веществ, как нефтяные углеводороды, может нарушить структурную целостность этих труб или сделать поставляемую потребителям воду неприятной на вкус. Чаще всего такие трубы встречаются в перекачивающих рукавах, поэтому необходимо обеспечивать чистоту пунктов перекачки, где используются цистерны, и обезопасить территорию вокруг пунктов перекачки от разливов углеводородного топлива.

Также может быть целесообразным принятие мер безопасности в целях защиты от намеренного загрязнения или кражи воды.

6.5 Системы опреснения

Опреснение используют для удаления солей из жесткой или соленой поверхностной и грунтовой воды, с тем чтобы сделать ее приемлемой для употребления человеком или для других целей. Этот метод все чаще применяют в целях получения питьевой воды ввиду возрастающего дефицита пресной воды, вызванного ростом численности населения, чрезмерной эксплуатацией водных ресурсов и изменением климата. Опреснительные установки существуют во всем мире, в частности в Восточном Средиземноморье, и масштабы их использования возрастают на всех континентах. Маломасштабные опреснительные установки используются для снабжения пресной водой судов и в качестве дополнительных источников пресной воды в некоторых жарких и засушливых регионах.

Настоящее Руководство полностью применимо к опреснительным системам водоснабжения; тем не менее, как показано ниже, что касается опреснения, то особое внимание уделяется несколько иным аспектам.

Общее содержание органического углерода в опресненной воде очень низко, поэтому опресненная вода практически не нуждается в дезинфекции; таким образом, побочные продукты дезинфекции обычно не вызывают серьезной обеспокоенности, хотя, вследствие присутствия в морской воде бромидов, в опресненной воде иногда могут появляться бромированные органические вещества. Мембранное и дистилляционное опреснение воды весьма эффективно удаляет из нее органические химические вещества с высокой молекулярной массой и практически все неорганические химические вещества, а при термическом опреснении удаляются летучие органические соединения. При использовании мембран бор и некоторые органические химические вещества с более низкой молекулярной массой могут избежать удаления, поэтому важно определить пропускную способность мембран. Ввиду очевидной высокой эффективности некоторых методов опреснения (особенно дистилляции и обратного осмоса) при удалении как микроорганизмов, так и химических соединений можно использовать эти методы для одноэтапной очистки воды или дополнять их использованием остаточного дезинфектанта в небольших дозах. Подробнее см. во вспомогательном документе *Water treatment and pathogen control* (Приложение 1). Предварительная очистка в основном используется для защиты процесса опреснения, но, кроме того, она обеспечивает устранение некоторых опасных факторов, присутствующих в жесткой или соленой воде.

Полученная в результате опреснения вода, отличается низким уровнем содержания минеральных веществ и, как правило, агрессивным воздействием на материалы, с которыми она вступает в контакт, например с материалами, используемыми для изготовления труб распределительных систем, резервуаров для хранения воды и водопроводов. После обработки этой воды необходимо провести ее стабилизацию или повторную минерализацию, чтобы снизить ее коррозионный потенциал, и лишь после этого отправлять ее в водораспределительную систему. Для стабилизации воды в нее обычно добавляют химические соединения, такие как карбонат кальция и карбонат магния, а также проводят корректировку pH, либо добавляют в нее небольшое количество высокоминерализованной воды. Для этого использовали морскую воду и отработанную морскую воду, подвергнутую электролизу в целях получения гипохлорита, однако данный метод практически перестали использовать, поскольку при этом в отправляемой в распределительную систему воде образовывался бромат. Добавляемую воду необходимо предварительно подвергнуть очистке, чтобы обеспечить ее микробиологическую безопасность, поскольку уровень остаточного дезинфектанта после процесса опреснения может быть недостаточно высок для нейтрализации патогенов, присутствующих в добавляемой воде.

Концентрация растворенных твердых веществ и таких обычно содержащихся в воде важных элементов, как кальций и магний, в опресненной воде ниже, чем обычно (см. вспомогательный документ *Calcium and magnesium in drinking-water*; Приложение 1). В питьевой воде обычно содержится лишь небольшая часть рекомендованной дозы суточного приема важных элементов, в то время как большая часть этой дозы поступает в организм с пищей. В опресненной воде также, скорее всего, будет отсутствовать фторид, если он не был добавлен в нее перед распределением, – такую возможность следует рассмотреть странам, в которых имеют место высокий уровень потребления сахара (WHO, 2005b).

Высокая температура распределяемой воды в регионах с теплым климатом, а также трудности с поддержанием остаточного уровня дезинфектантов в воде при ее транспортировке на большие расстояния, могут, в зависимости от наличия питательных веществ, привести к повторному росту содержания микроорганизмов. Хотя появление этих микроорганизмов, скорее всего, не окажет влияния на здоровье

(см. вспомогательный документ *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety*; Приложение 1), оно может усугубить проблемы приемлемости воды. Использование хлораминов является выгодной альтернативой применению свободного хлора в системах распределения с продолжительным временем пребывания и повышенными температурами, однако при применении метода хлораминирования и наличии избыточного количества аммиака следует принять во внимание продуцирование нитритов микроорганизмами в биопленке.

Подробнее об опреснении в целях обеспечения безопасного питьевого водоснабжения см. в книге *Desalination technology: Health and environmental impacts* (Cotruvo et al., 2010) и во вспомогательном документе *Safe drinking-water from desalination* (Приложение 1).

6.6 Системы раздельной подачи питьевой и технической воды

Некоторые поселения домохозяйства и здания, подключенные к водопроводным системам питьевого водоснабжения, также могут получать водопроводную воду для непитьевых нужд из альтернативного источника, что предполагает создание систем раздельной подачи питьевой и технической воды. Альтернативный источник воды обычно используется для снижения расхода высококачественных водных ресурсов на непитьевые нужды (например, в туалетах, для стирки одежды, ирригации), или просто в целях сохранения дефицитных водных ресурсов.

Системы водопроводной подачи технической воды могут стать источником угроз для здоровья, чаще всего вследствие случайных перекрестных соединений систем водопроводной подачи питьевой и технической воды. Меры по предупреждению рисков для здоровья, возникающих при использовании систем раздельной подачи питьевой и технической воды, включают:

- использование полезного опыта проектирования, предотвращающего перекрестные соединения;
- четкую маркировку обеих систем в целях исключения возможности ошибочно принять систему технического водоснабжения за систему питьевого водоснабжения;
- установку системы водопроводной подачи технической воды только квалифицированными водопроводчиками;
- регламентацию функционирования систем водопроводной подачи технической воды ведомством, ответственным за надзор в области питьевого водоснабжения;
- оповещение населения о потенциальном риске для здоровья в случае использования технической воды при перекрестных соединениях и об опасности внесения изменений в системы неопытными и не прошедшими сертификацию лицами.

В развитых странах все чаще устанавливают системы раздельной подачи питьевой и технической воды в домохозяйствах или в общественных зданиях. Следует выработать рекомендации по их установке, особенно на случай их установки не прошедшими сертификацию лицами. Систему подачи питьевой воды в здание следует оборудовать обратным клапаном в целях предотвращения обратного тока в коммунальную водопроводную систему.

6.7 Чрезвычайные ситуации и бедствия

В условиях чрезвычайных ситуаций и бедствий одним из основных требований в области общественного здравоохранения в большинстве случаев является обеспечение безопасности питьевой воды наряду с надлежащим уровнем санитарии. Самая серьезная связанная с водой угроза для здоровья возникает вследствие передачи фекальных патогенов из-за ненадлежащего уровня санитарии, гигиены и защиты источников питьевой воды. Некоторые бедствия, в том числе вызванные или связанные с повреждениями химических или ядерных промышленных установок, утечками на транспорте или вулканической активностью, могут привести к загрязнению воды опасными химическими или радиоактивными веществами. Условия возникновения большинства крупномасштабных чрезвычайных ситуаций неодинаковы, что приводит к появлению проблем и задач, специфичных для каждой конкретной чрезвычайной ситуации.

Если в оказании помощи при бедствии или в отслеживании чрезвычайной ситуации участвует ряд ведомств, то чрезвычайно важно наладить надлежащую связь между ними и обеспечить координацию их действий. Также важно, чтобы общие координаторы пользовались советами экспертов в определенных сферах, таких как водоснабжение и санитария. В данном разделе внимание уделяется, в первую очередь, крупномасштабным бедствиям и чрезвычайным ситуациям, однако большая часть приведенной здесь информации также касается менее масштабных чрезвычайных ситуаций. Что касается маломасштабных микробиологических и химических чрезвычайных ситуаций в системах водопроводного водоснабжения, то следует обратиться к соответствующим разделам глав 7 и 8.

Когда людей перемещают из-за конфликта или стихийного бедствия, они могут попасть в районы с загрязненными незащищенными источниками воды. В районах с высокой плотностью населения и ненадлежащим уровнем санитарии высока вероятность загрязнения незащищенных источников воды, расположенных во временных поселениях и вокруг них. Угроза вспышки заболеваний, передаваемых через воду, возрастает среди перемещенного населения с пониженным иммунитетом, вызванным недоеданием в связи с дефицитом продовольствия или бременем других заболеваний.

Инициативы по разработке планов реагирования на чрезвычайные ситуации должны включать три этапа:

- 1) проведение оценок уязвимости (которые должны входить в ПОБВ для любой крупной системы водоснабжения) для выявления критически важных компонентов существующих систем, повреждение которых приведет к масштабным сбоям в предоставлении базовых услуг;
- 2) выработку планов по ликвидации последствий в целях определения обоснованных действий по предотвращению или смягчению разрушительных последствий, связанных с утратой уязвимых компонентов или объектов;
- 3) выработку планов обеспечения готовности к чрезвычайным ситуациям в целях содействия урегулированию кризиса и восстановлению бесперебойного предоставления услуг в случае сбоев.

Ключом к успеху является предвидение возможных событий, наличие соответствующих планов, готовность к принятию мер реагирования в случае необходимости, наличие запасных материалов и резервных установок, проведение учений для того, чтобы в случае возникновения чрезвычайной ситуации организация и ее сотрудники могли действовать эффективно.

В большинстве чрезвычайных ситуаций число доступных источников воды ограничено, поэтому важно предоставить достаточное количество воды для личной и домашней гигиены, а также для питья и приготовления пищи. Следовательно, национальные стандарты качества питьевой воды должны быть достаточно гибкими и учитывать риски и пользу для здоровья в краткосрочной и долгосрочной перспективах, а также не должны чрезмерно ограничивать доступ к воде в гигиенических целях, поскольку это нередко приводит к повышению общего риска передачи заболеваний.

Существует ряд факторов, которые следует принимать во внимание при поставках питьевой воды затронутому бедствием населению, в том числе:

- *Доступные объемы воды и надежность водоснабжения:* эти проблемы, скорее всего, будут самыми важными в рамках большинства чрезвычайных ситуаций, поскольку, как правило, улучшить качество воды проще, чем сделать ее более доступной или переместить затронутое население ближе к другому источнику воды.
- *Справедливый доступ к воде:* даже при наличии достаточного количества воды для удовлетворения минимальных потребностей могут понадобиться дополнительные меры для обеспечения справедливого доступа к воде. Если пункты водоснабжения расположены недостаточно близко к жилищам, люди могут быть не в состоянии набрать достаточно воды для удовлетворения своих потребностей. Для удовлетворения основных потребностей каждого человека может понадобиться нормирование воды.
- *Защита источника воды от загрязнения:* в условиях чрезвычайной ситуации эта задача должна всегда быть приоритетной, независимо от того, будет ли сочтено необходимым проведение дезинфекции системы водоснабжения.
- *Потребность в дезинфекции:* важнейшими элементами обеспечения безопасного питьевого водоснабжения являются дезинфекция, поддержание надлежащей остаточной концентрации дезинфектанта, а также, в случае необходимости, предварительная обработка для снижения уровня мутности до минимального возможного предела в целях обеспечения эффективности дезинфекции.
- *Составление более долгосрочных планов на случай продолжительных чрезвычайных ситуаций:* после окончания первого этапа чрезвычайной ситуации или бедствия и по мере ликвидации последствий необходимо уделить внимание обеспечению безопасного водоснабжения и санитарии в более долгосрочной перспективе. В таком случае очень важную роль может сыграть предварительное планирование.
- *Приемлемость:* важно добиться того, чтобы поставляемая в условиях чрезвычайной ситуации питьевая вода была приемлемой для потребителей в плане вкуса, запаха и внешнего вида. В противном случае потребители могут перейти к употреблению воды из незащищенных или необработанных источников.
- *Потребность в резервуарах для сбора и хранения воды:* для сбора и хранения воды, используемой для стирки, приготовления пищи и мытья, необходимы гигиеничные и соответствующие местным потребностям и привычкам емкости.
- *Наличие бутилированной или питьевой воды в таре:* обеспечение бутилированной или питьевой воды в таре – из надежного источника нередко является эффективным и быстрым способом обеспечения безопасной питьевой водой в условиях чрезвычайных ситуаций и бедствий. Производители пива и безалкогольных напитков, если планом ответных мер на чрезвычайную ситуацию предусмотрено их участие в его реализации, зачастую способны перевести свои

предприятия в условиях чрезвычайной ситуации на производство бутилированной или питьевой воды в таре. Это имеет особенно большое значение в том случае, если эти производители располагают установками для очистки воды, которые необходимы для обеспечения качества воды, используемой в процессах производства пива и безалкогольных напитков.

Во многих чрезвычайных ситуациях затронутое население набирает воду на централизованных пунктах забора воды, хранит ее в резервуарах, а затем переливает в сосуды, которые использует для приготовления пищи и питья. Важно, чтобы граждане были осведомлены о рисках для здоровья, вызываемых загрязнением воды в процессе ее транспортировки от пункта забора до момента потребления, и располагали средствами для уменьшения или нейтрализации этих рисков. Подробную информацию см. в работе Wisner and Adams (2003).

Во время чрезвычайных ситуаций следует обеспечить мониторинг качества воды, в том числе посредством санитарных инспекций, взятия проб и проведения анализа воды на микробиологические параметры; мониторинга процессов обработки воды, включая дезинфекцию; мониторинга качества воды во всех пунктах забора воды и в выборке жилищ; и экспертизы качества воды при расследовании вспышек заболеваний или оценивании мер, направленных на соблюдение правил гигиены, по мере надобности.

Следует разрабатывать системы мониторинга и отчетности и управлять ими таким образом, чтобы обеспечить незамедлительное принятие мер по защите здоровья. Также следует вести мониторинг информации о состоянии здоровья населения, чтобы оперативно организовать исследование качества воды при возникновении подозрений, что вода является одним из факторов, способствующих распространению какого-либо заболевания. В случае необходимости процессы обработки воды, особенно дезинфекция, могут быть изменены.

Если требуется проведение анализа многочисленных проб воды или по широкому спектру параметров, как правило, наиболее приемлемым является лабораторный анализ. В том случае, если лаборатории поставщика питьевой воды или лаборатории в отделах гигиены окружающей среды и в университетах более не работают в связи с бедствием, может возникнуть необходимость организации временной лаборатории. При транспортировке проб в лаборатории важно обращаться с ними надлежащим образом, чтобы получить значимые результаты. Переносные комплекты для анализов позволяют определять на месте ключевые параметры качества воды, такие как количество термотолерантных колиформных бактерий, концентрация свободного остаточного хлора, рН, мутность и фильтруемость.

Следует обучить работников правильным процедурам сбора, маркировки, упаковки и транспортировки проб и передаче дополнительной информации, полученной в ходе санитарного обследования, которая может помочь в интерпретации результатов лабораторного анализа. Руководящие указания по методам отбора и анализа проб воды см. в публикациях Bartram and Ballance (1996), WHO (1997) и APHA, AWWA and WEF (2005).

6.8 Системы временного водоснабжения

Ряд вспышек заболеваний, передаваемых через воду, произошли из-за неудовлетворительной конструкции и эксплуатации систем временного водоснабжения – распределенных систем обеспечения водой запланированных сезонных или ограниченных во времени мероприятий (например, фестивалей, рынков

и летних лагерей). В данном разделе не рассматривается водоснабжение курортных городов, поскольку оно является постоянным, хотя значительные сезонные изменения спроса порождают специфические проблемы.

В сфере временного водоснабжения необходимо внедрять систематический подход к обеспечению безопасности питьевой воды, включая ее надлежащее количество и качество. Наличие ПОБВ является одним из ключевых требований в части выявления опасных факторов и рисков и разработки эффективных процедур управления, направленных на их нейтрализацию. Дополнительную полезную информацию см. в [главе 4](#) и в других разделах главы 6. Если вода поставляется в цистернах, то к таким поставкам предъявляются те же требования, что и к торговле водой ([раздел 6.3](#)) и оптовым поставкам воды ([раздел 6.4](#)).

Системы временного водоснабжения могут быть автономными (то есть не присоединенными к каким-либо другим системам водоснабжения и располагающими собственным оборудованием от источника воды до водопроводного крана) или зависимыми (то есть получающими очищенную воду из существующей системы водоснабжения, но располагающими автономным оборудованием для ее распределения). В зависимых системах риск загрязнения питьевой воды, как правило, ниже, чем в автономных, при условии наличия доступа к технологиям, экспертным знаниям и управленческим механизмам структуры, управляющей постоянной системой водоснабжения. Организатор мероприятия (например, фестиваля) и предприятие водоснабжения нередко заключают между собой договор, в который следует включать положения о количестве и качестве воды, поставляемой предприятием, о ролях и обязанностях каждой стороны в области управления качеством воды, о местах и частоте проведения мониторинга качества воды, о проведении санитарной инспекции и санэпиднадзора органами здравоохранения, и об обустройстве надлежащих, должным образом расположенных объектов санитарии. В целях обеспечения безопасности питьевой воды очень важно обеспечить координацию действий между организатором мероприятия, предприятием водоснабжения и соответствующим органом здравоохранения.

Системы временного водоснабжения могут существенно отличаться друг от друга по размерам, времени функционирования, характеру использования воды и колебаний спроса, и эти различия следует принимать во внимание на этапах планирования и проектирования. Если речь идет об автономной системе водоснабжения, то следует также уделить надлежащее внимание выбору источника воды по таким критериям, как количество, качество и технологии очистки воды, и позаботиться о том, чтобы не оказать негативного воздействия на другие системы водоснабжения или источник воды. В случае если система временного водоснабжения напрямую соединена с системой водопроводного водоснабжения, важно предупредить возможность случайного загрязнения водопроводной системы водоснабжения через противоток в процессе обустройства и эксплуатации временной системы. При оценочном расчете общего спроса на воду и прогнозируемых изменений спроса следует принимать во внимание расход воды на пожаротушение, мытье рук и смывание воды в туалетах там, где отсутствуют другие источники воды, используемой для этих целей.

Целевые показатели качества воды для систем временного водоснабжения должны быть такими же, как и для систем постоянного водоснабжения. Дезинфекцию систем временного водоснабжения следует считать обязательной, и предпочтительно поддерживать определенный уровень остаточного дезинфектанта (например, хлора) в воде на этапе ее забора из водопроводных кранов. Если вода, подаваемая через эту систему водоснабжения, не предназначена для питья, следует принять надлежащие меры для исключения возможности такого ее употребления.

При регулярном использовании систем временного водоснабжения необходимо перед началом использования полностью промывать всю систему водой с более высоким, чем обычно, содержанием остаточного дезинфектанта. При планировании установки системы на объекте следует учитывать риски загрязнения в ходе размещения труб, шлангов и соединителей – например, избегать размещения шлангов и водопроводной арматуры на земле поблизости от мест потенциального фекального загрязнения, или избегать размещения резервуаров для хранения воды под прямыми лучами солнца, поскольку рост температуры способствует размножению микроорганизмов. Кроме того, важно убедиться в отсутствии в системе дефектов, в том числе протечек, которые могут способствовать ухудшению качества воды, и в соответствии качества воды в каждом водопроводном кране определенному целевому показателю качества воды. К важным мерам контроля (барьерным или защитным мерам, препятствующим загрязнению), принимаемым в процессе демонтажа и транспортировки систем, относится опустошение шлангов (желательно их осушить) и хранение их в условиях, исключающих возможность загрязнения. Во всех случаях используемые материалы должны быть признаны пригодными для контакта с питьевой водой.

Особенно тщательно следует планировать и проектировать системы отведения и утилизации сточных вод: в частности, следует убедиться, что туалеты и канализационные очистные сооружения расположены таким образом, чтобы исключить любой риск негативного воздействия на качество источника воды или на хранящуюся воду. Кроме того, важно предотвратить попадание в источник стоков из других зон, например из стойл скота. Источник воды, очистные сооружения и распределительные резервуары следует надежно защитить крышками или крышами от доступа животных (например, от попадания фекалий птиц) и людей.

Система временного водоснабжения, как правило, более уязвима к случайному и намеренному загрязнению, чем система постоянного водоснабжения, поэтому вопросам безопасности следует уделять особое внимание. Все водоочистные сооружения необходимо подвергать тщательной проверке, как минимум, ежедневно. Все эти процедуры и требования следует включить в документы по оперативному управлению, являющиеся важнейшей составляющей ПОВВ.

Важным элементом обеспечения надлежащего использования воды из водопроводных кранов и защиты источников воды и инфраструктуры питьевого водоснабжения являются специальные указатели, которые должны быть понятными; их следует использовать в сочетании с другими средствами защиты, такими как ограды. Следует регулярно проверять качество и внешний вид воды из водопроводных кранов системы временного водоснабжения. Как минимум, следует наладить ежедневный мониторинг температуры воды и содержания остаточного дезинфектанта посредством оперативных простых анализов, которые могут служить индикаторами возможных проблем. Желательно проводить периодический мониторинг и других базовых параметров, к которым относятся рН, проводимость, мутность, цвет и наличие *Escherichia coli* (либо термотолерантных колиформных бактерий). Очень важно наладить регулярные санитарные инспекции системы временного водоснабжения силами соответствующих органов здравоохранения. При возникновении какой-либо проблемы, касающейся качества воды, следует незамедлительно принимать меры по устранению этой проблемы, описание которых содержится в руководящих вспомогательных документах к ПОВВ. Если предполагается, что система временного водоснабжения будет эксплуатироваться дольше нескольких недель, то соответствующим органам здравоохранения следует обеспечить регулярный эпиднадзор за этой системой.

6.9 Здания¹

Системы питьевого водоснабжения в зданиях могут стать крупными источниками загрязнения, и ненадлежащее управление этими системами способствует вспышкам заболеваний и болезней. Одна из проблем в области обеспечения безопасности воды связана с тем, что многие меры, без принятия которых невозможен контроль качества питьевой воды в зданиях, нередко выходят за рамки ответственности поставщика питьевой воды. На распределение ролей и обязанностей различных заинтересованных сторон, связанных с безопасным управлением системами питьевого водоснабжения в зданиях, могут повлиять ряд факторов, в том числе владение активами и право доступа. Как правило, ПОБВ, разработанные в целях управления коммунальными системами водоснабжения, не распространяются на здания, хотя в ПОБВ поставщика воды могут быть включены ряд инициатив, направленных на предотвращение прототока или на информирование потребителей о способах сохранения качества потребляемой ими воды. Во многих случаях за управление системами водоснабжения в зданиях отвечают владельцы, управляющие или специалисты по техническому обслуживанию, однако их осведомленность о руководстве по обеспечению качества воды и масштабы применения этого руководства нередко ограничены, поэтому, возможно, необходимы вспомогательные просветительские программы.

Конструкции водопроводных сетей в зданиях различаются, на что влияет многообразие видов зданий (например, школы, детские учреждения, жилые здания, гостиницы, спортивные учреждения, заводы, офисные здания, музеи, транспортные терминалы), конструктивные решения и виды водопользования. Системы питьевого водоснабжения в зданиях, как правило, разделены на сети горячего и холодного водоснабжения, и к ним могут быть подсоединены потребляющие воду устройства или объекты (например, градирни, бойлеры, плавательные бассейны) или оборудование проточного типа (например, стиральные машины).

Общая безопасность питьевой воды обеспечивается благодаря практике эффективного управления, включающей надежные проектно-конструкторские решения, соблюдение установленных регламентов технического обслуживания, регулярную очистку, управление температурным режимом и управление потоком (во избежание застаивания воды). Следует включать эти методики в ПОБВ, разработанные владельцами или управляющими зданий. В ПОБВ для зданий следует уделять внимание сетям холодного и горячего питьевого водоснабжения, потребляющим воду устройствам и оборудованию проточного типа. Регуляторные или иные соответствующие органы могут сформулировать руководящие указания по разработке и применению ПОБВ для систем питьевого водоснабжения в зданиях.

Регуляторный орган может определить требования по соблюдению установленных норм в отношении зданий в целом или определенных видов зданий исходя из уровня риска. Школы, гостиницы и некоторые другие крупные здания являются зонами повышенного риска вследствие как сложности их систем питьевого водоснабжения, так и уязвимости некоторых потребителей, жильцов и посетителей, и поэтому повышенная бдительность в части оперативного (рабочего) мониторинга, валидации мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) и проверки (верификации) обычно является оправданной. В целях соблюдения установленных норм может потребоваться осуществление программ технического обслуживания и мониторинга в рамках разработанных для конкретных зданий ПОБВ. Возможно, информацию о программах технического обслуживания и мониторинга и о сертификации на соответствие установленным нормам следует

¹ Больницы, дома престарелых и другие учреждения здравоохранения рассматриваются в разделе 6.10.

размещать на видном месте внутри здания. Проверку соответствия и выдачу сертификата соответствия мог бы проводить независимый аудитор.

Основной опасностью, которая может грозить системам питьевого водоснабжения в зданиях, является проникновение загрязнителей из внешних систем водоснабжения или через дефекты в системе распределения (включая резервуары для хранения воды). Применение несертифицированных и ненадлежащих материалов и водопроводной арматуры может привести к выделению химических веществ из резервуаров, водопроводных труб, соединительных и санитарно-технических материалов. Процесс выделения этих веществ может проходить по-разному в зависимости от возраста материала и продолжительности контакта; например, вода первого забора содержит более высокую концентрацию свинца или меди. Случайное соединение с резервуарами для хранения химических веществ, обратный ток воды из оборудования проточного типа и случайное соединение с системой технического водоснабжения могут привести к попаданию в питьевую воду ряда загрязнителей.

Если оборудование в зданиях снабжается водой напрямую, то возникает возможность обратного тока воды в водопроводную сеть. Он может быть вызван повышенным давлением в оборудовании, подсоединенном к водопроводной системе водоснабжения, или пониженным давлением в водопроводе. Для его предотвращения можно установить соответствующие устройства защиты от обратного тока.

Не относящейся напрямую к питьевой воде сопутствующей проблемой является размножение микроорганизмов (например, *Legionella*) на поверхностях и в потребляющих воду устройствах, которое может привести к возникновению опасности, связанной с вдыханием капель аэрозолей или инфицированием ран. Для борьбы с размножением этих бактерий можно принять несложные меры (например, удерживать температуру воды за пределами температурного диапазона размножения *Legionella*, то есть $> 50^{\circ}\text{C}$ для горячей воды и $< 25^{\circ}\text{C}$ для холодной воды, или поддерживать подходящую концентрацию остаточного дезинфектанта). Неэффективность температурного контроля в системах холодного водоснабжения может быть связана с ненадлежащей изоляцией и недостаточным отделением от систем горячего водоснабжения, а в системах горячего водоснабжения в нагревательных приборах и резервуарах для хранения воды – с ненадлежащим размещением смесительных устройств, длинными отводами водопровода и тупиками (то есть закрытыми с одного конца участками труб, через которые не проходит вода). В больших зданиях больше возможностей размножения *Legionella* в протяженных системах распределения воды, и техническому обслуживанию этих систем необходимо уделять особое внимание. Подробнее о присутствии *Legionella* в питьевой воде см. в разделе 11.1 и во вспомогательном документе *Legionella and the prevention of legionellosis* (Приложение 1).

Для эффективной оценки потенциальных опасностей и рисков для здоровья требуется документация физической структуры систем водоснабжения в зданиях. Эту документацию следует постоянно обновлять; она должна охватывать сети горячего и холодного водоснабжения, включая использованные материалы, очистку воды на входе, очистку воды в местах использования, подсоединенные к системе питьевого водоснабжения, оборудование и системы (например, пожаротушения), и потребляющие воду устройства, обеспечиваемые водой из системы питьевого водоснабжения.

При проведении оценки водораспределительной системы в здании необходимо учитывать ряд связанных с проникновением, заносом и распространением загрязнителей, конкретных факторов, среди которых:

- качество и эксплуатация внешних систем водоснабжения;
- использование автономных систем водоснабжения;
- подача воды с перерывами;
- давление воды внутри системы;
- температура воды (в системах как холодного, так и горячего водоснабжения);
- целостность резервуаров для хранения воды;
- места, где подача воды осуществляется с перерывами или по сезонам (например, гостиницы с сезонной заполняемостью, школы);
- случайные соединения, особенно в смешанных системах водоснабжения;
- предотвращение обратного тока;
- конфигурация системы, обеспечивающая минимизацию числа тупиков/"глухих концов" и других зон возможного застаивания воды;
- применение материалов и покрытий, разрешенных к использованию при контакте с питьевой водой.

Задачей водораспределительной системы в большом здании является снабжение безопасной питьевой водой с надлежащим давлением и напором. Качество воды, поступающей в систему водоснабжения в здании, обеспечивается предприятием водоснабжения либо путем установки в точке входа очистных устройств, которыми обычно управляет структура, владеющая или управляющая зданием. Для поддержания качества питьевой воды важно свести к минимуму время прохождения воды по системе, случаи слабого напора и пониженного давления воды.

В целях обеспечения безопасности воды следует разработать процедуры ремонта, модернизации и расширения систем, а также документировать все работы, в том числе внесение изменений в системы водоснабжения. После проведения работ целесообразно осуществить дезинфекцию и промывку системы.

Основное внимание в процессе мониторинга следует уделять обеспечению действенности мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению). Необходимо, чтобы этот процесс, по возможности, включал осуществляемый специалистами по техническому обслуживанию с помощью комплектов для полевых проб мониторинг таких параметров, как температура, рН и наличие остаточного дезинфектанта. Частота проведения мониторинга зависит от размеров здания и характера его использования, однако в больших зданиях мониторинг следует проводить еженедельно. В новых или недавно введенных в эксплуатацию зданиях мониторинг качества питьевой воды осуществляется чаще.

Еще одной желательной мерой обеспечения непрерывной безопасности воды в зданиях является независимый надзор, который должны проводить соответствующие органы здравоохранения или другие независимые ведомства.

В целях обеспечения безопасности питьевой воды в зданиях национальные регуляторные органы могут принимать следующие меры содействия:

- уделять особое внимание применению кодексов надлежащей практики (например, при вводе в эксплуатацию и заключении контрактов на строительство и ремонт);
- предлагать подходящие программы подготовки и инструктажа для владельцев и управляющих зданий, инженеров, водопроводчиков и операторов потребляющих воду устройств (например, градирен и испарительных конденсаторов);
- регламентировать деятельность санитарно-технических служб и способствовать пользованию услугами аттестованных специалистов;

- способствовать эффективной сертификации и применению материалов и устройств на рынке;
- разрабатывать кодексы надлежащей практики проектирования и эксплуатации потребляющих воду устройств.

Дополнительные руководящие указания см. во вспомогательном документе *Water safety in buildings* (Приложение 1).

6.10 Учреждения здравоохранения

К учреждениям здравоохранения относятся больницы, медицинские центры и хосписы, учреждения интернатного типа, стоматологические клиники и центры гемодиализа. Питьевая вода в этих учреждениях должна быть пригодной для употребления человеком и для всех обычных хозяйственных нужд, включая личную гигиену. Тем не менее эта вода может быть непригодна для всех целей или для употребления некоторыми пациентами, поэтому может потребоваться дальнейшая обработка или очистка воды, либо принятие иных защитных мер.

Хотя такие микроорганизмы, как *Pseudomonas aeruginosa* и микобактерия, *Acinetobacter*, *Aeromonas* и *Aspergillus*, судя по всему, не создают связанной с водой угрозы здоровью населения в целом, в том числе и большинству пациентов медицинских учреждений, они могут быть опасны для людей с серьезно ослабленным иммунитетом, например для людей с содержанием нейтрофильных лейкоцитов менее 500 на микролитр (см. вспомогательный документ *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety*; Приложение 1). Некоторые из перечисленных микроорганизмов также могут стать причиной возникновения инфекций в том случае, если питьевую воду используют для обработки ожогов или мытья медицинских инструментов, таких как эндоскопы и катетеры. Используемая для этих целей вода может нуждаться в дополнительной обработке, например в микрофильтрации или стерилизации, в зависимости от назначения.

В медицинских учреждениях могут иметь место условия, которые способствуют размножению и распространению *Legionella* (см. раздел 11.1 и вспомогательный документ *Legionella and the prevention of legionellosis*; Приложение 1). Некоторое медицинское оборудование, например высокоскоростные бормашины с водяным охлаждением, используемые в стоматологических клиниках, вызывают особую обеспокоенность ввиду возможного вдыхания капель воды и инфицирования ран.

Для проведения гемодиализа требуются большие объемы воды более высокого качества, чем питьевая вода. Используемую при проведении гемодиализа воду необходимо подвергать специальной обработке в целях минимизации содержания микроорганизмов, эндотоксинов, токсинов и химических загрязнителей. Существуют специальные требования в отношении алюминия, который в прошлом становился причиной диализной деменции; кроме того, для пациентов на гемодиализе характерна повышенная чувствительность к хлораминам, и это обстоятельство следует учитывать при использовании метода хлораминирования для дезинфекции систем питьевого водоснабжения, особенно в местах, где имеются пациенты, проходящие гемодиализ на дому.

Всем медицинским учреждениям следует разрабатывать специальные ПОБВ в рамках своих программ инфекционного контроля. В этих планах следует уделять внимание таким вопросам, как требования к качеству и обработке воды, очистка специального оборудования, борьба с размножением микроорганизмов в системах водоснабжения и во вспомогательном оборудовании.

6.11 Безопасная питьевая вода для лиц, совершающих поездку

Наиболее частой причиной того, что лица, совершающие поездку, попадают под воздействие болезнетворных микроорганизмов, является употребление загрязненной питьевой воды и продуктов, которые были вымыты загрязненной водой. Диарея является наиболее широко распространенным симптомом инфекций, передаваемых через воду, жертвами которой становятся 20–50% всех лиц, совершающих поездку, или примерно 10 млн. человек в год. Случаи заболевания могут возникать даже среди лиц, пребывающих в отелях и на курортах высокого класса. В некоторых регионах мира водопроводная вода или бутилированная вода, произведенная в ненадлежащих условиях, может быть небезопасной, даже если она бесцветная и выглядит чистой.

Ни одна вакцина не может обеспечить общую защиту от инфекционной диареи, вызываемой множеством различных патогенов. Важно, чтобы лица, совершающие поездку, были осведомлены о возможности заражения этой болезнью и принимали соответствующие меры для минимизации рисков. При проживании или путешествии в районах с сомнительным качеством питьевой воды необходимо принимать следующие меры профилактики:

- Пить бутилированную воду или другие напитки (газированные напитки, пастеризованные соки и молоко), продаваемые только в запечатанных, устойчивых к внешнему воздействию емкостях и разлитые в бутылки либо укупоренные в банки известными производителями (предпочтительно сертифицированными отвечающими за это органами власти). Полезную информацию о том, какие местные торговые марки являются безопасными, нередко могут предоставить гостиничные служащие или местные жители.
- Пить воду, подвергнутую эффективной обработке в месте использования (например, подвергнутую кипячению, фильтрации или химической дезинфекции) и хранящуюся в чистых емкостях.
- Пить горячие напитки, такие как кофе и чай, только если они приготовлены на кипяченой воде и хранятся горячими в чистых емкостях.
- Не чистить зубы и не полоскать рот небезопасной водой.
- Не употреблять лед, за исключением тех случаев, когда лед изготовлен из безопасной воды.
- Избегать употребления салатов и другой пищи, которая не подвергалась термической обработке и могла быть вымыта или приготовлена с использованием небезопасной воды.

Лица, совершающие поездку, могут очищать воду в небольших количествах в целях значительного повышения уровня ее безопасности. Существует множество простых методов очистки, и на рынке имеются различные технологии, которые позволяют лицам, совершающим поездки, дезинфицировать питьевую воду для личного или семейного пользования. Лицам, совершающим поездки, следует выбирать метод очистки воды, ликвидирующий или нейтрализующий все классы патогенов. Технологии должны быть сертифицированы надежной организацией; при обработке воды следует тщательно следовать инструкциям производителя.

Доведение воды до кипения – это самый простой и наиболее эффективный способ уничтожения всех патогенов, вызывающих заболевания. Этот способ действует даже в отношении мутной воды и на большой высоте над уровнем моря. Горячей воде надо дать остыть, не добавляя в нее льда. Если мутную воду надо очистить от примесей для придания ей более привлекательного вида, это следует делать до кипячения.

Если нет возможности прокипятить воду, то можно подвергнуть чистой, незамутненную воду химической дезинфекции – эффективному способу уничтожения бактерий, большинства вирусов и некоторых протозойных организмов (но не, к примеру, ооцист *Cryptosporidium*). Лица, совершающие поездку, чаще всего используют для дезинфекции питьевой воды определенные смеси на основе хлора или йода. После хлорирования или йодирования можно воспользоваться фильтром с активированным углем (древесным углем), чтобы очистить воду от резкого вкуса и запаха. Не рекомендуется производить йодирование воды, предназначенной для длительного употребления детьми грудного возраста, беременными женщинами, лицами с заболеваниями щитовидной железы и лицами с аллергической реакцией на йод, за исключением тех случаев, когда обработка воды предполагает эффективное удаление йода после дезинфекции при помощи фильтра (например, активированного угля). Лицам, совершающим поездку, которые намерены производить ежедневное йодирование всей потребляемой воды на протяжении более 3–4 недель, следует прежде посоветоваться с врачом и не употреблять эту воду в чрезмерных количествах. Иногда в качестве дезинфектанта предлагают использовать серебро, но применять этот метод дезинфекции не рекомендуется, поскольку его эффективность не подтверждена, и он требует длительного контакта серебра с водой.

Присутствие взвешенных частиц в воде может уменьшить эффективность воздействия дезинфектантов, поэтому перед дезинфекцией мутную воду следует очистить от примесей или профильтровать. Существуют химические продукты, позволяющие сочетать очистку воды от примесей (коагуляцию и флокуляцию для удаления частиц) с дезинфекцией хлором.

Также существуют прошедшие тестирование и оценку портативные фильтрационные устройства для удаления из воды в местах ее использования протозойных организмов и некоторых бактерий, такие как фильтры из керамики, мембраны (преимущественно с обратным осмосом) и фильтры с блоком из активированного угля. Для гарантированного удаления ооцист *Cryptosporidium* рекомендуется использовать фильтры с размером пор не более 1 мкм. При использовании таких фильтров может понадобиться предварительная фильтрация, чтобы удалить взвешенные частицы и, таким образом, избежать засорения фильтра тонкой очистки.

Если воду не подвергают кипячению, то в таком случае рекомендуется применить сочетание нескольких методов обработки воды (например, очистку от примесей и/или фильтрацию, а затем – химическую дезинфекцию). Такая комбинированная очистка позволяет создать эшелонированный защитный барьер, обеспечивающий не только уничтожение бактерий и вирусов, но и удаление существенного количества протозойных организмов.

Рекомендуется принимать дополнительные меры предосторожности, чтобы снизить риск инфицирования среди лиц с ослабленной иммунной системой, беременных женщин и детей грудного возраста через воду, загрязненную, например, *Cryptosporidium*. Одной из рекомендованных мер является кипячение и хранение воды в защищенном резервуаре; приемлемым также является потребление бутилированной или минеральной воды, прошедшей международную или национальную сертификацию.

Приведенные здесь методы обработки воды, за исключением угольной фильтрации и обратного осмоса, в целом не способствуют снижению уровня содержания большинства химических загрязнителей в питьевой воде. Однако краткосрочное воздействие этих химических загрязнителей, как правило, не представляет опасности для здоровья.

Таблица 6.1 Методы дезинфекции питьевой воды, которые могут использовать лица, совершающие поездку

Метод	Рекомендации	Что он дает	Чего он не дает
Кипячение	Довести воду до кипения и дать ей остыть	Убивает все патогены	Не устраняет мутность/помутнение воды Не обеспечивает наличия остаточного химического дезинфектанта, например хлора, для защиты от загрязнения
Смеси на основе хлора: 1. Не имеющий запаха хозяйственный отбеливатель (гипохлорит натрия) 2. Дихлоризоцианурат натрия в таблетках 3. Гипохлорит кальция	При обычной комнатной температуре и температуре воды 25 °С минимальное время контакта должно составлять 30 минут; следует увеличить время контакта для более холодной воды – например, удваивать время контакта при снижении температуры воды от 25 °С на каждые 10 °С Приготовить в соответствии с инструкциями Для наибольшей эффективности следует добавлять к прозрачной воде или к воде после отстаивания или очистки от примесей Вид и типичная дозировка: 1. Хозяйственный отбеливатель (5%) – 4 капли на 1 литр 2. Дихлоризоцианурат натрия – 1 таблетка (в соответствии с инструкциями на упаковке) 3. Гипохлорит кальция (1%-ный основной раствор) ^a – 4 капли на 1 литр	Эффективный способ уничтожения большинства бактерий и вирусов Для уничтожения цист <i>Giardia</i> требуется более продолжительное время контакта, особенно в холодной воде	Неэффективен против <i>Cryptosporidium</i> ; менее эффективен, чем йод, при использовании мутной воды
Хлор-флокулянт в таблетках или пакетах-саше	Доза в соответствии с инструкциями на упаковке	Эффективный способ уничтожения или удаления большинства передаваемых через воду патогенов (коагулянт-флокулянт частично удаляет <i>Cryptosporidium</i>)	Флокулированную воду необходимо сцеживать в чистый резервуар, желательно через чистый тканевый фильтр

6. ПРИМЕНЕНИЕ РУКОВОДСТВА В КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЯХ

<p>Йод:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Йодная настойка (2%-ный раствор) 2. Йод (10%-ный раствор) 3. Йод в таблетках 4. Йодированная (трехйодистое или пятийодистое соединение) смола 	<p>25 °С – минимальное время контакта составляет 30 минут; увеличьте время контакта для более холодной воды</p> <p>Приготовить в соответствии с инструкциями на упаковке</p> <p>Вид и типичная дозировка:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Йодная настойка (2%-ный раствор) – 5 капель на 1 литр 2. Йод (10%-ный раствор) – 8 капель на 1 литр 3. Йод в таблетках – 1 или 2 таблетки на 1 литр 4. Йодированная (трехйодистое или пятийодистое соединение) смола – при комнатной температуре в соответствии с указаниями, в рамках расчетной емкости 	<p>Уничтожает большинство патогенов</p> <p>Для уничтожения цист <i>Giardia</i> требуется более продолжительное время контакта, особенно в холодной воде</p> <p>Фильтрация через угольный фильтр после дезинфекции йодированной смолой будет способствовать удалению остаточного йода из воды; регулярно меняйте угольный фильтр</p>	<p>Неэффективен против <i>Cryptosporidium</i></p>
<p>Портативные фильтры:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Керамические фильтры 2. Угольные фильтры; некоторые фильтры с угольным блоком способны удалять <i>Cryptosporidium</i> — только в том случае, если они протестированы и сертифицированы для удаления ооцист 3. Устройства с мембранным фильтром (для микрофильтрации, сверхтонкой фильтрации, нанофильтрации) 	<p>Проверьте информацию о размере пор и данные об эффективности удаления различных патогенов (вирусов, бактерий и протозойных организмов), предоставленные производителем и сертифицированные национальным или международным агентством по сертификации. Размер пор в наполнителе фильтра должен составлять 1 мкм (абсолютный показатель) или менее. Помните, что воду необходимо очистить от примесей, чтобы избежать засорения пор.</p> <p>Перед дезинфекцией с использованием хлора или йода рекомендуется провести фильтрацию или отстаивание мутной воды для очистки ее от примесей, если вода не подвергалась кипячению</p>	<p>Использование фильтров с размером пор не более 1 мкм позволит удалить <i>Giardia</i>, <i>Cryptosporidium</i> и другие протозойные организмы</p> <p>Использование одобренных приборов обратного осмоса позволит удалить почти все патогены</p> <p>В некоторых фильтрах содержится химический дезинфектант, например йод или хлор, способный уничтожить микробов; проверьте патент производителя и документацию независимого</p>	<p>Фильтры с размером пор более 1 мкм не способны удалить большинство бактерий и вирусов</p> <p>Использование микрофильтров может не обеспечить удаление вирусов, особенно из прозрачной воды; для уменьшения количества вирусов может потребоваться дополнительная обработка, например химическая дезинфекция или кипячение/пастеризация</p> <p>Использование большинства фильтров с угольными блоками, даже с серебряным напылением, не обеспечивает удаление патогенов,</p>

РУКОВОДСТВО ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

и обратного осмоса)	национального или международного агентства по сертификации	возможно, за исключением протозойных организмов, из-за чересчур большого размера пор (свыше 1 мкм)
---------------------	--	--

^a Для приготовления 1%-ного основного раствора гипохлорита кальция добавьте на 1 литр воды 28 г гипохлорита кальция с 35-процентным содержанием хлора, либо 15,4 г – с 65-процентным содержанием хлора, либо 14,3 г – с 70-процентным содержанием хлора.

Подробнее об обработке воды для удаления микробиологических и химических загрязнителей в домашних условиях см. соответственно в [разделах 7.3.2](#) и [8.4.4](#). В [таблице 6.1](#) представлены сводные данные о методах дезинфекции питьевой воды, которые могут применять лица, совершающие поездку.

6.12 Воздушные суда и аэропорты

Существует множество документальных свидетельств того, что вода – это значимый потенциальный канал распространения инфекционных заболеваний на воздушных судах. В целом наибольший риск микробного загрязнения связан с употреблением воды, загрязненной фекалиями людей или животных. Если для пополнения запасов воды на воздушных судах используется загрязненный источник воды и не принимаются надлежащие меры предосторожности, то заболевание может распространиться через воду, употребляемую на борту воздушного судна, для питья или чистки зубов. Поэтому настоятельно необходимо обеспечить соблюдение в аэропортах Международных медико-санитарных правил (2005 г.) и снабжать аэропорты питьевой водой из источников, одобренных соответствующим регуляторным органом (WHO, 2005a). В аэропортах обычно действует особый порядок обращения с водой после ее поступления на территорию аэропорта.

Источник питьевой воды не является гарантией безопасности, если вода загрязняется впоследствии – во время транспортировки, хранения или распределения на борту воздушного судна. Механизмом обеспечения безопасности воды на авиационном транспорте служит ПОВВ, охватывающий управление водоснабжением в аэропортах с момента получения воды и в ходе ее транспортировки на борт воздушного судна (например, на автомобилях-водозаправщиках или водовозках) и дополняемый мерами по обеспечению сохранения качества воды на борту воздушного судна (например, путем применения безопасных материалов и надлежащей практики проектирования, конструирования, эксплуатации и технического обслуживания бортовых систем воздушных судов).

При проведении оценки общей системы распределения воды в аэропорту/на борту воздушного судна следует учитывать ряд конкретных вопросов, в том числе:

- качество источника воды и потребность в ее дополнительной очистке;
- проектирование и конструкция резервуаров для хранения воды и водопроводов в аэропортах;
- проектирование и конструкция автомобилей-водозаправщиков;
- использование материалов и водопроводной арматуры, допущенных к контакту с питьевой водой на всех этапах;
- методики заправки водой;
- бортовые системы очистки воды (например, ультрафиолетовая дезинфекция);
- техническое обслуживание бортовой водопроводной системы;
- предотвращение случайных соединений, в том числе обратного тока воды.

Руководство аэропорта несет ответственность за безопасное питьевое водоснабжение, в том числе за оперативный (рабочий) мониторинг, до тех пор, пока вода не передана эксплуатанту воздушного судна. Основная цель мониторинга заключается в том, чтобы обеспечить эффективное осуществление всех процессов управления водоснабжением, например: убедиться в том, что качество источника воды не ухудшилось; все элементы системы, включая гидранты, шланги и водовозки, чисты и исправны; система предотвращения обратного тока воды функционирует; фильтры

очищены. Кроме того, после эксплуатации или ремонта систему следует продезинфицировать и промыть, а также желательно до возобновления эксплуатации системы проверить качество воды с точки зрения микробиологических параметров.

Опасные факторы могут также проявиться в процессе транспортировки воды на борт воздушного судна и в бортовой системе питьевого водоснабжения, даже если до сих пор качество воды было хорошим. Поэтому важно, чтобы все имеющие отношение к системе водоснабжения сотрудники были надлежащим образом подготовлены и осведомлены о причинах принятия мер предосторожности и о необходимости проявлять крайнюю осторожность при предотвращении загрязнения. Настоятельно необходимо принимать приведенные в предыдущих разделах меры предосторожности, которые касаются перекачки питьевой воды из водопроводной системы водоснабжения или из водовозок и цистерн и в том числе поддержания чистоты в автомобилях и пунктах перекачки. Существует значительная вероятность загрязнения системы авиационным топливом, при этом даже небольшое количество углеводов с низкой молекулярной массой может сделать воду неприемлемой для употребления. Кроме того, обслуживающие систему питьевого водоснабжения сотрудники не должны участвовать в обслуживании туалетов на борту самолета, не приняв прежде всех необходимых мер предосторожности (например, после мытья рук и смены верхней защитной одежды). Все эти требования и процедуры должны быть надлежащим образом задокументированы в ПОБВ для системы транспортировки воды в аэропортах и разъяснены в авиакомпаниях, пользующихся аэропортом, в целях обеспечения выполнения ими своих обязанностей в качестве ключевых заинтересованных сторон.

Важной частью ПОБВ является осуществление независимого надзора, поскольку условия работы и используемое сотрудниками оборудование могут изменяться, а ослабление препятствий на пути возникновения новых рисков или появление таких рисков могут оказаться незамеченными. Независимый надзор включает проведение первоначального обзора рисков и одобрение ПОБВ, осуществление периодического обзора и прямых оценок положений ПОБВ и деятельности в его рамках, при этом особое внимание должно уделяться кодексам практики авиационной отрасли, вспомогательному документу *Guide to hygiene and sanitation in aviation* (Приложение 1) и нормативным актам по вопросам охраны здоровья в аэропортах или инструкциям авиакомпаний. Кроме того, важно фиксировать и анализировать меры, принятые при возникновении какой-либо аварийной ситуации, и учитывать извлеченные уроки в ПОБВ.

6.13 Суда

Значимость воды как канала трансмиссии инфекционных заболеваний на судах подтверждается бесспорными документальными свидетельствами. В целом наибольший риск микробного загрязнения связан с употреблением воды, загрязненной фекалиями людей или животных. Однако на судах может также иметь место химическое загрязнение воды, вследствие загрязненной воды, подаваемой наливом на борт в порту, случайными соединениями или ненадлежащей очисткой воды на борту. Во вспомогательном документе *Guide to ship sanitation Руководство по судовой санитарии* (Приложение 1) приводятся факторы, с которыми можно столкнуться в процессе очистки, транспортировки, производства, хранения или распределения воды на судах, а также конкретные особенности организации водоснабжения и соответствующая нормативно-правовая база. Поэтому чрезвычайно важно обеспечить надлежащую подготовку всех сотрудников, отвечающих за работу системы водоснабжения для питьевых нужд.

Организация систем водоснабжения, охватывающих прибрежные сооружения и суда, значительно отличается от обычной транспортировки воды по суше, но аналогична транспортировке воды для обслуживания аэропортов. Администрация порта несет ответственность за предоставление безопасной питьевой воды для подачи на суда. Если имеются подозрения, что вода могла поступить из небезопасного источника, то капитан судна может принять решение о том, требуется ли в такой ситуации какая-либо дополнительная обработка воды (например, гиперхлорирование или фильтрация). При необходимости проведения обработки воды на борту или перед подачей на борт следует выбрать наиболее подходящий и наиболее простой метод обработки воды, чтобы такую обработку могли провести офицеры и экипаж судна.

Вода подается на борт судна по шлангам или доставляется на водоналивных судах или баржах. При подаче с берега на борт судна вода может подвергнуться микробному или химическому загрязнению. Помимо подачи воды с берега на борт и хранения воды наливом на борту, на многих судах для производства питьевой воды применяется метод опреснения (см. [раздел 6.4](#)).

В отличие от объектов на суше, трубопроводная сеть на борту судна состоит из множества трубопроводов для питьевой воды, забортной воды, сточных вод и топлива, расположенных в относительно ограниченном пространстве. Трубопроводные системы, как правило, являются протяженными и сложными, что затрудняет их инспектирование, ремонт и техническое обслуживание. Ряд вспышек на борту судов передаваемых через воду заболеваний были вызваны загрязнением питьевой воды после ее подачи на борт, например вследствие попадания в нее сточных или трюмных вод, поскольку системы хранения воды были спроектированы и сконструированы ненадлежащим образом. Питьевую воду следует хранить в одном или нескольких резервуарах, сооруженных, расположенных и защищенных таким образом, чтобы обеспечить безопасность воды и предотвратить ее загрязнение. Линии подачи питьевой воды следует защищать и располагать таким образом, чтобы они не проходили через трюмные воды или через резервуары с непитьевыми жидкостями. Важно спроектировать систему таким образом, чтобы предотвратить ухудшение качества воды в ходе ее распределения, максимально уменьшив возможность застаивания воды и количество тупиков. Необходимо также учитывать движение судна, при котором повышается возможность выбросов и обратного тока.

Следует проводить общую оценку эксплуатации системы водоснабжения на борту судна. Ответственность за ее проведение, в конечном счете, лежит на капитане судна, который должен обеспечить эффективность работы всех элементов управления системой водоснабжения. Одним из важных аспектов этого процесса является обеспечение надлежащей подготовки и соответствующей переподготовки членов экипажа, отвечающих за снабжение пресной питьевой водой. При разработке ПОБВ и обеспечении функционирования системы безопасного водоснабжения необходимо учитывать такие факторы, как:

- качество источника воды, если вода поступает из источника, находящегося на суше, а также оборудование и методы подачи воды с берега на борт судна;
- оборудование для опреснения воды и методы опреснения, если они применяются, с учетом аспектов, рассмотренных в [разделе 6.5](#);
- проектирование и монтаж резервуаров для хранения и водопроводных труб, включая применение разрешенных материалов и химических веществ и четкую цветную маркировку труб, используемых для различных целей;
- сведение к минимуму количества тупиков и мест застаивания воды при помощи периодической промывки;

- наличие на борту судна систем фильтрации и других систем обработки воды, в том числе систем дезинфекции и обеспечения остаточной дезинфекции;
- предотвращение случайных соединений и наличие функционирующих устройств защиты от обратного тока;
- поддержание надлежащего давления воды в системе;
- наличие остаточного дезинфектанта во всех компонентах системы.

Необходимо регулярно проверять систему на предмет чистоты и потребности в ремонте, а также ежедневно проверять такие параметры, как рН и наличие остаточного дезинфектанта. Проведение проверки микробиологического качества воды путем определения количества микроорганизмов и фекальных колиформных бактерий чашечным методом, даже если она производится лишь в порту, помогает обеспечить дальнейшее безопасное водоснабжение. Также необходимо внедрить надлежащие процедуры обеспечения безопасности водоснабжения после технического обслуживания или ремонта системы, в том числе при помощи проведения специальной дезинфекции всей системы или затронутой зоны. При появлении каких-либо проблем, например при возникновении заболеваний или проблем со вкусом или запахом воды, следует безотлагательно провести расследование и внести коррективы в работу системы, если она является источником этой проблемы. В ограниченных пространствах, таких как суда, передача инфекционных заболеваний от человека человеку является серьезной проблемой. Лиц, занимавшихся обслуживанием туалетов и системы санитарии на борту судов, следует переводить на обслуживание системы питьевого водоснабжения только после тщательного мытья рук и смены верхней защитной одежды.

Осуществление независимого надзора является желательным компонентом обеспечения безопасности питьевой воды на борту судов. Независимый надзор подразумевает проведение периодического аудита, непосредственной оценки, проверки и утверждения ПОБВ. Особое внимание следует уделять действующим в судоходстве отраслевым нормам и правилам, вспомогательному документу *Руководство по судовой санитарии (Приложение 1)* и действующим в порту медико-санитарным правилам и правилам судоходства. При осуществлении независимого надзора следует также принимать меры к тому, чтобы все конкретные аварийные ситуации, влияющие или, возможно, повлиявшие на качество воды, надлежащим образом расследовались, а извлеченные уроки усваивались и включались в ПОБВ.

6.14 Упакованная питьевая вода

Бутилированная вода и вода в емкостях широко распространены как в промышленно развитых, так и в развивающихся странах. Потребители приобретают упакованную питьевую воду в силу таких причин, как вкус, удобство или мода; важными соображениями являются также безопасность и потенциальная польза для здоровья.

Предназначенную для потребления воду упаковывают в разнообразные сосуды, в том числе в банки, ламинированные упаковки и пластиковые пакеты, но самой распространенной упаковкой являются стеклянные или пластиковые бутылки. Бутилированную воду производят в различных объемах – от бутылок на одну порцию до больших бутылей, вмещающих до 80 литров. Особое значение имеет контроль используемых для производства бутилированной воды качества материалов, резервуаров и бутылочных крышек. Иногда для окончательной дезинфекции воды перед розливом в бутылки используют озон, потому что он не придает воде какого-

либо привкуса. Озонирование воды, содержащей природные бромиды, может привести к образованию бромата, если не принять меры к минимизации его образования.

Настоящее Руководство служит основой для выработки стандартов в отношении всех видов упакованной воды. Как и в случае с другими источниками питьевой воды, безопасность воды в таре обеспечивается путем сочетания соответствующих мероприятий, соблюдения стандартов качества продукции и ее тестирования, причем обеспечить безопасность воды в таре проще, поскольку отгрузку партии можно отложить до получения результатов тестирования. Комиссия "Кодекс Алиментариус" Всемирной организации здравоохранения и Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций разработала международную концептуальную основу для нормативного регулирования качества упакованной воды.

Комиссия "Кодекс Алиментариус" разработала *Стандарты для природных минеральных вод (Standard for natural mineral waters)*, в которых содержатся описание этого продукта и факторов, влияющих на его химический состав и качество, включая предписываемые методы обработки, предельное содержание некоторых химических веществ, правила гигиены, упаковки и маркировки, а также сопутствующие Стандартам Нормы и правила. Кроме того, Комиссия разработала *Стандарты для бутилированных/упакованных вод (Standard for bottled/packaged waters)*, охватывающие упакованную питьевую воду, кроме природной минеральной воды. В обоих соответствующих стандартах Комиссии "Кодекс Алиментариус" содержатся прямые ссылки на настоящее Руководство; стандарты Комиссии "Кодекс Алиментариус" для бутилированной/упакованной питьевой воды аналогичны нормативным величинам, установленным в настоящем Руководстве. Согласно *Стандартам для природных минеральных вод* Комиссии "Кодекс Алиментариус" и соответствующим Нормам и правилам, природные минеральные воды должны соответствовать строгим требованиям, включая требования по отбору воды из природного источника, такого как ключ или родник, и их розливу в бутылки без дальнейшей обработки. Напротив, в *Стандартах для бутилированных/упакованных вод* Комиссии "Кодекс Алиментариус" включены воды из других источников, помимо ключей и родников, а также методы обработки для повышения безопасности и качества этих вод. Различия между этими стандартами имеют особенно существенное значение в регионах с давней традиционной культурой потребления природных минеральных вод. Подробнее о *Стандартах для природных минеральных вод* Комиссии "Кодекс Алиментариус" и о сопутствующих Нормам и правилах, а также о *Стандартах для бутилированных/упакованных вод* Комиссии "Кодекс Алиментариус" читатели могут найти на веб-сайте комиссии "Кодекс Алиментариус" (<http://www.codexalimentarius.net/>).

В разработанных комиссией "Кодекс Алиментариус" Нормам и правилах сбора, обработки и реализации природных минеральных вод (Code of practice for collecting, processing and marketing of natural mineral waters) изложены руководящие указания по ряду эффективных методов производства и представлен универсальный ПОБВ, также применимый к упакованной питьевой воде.

Некоторые потребители считают, что определенные природные минеральные воды обладают целебными свойствами или приносят иную пользу для здоровья. Некоторые из этих вод имеют более высокое содержание минеральных веществ, иногда значительно более высокое, чем общепринятое содержание минеральных веществ в питьевой воде. Нередко существует давняя традиция употребления таких вод; их считают приемлемыми для употребления, рассматривая их скорее в качестве пищевого продукта, чем питьевой воды как таковой. Хотя употребление некоторых минеральных вод может способствовать получению некоторых важных питательных

микроэлементов, таких, как кальций и магний, в настоящем Руководстве не содержатся рекомендации в отношении минимального содержания важных элементов в воде в связи с отсутствием достоверной информации о получении минеральных веществ из питьевой воды. Также имеет место потребление упакованной воды с очень низким содержанием минеральных веществ, например дистиллированной или деминерализованной воды. Существующей научной информации о выгодах или опасностях долгосрочного употребления воды с очень низким содержанием минеральных веществ недостаточно для вынесения каких-либо рекомендаций по этому поводу (WHO, 2005b; см. также вспомогательный документ *Calcium and magnesium in drinking-water*; Приложение 1).

Упакованная вода также производится в форме льда, который предназначается для добавления в напитки, а также может вступать в контакт с пищевыми продуктами, предназначенными для употребления в пищу без приготовления. Изготовленная и продаваемая в форме льда вода подлежит такой же обработке, как и любой другой вид упакованной воды, используемой для питьевых нужд.

6.15 Производство и обработка пищевых продуктов

Устанавливаемое настоящим Руководством качество воды обеспечивает ее пригодность для всех обычных видов использования в пищевой промышленности. В рамках некоторых процессов к качеству воды предъявляются особые требования в целях сохранения желаемых характеристик продукта, и Руководство не является гарантом обязательного исполнения этих особых требований.

Питьевая вода низкого качества может оказывать серьезное воздействие на обработку пищевых продуктов, а в потенциале – на здоровье населения. Последствия применения воды ненадлежащего качества при обработке пищевых продуктов будут зависеть от сферы использования этой воды и от дальнейшей обработки потенциально загрязненных материалов. Изменения качества воды, порой допустимые в питьевом водоснабжении, могут оказаться неприемлемыми для некоторых видов применения в пищевой промышленности. Эти изменения могут иметь серьезные финансовые последствия для производства пищевых продуктов, например вследствие изъятия продуктов из продажи.

В связи с использованием воды при производстве и обработке пищевых продуктов в различных целях к качеству воды предъявляют различные требования. Воду используют для ирригации и поения сельскохозяйственных животных; в качестве одного из ингредиентов или для мытья или "освежения" пищевых продуктов, например для увлажнения овощей для салатов в продуктовых магазинах; а также в ситуациях, когда контакт между водой и пищевыми продуктами должен быть минимальным (например, при кипячении, охлаждении или очистке воды).

В целях снижения уровня микробного загрязнения можно использовать специальные технологии обработки пищевых продуктов (например, тепловую обработку), способные уничтожить ряд патогенных организмов, представляющих опасность для здоровья людей. Необходимо учитывать эффективность этих технологий обработки при оценке воздействия ухудшения качества питьевой воды на производство пищевых продуктов или их обработку. Например, используемую для консервирования воду обычно нагревают до температуры, как минимум, равной температуре пастеризации.

Информацию об ухудшении качества питьевой воды с точки зрения микробиологических или химических параметров следует незамедлительно направлять на предприятия по производству пищевых продуктов и напитков.

5. НАДЗОР

Подробнее о дезинфекции питьевой воды, используемой при производстве и обработке пищевых продуктов, см. в документе FAO/WHO (2009).

Микробиологические аспекты

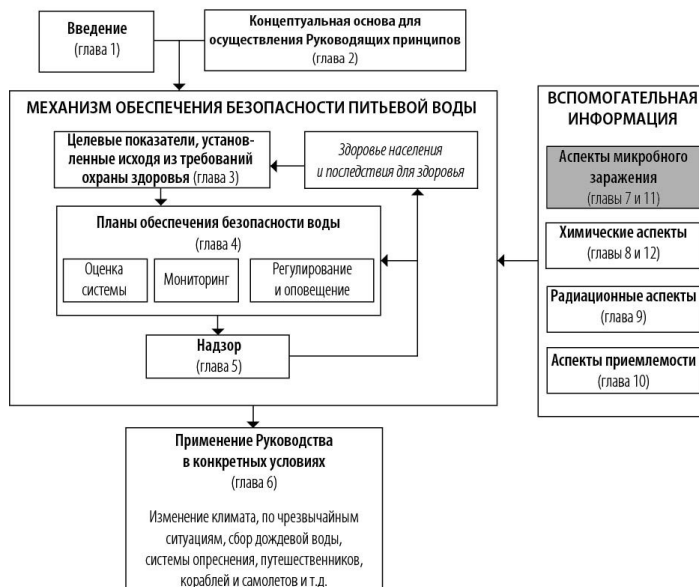
В наибольшей степени риск для общественного здравоохранения, связанный с наличием микробов в воде, имеет место при потреблении питьевой воды, загрязненной экскрементами человека и животных, хотя другие источники и способы воздействия также могут играть значительную роль.

В настоящей главе основное внимание уделяется организмам, в отношении которых имеются полученные в ходе изучения вспышек заболеваний или в рамках проспективных исследований, не связанных со вспышками, данные о болезнях, вызываемых потреблением питьевой воды, вдыханием водных аэрозолей или кожными контактами с питьевой водой, а также вопросам профилактики таких заболеваний и борьбы с ними. Для целей настоящего Руководства в данных случаях инфекция рассматривается как передаваемая через воду.

В главе 11 (Фактические данные по микробам) приводятся подробные дополнительные сведения об отдельных патогенах, передаваемых через воду, равно как и об индикаторных микроорганизмах.

7.1 Микробные опасные факторы, связанные с питьевой водой

Инфекционные болезни, вызываемые патогенными бактериями, вирусами и паразитами (например, протозойными и гельминтами), представляют собой наиболее общий и широко распространенный опасный фактор для здоровья, связанный с питьевой водой. Масштабы этой проблемы в области общественного здравоохранения определяются тяжестью и распространенностью обусловленных патогенами заболеваний, их инфективностью и численностью затронутого населения. В случае уязвимых групп населения исход заболевания может быть более серьезным.



Нарушение безопасности водоснабжения (будь то на стадии источника воды, очистки и распределения) может привести к крупномасштабному загрязнению и потенциально к заметным вспышкам заболеваний. В некоторых случаях незначительное и, возможно, неоднократное загрязнение может приводить к значительным спорадическим вспышкам заболеваний, однако государственные органы эпиднадзора далеко не всегда в состоянии установить, что их источником является питьевая вода.

Инфекционные болезни, вызываемые патогенными бактериями, вирусами, протозойными и гельминтами, представляют собой наиболее общий и широко распространенный риск для здоровья, связанный с питьевой водой.

Водопатогенные организмы имеют ряд свойств, отличающих их от других загрязнителей питьевой воды.

- Патогены могут вызывать как острые, так и хронические заболевания.
- Некоторые патогены могут размножаться в окружающей среде.
- Патогены имеют дискретный характер.
- Патогены зачастую собираются в сгустки и оседают на содержащихся в воде твердых частицах, и концентрации патогенов в воде постоянно изменяются, вследствие чего величина инфицирующей дозы не может быть предсказана на основании данных его средней концентрации в воде.
- Вероятность того, что воздействие патогена приведет к заболеванию, зависит от его дозы, инвазивности и вирулентности, равно как и от иммунного статуса человека.
- Если произошло инфицирование, патогены размножаются в организме хозяина.
- Некоторые водопатогенные организмы могут также размножаться в пищевых продуктах, напитках или системах горячего водоснабжения, что закрепляет и даже увеличивает вероятность распространения инфекции.
- В отличие от многих химических веществ патогены не накапливаются в организме.

Количественная оценка микробиологического риска (КОМР), представляющая собой математическую систему оценки инфекционного риска опасных для человека патогенов, может помочь в выявлении и регулировании рисков, связанных с передаваемыми через воду микроорганизмами, в особенности в случае спорадических заболеваний.

7.1.1 Инфекции, передаваемые через воду

Патогены, которые могут передаваться через загрязненную питьевую воду, различаются по своим характеристикам, поведению и устойчивости. В [таблице 7.1](#) приводятся общие сведения о патогенах, важных в плане регулирования питьевого водоснабжения. Перенос указанных патогенов водой подтверждается эпидемиологическими исследованиями и исследованиями конкретных случаев. Частичное подтверждение патогенности получают путем воспроизведения болезни у подходящего реципиента. Экспериментальные исследования, в ходе которых здоровые взрослые добровольцы подвергаются воздействию известного числа патогенов, позволяют получить информацию, однако подобные данные применимы в отношении лишь части населения, подвергавшегося воздействию; возможность их экстраполяции на более уязвимые группы населения требует более тщательного изучения. В [таблице 7.2](#) приводятся сведения об организмах, которые рассматриваются как возможные источники заболеваний, передаваемых через воду, однако данные относительно которых либо ограничены, либо свидетельствуют о малой вероятности передачи через системы питьевого водоснабжения. Перечень патогенов может

изменяться в зависимости от изменений состояния организмов-носителей, патогенов и окружающей среды, таких как, например, колебания численности людей и животных, повторное использование сточных вод, изменение образа жизни и санитарных мер, перемещения населения и поездки, селективное давление со стороны новых и мутировавших патогенов, а также рекомбинаций существующих патогенов. Иммунитет людей также подвержен значительным изменениям, независимо от того, приобретается ли он в связи с контактом с патогеном или на него влияют такие факторы, как возраст, пол, состояние здоровья и условия жизни.

Таблица 7.1. Патогены, передаваемые через питьевую воду^а

Патоген	Опасность с медико-санитарной точки зрения ^б	Выживаемость в системах водоснабжения ^с	Устойчивость к хлору ^д	Сравнительная инфекционность ^е	Важным источником являются животные
Бактерии					
<i>Burkholderia pseudomallei</i>	Высокая	Может размножаться	Низкая	Низкая	Нет
<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i>	Высокая	Умеренная	Низкая	Умеренная	Да
<i>Escherichia coli</i> – патогенная ^г	Высокая	Умеренная	Низкая	Низкая	Да
<i>E. coli</i> – энтерогеморрагическая	Высокая	Умеренная	Низкая	Высокая	Да
<i>Francisella tularensis</i>	Высокая	Длительная	Умеренная	Высокая	Да
<i>Legionella</i> spp.	Высокая	Может размножаться	Низкая	Умеренная	Нет
<i>Leptospira</i>	Высокая	Длительная	Низкая	Высокая	Да
Микобактерия (нетуберкулезная)	Низкая	Может размножаться	Высокая	Низкая	Нет
<i>Salmonella</i> Typhi	Высокая	Умеренная	Низкая	Низкая	Нет
Другие сальмонеллы	Высокая	Может размножаться	Низкая	Низкая	Да
<i>Shigella</i> spp.	Высокая	Кратковременная	Низкая	Высокая	Нет
<i>Vibrio cholerae</i>	Высокая	От кратковременной до длительной ^з	Низкая	Низкая	Нет
Вирусы					
Аденовирусы	Умеренная	Длительная	Умеренная	Высокая	Нет
Астровирусы	Умеренная	Длительная	Умеренная	Высокая	Нет
Энтеровирусы	Высокая	Длительная	Умеренная	Высокая	Нет
Вирус гепатита А	Высокая	Длительная	Умеренная	Высокая	Нет
Вирус гепатита Е	Высокая	Длительная	Умеренная	Высокая	Потенциально
Норовирусы	Высокая	Длительная	Умеренная	Высокая	Потенциально
Ротавирусы	Высокая	Длительная	Умеренная	Высокая	Нет
Саповирусы	Высокая	Длительная	Умеренная	Высокая	Потенциально
Протозойные организмы					
<i>Acanthamoeba</i> spp.	Высокая	Может размножаться	Высокая	Высокая	Нет
<i>Cryptosporidium hominis/parvum</i>	Высокая	Длительная	Высокая	Высокая	Да
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Высокая	Длительная	Высокая	Высокая	Нет
<i>Entamoeba histolytica</i>	Высокая	Умеренная	Высокая	Высокая	Нет
<i>Giardia intestinalis</i>	Высокая	Умеренная	Высокая	Высокая	Да
<i>Naegleria fowleri</i>	Высокая	Может размножаться ^н	Низкая	Умеренная	Нет

7. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Патоген	Опасность с медико-санитарной точки зрения ^b	Выживаемость в системах водоснабжения ^c	Устойчивость к хлору ^d	Сравнительная инфекционность ^e	Важным источником являются животные
Гельминты					
<i>Dracunculus medinensis</i>	Высокая	Умеренная	Умеренная	Высокая	Нет
<i>Schistosoma</i> spp.	Высокая	Кратковременная	Умеренная	Высокая	Да

^a В настоящую таблицу включены патогены, относительно которых имеются данные об их опасности с медико-санитарной точки зрения в случае их наличия в системах питьевого водоснабжения. Подробнее об этих и других патогенах см. в [главе 11](#).

^b Опасность с медико-санитарной точки зрения оценивается с учетом частоты возникновения и степени тяжести заболеваний, в том числе с учетом воздействия на вспышки заболеваний.

^c Период обнаружения инфективной фазы в воде при 20 °С: короткий – до 1 недели; средний – от 1 недели до 1 месяца, продолжительный – более 1 месяца.

^d Когда патоген в инфективной фазе находится в свободно взвешенном состоянии в воде, обрабатываемой с применением обычных доз и при обычном контактном времени и при pH от 7 до 8. Низкая означает инактивацию на 99% при 20 °С, как правило, менее чем за 1 мин., умеренная – за 1–30 мин., высокая – более чем за 30 мин. Следует отметить, что организмы, выживающие и размножающиеся в анаэробных биофильтрах, например *Legionella* и микобактерии, защищены от воздействия хлора.

^e По результатам экспериментов на добровольцах, по эпидемиологическим данным и по данным экспериментальных исследований на животных. Высокая означает, что инфекционная доза может составлять 1–10² организмов или частиц, умеренная – 10²–10⁴, низкая – более 10⁴.

^f Включает энтеропатогенные, энтеротоксигенные, энтероинвазивные, энтерогеморрагические и энтероагрегативные виды.

^g *Vibrio cholerae* могут присутствовать в течение длительного времени в организмах веслоногих рачков и других гидробионтов.

^h В теплой воде.

Таблица 7.2. Организмы, которые, как предполагается, могут передаваться через питьевую воду, однако в отношении которых окончательные данные пока отсутствуют^a

Патоген	Уровень достоверности доказательств	Присутствие в системах водоснабжения	Устойчивость к хлору ^b
Бактерии			
<i>Acinetobacter</i>	Возможны случаи передачи в медицинских учреждениях (не желудочно-кишечным путем)	Распространена и может размножаться	Низкая
<i>Aeromonas</i>	Клинические штаммы не совпадают с штаммами в пробах субстратов внешней среды	Распространена и может размножаться	Низкая
<i>Enterobacter sakazakii</i>	Инфекция выявлена в детских смесях; данные о передаче через воду отсутствуют	Маловероятно	Низкая
<i>Helicobacter pylori</i>	Предполагается, но прямые доказательства отсутствуют; основной путь передачи – через родственников	Выявлена, выживает в течение ограниченного времени	Низкая
<i>Klebsiella</i>	Возможны случаи передачи в медицинских учреждениях (не желудочно-кишечным путем)	Может размножаться	Низкая
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Возможны случаи передачи в медицинских учреждениях (не желудочно-кишечным путем)	Распространена и может размножаться	Умеренная

Патоген	Уровень достоверности доказательств	Присутствие в системах водоснабжения	Устойчивость к хлору ^b
<i>Staphylococcus aureus</i>	Данные о передаче через питьевую воду отсутствуют; наиболее значимый путь передачи – через руки	Распространена и может размножаться	Умеренная
<i>Tsukamurella</i>	Возможны случаи передачи в медицинских учреждениях (не желудочно-кишечным путем)	Распространена и может размножаться	Нет данных
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Виды, обнаруженные в воде, по-видимому, не патогенны; основной источник – продукты питания	Распространена и может размножаться	Низкая
Вирусы			
Вирусы гриппа	Данные о передаче через воду отсутствуют	Маловероятно	Низкая
Коронавирусы, вызывающие тяжелый острый респираторный синдром	Имеются некоторые данные о передаче воздушно-капельным путем	Маловероятно	Нет данных
Протозойные организмы			
<i>Balantidium coli</i>	Одна вспышка зафиксирована в 1971 г.	Выявлены	Высокая
<i>Blastocystis hominis</i>	Вероятно, но данные ограничены	Нет данных, персистенция ^c возможна	Высокая
<i>Isospora belli</i>	Вероятно, но данные отсутствуют	Нет данных	Высокая
Микроспоридии	Вероятно, но данные ограничены; инфицируются преимущественно люди с синдромом приобретенного иммунодефицита	Выявлены, персистенция ^c возможна	Умеренная
<i>Toxoplasma gondii</i>	Одна вспышка зафиксирована в 1995 г.	Длительное	Высокая
Гельминты			
<i>Fasciola spp.</i>	Вероятно; выявлены в воде в гиперэндемических регионах	Выявлены	Высокая
Свободноживущие нематоды, за исключением <i>Dracunculus medinensis</i>	Вероятно, но передача происходит прежде всего через продукты питания или почву	Выявлены и могут размножаться	Высокая

^a Подробнее об этих и других патогенах см. в главе 11.

^b Когда патоген в инфективной фазе находится в свободно-взвешенном состоянии в воде, обрабатываемой с применением обычных доз и при обычном контактном времени и при pH от 7 до 8. Низкая означает инактивацию на 99% при 20 °С, как правило, менее чем за 1 мин., умеренная – за 1–30 мин., высокая – более чем за 30 мин. Следует отметить, что организмы, выживающие и размножающиеся в анаэробных биофильтрах, например *Pseudomonas aeruginosa*, защищены от воздействия хлора.

^c Под персистенцией понимается возможность выживания в течение 1 месяца и более.

Что касается патогенов, передаваемых фекально-оральным путем, то единственным средством переноса таких патогенов является питьевая вода. Загрязненная пища, руки, посуда и одежда также могут играть свою роль, особенно при неблагоприятной санитарно-гигиенической обстановке в местах проживания. Важными факторами противодействия фекально-оральному способу передачи болезни

являются повышение качества воды и ее доступности, более эффективное удаление фекалий и улучшение ситуации в области гигиены в целом.

Микробная безопасность питьевой воды связана не только с фекальным загрязнением. Некоторые организмы (например, *Legionella*) размножаются в трубопроводных системах распределения воды, а другие [например, ришта *Dracunculus medinensis*] встречаются в источниках воды, и многие из них могут вызывать вспышки и отдельные случаи заболеваний. Для удаления некоторых других микробов (например, токсической цианобактерии) требуются особые методы регулирования, которые рассматриваются в других разделах настоящего Руководства (см. раздел 11.5).

Хотя потребление загрязненной питьевой воды представляет собой наиболее серьезный риск, заболевания могут также передаваться иными путями, причем некоторые патогены (например, аденовирусы) передаются несколькими путями (рисунок 7.1). Некоторые серьезные заболевания могут возникнуть в результате вдыхания мелких капель воды (аэрозолей), в которых организмы-возбудители размножаются при благоприятной температуре и при наличии питательных веществ. К числу таких болезней относятся легионеллез, вызываемый *Legionella* spp., а также болезни, вызываемые амобой *Naegleria fowleri* (первичный амебный менингоэнцефалит), а также микроорганизмом *Acanthamoeba* spp. (амебный менингит, легочные инфекции).

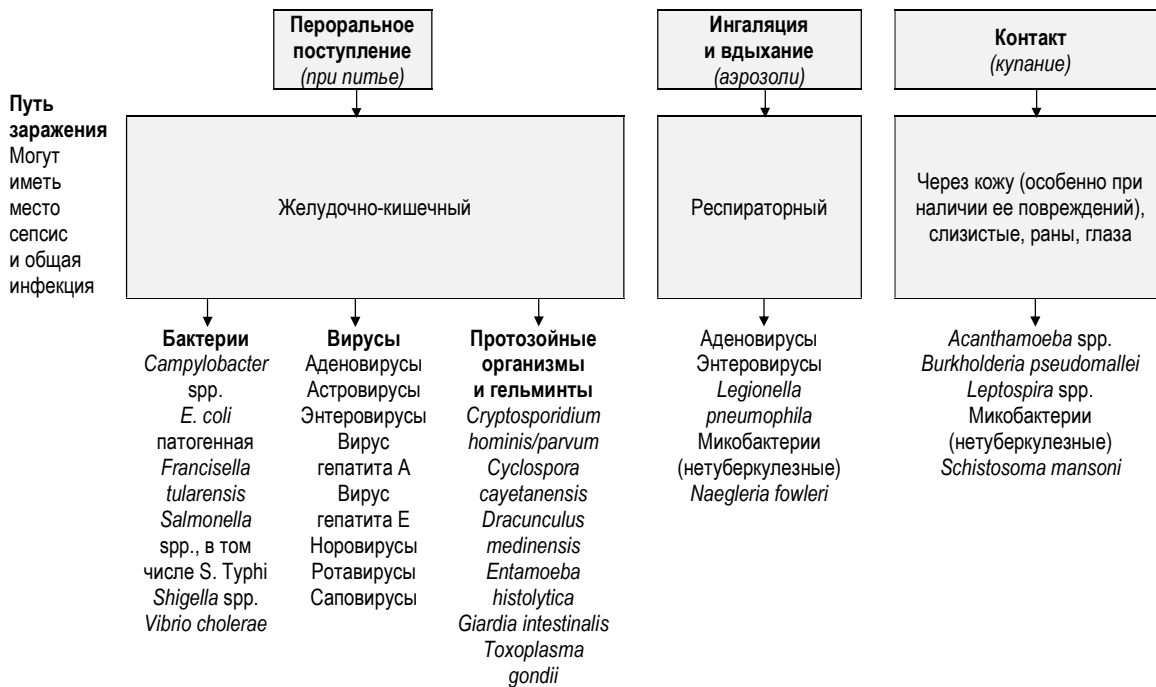


Рисунок 7.1. Пути передачи связанных с водой патогенов и их примеры

Шистосомоз (бильгарциоз) является основным паразитарным заболеванием в тропических и субтропических регионах, которое передается при проникновении под кожу личинок (церкариев), выделяемых инфицированными улитками. Заболевание передается главным образом при контакте с водой. Наличие в свободном доступе безопасной питьевой воды, снижающее необходимость контакта с загрязненными

источниками воды, например при сборе воды для домашних нужд или использовании воды для купания или стирки, способствует профилактике этой болезни.

Очевидно, что небезопасная питьевая вода, загрязненная почвой или фекалиями, может переносить другие паразитарные инфекции, такие как *Balantidium coli* (балантидиоз), а также некоторые гельминтозные инфекции (виды *Fasciola*, *Fasciolopsis*, *Echinococcus*, *Spirometra*, *Ascaris*, *Trichuris*, *Toxocara*, *Necator*, *Ancylostoma*, *Strongyloides* и *Taenia solium*). Однако в большинстве этих случаев передача инфекции обычно происходит тогда, когда при приеме пищи, загрязненной фекалиями или почвой, содержащей фекалии, в организм попадают яйца паразитов (как в случае *Taenia solium*, когда при употреблении в пищу сырой свинины в организм попадают личинки пузырчатого глиста), а не при употреблении загрязненной питьевой воды.

Другие патогены, которые естественным образом могут присутствовать в окружающей среде, могут вызывать заболевания у представителей уязвимых групп населения, например у пожилых людей или детей раннего возраста, у пациентов с ожогами или обширными ранами, у тех, кто проходит иммуносупрессивную терапию, или у лиц с синдромом приобретенного иммунодефицита (СПИД). Если вода, которую такие лица используют для питья или купания, содержит в достаточном количестве вышеперечисленные организмы, они могут вызывать различные виды инфекции кожи, слизистых оболочек глаз, уха, носа и горла. Примерами таких организмов являются *Pseudomonas aeruginosa* и виды *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Aeromonas*, а также некоторые "медленноразмножающиеся" (нетуберкулезные) микобактерии (см. вспомогательный документ *Pathogenic mycobacteria in water* Приложение 1). Ряд подобных организмов перечислен в таблице 7.2 (и подробнее представлен в главе 11).

Большинство патогенных для человека организмов, приведенных в таблице 7.1 (подробнее см. в главе 11), распространены во всем мире. Однако некоторые организмы, например вызывающие вспышки холеры или дракункулеза, существуют только в определенных регионах. Ликвидация *Dracunculus medinensis* была определена в качестве цели Всемирной ассамблеи здравоохранения (1991 г.).

Весьма вероятно, что существуют патогены, не отраженные в таблице 7.1 и также передаваемые через воду. Это связано с тем, что количество выявленных патогенов, передаваемых с водой, продолжает возрастать по мере того, как обнаруживаются новые или ранее неизвестные патогены (WHO, 2003).

7.1.2 Вновь возникающие проблемы

К категории "вновь возникающих проблем" в отношении питьевой воды отнесен ряд процессов. Изменения глобального характера, такие как человеческое развитие, рост численности и перемещения населения, а также изменение климата (см. раздел 6.1), сказываются на качестве и количестве водных ресурсов, и это может повлиять на риски, связанные с передаваемыми через воду заболеваниями. В период с 1972 по 1999 г. были выявлены 35 новых возбудителей заболеваний, а многие другие возбудители вновь активизировались после длительных периодов покоя либо появляются в регионах, где ранее они не наблюдались (WHO, 2003). В 2003 г. было установлено, что возбудителем тяжелого острого респираторного синдрома, вспышка которого затронула ряд стран, является один из штаммов коронавируса. Совсем недавно вирусы гриппа, носителями которых являются животные, в ряде случаев передавались людям, в результате чего имели место пандемии и сезонные эпидемии гриппа (см. вспомогательный документ *Review of latest available evidence on potential transmission of avian influenza (H5N1) through water and sewage and ways to reduce the*

risks to human health, Приложение 1). Зоонозные патогены составляют до 75% вновь появляющихся патогенов, и они, наряду с патогенами, передаваемыми исключительно от человека к человеку, представляют собой все большую угрозу для здоровья человека. Зоонозные патогены создают наиболее сложные проблемы в плане обеспечения в настоящее время и в будущем безопасности питьевой воды и воды источников (см. вспомогательный документ *Waterborne zoonoses*, Приложение 1). Каждый вновь появляющийся патоген, будь то зоонозный или иной, требует изучения на предмет его передаваемости через воду, а в случае положительного ответа – на предмет того, какие меры профилактики и контроля можно предложить для сведения этого риска к минимуму.

7.1.3 Жизнеспособность и размножение в воде

Такие водопатогенные организмы, как *Legionella*, могут размножаться в воде, тогда как другие зависящие от организма хозяина водопатогенные организмы, например норовирусы и *Cryptosporidium*, в воде не размножаются, но могут в ней существовать.

Зависящие от организма хозяина переносимые водой патогены, покинув организм хозяина, постепенно теряют жизнеспособность и способность инфицировать. Темпы отмирания обычно экспоненциальны, и по истечении определенного периода патоген более не поддается выявлению. Патогены с пониженной жизнеспособностью вынуждены незамедлительно находить нового хозяина, и вероятность их распространения выше при контакте между людьми или при несоблюдении правил личной гигиены, чем через питьевую воду. На жизнеспособность влияют ряд факторов, наиболее важным из которых является температура. При более высоких температурах разрушение патогена происходит быстрее, и этому может способствовать летальное воздействие ультрафиолетовой радиации, содержащейся в солнечном свете, который попадает в поверхностные воды.

Относительно большие количества биоразлагаемого органического углерода при наличии теплой воды и при низких остаточных концентрациях хлора могут обеспечить размножение *Legionella*, *Vibrio cholerae*, *Naegleria fowleri*, *Acanthamoeba* и сорных организмов в некоторых видах поверхностных вод и в процессе водораспределения (см. также вспомогательные документы *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety* и *Legionella and the prevention of legionellosis*, Приложение 1).

Качество воды по микробиологическим параметрам может изменяться быстро и в широких пределах. Кратковременные резкие всплески концентрации патогенов могут значительно повышать риск заболеваний и могут также инициировать вспышки болезней, передаваемых через воду. Микроорганизмы могут накапливаться в донных отложениях и приходят в движение при увеличении водного потока. Результаты микробиологических анализов качества воды обычно поступают несвоевременно, что не позволяет опереться на них для принятия ответных мер и предотвратить подачу небезопасной воды потребителям.

7.1.4 Медико-санитарные аспекты

Вспышки заболеваний, передаваемых через воду, могут затронуть большое число лиц, поэтому при разработке и применении мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), направленных на обеспечение качества питьевой воды, в первую очередь необходимо предусматривать меры борьбы с подобными вспышками. Кроме того, есть основания полагать, что питьевая вода может способствовать поддержанию фоновых значений заболеваемости при отсутствии

вспышек, поэтому меры по обеспечению качества питьевой воды должны быть также направлены на борьбу с болезнями, передаваемыми через воду, в общине в целом.

Опыт показал, что системы выявления вспышек заболеваний, передаваемых через воду, обычно неэффективны в любых странах, независимо от уровня их социально-экономического развития, и отсутствие выявленных вспышек не является гарантией того, что они не происходят; это также не дает основания предполагать, что питьевую воду поэтому обязательно следует считать безопасной.

Некоторые патогены, о которых известно, что они передаются через загрязненную питьевую воду, вызывают тяжелые и нередко опасные для жизни заболевания. К числу подобных заболеваний относятся тиф, холера, инфекционный гепатит (вызываемый вирусом гепатита А или гепатита Е), а также заболевания, вызываемые *Shigella* spp. и *E. coli* O157. Другие патогены (например, норовирусы, *Cryptosporidium*) обычно вызывают менее тяжкие последствия, например самоизлечивающуюся диарею.

Патогены неодинаково воздействуют на разных людей и, соответственно, на различные группы населения. Неоднократное воздействие патогена может обуславливать меньшую вероятность или тяжесть заболевания вследствие приобретенного иммунитета. В случае некоторых патогенов (например, вируса гепатита А) приобретается пожизненный иммунитет, а в случае других (например, *Campylobacter*) защитный эффект обеспечивается на период от нескольких месяцев до нескольких лет. С другой стороны, у уязвимых групп населения (например, у малолетних, пожилых, беременных женщин и лиц с нарушенным иммунитетом) вероятность заболеть может быть выше, а само заболевание может оказаться более тяжелым и даже летальным. Не все патогены оказывают более сильное воздействие на все уязвимые группы населения.

Симптоматическое заболевание развивается не у всех инфицированных лиц. Доля инфицированных лиц в асимптоматическом состоянии (включая переносчиков) для различных патогенов различна и также зависит от характерных особенностей населения, таких как наличие иммунитета. Лица с асимптоматическими инфекциями, а также те, кто болеет в настоящее время или уже перенес болезнь, могут способствовать вторичному распространению патогенов.

7.2 Установление целевых показателей в области здравоохранения

7.2.1 Применение целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, к микробным опасным факторам

Описание общих подходов к установлению целевых показателей исходя из требований охраны здоровья содержится в [разделе 2.1](#) и [главе 3](#).

Источниками информации в отношении медико-санитарных рисков могут быть как исследования в области эпидемиологии, так и КОМР, и исследования обоих типов обычно используются в качестве взаимодополняющих. Сдерживающим фактором при установлении целевых показателей исходя из требований охраны здоровья в отношении многих патогенов может стать нехватка данных. Постепенно увеличивается массив дополнительных данных, получаемых в ходе как эпидемиологических исследований, так и КОМР. Получаемые на местах данные всегда будут крайне важны для установления национальных целевых показателей.

Целевые показатели могут устанавливаться исходя из требований охраны здоровья непосредственно на основе данных о результативности медико-санитарных мер, когда бремя заболеваемости передаваемыми через воду болезнями считается

достаточно значительным для измерения степени результативности осуществляемых мер вмешательства – а именно эпидемиологического измерения степени снижения заболеваемости, которое может быть связано с повышением качества питьевой воды.

Интерпретация и использование получаемой в ходе аналитических эпидемиологических исследований информации в целях установления целевых показателей исходя из требований охраны здоровья для применения на национальном или местном уровне требует учета ряда факторов, включая нижеследующие вопросы.

- Следует ли указывать конкретные расчетные величины уменьшения заболеваемости или индикативные пределы ожидаемого уменьшения?
- Насколько исследуемая выборка была репрезентативной по отношению к целевой группе населения и насколько она обеспечивает достоверность результатов применительно к более широким группам?
- Насколько незначительные различия в демографических или социально-экономических условиях отразятся на предполагаемых результатах?

Как правило, КОМР берутся за основу при установлении относящихся к сфере микробиологии целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, особенно в тех случаях, когда доля заболеваний, связанных с питьевой водой, невелика или с трудом поддается непосредственному измерению силами служб санэпиднадзора или в рамках аналитических эпидемиологических исследований.

Чаще всего для контроля микробных опасных факторов применяется такая категория целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья, как показатели эффективности (см. раздел 3.3.3), обусловленные заранее определенным допустимым бременем заболеваемости и устанавливаемые посредством проведения КОМР и при учете качества сырой воды. Целевые показатели качества воды (см. раздел 3.3.2) для патогенов, как правило, не устанавливаются; мониторинг обработанной воды на предмет патогенов считается непрактичной и нерентабельной мерой, поскольку концентрация патогенов на допустимом уровне риска составляет, как правило, менее 1 организма на 10^4 – 10^5 литров.

7.2.2 Контрольные патогены

Устанавливать целевые показатели эффективности в отношении всех водопатогенных организмов, включая бактерии, вирусы, протозойные организмы и гельминты, было бы непрактичным, и для этого нет достаточных данных. Более разумный подход заключается в выделении контрольных патогенов в качестве представителей групп патогенов, с учетом различия в характеристиках, поведении и факторах уязвимости каждой такой группы при разных процессах обработки воды. Как правило, выделяются контрольные патогены, представляющие бактерии, вирусы, протозойные организмы и гельминты.

При отборе контрольных патогенов следует учитывать все приведенные ниже факторы:

- передача через воду выявлена в качестве пути передачи инфекции;
- имеется достаточно данных для проведения КОМР, включая данные о взаимосвязи между дозой и реакцией и данные о бремени заболевания;
- наличие в источнике воды;
- выживаемость в окружающей среде;
- восприимчивость к удалению или подавлению активности в ходе обработки;
- инфективность, частота возникновения и степень тяжести заболеваний.

Некоторые из этих факторов, например выживаемость в окружающей среде и восприимчивость к обработке, связаны с конкретными особенностями контрольных патогенов. Другие факторы могут зависеть от особенностей ситуации на местах. К числу подобных особенностей могут относиться бремя заболеваний, передаваемых через воду, на которое может влиять выживаемость организмов из других источников, уровни иммунитета и питания (например, исход ротавирусных инфекций может быть разным в регионах с высоким и низким уровнем дохода), а также наличие организмов в источнике воды (например, токсикогенные *Vibrio cholerae* и *Entamoeba histolytica* более распространены в определенных географических регионах, тогда как *Naegleria fowleri* присутствует в более теплых водах).

Отбор контрольных патогенов

Процесс отбора контрольных патогенов может различаться по странам и регионам, и проводить его следует с учетом местных условий, включая частоту возникновения и степень тяжести заболеваний, передаваемых через воду, и особенности источника воды (см. [раздел 7.3.1](#)). При отборе контрольных патогенов необходимо учитывать данные о распространенности и степени тяжести болезни. Вместе с тем спектр потенциальных контрольных патогенов ограничивается наличием данных, особенно в том, что касается необходимых для КОМП моделей дозозависимой реакции организма человека.

Принятие решений относительно отбора контрольных патогенов должно проводиться на основании данных из всех доступных источников, в том числе служб эпиднадзора за инфекционными заболеваниями и целевых исследований, исследований вспышек заболеваний и данных учета случаев заболевания, подтвержденных лабораторно. Подобные данные могут помочь выделить патогены, которые, по всей вероятности, вносят наибольший вклад в бремя заболевания, передаваемого через воду. Именно такие патогены может быть целесообразно выбрать в качестве контрольных и учитывать при установлении целевых показателей исходя из требований охраны здоровья.

Вирусы

Вирусы – это самые маленькие по размеру патогены, и поэтому их сложно удалить физическим путем, например фильтрацией. Некоторые вирусы могут хуже поддаваться дезинфекции, чем бактерии и паразиты (например, аденовирус менее восприимчив к ультрафиолетовым лучам). Вирусы могут длительное время существовать в воде. Инфицирующие дозы, как правило, невелики. Обычно круг хозяев вируса ограничен, а многие из них видоспецифичны. Большинство энтеровирусов человека не переносятся животными, хотя здесь встречаются исключения, в том числе некоторые виды вируса гепатита Е ([таблица 7.1](#)).

В качестве возможных контрольных патогенов были выделены ротавирусы, энтеровирусы и норовирусы. Ротавирусы являются наиболее значимым возбудителем у детей желудочно-кишечных инфекций, чреватых тяжелыми последствиями, вплоть до госпитализации и летального исхода, причем последний гораздо чаще имеет место в регионах с низким уровнем дохода. Для ротавирусов существует модель зависимости реакции от дозы, однако нет рутинного культурального метода определения количества инфекционных единиц. Как правило, инфицированные пациенты выделяют ротавирусы в очень больших количествах, и эти вирусы могут содержаться в высоких концентрациях в воде, загрязненной отходами жизнедеятельности человека. Были зафиксированы отдельные вспышки болезней, передаваемых через воду. В странах с низким уровнем дохода ведущую роль играют, по всей вероятности, не водные, а иные источники.

Энтеровирусы, включая полиовирусы и недавно выявленные пареховирусы, могут вызывать протекающее в мягкой форме лихорадочное заболевание, однако они также являются важными возбудителями серьезных заболеваний у детей, таких как паралич, менингит и энцефалит. Для энтеровирусов разработана модель зависимости реакции от дозы и существует рутинный культуральный метод определения количества инфекционных частиц. Инфицированные пациенты выделяют энтеровирусы в очень больших количествах, и эти вирусы могут содержаться в высоких концентрациях в воде, загрязненной отходами жизнедеятельности человека.

Норовирусы являются основным возбудителем острых гастроэнтеритов во всех возрастных группах. Симптомы заболевания, как правило, выражены слабо и лишь в редких случаях – на протяжении более трех дней. Вместе с тем инфекция не дает длительного защитного иммунитета. Таким образом, бремя заболевания в расчете на конкретный случай ниже, чем для ротавирусов. Причиной многих вспышек заболевания считается питьевая вода. Для определения степени инфективности разных видов норовируса была разработана модель дозозависимой реакции, однако культурального метода не существует.

Бактерии

В целом бактерии – это группа патогенов, в наибольшей степени поддающаяся нейтрализации в процессе дезинфекции. Некоторые свободно живущие патогены, например *Legionella* и нетуберкулезные микобактерии, могут размножаться в водной среде, однако кишечные бактерии, как правило, не размножаются в воде и выживают в ней в течение более коротких периодов, нежели вирусы и протозойные организмы. Многие инфективные для людей виды бактерий переносятся животными.

Для многих потенциально передаваемых через воду бактериальных патогенов, в том числе для *Vibrio*, *Campylobacter*, *E. coli* O157, *Salmonella* и *Shigella*, известны модели дозозависимой реакции.

Токсикогенная *Vibrio cholerae* может вызывать водянистую диарею. Если ее не лечить, как это происходит там, где люди покидают места постоянного проживания из-за конфликтов или стихийных бедствий, уровень смертности оказывается очень высоким. Инфективная доза относительно высока. Имеются различные описания масштабных вспышек заболевания при передаче инфекции через воду, которые происходят по сей день.

Campylobacter является важным возбудителем диареи по всему миру. Болезнь может иметь очень разные симптомы, однако уровень смертности низок. Инфективная доза в сравнении с другими бактериальными патогенами относительно низка и может составлять менее 1000 организмов. Бактерия относительно широко распространена в окружающей среде, и зафиксированы вспышки заболевания с передачей инфекции через воду.

Заражение через воду инфекцией *E. coli* O157 и другими энтерогеморрагическими инфекциями, вызываемыми другими видами *E. coli*, происходит гораздо реже, нежели заражение инфекцией *Campylobacter*, однако инфекция имеет более серьезные проявления, включая гемолитико-уремический синдром и летальный исход. Инфективная доза может быть очень низкой (менее 100 организмов).

Shigella ежегодно является причиной более 2 млн. случаев инфекции, в том числе примерно 60 000 случаев смерти, преимущественно в развивающихся странах. Инфективная доза низка и может составлять примерно 10–100 организмов. Были зарегистрированы случаи вспышек заболевания с передачей инфекции через воду.

Хотя нетифоидная *Salmonella* лишь в редких случаях становится причиной вспышек заболеваний, передаваемых через воду, *S. Typhi* является причиной масштабных и сопряженных с тяжкими последствиями вспышек тифа, передаваемого через воду.

Протозойные организмы

Протозойные организмы – группа патогенов, наименее восприимчивая к нейтрализации путем дезинфекции с применением химических веществ. Ультрафиолетовое излучение эффективно воздействует на *Cryptosporidium*, но *Cryptosporidium* крайне устойчивы к воздействию окисляющих дезинфицирующих веществ, например хлора. Протозойные организмы являются средними по размеру ($> 2 \mu\text{m}$), и их можно устранять физическим путем. Они способны выживать в воде в течение длительного времени. Их отличает умеренная видоспецифичность. Скот и люди могут выступать в качестве источников протозойных организмов, таких как *Cryptosporidium* и *Balantidium*, тогда как единственными носителями патогенных *Cyclospora* и *Entamoeba* являются люди. Инфективные дозы обычно низки.

Для *Giardia* и *Cryptosporidium* существуют модели дозозависимой реакции. Инфекции, переносимые *Giardia*, обычно более распространены, нежели инфекции, переносимые *Cryptosporidium*, и в первом случае симптомы могут сохраняться на протяжении более длительного времени. Вместе с тем *Cryptosporidium* мельче, чем *Giardia*, и поэтому их труднее удалить физическими методами. Кроме того, они более устойчивы к воздействию окисляющих дезинфицирующих веществ, и имеются данные о том, что в водной среде они могут существовать дольше.

7.2.3 Количественная оценка микробиологического риска

КОМР систематически использует имеющиеся данные об экспозиции (то есть о количестве попавших в организм патогенов) в комбинации с моделями дозозависимой реакции для расчетов вероятности инфицирования в результате воздействия находящихся в питьевой воде патогенов. Для оценки бремени болезней могут использоваться данные эпидемиологического надзора относительно частоты бессимптомных инфекций, а также продолжительности и степени тяжести заболевания.

КОМР может применяться для определения качественных целевых показателей и в качестве основы для оценки воздействия мер по повышению качества воды на здоровье групп и подгрупп населения. Математическое моделирование может применяться для оценки воздействия на здоровье малых доз патогенов, содержащихся в питьевой воде.

Оценка риска, в том числе КОМР, начинается с постановки проблемы, позволяющей выявить все возможные факторы риска и пути их движения от источников до получателей. Воздействие патогенов на человека (концентрации в окружающей среде и количество, попавшее в организм) и реакция отдельных (или контрольных) организмов на определенную дозу патогенов в сочетании позволяют оценить риск. Ввод дополнительной информации (социального, культурного, политического, экономического, экологического характера и т. д.), позволяет определить приоритетность действий. Чтобы заручиться поддержкой заинтересованных сторон и привлечь их к участию, необходимо на каждой стадии процесса обеспечивать открытость и активное информирование о рисках. Пример подхода к оценке риска приводится в таблице 7.3 и излагается ниже.

Таблица 7.3. Пример оценки рисков, обусловленных взаимодействием патогена на здоровье человека

Этап	Цель
1. Постановка проблемы и выявление опасных факторов	Выявить все возможные опасные факторы, связанные с питьевой водой, которые могут иметь неблагоприятные медико-санитарные последствия, а также пути их движения от источника (источников) до потребителя (потребителей)
2. Оценка воздействия	Определить размеры и характер группы населения, подвергшейся воздействию, а также путь, интенсивность и продолжительность воздействия
3. Оценка дозозависимой реакции	Охарактеризовать взаимосвязь между воздействием патогена и последствиями для здоровья
4. Характеристика риска	Свести воедино данные о воздействии патогенов, реакции организма на определенную дозу и медико-санитарных мероприятиях в целях оценки масштаба проблемы общественного здравоохранения и учета факторов для изменчивости и неопределенности

Источник: по материалам Haas, Rose & Gerba (1999)

Постановка проблемы и выявление опасных факторов

Все потенциальные опасные факторы, источники и события, которые могут стать причиной появления микробных патогенов (то есть что именно может случиться и как), необходимо выявить и документально оформить для каждого компонента системы питьевого водоснабжения, независимо от того, находится ли данный компонент под непосредственным контролем поставщика питьевой воды. К числу таких факторов могут относиться точечные источники загрязнения (например, бытовые и промышленные отходы), а также диффузные источники (например, загрязнение, связанное с ведением сельского хозяйства и животноводства). Следует также учитывать непрерывное, периодическое или сезонное загрязнение, а также экстремальные и нечастые события, такие как засухи и наводнения.

В более широком смысле опасные факторы следует рассматривать с точки зрения опасных сценариев, то есть событий, могущих привести к воздействию определенных патогенных организмов на потребителей. Подобные события (например, пиковое загрязнение источника воды бытовыми стоками) могут квалифицироваться как опасные.

Поскольку проводить КОМР для каждого выявленного опасного фактора не представляется возможным, выбираются такие репрезентативные (или контрольные) организмы, борьба с которыми обеспечит контроль в отношении всех вызывающих опасение патогенов. Обычно для этого необходимо провести анализ по крайней мере одного из видов бактерий, вирусов, протозойных организмов или гельминтов. Чтобы проиллюстрировать проведение оценки риска и расчет целевых показателей эффективности, в настоящем разделе в качестве контрольных патогенов использованы *Campylobacter*, ротавирус и *Cryptosporidium*.

Оценка воздействия

Оценка воздействия в контексте потребления питьевой воды предполагает определение количества патогенных микроорганизмов, попадающих в организм человека главным образом путем заглатывания. Оценка воздействия обязательно предполагает неопределенность, и в ней должны учитываться такие факторы, как изменения

концентрации патогенов с течением времени и количество патогенов, попадающих в организм.

Под воздействием понимается единичная доза патогенов, попадающая в организм человека в определенный момент времени, или их общее количество, попадающее в организм в несколько приемов (например, в течение года). Воздействие определяется концентрацией патогенов в питьевой воде и количеством потребляемой воды.

Лишь в редких случаях представляется возможным или необходимым регулярно измерять количество патогенов в питьевой воде. Чаще всего принимается за заданную величину или измеряется концентрация патогенов в неочищенной воде, и ее расчетное уменьшение, достигаемое, например, благодаря очистке воды, используется для расчета концентрации патогенов в потребляемой воде. Измерение количества патогенов, если таковое проводится, обычно лучше всего осуществлять в том месте, где патогены присутствуют в наивысших концентрациях (обычно в неочищенной воде). Расчет их удаления посредством поэтапных мер очистки обычно производится с использованием индикаторных организмов, например *E. coli* для кишечных бактериальных патогенов (см. [раздел 7.4](#); см. также вспомогательный документ *Water treatment and pathogen control* в [Приложении 1](#)).

Еще один компонент оценки воздействия патогенов, являющийся общим для всех патогенов, – это количество некипяченой воды, потребляемой населением с учетом различий в потреблении воды между различными лицами, и в особенности с учетом потребления воды уязвимыми группами населения. Что касается опасностей бактериального загрязнения, важно, чтобы при расчете риска использовалось количество некипяченой питьевой воды, потребляемой непосредственно и используемой в приготовлении пищи, поскольку нагревание быстро инактивирует патогены. Это количество воды меньше, чем то, которое используется при расчете целевых показателей в отношении качества воды, например рекомендуемых значений для химической очистки.

Интенсивность ежедневного воздействия содержащихся в питьевой воде патогенов на человека рассчитывается путем умножения показателя концентрации патогенов в питьевой воде на объем (то есть дозу) потребляемой питьевой воды. Для целей примерного расчета потребление некипяченой питьевой воды предполагается равным одному литру воды в день, однако предпочтительнее иметь конкретные данные о потреблении питьевой воды в данной местности.

Оценка дозозависимой реакции

Вероятность неблагоприятных последствий для здоровья в результате воздействия одного или нескольких патогенных организмов рассчитывается на основе модели дозозависимой реакции. Данные, касающиеся дозозависимой реакции, получены главным образом по результатам наблюдения за группой здоровых взрослых добровольцев. Вместе с тем отсутствуют необходимые данные по уязвимым подгруппам населения, таким как дети, пожилые люди и лица с нарушенным иммунитетом, для которых последствия таких заболеваний могут оказаться более тяжелыми.

Концептуальной основой модели дозозависимой реакции является тот факт, что воздействие определенной дозы патогенов создает вероятность инфекции как обусловленного явления: чтобы произошло инфицирование, в организм человека должен проникнуть один или более жизнеспособных патогенов. Кроме того, один или более таких проникших патогенов должны в организме человека выжить. Важной исходной точкой здесь является принцип точечного воздействия (то есть что даже единственный патоген может оказаться способным вызвать инфекцию и заболевание).

Эта концепция пришла на смену концепции (минимальной) дозы инфицирования, которая нередко использовалась в литературе ранее (см. вспомогательный документ *Hazard Characterization for Pathogens in Food and Water*, Приложение 1).

В целом распределение патогенов в воде подчиняется закону Пуассона. В тех случаях, когда каждый из организмов имеет равную возможность выжить и инициировать инфекцию, дозозависимое отношение сводится к экспоненциальной функции. Однако если в индивидуальной вероятности инфицирования наблюдается неоднородность, то это создает бета-дозозависимое распределение Пуассона, где "бета" означает распределение индивидуальных вероятностей инфицирования между патогенами (и реципиентами). При низких уровнях воздействия, которые обычно имеют место при потреблении питьевой воды, дозозависимая реакция имеет примерно линейный вид и может быть упрощенно представлена как вероятность инфицирования в результате воздействия единственного микроорганизма (см. вспомогательный документ *Hazard characterization for pathogens in food and water*, Приложение 1).

Характеристика риска

Характеристика риска объединяет имеющиеся данные о воздействии патогена, дозозависимой реакции, масштабах распространенности и тяжести заболевания.

Вероятность инфекции может быть рассчитана путем умножения показателя воздействия питьевой воды на вероятность того, что воздействие одного организма вызовет инфицирование. Для расчета вероятности инфицирования в течение года вероятность инфекции в день умножается на 365. При этом предполагается, что различные случаи воздействия патогенов независимы и защитного иммунитета не возникает. Подобные упрощения справедливы лишь для случаев незначительного риска, подобных тем, что рассматриваются в настоящем документе.

Не у всех инфицированных лиц проявятся клинические симптомы заболевания; для большинства патогенов характерна бессимптомная инфекция. Доля инфицированных лиц, у которых проявятся клинические симптомы, зависит от патогена, но также от других факторов, таких как состояние иммунной системы инфицированного лица. Риск заболеваний в год рассчитывается путем умножения вероятности инфицирования на вероятность развития болезни в результате такого инфицирования.

Малые величины, показанные в таблице 7.4, можно рассматривать как вероятность того, что у отдельного лица заболевание разовьется в течение данного года. Например, риск заболевания, вызываемого микроорганизмом *Campylobacter*, $2,2 \times 10^{-4}$ в год, указывает на то, что в результате потребления питьевой воды кампилобактериозом будет инфицирован в среднем 1 из 4600 человек.

Таблица 7.4. Взаимосвязь между приемлемым бременем болезни и качеством необработанной воды по эталонным патогенам: примеры расчетов

Речная вода (загрязнение отходами жизнедеятельности человека и скота)	Единицы	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Campylobacter</i>	Ротавирус^a
Качество необработанной воды (C_R)	Количество организмов на литр	10	100	10
Степень очистки, необходимая для обеспечения приемлемого риска (PT)	Уменьшение содержания в единицах по логарифмической шкале с основанием 10	5,89	5,98	5,96
Качество питьевой воды (C_D)	Количество микроорганизмов на литр	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,05 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-5}$
Потребление некипяченой питьевой воды (V)	Количество литров в день	1	1	1
Воздействие питьевой воды (E)	Количество микроорганизмов в день	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,05 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-5}$
Дозозависимая реакция (r) ^b	Вероятность инфекций на организм	$2,0 \times 10^{-1}$	$1,9 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-1}$
Риск инфекции ($P_{inf,d}$)	В день	$2,6 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-6}$	$6,5 \times 10^{-6}$
Риск инфекции ($P_{inf,y}$)	В год	$9,5 \times 10^{-4}$	$7,3 \times 10^{-4}$	$2,4 \times 10^{-3}$
Риск возникновения заболевания (диарейного), вызванного данной инфекцией ($P_{ill inf}$)	Вероятность возникновения заболевания в результате инфицирования	0,7	0,3	0,5
Риск возникновения заболевания (диарейного) (P_{ill})	В год	$6,7 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-3}$
Бремя заболевания (db)	DALY на один случай заболевания	$1,5 \times 10^{-3}$	$4,6 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-2}$
Подверженная часть (f_s)	Доля населения	100	100	6
Целевой показатель, касающийся результатов мер по охране здоровья (ЦПМЗ)	DALY на год ^c	1×10^{-6}	1×10^{-6}	1×10^{-6}
Формулы:		$C_D = C_R \div 10^{PT}$	$P_{ill} = P_{inf,y} \times P_{ill inf}$	
		$E = C_D \times V$	$HT = P_{ill} \times db \times f_s \div 100$	
		$P_{inf,d} = E \times r$		

DALY – количество лет жизни, скорректированных на инвалидность

^a Данные по регионам с высоким уровнем дохода. В регионах с низким уровнем дохода степень тяжести, как правило, выше (см. вспомогательный документ *Quantifying public health risk in the WHO Guidelines for drinking-water quality*, Приложение 1).

^b Данные о дозозависимой реакции для *Campylobacter* и ротавируса – по материалам Haas, Rose & Gerba (1999), для *Cryptosporidium* – по материалам вспомогательного документа *Risk assessment of Cryptosporidium in drinking water* (Приложение 1).

^c В расчете на лицо, потребляющее 1 литр воды в день (V).

Для пересчета риска развития конкретного заболевания в бремя болезни из расчета на один случай используется показатель количества лет жизни, скорректированных на инвалидность (DALY) (см. вставку 3.1 в главе 3). Этот показатель отражает не только последствия при острых предельных значениях (например, диарейном заболевании), но также смертность и последствия более опасных предельных значений (например, синдром Гийена–Барре, ассоциируемый с *Campylobacter*). Бремя заболеваний из расчета на единичный случай изменяется в

широких пределах. Например, рассчитываемое на 1000 случаев бремя заболеваний, связанных с ротавирусной диареей, составляет 480 DALY в регионах с низким уровнем дохода, где нередко отмечается детская смертность. Однако оно составляет лишь 14 DALY на 1000 случаев в регионах с высоким уровнем дохода, где больницы доступны для значительного большинства населения (см. вспомогательный документ *Quantifying public health risk in the WHO Guidelines for drinking-water quality*, Приложение 1). Эта значительная разница в показателях бремени болезней определяет гораздо более жесткие требования к очистке сырой воды аналогичного качества в регионах с низким уровнем дохода в целях достижения аналогичной степени риска (выражаемой в DALY на человека в год). В идеальном случае представленный в таблице 7.4 целевой показатель, касающийся результатов мер по охране здоровья, 10^{-6} DALY на человека в год, следует адаптировать к ситуации в конкретной стране. В таблице 7.4 не учитываются последствия воздействия патогенов на лиц с нарушенным иммунитетом (например, в случае криптоспориоза у пациентов с вирусом иммунодефицита человека или СПИДом), что имеет большое значение в некоторых странах. В разделе 3.2 приводится более подробная информация о показателе DALY и его применении для расчета контрольного уровня риска.

К некоторым патогенам может быть восприимчива лишь определенная доля населения, поскольку иммунитет, приобретенный после первоначального эпизода инфицирования или заболевания, может сохраняться в течение всей жизни. К таким патогенам относятся вирус гепатита А и ротавирусы. Согласно расчетам, в развивающихся странах все дети в возрасте старше пяти лет имеют иммунитет против ротавирусов, поскольку неоднократно подвергались его воздействию в течение первых лет жизни. В результате вызываемым ротавирусом болезням подвержены в течение жизни в среднем 17% населения. В развитых странах ротавирусная инфекция также нередко имеет место в первые годы жизни и заболевание диагностируется главным образом у детей раннего возраста, однако доля детей раннего возраста в общей численности населения ниже. В результате в развитых странах заболеваемости в среднем подвержены 6% населения.

Неопределенность оценки риска того или иного исхода является результатом неопределенности и изменчивости данных, собираемых на различных этапах оценки риска. В идеале необходимо, чтобы модели оценки риска учитывали эту изменчивость и неопределенность, хотя здесь приводятся лишь точечные оценки (см. ниже).

Важно выбрать наиболее целесообразную точечную оценку для каждой переменной. Теоретические соображения подсказывают, что риски прямо пропорциональны среднему арифметическому дозы патогенов, попадающих в организм. Поэтому в отношении таких переменных, как концентрация в неочищенной воде, степень очистки и потребление питьевой воды, рекомендуется рассчитывать средние арифметические значения. Эта рекомендация отличается от обычной практики микробиологов и инженеров, предполагающей пересчет уровней концентрации и результатов очистки воды в логарифмические значения и проведение расчетов или спецификаций по логарифмической шкале. Подобные расчеты дают скорее геометрические, нежели арифметические средние значения, и риск может быть значительно недооценен. Поэтому для анализа данных по конкретному источнику воды может оказаться необходимым вернуться к исходным данным (то есть к результатам измерений и протестированным объемам), а не полагаться на объявленные данные, пересчитанные в логарифмические значения, поскольку это приводит к неоднозначности результатов.

7.2.4 Установление целевых показателей эффективности на основе оценки риска

Приведенная выше процедура позволяет провести оценку риска для всего населения с учетом качества неочищенной воды и воздействия мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению). Это можно сравнить с контрольным уровнем риска (см. раздел 3.2) или с рассчитываемым для местных условий приемлемым риском. Расчеты позволяют определить количественно степень защиты источника воды или указать, какую очистку необходимо провести, чтобы обеспечить конкретный уровень приемлемого риска, а также проанализировать оценочные результаты изменения мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению).

Показатели эффективности чаще всего применяются в отношении эффективности обработки/очистки воды, то есть для определения того, насколько следует снизить бактериальное содержание, чтобы обеспечить безопасность воды. Показатель эффективности может быть применен в отношении конкретной системы (то есть исходя из конкретных особенностей неочищенной воды в данной местности) или обобщенной системы (например, исходя из допущений о качестве неочищенной воды в источниках воды определенного типа) (см. также вспомогательный документ *Water treatment and pathogen control*, Приложение 1).

На рисунке 7.2 приведены целевые показатели эффективности обработки/очистки воды от ряда патогенов, встречающихся в неочищенной воде. Например, наличие 10 микроорганизмов в одном литре неочищенной воды определяет показатель эффективности в 5,89 log (по логарифмической шкале) (или снижение содержания на 99,99987%) для микроорганизма *Cryptosporidium* или в 5,96 log (снижение содержания на 99,99989%) для ротавирусов в регионах с высоким уровнем дохода, что позволяет выйти на показатель DALY 10^{-6} в расчете на одного человека в год (см. также таблицу 7.5, ниже). Различие в целевых показателях эффективности в отношении ротавируса в странах с высоким и низким уровнем дохода (5,96 и 7,96 log, рисунок 7.2) связано с разной степенью тяжести заболевания, вызываемого этим микроорганизмом. В странах с низким доходом коэффициенты детской смертности относительно велики и вследствие этого более высоким также является бремя заболевания. Кроме того, в странах с низким доходом выше доля населения в возрасте до пяти лет, подверженного риску ротавирусной инфекции.

Расчет этих целевых показателей эффективности см. в таблице 7.5, где приводится пример данных и расчетов, которые обычно используются для построения модели оценки риска в отношении переносимых водой патогенов. В таблице представлены данные из разных источников по представителям трех основных групп патогенов (бактерии, вирусы и протозойные). Эти примерные расчеты имеют целью вычисление контрольного уровня риска в 10^{-6} DALY на человека в год, как это изложено в разделе 3.2. Приводимые в таблице данные иллюстрируют расчеты, необходимые для оценки риска, и не являются нормативными величинами.

7. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

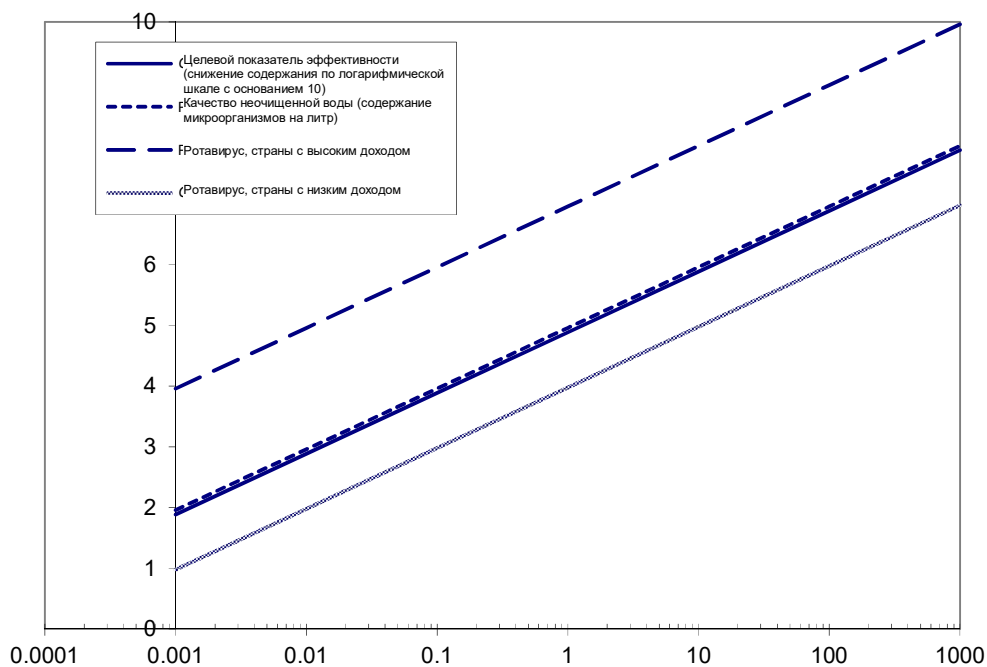


Рисунок 7.2. Целевые показатели эффективности для отдельных бактериальных, вирусных и протозойных патогенов по отношению к качеству неочищенной воды (позволяющие обеспечить 10^{-6} DALY на человека в год)

Таблица 7.5. Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, которые получены из примеров расчетов в таблице 7.4

	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Campylobacter</i>	Ротавирусы ^a
Содержание микроорганизмов в 1 л неочищенной воды	10	100	10
Целевой показатель результатов мер по охране здоровья	10^{-6} DALY на человека в год	10^{-6} DALY на человека в год	10^{-6} DALY на человека в год
Риск диарейного заболевания ^b	1 на 1500 в год	1 на 4600 в год	1 на 14 000 в год
Качество питьевой воды	1 на 79 000 литров	1 на 9500 литров	1 на 90 000 литров
Целевой показатель эффективности ^c	5,89,0 \log_{10}	5,98 \log_{10}	5,96 \log_{10}

^a Данные из регионов с высоким уровнем дохода. В регионах с низким уровнем дохода заболевание обычно протекает тяжелее, однако маловероятно, что инфицирование через питьевую воду окажется основным путем передачи.

^b Для уязвимых групп населения.

^c Целевой показатель эффективности является мерой логарифмического уменьшения количества патогенов исходя из качества неочищенной воды.

7.2.5 Представление результатов расчета целевых показателей эффективности

В таблице 7.5 представлены некоторые данные из [таблицы 7.4](#) в формате, более удобном для тех, кто занимается вопросами управления риском. Данные о средней концентрации патогенов в питьевой воде приводятся для сведения. Эти данные не являются целевыми показателями качества воды и не призваны стимулировать мониторинг содержания патогенов в воде, прошедшей цикл очистки. Например, концентрация $1,3 \times 10^{-5}$ *Cryptosporidium* на литр (см. таблицу 7.4) соответствует содержанию 1 ооцисты на 79 000 литров (см. таблицу 7.5). Целевой показатель эффективности (в строке "Степень очистки" в таблице 7.4), выраженный как логарифмическая величина уменьшения содержания патогенов, является наиболее важным для руководства элементом информации в таблице оценки риска. Он также может быть выражен в виде процентного уменьшения содержания патогенов. Например, уменьшение содержания ротавируса на $5,96 \log_{10}$ соответствует снижению его содержания на 99,99989%.

7.2.6 Адаптация к местным условиям процесса установления целевых показателей эффективности на основе оценки риска

Контрольные патогены, о которых шла речь в предыдущих разделах, могут не являться приоритетными во всех регионах мира. При проведении оценок подобного типа следует там, где это возможно, использовать характерную для данной страны или данного места информацию. Если такая информация отсутствует, то приблизительная оценка риска может быть проведена на основании стандартных значений (см. [таблицу 7.6](#) ниже).

В таблице 7.5 учитываются лишь изменения в качестве воды, достигнутые благодаря ее очистке, но не связанные с мерами по защите источника, хотя последние зачастую оказывают существенное воздействие на общую безопасность воды, влияя на уровни концентрации и/или состав патогенов. Оценки риска, представленные в таблице 7.4, также строятся на предположении, что в сетях распределения качество воды не ухудшается. Эти предположения могут не всегда оказаться реалистичными, и рекомендуется всякий раз принимать во внимание эти факторы.

В таблице 7.5 представлены лишь точечные оценки и не учитываются факторы изменчивости и неопределенности. В полных моделях оценки риска будут учитываться и эти факторы, поскольку вводимые переменные будут представлены путем статического распределения, а не путем точечных оценок. Вместе с тем подобные модели в настоящее время большинству стран недоступны, и данные, необходимые для расчета таких распределений, недостаточны. Получение таких данных может потребовать существенных затрат времени и средств, однако это способствовало бы значительно лучшему пониманию фактического качества сырой воды и эффективности обработки/очистки.

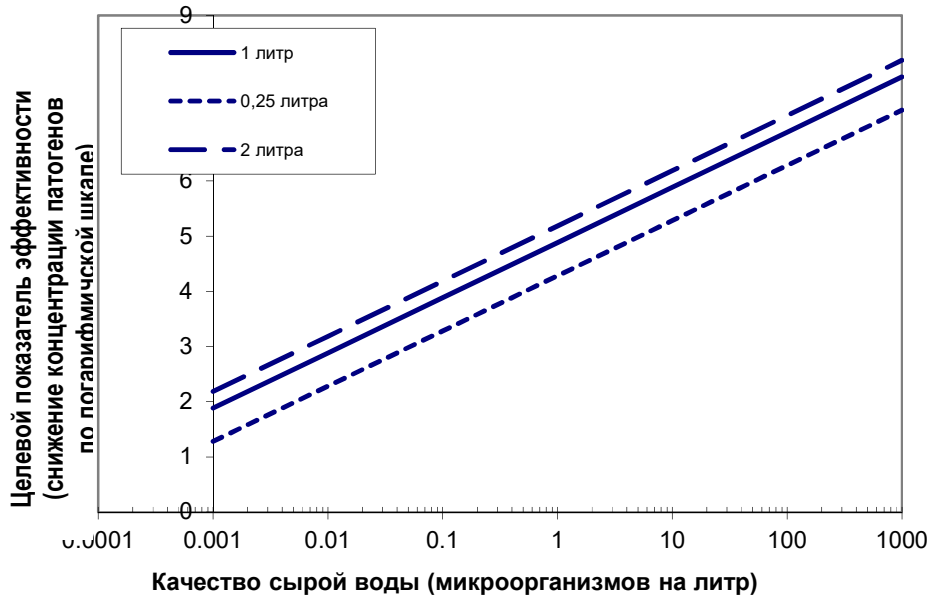
Cryptosporidium

Рисунок 7.3. Целевые показатели эффективности в отношении *Cryptosporidium* при ежедневном потреблении некипяченой питьевой воды (для обеспечения уровня 10^{-6} DALY на человека в год)

Необходимая степень очистки также зависит от заданных переменных величин, которые могут учитываться в модели оценки риска. Одной из таких переменных является потребление питьевой воды. На рисунке 7.3 показано влияние изменения потребления некипяченой питьевой воды на целевые показатели эффективности в отношении *Cryptosporidium*. Если концентрация в сырой воде составляет 1 ооциста на литр, то целевой показатель эффективности должен изменяться в пределах от 4,3 до 5,2 \log_{10} в тех случаях, когда потребление воды составляет от 0,25 до 2 литров в день. Еще одна переменная – это доля уязвимого населения. Некоторые эпидемиологические данные позволяют предположить, что в развитых странах значительная доля населения в возрасте старше пяти лет не имеет иммунитета к ротавирусам. На рисунке 7.4 показано влияние колебаний в численности доли населения, восприимчивой к инфекции. Если концентрация ротавируса в неочищенной воде составляет 10 вирусных частиц на литр, то по мере увеличения восприимчивой к инфекции доли населения с 6 до 100% целевой показатель эффективности увеличивается с 5,96 до 7,18.

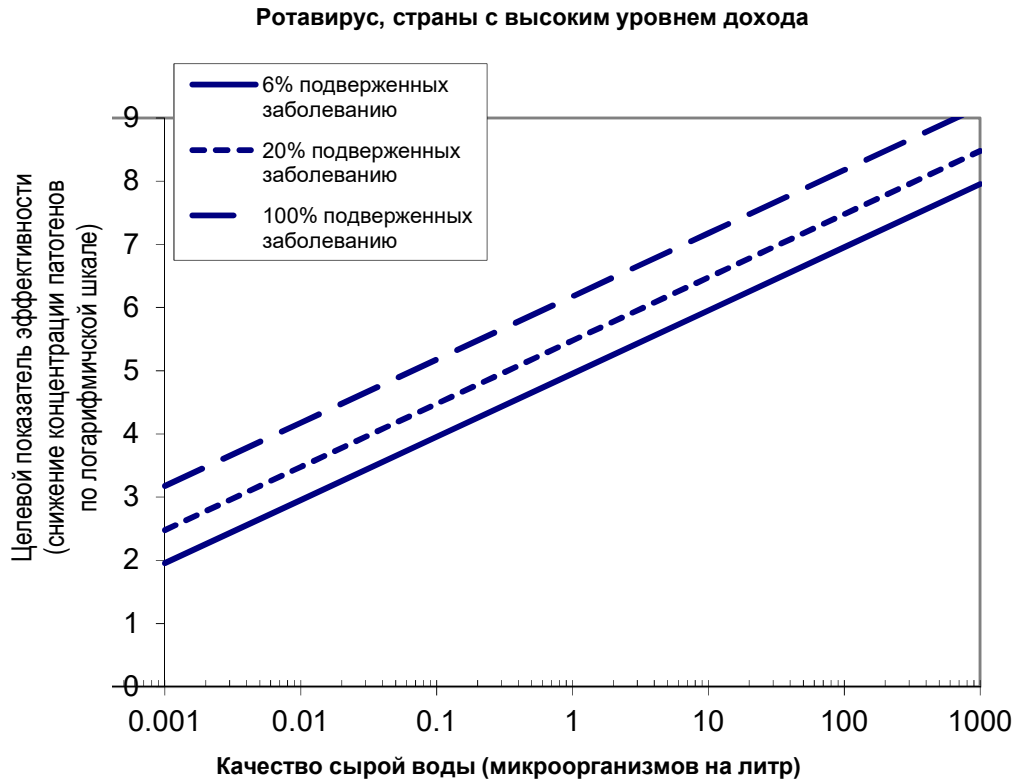


Рисунок 7.4. Целевые показатели эффективности в отношении ротавируса, касающиеся той части населения, которая восприимчива к заболеванию (для обеспечения уровня 10^{-6} DALY на человека в год)

7.2.7 Целевые показатели результатов мер по охране здоровья

Достижению целевых показателей результатов мер по охране здоровья и направленных на снижение заболеваемости населения, должны способствовать меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), определенные в планах обеспечения безопасности воды, и сопутствующие мероприятия по улучшению качества воды на уровне общин и домохозяйств. Эти целевые показатели укажут на ожидаемое снижение заболеваемости в тех общинах, где такие мероприятия проводятся.

Очередность мероприятий по улучшению качества воды должна определяться теми факторами, которые, согласно оценкам, ответственны, например, за более чем 5% бремени данного заболевания (например, за 5% всех случаев диарейных заболеваний). Во многих странах мира мероприятия по повышению качества воды, обеспечивающие снижение заболеваемости более чем на 5%, считаются чрезвычайно успешными. Непосредственное подтверждение достижений в области охраны здоровья в результате улучшения качества воды, выражающихся, например, в снижении концентрации *E. coli* в точке потребления, может оказаться возможным там, где бремя заболевания является значительным и где применяются эффективные меры, что может стать убедительным аргументом, указывающим на первый шаг в поступенчатом повышении уровня безопасности воды.

В тех случаях, когда конкретное количественное снижение заболеваемости определяется в качестве целевого показателя результатов мер по охране здоровья,

может оказаться целесообразным проведение постоянного упреждающего санитарно-эпидемиологического надзора в репрезентативных общинах в целях измерения эффективности мероприятий по повышению качества воды.

7.3 Распространенность патогенов в воде и способы их удаления

Как указывалось в разделе 4.1, оценка системы подразумевает выявление того, насколько система подачи питьевой воды в целом способна обеспечить качество питьевой воды, отвечающее установленным целевым показателям. Для этого необходимо иметь представление о качестве источника воды и эффективности мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), например очистки.

7.3.1 Распространенность

Иметь представление о распространенности патогенов в источнике воды крайне важно, поскольку это помогает выбрать наиболее качественный источник питьевого водоснабжения, определить концентрацию патогенов в источнике воды и создает основы для включения в план обеспечения безопасности воды требований к очистке, обеспечивающих достижение целевых показателей, установленных исходя из требований охраны здоровья.

Наиболее точным способом определения концентрации патогенов в конкретных водосборах и других источниках воды, несомненно, является анализ концентрации патогенов в воде в течение некоторого периода времени, при этом с учетом сезонных вариаций и экстремальных явлений, таких как ливневые дожди. Во всех случаях, когда это возможно, рекомендуется проводить непосредственное измерение количества патогенов и индикаторных микроорганизмов в источниках воды, в отношении которых разрабатывается план обеспечения безопасности воды и определяются целевые патогены, поскольку это дает наиболее точные оценочные данные о концентрации микроорганизмов. Вместе с тем во многих случаях этому препятствует нехватка средств. При отсутствии количественных данных о концентрациях патогенов альтернативным временным методом является проведение оценок на основе имеющихся данных, например результатов санитарно-эпидемиологических обследований в сочетании с анализами содержания индикаторных организмов.

В случае отсутствия данных о наличии и распределении патогенов человека в воде для данной общины или района, где проводятся мероприятия, уровни концентрации в неочищенной воде можно рассчитать на базе материалов наблюдений за количеством патогенов на один грамм фекалий, что является показателем непосредственного фекального загрязнения, или за количеством патогенов на литр неочищенных сточных вод (таблица 7.6). Данные санитарно-эпидемиологических обследований можно применять для оценки воздействия сбросов неочищенной или обработанной сточной воды в источник воды. Концентрация патогенов в обработанных сточных водах может быть снижена в 10–100 раз и более, в зависимости от эффективности процесса очистки. Показатели концентрации патогенов в неочищенной воде можно рассчитать, исходя из уровня концентрации патогенов в сточной воде и доли сточной воды в воде источника. Кроме того, имеются ориентировочные данные о концентрации патогенов в водах источников, замеренные в тех или иных местах, однако эти показатели могут значительно различаться по местам проведения замеров.

Из таблицы 7.6 явствует, что такие фекальные индикаторные бактерии, как *E. coli*, всегда присутствуют в сточных водах в высоких концентрациях. Все люди выделяют *E. coli*, но в очень разных концентрациях. Патогены выделяются только

инфицированными людьми, и в силу этого уровни концентрации патогенов в сточных водах еще более различаются. Такие различия определяются особенностями выделения, но также зависят от других факторов, например от численности населения, осуществляющего сброс загрязняющих веществ в бытовые сточные воды, и от смешения со сточными водами других видов, например промышленными. Обычная обработка сточных вод, как правило, снижает концентрацию микроорганизмов на один-два порядка, прежде чем такая вода попадает в поверхностные воды. В других местах необработанные сточные воды могут сбрасываться напрямую или же сбросы могут происходить от случая к случаю при переливах из общесплавной канализации в обход станций очистки. Сброшенные сточные воды разбавляются водой поверхностного водного объекта – водоприемника, и в результате содержание патогенов снижается, причем коэффициент разбавления в очень большой степени зависит от местной специфики. Свою роль в снижении содержания патогенов могут также сыграть их инактивация, гибель или выпадение в донные осадки. Степень воздействия этих факторов зависит от характера поверхностного водного объекта и климата. Подобная неоднородность дает основания полагать, что уровни концентрации фекальных индикаторов и патогенов различаются в поверхностных водах еще в большей степени, нежели в сточных водах.

Таблица 7.6. Примеры наличия отдельных индикаторных микроорганизмов и патогенов в фекалиях, сточных водах и неочищенной воде (местные данные будут различаться)

Микроорганизм	Количество на грамм фекалий	Количество на литр необработанных сточных вод	Количество на литр сырой воды
Фекальные колиподобные бактерии (<i>E. coli</i> и <i>Klebsiella</i>)	10 ⁷ (в основном непатогенные)	10 ⁶ –10 ¹⁰	100–100 000
<i>Campylobacter</i> spp.	10 ⁶	100–10 ⁶	100–10 000
<i>Vibrio cholerae</i> ^a	10 ⁶	100–10 ⁶	100–10 ⁸
Энтеровирусы	10 ⁶	1–1000	0,01–10
Ротавирусы	10 ⁹	50–5000	0,01–100
<i>Cryptosporidium</i>	10 ⁷	1–10 000	0–1000
<i>Giardia intestinalis</i>	10 ⁷	1–10 000	0–1000

^a Вибрион способен размножаться в водной среде.

Источники: Feachem et al. (1983); Stelzer (1988); Jones, Betaieb and Telford (1990); Stampi et al. (1992); Koenraad et al. (1994); Gerba et al. (1996); AWWA (1999); Maier, Pepper and Gerba (2000); Metcalf and Eddy, Inc. (2003); Bitton (2005); Lodder and de Roda Husman (2005); Schijven and de Roda Husman (2006); Masini et al. (2007); Rutjes et al. (2009); Lodder et al. (2010).

Из-за различий в показателях выживаемости соотношения патогена к *E. coli* в точке сброса и далее в потоке будут различаться. Сопоставление данных по *E. coli* с данными о концентрации патогенов в поверхностных водах показывает, что в целом прослеживается прямая зависимость между наличием патогенов в поверхностных водах и концентрацией *E. coli*, однако при этом уровни концентрации патогена могут быть очень разными – от низких до высоких – при любых концентрациях *E. coli*. Даже отсутствие *E. coli* не гарантирует, что патогены будут также отсутствовать или что показатели их концентрации окажутся ниже значимых для общественного здравоохранения.

Оценки, основанные на данных полевых исследований и представленные в таблице 7.6, являются полезным справочником по концентрациям кишечных патогенов в различных источниках, загрязненных фекалиями. Вместе с тем для этих данных характерны ряд ограничений и факторов неопределенности, в том числе следующие.

- Хотя данные о патогенах и *E. coli* получены из разных регионов мира, в подавляющем большинстве они относятся к странам с высоким уровнем дохода.
- Имеются сомнения в точности и надежности аналитических методов, особенно в отношении вирусов и протозойных организмов, что в значительной степени связано с износом оборудования, которое применяется для обработки и сбора крупных по объему образцов, обычно используемых для анализов на присутствие таких микроорганизмов.
- Количество патогенов было рассчитано с применением различных методик, в том числе культуральных методов с использованием субстратов или клеток, молекулярных тестов (например, полимеразной цепной реакции) и микроскопии, и к трактовке этих данных следует подходить с осторожностью.
- Нехватка информации о степени инфекционности патогенов для человека влияет на оценку риска, и эту проблему следует решать.

7.3.2 Обработка

Составным элементом определения эффективности мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) является валидация (см. [разделы 2.2 и 4.1.7](#)). Валидация важна и как средство достижения заданных целей процесса водоочистки (целевых показателей эффективности), и как метод оценки сфер, в которых можно повысить эффективность (например, путем сопоставления достигнутых показателей качества с теми показателями, которых можно достичь при надлежащей организации работы). Обработка воды может проводиться на водоочистной станции (централизованная обработка) для подачи в водопровод питьевой воды либо дома или в точке потребления, если в эту точку вода доставляется не водопроводом.

Централизованная обработка

Если речь идет о водоснабжении наивысшего качества, например на основе грунтовых вод из ограниченных водоносных слоев, то основными мерами контроля (барьерными или защитными мерами, препятствующими загрязнению), обеспечивающими подачу безопасной воды, могут служить меры защиты источника воды и системы распределения. В более общем случае для удаления или разрушения патогенных микроорганизмов необходима водоочистка. Нередко (например, в случае поверхностных вод плохого качества) требуется провести несколько этапов водоочистки, в том числе, например, коагуляцию, флокуляцию, отстаивание, фильтрацию и дезинфекцию. В [таблице 7.7](#) в обобщенном виде представлены процессы очистки воды, которые широко применяются как по отдельности, так и в сочетании друг с другом в целях уменьшения содержания микроорганизмов (см. также [Приложение 5](#)). Минимальные и максимальные показатели очистки выражены в логарифмических единицах (\log_{10}) уменьшения содержания микроорганизмов и могут быть достигнуты, соответственно, при неудовлетворительных и оптимальных условиях очистки.

Таблица 7.7. Уменьшение содержания бактерий, вирусов и протозойных организмов посредством применения различных водоочистных технологий на станциях очистки питьевой воды, обслуживающих крупные общины

Технология очистки	Группа кишечных патогенов	Минимальное удаление (LRV)	Максимально возможное удаление (LRV)	Примечания
Предварительная очистка				
Фильтры предварительной очистки	Бактерии	0,2	2,3	В зависимости от наполнителя фильтра, коагулянта
Резервуары-хранилища	Бактерии	0,7	2,2	Время нахождения > 40 дней Время нахождения 160 дней
	Протозойные организмы	1,4	2,3	
Береговая фильтрация	Вирусы	> 2,1	8,3	В зависимости от дальности переноса, типа почвы, скорости закачивания, pH, ионной силы
	Бактерии	2	> 6	
	Протозойные организмы	> 1	> 2	
Осаждение взвешенных веществ, флокуляция и отстаивание				
Обычная очистка от примесей	Вирусы	0,1	3,4	В зависимости от условий осаждения взвешенных веществ
	Бактерии	0,2	2	
	Протозойные организмы	1	2	
Интенсивная очистка от примесей	Протозойные организмы	> 2	2,8	В зависимости от использования соответствующего подстилочного полимера
Флотация растворенным воздухом	Протозойные организмы	0,6	2,6	В зависимости от дозы коагулянта
Известкование воды	Вирусы	2	4	В зависимости от pH и времени отстаивания
	Бактерии	1	4	
	Протозойные организмы	0	2	
Фильтрация				
Интенсивная фильтрация в зернистом слое	Вирусы	0	3,5	В зависимости от наполнителя фильтра и предварительной обработки путем осаждения взвешенных веществ
	Бактерии	0,2	4,4	
	Протозойные организмы	0,4	3,3	
Медленная фильтрация через песок	Вирусы	0,25	4	В зависимости от наличия грязевого покрова, размера зерна, скорости потока, условий эксплуатации (прежде всего температуры, pH)
	Бактерии	2	6	
	Протозойные организмы	0,3	> 5	
Фильтрация с предварительно нанесенным слоем вспомогательного вещества	Вирусы	1	1,7	При наличии фильтрата В зависимости от предварительной обработки химическими веществами В зависимости от категории наполнителя и скорости фильтрации
	Бактерии	0,2	2,3	
	Протозойные организмы	3	6,7	
Стерилизация фильтрацией через микропористую мембрану: микрофильтрация, сверхтонкая фильтрация, нанофильтрация, обратный осмос	Вирусы	<1	>6,5	Изменяется в зависимости от размера пор мембраны (микрофильтры, сверхтонкие фильтры, нанофильтры и фильтры обратного осмоса), отсутствия повреждений в наполнителе и уплотнителях фильтра; а также сопротивляемости к уничтожению путем применения химических и биологических веществ ("прораствание")
	Бактерии	1	>7	
	Протозойные организмы	2,3	>7	

7. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Технология очистки	Группа кишечных патогенов	Минимальное удаление (LRV)	Максимально возможное удаление (LRV)	Примечания
Первичная дезинфекция^{a,b}				
Хлор	Вирусы	2 (К _{в99} 2–30 мин.·мг/л; 0–10 °С; pH 7–9)		Мутность жидкости и поглощающие хлор компоненты раствора замедляют процесс; производство свободный хлор × время позволяет прогнозировать эффективность; неэффективен против ооцист <i>Cryptosporidium</i> . Помимо первоначальной дезинфекции, следует учитывать и выгоды от поддержания остаточного свободного хлора в системах распределения на уровне 0,2 мг/л и выше
	Бактерии	2 (К _{в99} 0,04–0,08 мин.·мг/л; 5 °С; pH 6–7)		
Двуокись хлора	Протозойные организмы	2 (К _{в99} 25–245 мин.·мг/л; 0–25 °С; pH 7–8; в основном <i>Giardia</i>)		
	Вирусы	2 (К _{в99} 2–30 мин.·мг/л; 0–10 °С; pH 7–9)		
	Бактерии	2 (К _{в99} 0,02–0,3 мин.·мг/л; 15–25 °С; pH 6,5–7)		
	Протозойные организмы	2 (К _{в99} 100 мин.·мг/л)		
Озон	Вирусы	2 (К _{в99} 0,006–0,2 мин.·мг/л)		Вирусы, как правило, более резистентны, нежели бактерии
	Бактерии	2 (К _{в99} 0,02 мин.·мг/л)		
	Протозойные организмы	2 (К _{в99} 0,5–40 мин.·мг/л)		
Ультрафиолетовое излучение	Вирусы	4 (7–186 мДж/см ²)		В зависимости от температуры; количество <i>Cryptosporidium</i> варьируется в широких пределах
	Бактерии	4 (0,65–230 мДж/см ²)		
	Протозойные организмы	4 (< 1–60 мДж/см ²)		
				Чрезмерная мутность жидкости и некоторые растворенные вещества замедляют процесс; эффективность зависит от плотности потока (дозы), которая изменяется в зависимости от интенсивности, времени воздействия, длины ультрафиолетовой волны

К_в – произведение концентрации дезинфицирующего вещества и времени контакта; LRV – уменьшение содержания микроорганизмов в логарифмических единицах (log₁₀).

^a Химическая дезинфекция: даны значения К_в, позволяющие обеспечить 2 LRV.

^b Ультрафиолетовое излучение: дан диапазон доз УФ, позволяющий обеспечить 4 LRV.

Источники: Chevreffils et al. (2006); Dullefont et al. (2006); Hijnen, Beerendonk and Medema (2006); см. также вспомогательный документ *Water treatment and pathogen control* (Приложение 1).

Представленное в таблице 7.7 уменьшение содержания микроорганизмов касается обширных групп или категорий микроорганизмов: бактерий, вирусов и протозойных организмов. Это сделано потому, что обычно эффективность обработки/очистки воды в целях уменьшения содержания микроорганизмов различна для этих групп микроорганизмов в силу различных свойств, присущих микроорганизмам (например, размера, особенностей защитного слоя, физико-химических свойств поверхностей). Различие в эффективности процессов водоочистки для отдельных видов, типов или штаммов микроорганизмов в пределах этих групп микроорганизмов наблюдается в меньшей степени. Однако такие различия имеют место, и в таблице представлены консервативные оценки уменьшения содержания наиболее резистентной или жизнеспособной патогенной части этой группы микроорганизмов. В тех случаях, когда удаление путем очистки дает очень различающиеся результаты для разных членов определенной группы микроорганизмов, результаты по отдельным микроорганизмам представлены в таблице отдельно.

Дополнительная и более подробная информация об этих процессах водоочистки, их проведении и эффективности в плане удаления патогенов в трубопроводных системах водоснабжения приводится во вспомогательном документе *Water treatment and pathogen control* (Приложение 1).

Обработка воды в домашних условиях

Технологии обработки воды в домашних условиях охватывают широкий спектр устройств или методик, применяемых для обработки воды в домохозяйстве или в иных местах использования. Такие технологии именуется также технологиями обработки воды в точках использования или в точках входа (Cotruvo and Sobsey, 2006; Nath, Bloomfield and Jones, 2006; см. также вспомогательный документ *Managing water in the home*, Приложение 1). Технологии обработки воды в домашних условиях предусматривают ряд мер, позволяющих частным лицам и общинам обрабатывать собранную воду или загрязненную водопроводную воду, удаляя из нее или дезактивируя патогенные микроорганизмы. Многие подобные методы применяются одновременно с организацией безопасного хранения обработанной воды, чтобы предупредить или свести к минимуму загрязнение после обработки в домашних условиях (Wright, Gundry and Conroy, 2003).

Доказано, что обработка и безопасное хранение воды в домашних условиях существенно повышают качество воды и снижают риски распространения инфекционных заболеваний, передаваемых через воду (Fewtrell and Colford, 2004; Clasen et al., 2006). Методы обработки воды в домашних условиях могут оказать быстрое и существенное позитивное воздействие на состояние здоровья там, где создать водопроводные системы не представляется возможным, где люди пользуются водой из источников, которые могут быть загрязнены, или где вода в хранилищах заражается из-за несоблюдения правил гигиены при ее транспортировке или в доме. Обработка воды в домашних условиях может также применяться для решения широко распространенной проблемы поставок водопроводной воды, небезопасной по микробиологическим показателям. Аналогичные маломасштабные технологии могут также применять лица, совершающие поездки, в районах, где нет уверенности в надлежащем качестве питьевой воды (см. также [раздел 6.11](#)).

Не все технологии обработки воды в домашних условиях оказываются высокоэффективными в плане удаления всех видов патогенов, передаваемых через воду (бактерий, вирусов, протозойных организмов и гельминтов). Так, например, хлор не дезактивирует ооцисты передаваемого через воду протозойного организма *Cryptosporidium*, а некоторые методы фильтрации, например с применением керамических, тканевых или волоконных фильтров, не удаляют кишечные вирусы. Таким образом, для выбора соответствующей технологии необходимо тщательно продумать, в отношении каких микроорганизмов в источнике питьевой воды требуется принять меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) в рамках достижения целевых показателей в области здравоохранения.

Далее приводятся определения и описания различных методов обработки воды в домашних условиях в целях борьбы с микробным загрязнением.

- **Химическая дезинфекция.** К химической дезинфекции питьевой воды относятся все технологии на основе хлора, в том числе двуокиси хлора, а также технологии на основе озона, некоторых других окислителей и некоторых концентрированных кислот и оснований. Во всех случаях, за исключением применения озона, правильная дозировка химических веществ – дезинфектантов имеет целью обеспечить их остаточную концентрацию в воде, чтобы не

допустить последующего после обработки загрязнения воды при хранении. Дезинфекцию питьевой воды в домохозяйствах в развивающихся странах проводят преимущественно с использованием свободного хлора, либо в жидком виде в форме хлорноватистой кислоты (продается как предназначенный для обработки воды в домашних условиях хозяйственный отбеливатель или как более слабый раствор гипохлорита натрия концентрацией от 0,5 до 1%), либо в виде порошка гипохлорита кальция или дихлоризоцианурата натрия. Это обусловлено тем, что такие формы свободного хлора удобны, относительно безопасны в использовании, недороги и просты для дозирования. Вместе с тем некоторые технологии обработки воды в домашних условиях предусматривают применение трихлоризоцианурата натрия и двуокиси хлора. При обработке воды в домашних условиях правильная дозировка хлора имеет критически важное значение, поскольку она позволяет получить количество свободного хлора, достаточное для сохранения его остаточного содержания в период хранения и использования. Рекомендуемые дозы свободного хлора составляют примерно 2 мг/л для прозрачной воды (< 10 нефелометрических единиц мутности [НЕМ]) и в два раза больше (4 мг/л) для мутной воды (> 10 НЕМ). Хотя подобные дозы свободного хлора могут привести к тому, что его остаточные количества будут превышать рекомендованные значения для воды, обрабатываемой централизованно в точке доставки (0,2–0,5 мг/л), считается, что такие дозы при обработке воды в домашних условиях позволяют поддерживать остаточное содержание свободного хлора в прошедшей хлорирование и хранящейся в домохозяйстве воде на уровне 0,2 мг/л. Подробнее о хлорировании в месте использования см. в документе Preventing travellers' diarrhoea: How to make drinking water safe (WHO, 2005).

Дезинфицировать в течение длительного времени питьевую воду с помощью йода, также являющегося сильным окислителем, обычно не рекомендуется, если только не обеспечен контроль над его остаточным содержанием, поскольку чрезмерное потребление йода негативно воздействует на щитовидную железу; вместе с тем этот вопрос вновь находится на изучении, так как недостаток йода в продуктах питания представляет собой во многих регионах мира серьезную проблему для здравоохранения (см. также [раздел 6.11](#) и [таблицу 6.1](#)). Как и в случае централизованной обработки, озон для обработки воды в домашних условиях следует получать на месте, как правило, путем коронного разряда или электролиза, и оба этих способа требуют электроэнергии. Соответственно, озон не рекомендуется применять для обработки воды в домашних условиях в связи с тем, что это предполагает наличие надежного источника электроэнергии для его получения, применение сложной технологии получения и правильной дозировки для маломасштабного применения; кроме того, себестоимость этого процесса относительно высока. В качестве средств химической дезинфекции питьевой воды не рекомендуется также применять концентрированные кислоты или основания, поскольку эти вещества относятся к категории опасных, будучи способными доводить рН воды до опасных нижних или верхних пределов. Вместе с тем в качестве экстренной или краткосрочной меры для дезактивации *Vibrio cholerae* в воду можно добавлять сок некоторых цитрусовых, например лаймов или лимонов. При его достаточном количестве можно значительно понизить рН воды (вероятно, до уровня ниже 4,5).

- *Мембраны, фильтры из пористой керамики и многозвенные фильтры.* К их числу относятся фильтры с заданным диаметром пор, в том числе фильтры с угольным блоком, фильтры из пористой керамики, содержащие коллоидное серебро,

мембраны, полимерные мембраны и волоконно-тканевые фильтры. При их применении вода проходит через одну или несколько пористых поверхностей со структурными порами, задача которых – физически задержать и удалить микроорганизмы, сортируя их по размеру. В некоторых подобных фильтрах могут также применяться химические антимикробные или антисептические покрытия либо модифицированные химические структуры, позволяющие собирать микроорганизмы на покрытиях фильтров, дезактивировать их или по крайней мере препятствовать их размножению. Тканевые фильтры, например из хлопковой ткани, рекомендуются для снижения содержания в воде *Vibrio cholerae*. Вместе с тем такие фильтры задерживают на ткани только вибрионы, живущие в веслоногих рачках, других крупных ракообразных или крупных эукариотных организмах. Такие тканевые фильтры не задерживают рассеянные вибрионы или иные бактерии, не связанные с веслоногими и иными ракообразными, взвешенными наносами или крупными эукариотными организмами, поскольку поры хлопчатобумажной ткани по размеру значительно больше бактерий, и последние могут проходить сквозь фильтр. В большинстве применяемых в домохозяйствах методов фильтрации используется безнапорный ток воды или давление, создаваемое водой в водопроводе. Вместе с тем для некоторых методов сверхтонкой фильтрации, нанофильтрации и фильтрации обратного осмоса могут потребоваться надежные источники энергоснабжения.

- *Фильтры с сыпучим фильтрующим материалом.* К числу фильтров с сыпучим фильтрующим материалом относятся фильтры с песочным или диатомитным наполнителем, а также иные фильтры с применением состоящих из отдельных частиц наполнителей или слоев, поверх которых или сквозь которые проходит вода. Такие фильтры задерживают микроорганизмы за счет сочетания физических и химических процессов, в том числе процеживания, осаждения и поглощения. В некоторых подобных фильтрах могут также применяться химически активные антимикробные или антисептические покрытия или иные модифицированные химические структуры. Другие фильтры с сыпучим фильтрующим материалом относятся к категории биологически активных, поскольку они формируют слои микроорганизмов и связанных с ними экзополимеров на поверхности или внутри контейнера с сыпучим фильтрующим материалом. Подобный биологически активный слой, который в обычных медленных песочных фильтрах известен под названием *schmutzdecke* (*грязевое покрытие*), задерживает микроорганизмы и зачастую обеспечивает их дезактивацию и уничтожение. Разработан предназначенный для использования в домашних хозяйствах фильтр с биологически активным поверхностным слоем, через который вода может периодически пропускаться отдельными дозами.
- *Солнечная дезинфекция.* Существует ряд технологий применения солнечной радиации для дезинфекции воды. Некоторые из них используют солнечную радиацию, с тем чтобы создаваемое энергией солнца тепло способствовало дезактивации микробов в темных или светонепроницаемых контейнерах. В других, например в системе дезинфекции воды с использованием энергии солнца, или СОДИС, применяются прозрачные пластиковые контейнеры, пропускающие ультрафиолетовую составляющую солнечного света, и используется совместное воздействие ультрафиолетового излучения, окисления, являющегося результатом растворения кислорода, и тепла. Также существуют другие варианты систем с использованием воздействия солнечной радиации, где сочетания тех же видов воздействия солнечного излучения применяются в

контейнерах других типов, например в проницаемых для ультрафиолета пластиковых пакетах (например, "солнечных ванночках") и панелях.

- *Технологии с применением ламп ультрафиолетового излучения.* Ряд технологий обработки питьевой воды предусматривают применение для дезактивации микроорганизмов излучения, создаваемого ультрафиолетовыми лампами. Для обработки воды в домашних условиях и на предприятиях малой мощности в большинстве случаев применяются ртутные дуговые лампы низкого давления, излучающие монохромные ультрафиолетовые лучи с оказывающей бактерицидное воздействие длиной волны 254 нанометра. Как правило, такие технологии предусматривают воздействие на воду, находящуюся в сосудах или пропускаемую через реактор, излучения ультрафиолетовых ламп в дозах (плотности потока), достаточных для дезактивации водопатогенных организмов. Факторами, ограничивающими применение подобных устройств в развивающихся странах, могут являться необходимость обеспечить надежное энергоснабжение, затраты и требования к техническому обслуживанию.
- *Технологии с использованием термальной энергии (тепла).* Основным механизмом уничтожения микроорганизмов в воде в рамках технологий с использованием термальной энергии является тепло, производимое сжиганием топлива. К числу подобных технологий относятся кипячение и нагревание до температуры пастеризации (как правило, применительно к молоку это > 63 °C в течение 30 минут). Рекомендуемая процедура в отношении воды состоит в том, чтобы нагреть воду до бурлящего кипения, снять сосуд с водой с огня, дать воде остыть естественным путем, а затем защитить ее от последующего загрязнения при хранении. Подвидами этого метода являются упомянутые выше технологии использования энергии солнца для нагрева или комбинированного воздействия тепла и ультрафиолетового солнечного излучения.
- *Коагуляция, осаждение взвешенных веществ и/или отстаивание.* Коагуляция или осаждение взвешенных веществ – это устройство или метод, в котором природный или химический коагулянт или осадитель применяется для коагуляции или осаждения взвешенных частиц, в том числе микроорганизмов, для ускорения их выпадения в осадок. Отстаивание – любой метод обработки воды, при котором осадок, содержащий взвешенные частицы, в том числе микроорганизмы, используется для удаления последних из воды. Эти методы могут применяться наряду с пропусканием воды через тканевый или волоконный фильтр в целях удаления хлопьевидного осадка (крупных коагулировавшихся или осажденных частиц, формирующихся в воде). К этой же категории относится и механическое отстаивание (то есть отстаивание без применения химических коагулянтов). Этот метод нередко предусматривает применение системы из трех баков или других сосудов для воды и ежедневное аккуратное переливание отстаиваемой (осаждаемой) воды из одного в другой. В третий сосуд вода попадает после того, как она отстаивалась и хранилась в течение не менее двух дней, что позволяет сократить количество содержащихся в ней микроорганизмов.
- *Комбинированные (на основе подхода множественных барьеров) методы очистки воды.* К их числу относятся любые из вышеупомянутых технологий, применяемые для обработки воды совместно – одновременно либо последовательно. В ходе такой комплексной обработки могут применяться такие комбинации, как коагуляция и дезинфекция, многослойная фильтрация и дезинфекция, либо многослойная фильтрация и мембранная фильтрация. При этом иногда применяются поступающие в продажу химические вещества разового применения в гранулах, порошках или таблетках, содержащие

химический коагулянт, например соль железа или алюминия, и дезинфектант, например хлор. При добавлении в воду такие вещества коагулируют и осаждают примеси, обеспечивая быстрое и эффективное отстаивание, а также вносят в воду химический дезинфектант (например, свободный хлор), дезактивирующий микробов. Другими примерами комплексных технологий обработки являются устройства, предусматривающие две и более стадии обработки, например многослойные или мембранные фильтры или адсорбенты, которые удаляют микробов, и либо химические дезинфектанты, либо другие средства физической обработки (например, ультрафиолетовое излучение), убивающие тех микробов, которые не были удалены в процессе фильтрации или адсорбции. Многие подобные комбинированные технологии обработки воды в рамках домохозяйства относятся к числу коммерческих продуктов, и их можно приобрести для использования в домохозяйствах или иного применения на местах. Поступающие в продажу комбинированные устройства следует выбирать исходя из того, какие технологии обработки они предусматривают. Желательно также, чтобы они отвечали конкретным критериям эффективности уменьшения содержания микроорганизмов и имели сертификат такой эффективности, выданный авторитетным национальным или международным органом, например правительством или независимой организацией, представляющей частный сектор, и удостоверяющий успешную практику применения и официально зафиксированные показатели качества.

В [таблице 7.8](#) приводятся сводные расчетные показатели сокращения количества передаваемых через воду бактерий, вирусов и протозойных паразитов в результате применения некоторых из упомянутых выше технологий обработки воды в домашних условиях. Эти данные основаны на результатах исследований, отраженных в научной литературе. Имеются данные об эффективности по двум категориям: базовые показатели удаления и максимальные показатели удаления. Базовыми являются показатели, которых, как правило, следует ожидать на практике в условиях проведения относительно низкоквалифицированными лицами очистки сырой воды среднего и непостоянного качества, при минимуме средств и сопутствующих инструментов для оптимизации условий и практики очистки. Возможность выйти на максимальные показатели возникает в тех случаях, когда очистку проводят квалифицированные операторы, имеющие в своем распоряжении инструменты и другие средства для обеспечения максимальной эффективности обработки воды предсказуемого и неизменного качества (например, подготовленной для анализов воды, содержащей конкретные микроорганизмы в известных концентрациях). Следует отметить, что эффективность определенных процессов водоочистки, выражающаяся в уменьшении содержания микроорганизмов, измеряемом в логарифмических единицах (\log_{10}), различается при обработке воды в домашних условиях ([таблица 7.8](#)) и при ее централизованной обработке ([таблица 7.7](#)). Подобные различия в эффективности одних и тех же технологий обработки являются прогнозируемыми, поскольку централизованной обработке нередко подвергается вода подходящего для обработки качества, а саму обработку проводят подготовленные операторы, применяя при этом должным образом разработанные и проводимые под операционным контролем процедуры. Напротив, в домашних условиях обработке зачастую подвергается вода очень разного качества, в ряде случаев не позволяющего обеспечить наиболее эффективное применение технологий, а сама обработка нередко проводится без специального операционного контроля лицами, относительно плохо подготовленными и обладающими более низкой квалификацией в этой сфере по сравнению с

7. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

работниками станций централизованной обработки воды. Подробнее об этих процессах обработки, в том числе о факторах, влияющих на их эффективность, и о причинах, определивших представленные в таблице 7.8 данные об эффективности снижения количества микроорганизмов, измеряемых в логарифмических единицах (\log_{10}), см. вспомогательные документы *Managing water in the home* и *Guidelines for the microbiological performance evaluation of point-of-use drinking-water technologies* (Приложение 1).

Таблица 7.8. Уменьшение содержания бактерий, вирусов и протозойных организмов с помощью технологий обработки воды в домашних условиях

Тип водоочистки	Группа кишечных патогенов	Минимальное удаление (LRV)	Максимально возможное удаление (LRV)	Примечания
Химическая дезинфекция				
Дезинфекция свободным хлором	Бактерии	3	6	Мутность жидкости и поглощающие хлор компоненты раствора замедляют процесс; производство свободный хлор \times время позволяет прогнозировать эффективность; неэффективен против ооцист <i>Cryptosporidium</i>
	Вирусы	3	6	
	Протозойные организмы, кроме <i>Cryptosporidium</i>	3	5	
	<i>Cryptosporidium</i>	0	1	
Фильтрация с применением мембран, фильтров из пористой керамики и многозвенных фильтров				
Фильтрация с применением фильтров из пористой керамики и фильтров с угольным блоком	Бактерии	2	6	Изменяется в зависимости от размера пор мембраны, скорости тока, наполнителя фильтра, а также включения аугментации серебром или иными химическими веществами
	Вирусы	1	4	
	Протозойные организмы	4	6	
Мембранная фильтрация (микрофильтрация, сверхтонкая фильтрация, нанофильтрация, обратный осмос)	Бактерии	МФ – 2; СТФ, НФ или ОО – 3	МФ – 4; СТФ, НФ или ОО – 6	Изменяется в зависимости от размера пор мембраны, отсутствия повреждений в наполнителе и уплотнителей фильтра; а также сопротивляемости к уничтожению путем применения химических и биологических веществ ("прорастание")
	Вирусы	МФ – 0; СТФ, НФ или ОО – 3	МФ – 4; СТФ, НФ или ОО – 6	
	Протозойные организмы	МФ – 2; СТФ, НФ или ОО – 3	МФ – 6; СТФ, НФ или ОО – 6	
Фильтрация с применением волоконных и тканевых фильтров (например, фильтрация через хлопчатобумажную ткань)	Бактерии	1	2	Оседание на частицах или планктоне ускоряет удаление микроорганизмов, прежде всего ассоциированной с веслоногими ракообразными ришты (<i>Dracunculus medinensis</i>) и ассоциированного с планктоном <i>Vibrio cholerae</i> ; удалению поддаются более крупные протозойные организмы (> 20 μm); неэффективен в отношении вирусов, диспергированных бактерий и небольших протозойных организмов (например, <i>Giardia intestinalis</i> , 8–12 μm , и <i>Cryptosporidium</i> 4–6 μm)
	Вирусы	0	0	
	Протозойные организмы	0	1	

РУКОВОДСТВО ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Тип водоочистки	Группа кишечных патогенов	Минимальное удаление (LRV)	Максимально возможное удаление (LRV)	Примечания
Фильтрация с применением фильтров с сыпучим фильтрующим материалом				
Фильтры, заполненные сыпучим фильтрующим материалом, диатомитом, биомассой и наполнителем на основе ископаемого топлива (гранулированный и порошковый активированный уголь, древесная и древесно-угольная зола, сожженная рисовая шелуха и т. д.)	Бактерии	1	4+	Значительно изменяется в зависимости от размера и особенностей, скорости тока и условий эксплуатации; некоторые варианты более других подходят для использования в развивающихся странах
	Вирусы	1	4+	
	Протозойные организмы	1	4+	
Фильтрация с применением медленного песочного фильтра, проводимая периодически в домашних условиях	Бактерии	1	3	Изменяется в зависимости от степени изношенности фильтра, условий эксплуатации, скорости тока, размера зерна и времени контактной загрузки фильтра
	Вирусы	0,5	2	
	Протозойные организмы	2	4	
Солнечная дезинфекция				
Солнечная дезинфекция (ультрафиолетовая солнечная радиация + термическое воздействие)	Бактерии	3	5+	Изменяется в зависимости от оксигенации, интенсивности солнечного света, времени воздействия, температуры, мутности воды и размеров сосуда с водой (толщина слоя воды)
	Вирусы	2	4+	
	Протозойные организмы	2	4+	
Технологии с применением ультрафиолетового излучения ламп				
Ультрафиолетовое излучение	Бактерии	3	5+	Чрезмерная мутность жидкости и некоторые растворенные вещества замедляют процесс; эффективность зависит от плотности потока (дозы), которая изменяется в зависимости от интенсивности, времени воздействия, длины ультрафиолетовой волны
	Вирусы	2	5+	
	Протозойные организмы	3	5+	
Термальные (тепловые) технологии				
Термальная обработка (например, кипячение)	Бактерии	6	9+	Значения приводятся в расчете на растительные клетки; споры обладают большей сопротивляемостью к термальной обработке, нежели клетки растений; при обработке против спор путем кипячения необходимо обеспечить достаточно высокую температуру и время кипячения
	Вирусы	6	9+	
	Протозойные организмы	6	9+	

7. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Тип водоочистки	Группа кишечных патогенов	Минимальное удаление (LRV)	Максимально возможное удаление (LRV)	Примечания
Отстаивание				
Механическое отстаивание	Бактерии	0	0,5	Эффективно за счет осаждения ассоциированных с частицами и крупных (поддающихся отстаиванию) микроорганизмов; эффективность зависит от времени хранения и частиц, содержащихся в воде
	Вирусы	0	0,5	
	Протозойные организмы	0	1	
Методы комплексной обработки				
Системы коагуляции и дезинфекции (например, поступающие в продажу упаковки порошка или таблетки)	Бактерии	7	9	Коагуляция позволяет удалить некоторое количество <i>Cryptosporidium</i>
	Вирусы	4,5	6	
	Протозойные организмы	3	5	

LRV – уменьшение содержания микроорганизмов в логарифмических единицах (\log_{10}); МФ – микрофильтрация; НФ – нанофильтрация; ОО – обратный осмос; СТФ – сверхтонкая фильтрация.

Приведенные в таблице 7.8 значения не учитывают загрязнение воды при ее хранении после обработки, и это может ограничивать эффективность некоторых технологий в тех случаях, когда методы безопасного хранения не применяются. Оптимальным при обработке воды в домашних условиях является использование при этом средств безопасного хранения, например закрывающихся сосудов с узким горлышком, снабженных краном или трубкой для распределения хранящейся воды.

Аналогично системам централизованного водоснабжения рекомендуется обеспечить валидацию, надзор и сертификацию систем обработки и хранения воды в домашних условиях. Ответственность за проведение этих мероприятий в отношении систем обработки и хранения воды в домашних условиях могут нести иные структуры, нежели в сфере централизованного водоснабжения. Кроме того, валидацией, независимым надзором и сертификацией могут заниматься разные учреждения. Но при этом валидация и надзор, равно как и сертификация, имеют огромное значение для эффективной организации водоснабжения, обработки и хранения воды на уровне домохозяйств и в других местах ее использования и пунктах входа, как это происходит и в отношении централизованных систем (см. [разделы 2.3](#) и [5.2.3](#)).

Если технологии обработки неводопроводной воды производятся коммерческими компаниями или другими внешними структурами или закупаются у них, их тоже необходимо сертифицировать на соответствие требованиям или рекомендациям в отношении эксплуатации и качества, причем предпочтительно поручить это независимому аккредитованному органу сертификации. Если технологии обработки разрабатываются на местах и эксплуатируются самими членами домохозяйств, то рекомендуется принимать меры к созданию инструкций по надлежащей сборке и использованию таких устройств, равно как и контролировать процесс их работы.

7.4 Мониторинг содержания микроорганизмов

Мониторинг содержания микроорганизмов может решать ряд задач, включая:

- валидацию (см. также [раздел 4.1.7](#));
- эксплуатационный мониторинг (см. также [разделы 2.2.2](#) и [4.2](#));
- проверку (см. также [разделы 2.3.1](#) и [4.3](#));
- надзор (см. [главу 5](#));
- мониторинг источника воды для установления целевых показателей эффективности (см. [разделы 7.2](#) и [7.3.1](#));
- сбор данных для КОМП (см. также [раздел 7.2.3](#)).

В силу ряда проблем, в том числе комплексности, сложности выявления, затратности и необходимости получать результаты в ограниченные сроки, проведение анализов на конкретные патогены ограничивается, как правило, оценками качества неочищенной воды, на основании которых устанавливаются целевые показатели эффективности и проводится валидация; при этом мониторинг позволяет определить, насколько обработка или иные процедуры эффективны в плане удаления соответствующих микроорганизмов. Лишь в отдельных случаях тесты на патогены могут проводиться для проверки действенности того или иного метода очистки или технологического процесса. Вместе с тем микробиологические анализы, являющиеся составной частью проверки, эксплуатационного мониторинга и контрольно-надзорной деятельности, обычно ограничиваются тестированием на наличие индикаторных организмов.

Нельзя забывать о том, что различные методики выявления патогенов направлены на измерение разных свойств. Методы культивирования, например бульонные культуры или разведение бактерий на агар-агаре и выращивание культур клеток вирусов и фагов, позволяют выявлять живые организмы по признакам инфицирования или размножения. Методы выявления патогенов с помощью микроскопа, посредством выявления наличия нуклеиновых кислот или амплификации (например, посредством полимеразной цепной реакции), а также путем иммунологических анализов (например, твердофазного иммуноферментного анализа) позволяют измерить количество имеющихся патогенов или их компонентов, но не всегда показывают, являются ли обнаруженные патогены жизнеспособными и инфекционными. Это создает большую неопределенность с точки зрения уровня риска для здоровья человека, по сравнению с выявлением посредством методов культивирования. При применении иных методов, не позволяющих измерить количественно признаки, свидетельствующие о возможности культивирования или степени инфекционности, зачастую выдвигаются допущения относительно того, какая доля выявленных патогенов или их компонентов является живыми и инфекционными организмами.

Концепция использования таких микроорганизмов, как *E. coli*, в качестве индикаторов фекального загрязнения широко применяется при оценке качества питьевой воды. Подобные индикаторы должны отвечать ряду критериев, в частности сами они не должны являться патогенами, а также они должны:

- присутствовать повсеместно и в значительных количествах в фекалиях человека и животных;
- не размножаться в воде в естественных условиях;
- сохраняться в воде аналогично тому, как сохраняются фекальные патогены;

- присутствовать в больших количествах, нежели фекальные патогены;
- реагировать на обработку аналогично фекальным патогенам;
- легко выявляться простыми и недорогими методами культивирования.

Эти критерии основаны на положении о том, что один и тот же организм может быть использован в качестве индикатора как фекального загрязнения, так и эффективности обработки/процесса. Вместе с тем было установлено, что один индикатор не может выполнять две эти роли одновременно и для разных целей следует использовать разные микроорганизмы (таблица 7.9). Так, например, гетеротрофные бактерии могут выступать в качестве индикаторов эффективности дезинфекции и чистоты системы распределения. *Clostridium perfringens* и колифаги могут использоваться как средство оценки эффективности систем обработки.

Escherichia coli традиционно использовалась для мониторинга качества питьевой воды, и эта бактерия по-прежнему является важным параметром мониторинга, проводимого в рамках проверки и надзора. Во многих ситуациях при проверке альтернативой *E. coli* могут служить термотолерантные колиформные бактерии. Вода, предназначенная для потребления человеком, не должна содержать микроорганизмов – индикаторов фекального загрязнения. В большинстве случаев мониторинг на наличие *E. coli* или термотолерантных колиформных бактерий дает весьма точные результаты, поскольку эти микроорганизмы присутствуют в загрязненной воде в больших количествах.

Вместе с тем все более пристальное внимание привлекают к себе недостатки традиционных индикаторов, таких как *E. coli*, используемых для выявления энтеровирусов и протозойных организмов. Вирусы и протозойные организмы, обладающие большей сопротивляемостью к обычным условиям окружающей среды или технологиям обработки, в том числе к фильтрации и дезинфекции, могут присутствовать в обработанной питьевой воде, в которой *E. coli* отсутствуют. Ретроспективные исследования вспышек заболеваний, передаваемых через воду, показали, что полностью исходить из предположений, основанных на отсутствии или присутствии *E. coli*, не значит гарантировать безопасность. При определенных условиях желательнее в качестве индикаторов устойчивых микробных опасных факторов использовать микроорганизмы, обладающие большей сопротивляемостью, например бактериофаги и/или споры бактерий. Вопрос их включения в программы мониторинга, в том числе в программы контроля и надзора, следует решать с учетом местных условий и научных данных. Под местными условиями может пониматься пользование источником воды, о котором известно, что он загрязнен энтеровирусами и паразитами, или же когда есть основания предполагать факт такого загрязнения отходами жизнедеятельности человека и животных.

Подробнее проблемы индикаторных организмов рассматриваются во вспомогательном документе *Assessing microbial safety of drinking water* (Приложение 1).

Таблица 7.9. Использование индикаторных организмов в процессе мониторинга

Микроорганизм (микроорганизмы)	Вид мониторинга		Проверка и надзор
	Валидация процесса	Эксплуатационный	
<i>E. coli</i> (или термотолерантные колиформные бактерии)	Не применяется	Не применяется	Индикатор фекального загрязнения
Общее содержание колиформных бактерий	Не применяется	Индикатор чистоты систем распределения и отсутствия повреждений в них	Не применяется
Общее количество гетеротрофных бактерий	Индикатор эффективности антибактериальной дезинфекции	Индикатор эффективности процессов дезинфекции, чистоты систем распределения и отсутствия повреждений в них	Не применяется
<i>Clostridium perfringens</i> ^a	Индикатор эффективности дезинфекции и удаления вирусов и протозойных организмов	Не применяется	Не применяется ^b
Колифаги Фаги <i>Bacteroides fragilis</i> Энтеровирусы	Индикатор эффективности дезинфекции и удаления вирусов	Не применяется	Не применяется ^b

^a Использование *Clostridium perfringens* для валидации зависит от того, какой процесс водоочистки является объектом оценки.

^b Могут использоваться для проверки в тех случаях, когда известно, что источник воды загрязнен энтеровирусами и паразитами, или же когда есть основания предполагать факт такого загрязнения фекальными отходами жизнедеятельности человека.

В таблице 7.10 приводятся нормативные величины для проверки микробиологических параметров качества питьевой воды. Не следует брать отдельные значения непосредственно из таблицы. Нормативные величины необходимо применять и интерпретировать с учетом информации, содержащейся в настоящем Руководстве и в других вспомогательных документах.

Таблица 7.10. Нормативные величины для проверки микробиологических параметров качества воды^a (см. также таблицу 5.2)

Организмы	Нормативная величина
Все виды воды, предназначенной непосредственно для питья	
<i>E. coli</i> или термотолерантные колиформные бактерии ^{b,c}	Не должна выявляться ни в одной из проб объемом 100 мл
Обработанная вода, поступающая в систему распределения	
<i>E. coli</i> или термотолерантные колиформные бактерии ^b	Не должна выявляться ни в одной из проб объемом 100 мл
Обработанная вода в системе распределения	
<i>E. coli</i> или термотолерантные колиформные бактерии ^b	Не должна выявляться ни в одной из проб объемом 100 мл

^a В случае выявления *E. coli* необходимо немедленно провести расследование.

^b Хотя *E. coli* является более точным индикатором фекального загрязнения, количество термотолерантных колиформных бактерий является приемлемой альтернативой. При необходимости следует проводить надлежащие подтверждающие анализы. Общее количество колиформных бактерий не является приемлемым индикатором санитарного качества водоснабжения, в особенности в зонах тропиков, где практически во всех неочищенных водах встречаются многие бактерии, не представляющие санитарной опасности.

^c Признано, что в подавляющем большинстве систем водоснабжения в сельских районах, прежде всего в развивающихся странах, широко распространено фекальное загрязнение. В этих условиях необходимо устанавливать среднесрочные целевые показатели последовательного совершенствования систем водоснабжения.

Вследствие различной восприимчивости к патогенам воздействие питьевой воды определенного качества по-разному сказывается на здоровье людей из тех или иных групп населения. При разработке национальных стандартов необходимо определить контрольные группы населения или в некоторых случаях уделять особое внимание конкретным уязвимым категориям населения. Национальные или местные органы власти могут счесть необходимым обеспечение учета специфических особенностей своих регионов при разработке национальных стандартов.

7.5 Методы обнаружения микроорганизмов – индикаторов фекального загрязнения

Анализ на наличие микроорганизмов – индикаторов фекального загрязнения является чувствительным, хотя и не самым быстрым способом выявления загрязнения питьевой воды. Поскольку питательная среда и условия инкубации, а также характер и давность отбора пробы воды могут повлиять на содержащиеся в ней виды и их количество, степень точности микробиологического анализа может колебаться. Это значит, что стандартизация методов и лабораторных процедур имеет огромное значение для обеспечения единообразия критериев бактериального качества воды в разных лабораториях и в разных странах.

Прежде чем принимать стандартизованные международные методы, их необходимо оценить с точки зрения соответствия местным условиям. Существуют установленные стандартные методы, например принятые Международной организацией по стандартизации (ИСО) (таблица 7.11), или методы, равноценные им по эффективности и надежности. Для рутинных анализов желательно применять установленные стандартные методы. Какой бы метод ни был избран для выявления *E. coli* или термотолерантных колиформных бактерий, необходимо учитывать, что штаммы, поврежденные под воздействием окружающей среды или дезинфектантов, обладают способностью "оживать" или восстанавливаться.

Таблица 7.11. Стандарты Международной организации по стандартизации (ИСО) в области выявления и подсчета микроорганизмов, являющихся индикаторами фекального загрязнения воды

Стандарт ИСО	Название (качество воды)
6461-1:1986	Обнаружение и подсчет спор анаэробных микроорганизмов, восстанавливающих сульфиды (clostridia). Часть 1. Метод обогащения в жидкой среде
6461-2:1986	Обнаружение и подсчет спор анаэробных микроорганизмов, восстанавливающих сульфиды (clostridia). Часть 2. Метод мембранной фильтрации
7704:1985	Оценка мембранных фильтров, используемых для микробиологических анализов
9308-1:2000	Обнаружение и подсчет <i>Escherichia coli</i> и колиформных бактерий. Часть 1. Метод мембранной фильтрации
9308-2:1990	Обнаружение и подсчет колиформных организмов, термотолерантных колиформных организмов и предполагаемой <i>Escherichia coli</i> . Часть 2. Метод наиболее вероятного количества
9308-3:1998	Обнаружение и подсчет кишечных палочек <i>Escherichia coli</i> и кишечных бактерий в поверхностных и сточных водах. Часть 3. Миниатюризированный метод (наиболее вероятное число) посева в жидкой среде
10705-1:1995	Обнаружение и подсчет бактериофагов. Часть 1. Подсчет F-специфических РНК-содержащих бактериофагов
10705-2:2000	Обнаружение и подсчет бактериофагов. Часть 2. Подсчет соматических колифагов
10705-3:2003	Обнаружение и подсчет бактериофагов. Часть 3. Проверка достоверности методов концентрации бактериофагов из воды

Стандарт ИСО	Название (качество воды)
10705-4:2001	Обнаружение и подсчет бактериофагов. Часть 4. Подсчет бактериофагов, заражающих <i>Bacteroides fragilis</i>

7.6 Определение мероприятий на местах при возникновении проблем и чрезвычайных ситуаций, связанных с микробиологическими параметрами качества воды

В условиях чрезвычайной ситуации, когда имеются данные о фекальном загрязнении питьевой воды, может возникнуть необходимость либо внести изменения в порядок очистки существующих водных источников, либо временно перейти на использование альтернативных источников питьевой воды. Может оказаться необходимым усилить дезинфекцию в водном источнике после обработки или в процессе распределения.

Если качество воды с точки зрения бактериального содержания не удается поддерживать на необходимом уровне, может возникнуть необходимость рекомендовать потребителям кипятить воду, пока сохраняется чрезвычайная ситуация (см. [раздел 7.6.1](#)). В тех случаях, когда темпы принятия ответных мер достаточны для того, чтобы не допустить получения потребителями больших объемов загрязненной воды, может быть целесообразно провести дополнительное хлорирование и принять неотложные меры к исправлению ситуации.

При вспышках заболеваний, потенциально передаваемых через воду, или в тех случаях, когда обнаружено фекальное загрязнение питьевой воды, в качестве минимальной безотлагательной меры следует увеличить концентрацию свободного хлора до уровня, превышающего 0,5 мг/л по всей системе. Крайне важно, чтобы при принятии решений проводились консультации с органами здравоохранения, а там, где это целесообразно, и с гражданскими органами власти (см. также [разделы 4.4.3](#), [6.2](#) и [8.7](#)).

7.6.1 Рекомендации по кипячению воды

Рекомендации по кипячению воды имеют много общего с рекомендациями относительно ограничений использования воды в случае ее серьезного загрязнения химическими веществами (см. [раздел 8.7](#)). Поставщикам воды совместно с органами общественного здравоохранения следует разработать протоколы введения обязательного кипячения воды. Эти протоколы следует подготовить до возникновения чрезвычайной ситуации и включить их в планы управления. Решения о публикации рекомендаций нередко принимаются в срочном порядке, и разработка необходимых мер во время аварийной ситуации может затруднить процесс принятия решений, нарушить контакты с общественностью и подорвать доверие с ее стороны. Помимо информации, о которой шла речь в [разделе 4.4.3](#), в протоколах следует предусмотреть:

- критерии введения в действие и отмены рекомендаций;
- информацию, подлежащую доведению до сведения общественности в целом и отдельных групп;
- виды деятельности, затрагиваемые рекомендациями.

В протоколах следует определить механизмы распространения рекомендаций по кипячению воды. Механизмы могут быть различными, в зависимости от особенностей водоснабжения и численности затронутого населения, и в их число могут входить:

7. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

- информационные сообщения по телевидению, радио и в газетах;
- сообщения, направляемые по телефону, электронной почте или факсу в конкретные структуры, тем или иным общественным группам и местным органам власти;
- размещение объявлений на видных местах;
- личная доставка сообщений;
- рассылка по почте.

Необходимо, чтобы избранные методы обеспечивали обоснованную уверенность в том, что все те, кого эти рекомендации касаются, включая всех, кто в этих районах проживает, работает или находится проездом, будут извещены скорейшим образом.

В рекомендациях, касающихся кипячения, следует указывать, что воду можно обезопасить, доведя ее до кипения. После кипячения воде надо дать остыть, не добавляя в нее льда. Эта процедура эффективна, независимо от высоты над уровнем моря. Она также действенна в отношении мутной воды. К ситуациям, при которых следует поднимать вопрос о введении в действие рекомендаций по кипячению, относятся:

- существенное ухудшение качества источника воды;
- серьезные сбои в процессе обработки воды или повреждения систем распределения;
- недостаточная дезинфекция;
- обнаружение в питьевой воде патогенов или фекальных индикаторов;
- эпидемиологические сведения, дающие основания полагать, что причиной вспышки заболевания является питьевая вода.

Рекомендации по кипячению являются серьезной мерой, которая может иметь значительные негативные последствия. Рекомендации кипятить воду могут негативно отразиться на состоянии здоровья населения: возможны случаи ошпаривания кипятком или усиление тревожных настроений даже после того, как рекомендации будут отозваны. Кроме того, с самого начала не все потребители будут следовать рекомендациям, а если рекомендации о кипячении воды обнаруживаются часто или остаются в силе в течение длительного времени, то придерживаться их будет все меньшее число людей. Соответственно, рекомендации следует издавать, лишь тщательно взвесив всю информацию, имеющуюся в распоряжении органов здравоохранения и группы, координирующей аварийные работы, и придя к выводу, что риск для общественного здравоохранения сохраняется и перевешивает любые риски, сопряженные с рекомендациями относительно кипячения воды. Например, в тех случаях, когда в пробах питьевой воды обнаруживается микробиологическое загрязнение, при оценке необходимости опубликования рекомендаций должны учитываться следующие факторы:

- достоверность и точность результатов;
- подверженность источника воды к загрязнению;
- наличие данных об ухудшении качества источника воды;
- результаты мониторинга источника воды;
- результаты эксплуатационного мониторинга процессов очистки и дезинфекции воды;
- остаточное количество дезинфектанта;
- физическая целостность системы распределения.

Имеющуюся информацию следует изучить на предмет выявления возможного источника загрязнения и вероятности повторения или сохранения загрязнения.

Обнаруженные рекомендации относительно кипячения должны быть четкими и понятными для тех, кому они предназначены, в противном случае их придерживаться не будут. Обычно в рекомендациях следует давать описание проблемы, потенциального риска для здоровья и симптомов, видов деятельности, которые могут быть затронуты, хода расследования и мер, принимаемых для исправления ситуации, а также указать предполагаемый срок решения проблемы. Если рекомендации связаны со вспышкой заболевания, то необходимо привести конкретные данные о характере вспышки, самом заболевании и ответных мерах, принимаемых органами здравоохранения.

В рекомендациях по кипячению должны быть названы те аспекты использования питьевой воды, на которые эти рекомендации распространяются, и те, которых они не затрагивают. Как правило, в рекомендациях указывается, что некипяченую воду не следует использовать для питья, приготовления холодных напитков, льда и пищи, мытья пищевых продуктов или чистки зубов. Если некипяченая вода не слишком загрязнена, то обычно ее можно безопасно использовать для купания (при условии, что при этом вода не глотается), а также для стирки. Рекомендации по кипячению должны включать отдельные советы для уязвимых категорий населения, таких как беременные женщины и другие лица с нарушенным иммунитетом. Особые рекомендации следует также предусмотреть для таких объектов, как стоматологические клиники, центры диализа, кабинеты врачей, больницы и другие учреждения здравоохранения, детские учреждения, школы, для поставщиков и производителей продуктов питания, гостиниц, ресторанов и операторов общественных бассейнов и водолечебниц.

В ситуации, когда вступают в действие временные рекомендации по кипячению воды, следует предусмотреть альтернативные пути снабжения питьевой водой, например водой в бутылках или цистернах. В соответствующих протоколах следует указывать источники альтернативного снабжения и механизмы доставки.

В протоколах следует предусмотреть критерии отмены действия рекомендаций по кипячению воды. В зависимости от причины, по которой рекомендации были введены в действие, к числу таких критериев могут относиться:

- подтверждение того, что качество источника воды вернулось к норме;
- факт ликвидации сбоев в процессах очистки воды или в системах распределения;
- устранение сбоев в процессе дезинфекции и восстановление нормального остаточного уровня дезинфектанта;
- в случае если рекомендации были введены в действие из-за выявления микробиологического загрязнения питьевой воды, – подтверждение устранения или инактивации загрязнения;
- подтверждение того, что благодаря тщательной промывке магистральных водопроводов и току воды потенциально загрязненная вода и биопленки были удалены;
- наличие эпидемиологических данных, подтверждающих, что вспышка заболевания завершена.

После отмены действия рекомендаций по кипячению воды информацию об этом следует распространять по тем же каналам, направляя ее тем же группам, которые получили первоначальную информацию. Кроме того, операторов/управляющих или лиц, находящихся в больших зданиях и зданиях с резервуарами для хранения воды,

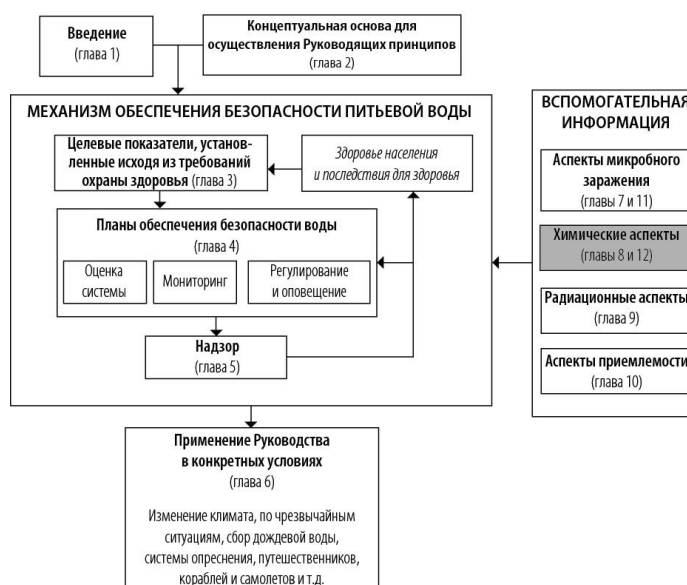
следует проинформировать о необходимости тщательно промыть емкости для хранения воды и всю обширную внутреннюю систему распределения, прежде чем возобновлять их эксплуатацию в обычном порядке.

7.6.2 Мероприятия по завершении инцидента

Важно обеспечить надлежащее расследование любого инцидента и принять меры, с тем чтобы не допустить его повторения. В план обеспечения безопасности воды потребуются внести изменения, отражающие накопленный опыт. Эти выводы могут также сыграть важную роль в качестве основы для принятия мер в отношении других систем водоснабжения в целях предупреждения возникновения аналогичного инцидента в других местах. В соответствующих случаях накоплению информации для разработки мер на будущее также помогут эпидемиологические исследования, проводимые органами здравоохранения.

Химические аспекты

Большинство обнаруживаемых в питьевой воде химических веществ становятся проблемой для здоровья только после их длительного воздействия на людей, даже не в течение нескольких месяцев, а скорее лет. Основное исключение составляют нитраты. Как правило, качество воды изменяется постепенно, кроме случаев, когда соответствующие вещества, например с зараженных мусорных свалок, выделяются или периодически просачиваются в проточные поверхностные воды или в эксплуатационные запасы подземных вод.



В некоторых случаях речь идет о группах химических веществ, поступающих из сопутствующих источников, например о побочных продуктах дезинфекции (ППД), и не всегда возникает необходимость устанавливать стандарты для всех ППД, для которых существуют нормативные величины. При применении хлорирования основными ППД будут выступать тригалогенметаны (ТГМ) и галогензамещенные уксусные кислоты (ГУК). При наличии бромид-аниона будут появляться как бромсодержащие, так и хлорсодержащие ППД. Поддержание концентраций ТГМ и ГУК на уровне ниже нормативных величин путем контроля над веществами-прекурсорами обеспечит надлежащий контроль над другими побочными продуктами хлорирования.

Некоторые неорганические вещества, для которых установлены нормативные величины, признаны важными элементами питания человека. В настоящем документе не ставится задача определить рекомендуемый минимальный уровень концентрации таких веществ в питьевой воде, однако вопрос особой значимости для питания учитывается в процессе работы над Руководством.

Справочные материалы по отдельным химическим загрязнителям приводятся в [главе 12](#). Если для химического вещества установлена нормативная величина, то справочные материалы содержат краткое токсикологическое описание этого вещества, основу для расчета нормативной величины, показатели эффективности обработки/очистки и аналитический предел обнаружения. Более подробные обзоры химических веществ см. по адресу: http://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/guidelines/chemicals/en/.

8.1 Вредные химические вещества в питьевой воде

Применительно к небольшому числу химических загрязнителей было доказано, что они оказывают пагубное воздействие на здоровье человека в результате длительного воздействия через питьевую воду. Вместе с тем они составляют лишь небольшую часть всех химических веществ, которые могут попадать в питьевую воду из различных источников.

Рассматриваемые в настоящем Руководстве вещества получили оценку в плане возможных последствий для здоровья, а нормативные величины рассчитывались только исходя из соображений охраны здоровья. Дополнительные соображения по поводу возможного воздействия химических загрязнителей на приемлемость питьевой воды для потребителей (то есть на ее вкус, запах и внешний вид) см. в [главе 10](#). Некоторые вещества, которые могут влиять на здоровье, воздействуют на приемлемость питьевой воды таким образом, что потребители, как правило, отказываются от нее даже в тех случаях, когда концентрация соответствующего вещества в ней намного ниже уровня, опасного для здоровья. Для таких веществ нормативные величины обычно не приводятся, однако может потребоваться провести расчет санитарной нормы (см. [раздел 8.2](#)), например чтобы понять, какие ответные меры потребуются в случае возникновения проблем, а в некоторых случаях – для того, чтобы убедить органы здравоохранения и потребителей в отсутствии рисков для здоровья.

Регуляторным органам надлежит установить целевые показатели исходя из требований охраны здоровья, достижению которых должны способствовать планы обеспечения безопасности воды. Применительно к химическим загрязнителям за основу для таких целевых показателей обычно берутся нормативные величины, которые, в свою очередь, базируются на санитарно-гигиенических критериях конечного результата. В этом случае нормативная величина и целевой показатель качества воды для данной местности близки по значениям, но не обязательно совпадают, поскольку последний показатель может нуждаться в корректировке с учетом местной социально-культурной, экономической и эколого-геологической ситуации, как показано в [разделе 2.6](#). Нормативные величины представляют собой ориентир для определения местных целевых показателей качества воды в отношении химических веществ (как правило, при этом в национальном стандарте указывается максимально допустимый уровень концентрации). Нормативные величины могут напрямую не отражать целевой показатель количества лет жизни, скорректированных на инвалидность (DALY), установленный на уровне 10^{-6} , поскольку они зачастую рассчитываются исходя из фактических данных, свидетельствующих об отсутствии негативных последствий или о пренебрежимо низком уровне риска. Иногда расчет нормативных величин ведется путем экстраполяции риска онкологического заболевания в результате воздействия в диапазоне от уровня, позволяющего измерить такой риск, до низкого уровня, производить измерения на котором на сегодняшний день не представляется возможным.

Включение химических веществ в рассмотренный в настоящем Руководстве перечень не означает, что включенные в него химические вещества всегда будут присутствовать в воде или что другие химические вещества, не включенные в перечень, не будут в ней обнаружены.

В разделе 2.6 указывалось, что "при разработке национальных стандартов качества питьевой воды на основе настоящего Руководства необходимо учитывать экологические, социальные, культурные, экономические особенности, особенности питания и другие факторы, влияющие на потенциальное воздействие. В результате национальные стандарты могут заметно отличаться от предусмотренных в настоящем Руководстве". Это положение применимо в первую очередь в отношении химических загрязнителей, которых очень много, из-за чего определение стандартов для них или включение всех их в программы мониторинга невозможно и не нужно.

Важно распределить химические загрязнители по степени значимости, рассмотрев возможность включения тех из них, которые представляют особую важность на уровне страны или местного региона, в национальные стандарты и программы мониторинга.

Вероятность того, что какое-либо конкретное химическое вещество появится в значительной концентрации в определенном месте, следует оценивать для каждого случая отдельно. О наличии одних химических веществ в конкретной стране может быть уже известно, тогда как оценка наличия других может оказаться более сложной задачей.

В большинстве стран, будь то развивающиеся или промышленно развитые, специалисты водного хозяйства, по всей вероятности, знают, какие химические вещества присутствуют в значительных концентрациях в некоторых источниках питьевой воды. Корпус данных по конкретной местности, сформировавшийся благодаря накопленному со временем практическому опыту, имеет неоценимое значение. Таким образом, о присутствии ограниченного круга химических загрязнителей в питьевой воде во многих странах и во многих местных системах, как правило, уже известно. Существенные проблемы и даже кризисы могут, однако, иметь место там, где химические вещества, представляющие серьезную угрозу для здоровья, широко распространены, но об их присутствии не знают, поскольку их долгосрочное воздействие на здоровье является хроническим, а не острым. Так, например, обстояли дела с мышьяком в грунтовых водах в Бангладеш и Западной Бенгалии (Индия).

Многие загрязнители воздействуют не только через питьевую воду, но и другими путями, и это, возможно, необходимо будет учитывать при разработке стандартов и определении степени потребности в них. Этот же фактор может быть важен при определении степени потребности в мониторинге. Иногда питьевая вода играет лишь незначительную роль в качестве источника воздействия и контроль за уровнями содержания в воде не сможет существенно повлиять на общий уровень воздействия. В других случаях контроль за содержанием загрязнителя в воде может оказаться самым рентабельным способом снижения воздействия. Соответственно, стратегии мониторинга питьевой воды нельзя рассматривать в отрыве от других потенциальных путей воздействия химических веществ, содержащихся в окружающей среде.

Научные данные, на основе которых рассчитывается каждая нормативная величина, резюмируются в [главе 12](#). Эта информация важна, поскольку, с одной стороны, она помогает адаптировать нормативные величины так, чтобы они соответствовали национальным требованиям, а с другой – оценивать воздействие на здоровье загрязнителя, концентрация которого превышает нормативную величину.

Содержащиеся в питьевой воде химические загрязнители можно классифицировать по-разному; целесообразнее всего, однако, исходить из того, что является первичным источником загрязнения, – то есть группировать химические вещества исходя из того, где контроль можно осуществлять с наибольшей эффективностью. Это помогает в разработке подходов, имеющих целью предупреждение или сведение к минимуму загрязнения, вместо подходов, основанных

главным образом на измерении содержания загрязнителей в воде на конечной стадии ее использования.

В целом подходы к контролю над содержащимися в питьевой воде вредными химическими веществами можно разделить на две категории: подходы к ситуациям, когда существенным фактором является источник воды (в этих случаях контроль осуществляется, например, путем выбора источника воды, контроля загрязнения, обработки или добавления присадок), и меры в отношении материалов и химических веществ, применяемых в производстве и распределении питьевой воды (контроль посредством оптимизации процессов или определения технических характеристик продукта). Соответственно, как показано в [таблице 8.1](#), в настоящем Руководстве химические вещества разделены по своему происхождению на пять основных групп.

Таблица 8.1. Классификация источников происхождения химических компонентов

Источник происхождения химических компонентов	Примеры источников происхождения
Природные источники	Горные породы, почвы и последствия геологических процессов и климатического воздействия; эвтрофные водные объекты (в том числе являющиеся местом канализационных сбросов и стоков с сельскохозяйственных угодий)
Промышленные источники и жилой сектор	Горные работы (добывающая промышленность) и обрабатывающие и перерабатывающие отрасли, канализация (в том числе ряд загрязнителей, начинающих вызывать особую обеспокоенность), твердые отходы, стоки с городской территории, утечки топлива
Сельскохозяйственные работы	Органические и минеральные удобрения, продукты интенсивного животноводства и пестициды
Обработка воды или материалы, контактирующие с питьевой водой	Коагулянты, ППД, материалы для изготовления труб
Пестициды, вносимые в воду в целях охраны здоровья населения	Инсектициды, применяемые для борьбы с насекомыми – переносчиками заболеваний

Четкое разграничение категорий возможно не всегда. Так, например, к группе загрязнителей природного происхождения относятся многие неорганические химические вещества, попадающие в питьевую воду из горных пород и почв с дождевой водой. Некоторые подобные вещества могут представлять проблему в случае нарушения физических свойств окружающей среды, например в районах добычи полезных ископаемых.

8.2 Расчет нормативных величин для химических веществ

В целях проведения расчета нормативной величины для конкретного химического компонента необходимо, чтобы этот компонент отвечал хотя бы одному из следующих критериев.

- Наличие достоверных фактических данных о присутствии химического вещества в питьевой воде в сочетании с фактическими данными о его реальной или потенциальной токсичности.
- Химическое вещество вызывает значительную обеспокоенность на международном уровне.
- Химическое вещество рассматривается на предмет внесения или уже внесено в Систему ВОЗ по оценке пестицидов (WHOPES), обеспечивающую координацию тестирования пестицидов и оценки их воздействия на здоровье населения, в том

числе пестицидов, непосредственно вносимых в питьевую воду для борьбы с насекомыми – переносчиками заболеваний.

Нормативные величины рассчитываются в отношении многих химических веществ, содержащихся в питьевой воде. Нормативная величина обычно показывает, какая концентрация вещества не сопряжена со сколько-нибудь значительным риском для здоровья при его потреблении в течение всей жизни. Исходя из концентраций, которые можно реально обеспечить путем применения практических методов обработки воды или в лабораторных условиях, был рассчитан ряд временных нормативных величин; в этих случаях нормативная величина выше концентрации, соответствующей рассчитанной санитарной норме. Кроме того, нормативные величины считаются временными в случае значительной неопределенности токсикологических данных и данных о воздействии на здоровье (см. также [раздел 8.2.5](#)). Для некоторых химических веществ официальные нормативные величины не предлагаются, поскольку такие вещества присутствуют только в концентрациях значительно ниже тех, которые представляют риск для здоровья. На случай, если такое химическое вещество будет обнаружено в питьевой воде или источнике воды на этапе выявления опасных факторов при разработке плана обеспечения безопасности воды, в качестве ориентира для государств-членов было введено значение "санитарная норма". Установление официальных нормативных величин для таких веществ могло бы подтолкнуть некоторые государства-члены к включению этих величин в свои национальные стандарты, что не нужно и нецелесообразно.

При расчете нормативных величин можно опираться на два основных источника информации о последствиях для здоровья в результате воздействия химических веществ. Первый и предпочтительный источник – это исследование в группах населения. Вместе с тем для большинства химических веществ проведение таких исследований ограничено ввиду этических барьеров, препятствующих осуществлению токсикологических исследований на людях, а также из-за отсутствия количественных данных об уровнях концентрации, воздействию которых люди подвергались, или об одновременном воздействии иных химических веществ. При этом для небольшого количества химических веществ такие исследования являются основной базой при расчете нормативных величин. Второй и чаще всего используемый источник информации – это токсикологические исследования на лабораторных животных. Факторами, ограничивающими эффективность таких токсикологических исследований, являются относительно небольшое число использованных экспериментальных животных и относительно высокие дозы, воздействию которых они подвергались, что создает неопределенность в части возможности проекции конкретных выводов на здоровье человека. Причиной неопределенности является необходимость экстраполировать полученные в ходе экспериментов над животными результаты на людей и на те небольшие дозы, воздействию которых, как правило, подвергаются люди. В большинстве случаев данные исследования, проводившегося для расчета нормативных величин, дополняются данными ряда других исследований, в том числе по людям, и эти данные также учитываются в ходе проведения оценки риска для здоровья.

При расчете нормативных величин в целях охраны здоровья человека необходимо отбирать наиболее подходящее исследование или исследования. Предпочтение следует отдавать данным тщательно проведенных исследований, в ходе которых была выявлена четкая взаимосвязь между дозой и реакцией. Выбор наиболее подходящих исследований из широкого спектра имеющейся информации осуществлялся на основе экспертного суждения с учетом критериев, предоставленных в [разделе 8.2.4](#). Для расчета

консервативных значений нормативных величин, которые рассматриваются в качестве предохранительных, учитывались факторы безопасности или неопределенности, установленные на основе стандартных принципов оценки риска.

8.2.1 Применяемые подходы

Для расчета нормативных величин применяются два подхода: один – в отношении "химических веществ порогового действия", а другой – в отношении "химических веществ, оказывающих непороговое воздействие" (в основном – генотоксических канцерогенов).

Общепринятым является положение о том, что спусковым крючком процесса генотоксичного химического канцерогенеза является мутация соматических клеток (то есть иных, помимо яйцеклеток и клеток спермы), содержащихся в генетическом материале (дезоксирибонуклеиновой кислоте [ДНК]), и что теоретически риск таких мутаций присутствует при любом уровне воздействия (то есть пороговый уровень отсутствует). Вместе с тем существуют канцерогены, способные вызывать опухоли у подопытных животных или у людей, не оказывая генотоксического воздействия, но воздействуя косвенно. Считается, что для негенотоксических канцерогенов существует поддающаяся расчету пороговая доза.

При расчете нормативных величин для канцерогенов учитываются потенциальные механизмы, посредством которых вещество может вызывать онкологическое заболевание, чтобы на этой основе выбрать соответствующий подход – основанный на пороговом или непороговом воздействии (см. [разделы 8.2.2 и 8.2.3](#)).

Оценка потенциального канцерогенного воздействия химических веществ, как правило, дается по результатам длительных экспериментов на лабораторных животных. Иногда имеются данные о канцерогенном воздействии на людей, полученные главным образом при изучении материалов о воздействии, связанном с характером работы.

На основании имеющихся фактических данных Международное агентство по изучению рака (МАИР) разделяет химические вещества по степени их потенциального канцерогенного риска на следующие категории:

- Категория 1: вещества, канцерогенные для человека
- Категория 2А: вещества, весьма вероятно канцерогенные для человека
- Категория 2В: вещества, вероятно канцерогенные для человека
- Категория 3: вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека
- Категория 4: вещества, не канцерогенные для человека

Согласно МАИР, эта классификация является первым этапом оценки канцерогенного риска, вслед за которым должен следовать второй этап – проведение по мере возможности количественной оценки. При определении нормативных величин для питьевой воды учитывались данные проведенной МАИР оценки канцерогенных компонентов, если такие данные имелись.

8.2.2 Химические вещества порогового действия

В отношении большинства видов токсичности принято считать, что существует доза, ниже которой вредное воздействие не происходит. Для химических веществ, оказывающих такое токсическое воздействие, допустимый уровень суточного потребления (ДУСП) необходимо рассчитывать по приведенной ниже формуле,

используя наиболее чувствительный конечный результат в наиболее релевантном исследовании, предпочтительно предполагающем потребление данного вещества с питьевой водой:

$$\text{ДУСП} = \frac{\text{УНВВНИ или ПУВВ или ОДНДП}}{\text{ФН и/или ПККХВ}}$$

где:

УНВВНИ	=	уровень, не вызывающий видимых неблагоприятных изменений;
ПУВВ	=	пороговый уровень вредного воздействия;
ОДНДП	=	ориентировочная доза нижнего доверительного предела;
ФН	=	фактор неопределенности;
ПККХВ	=	поправочный коэффициент для конкретного химического вещества.

Затем на основе ДУСП рассчитывается нормативная величина (НВ):

$$\text{НВ} = \frac{\text{ДУСП} \times \text{МТ} \times \text{Р}}{\text{С}}$$

где:

МТ	=	масса тела (см. ниже)
Р	=	доля ДУСП, приходящаяся на питьевую воду
С	=	объем суточного потребления питьевой воды (см. ниже).

Уровень допустимого суточного потребления

ДУСП – это выраженная исходя из массы тела оценка количества вещества (в миллиграммах или микрограммах на килограмм массы тела) в пище и питьевой воде, которое может потребляться в течение жизни без ощутимого риска для здоровья и с известным пределом безопасности.

Для пищевых добавок и остаточных количеств пестицидов, попадающих в пищу в связи с особенностями технологических процессов или ввиду необходимости защиты растений, рассчитываются приемлемые уровни суточного потребления (ПУСП). К химическим загрязнителям, которые, как правило, не выполняют в питьевой воде никаких назначенных функций, уместнее применять термин "допустимый уровень суточного потребления", а не "приемлемый уровень суточного потребления", поскольку он означает скорее допустимость, нежели приемлемость.

В течение многих лет Объединенный комитет экспертов Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО)/Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по пищевым добавкам (ОКЭПД) и Совместное совещание ФАО/ВОЗ по остаточным количествам пестицидов (ССОКП) занимались разработкой конкретных принципов расчета ПУСП (ФАО/ВОЗ, 2009). Эти принципы применяются там, где это целесообразно, для расчета ДУСП, используемых при определении нормативных величин, обеспечивающих качество питьевой воды.

Поскольку ДУСП рассматриваются как показатели допустимого уровня потребления в течение жизни, они не настолько точны, чтобы их нельзя было превышать в течение коротких периодов времени. Кратковременное воздействие в дозах, превышающих ДУСП, не является поводом для беспокойства при том условии,

что средняя доза, принимаемая человеком в течение более продолжительного времени, не будет сколько-нибудь значительно превышать установленный уровень. Существенные факторы неопределенности, как правило сопутствующие определению ДУСП (см. ниже), дают гарантии того, что воздействие в течение короткого периода времени в дозах, превышающих ДУСП, не окажет вредного воздействия на здоровье. Вместе с тем следует учитывать острые последствия, возможные в случае кратковременного существенного превышения ДУСП.

Уровень, не вызывающий видимых неблагоприятных изменений и пороговый уровень вредного воздействия

УНВВНИ определяется как выявленная экспериментальным путем или в ходе наблюдений в рамках отдельного исследования максимальная доза или уровень концентрации химического вещества, не вызывающие видимых неблагоприятных изменений здоровья. По мере возможности УНВВНИ рассчитывается на основании долговременных исследований, предпочтительно исследований потребления исследуемого вещества с питьевой водой. Вместе с тем можно использовать УНВВНИ, рассчитанный по результатам кратковременных исследований и исследований с привлечением других источников воздействия (например, продуктов питания, воздуха).

Если данных по УНВВНИ нет, то можно использовать показатель ПУВВ, который представляет собой наименьшую дозу или уровень концентрации вещества, вызывающие видимое вредное воздействие на здоровье. В случае использования ПУВВ вместо УНВВНИ обычно применяется дополнительный фактор неопределенности (см. ниже).

Ориентировочная доза

Все чаще при расчете пороговых уровней воздействия ДУСП/ПУСП предпочтение отдается подходу с использованием ориентировочной дозы (ОД) или ориентировочной дозы нижнего доверительного предела (ОДНДП) (IPCS, 1994). В случае наличия данных, пригодных для построения математической модели соотношения "доза – ответ", при расчете санитарных нормативных величин ОДНДП применяются в качестве альтернативы УНВВНИ. В подобных случаях применение ОДНДП может снять необходимость применения дополнительного фактора неопределенности в отношении ПУВВ. ОДНДП представляет собой нижний доверительный предел дозы, вызывающей небольшое (например, на 5 или 10%) повышение уровня вредных последствий. ОДНДП рассчитывается количественно на основе данных всей кривой зависимости "доза–ответ", если такой эффект является критическим, а не единичных доз УНВВНИ или ПУВВ, и отражает статистическую мощность исследования и качество данных (IPCS, 2009).

Факторы неопределенности

Факторы неопределенности или безопасности уже давно и успешно применяются при расчете ПУСП и ДУСП для пищевых добавок, пестицидов и веществ, загрязняющих окружающую среду. Расчет этих показателей требует экспертного подхода и скрупулезного изучения имеющихся научных данных.

При расчете нормативных величин факторы неопределенности применяются к УНВВНИ, ПУВВ или ОД/ОДНДП в отношении реакций, считающихся наиболее значимыми в биологическом плане.

Что касается воздействия на население в целом, то УНВВНИ или ОД/ОДНДП для критических эффектов, рассчитываемых по результатам экспериментов над

животными, обычно делятся на фактор неопределенности, равный 100. Этот фактор включает два коэффициента 10: один – отражающий межвидовые различия, а второй – изменчивость индивидуальных значений для людей (таблица 8.2). Могут учитываться и дополнительные факторы неопределенности, отражающие недостатки базы данных, а также степень тяжести и необратимости последствий.

Таблица 8.2. Источники неопределенности при расчете нормативных величин

Источник неопределенности	Фактор неопределенности
Межвидовые различия (экстраполяция на человека данных по экспериментальным животным)	1–10
Изменчивость индивидуальных значений (отражает различия в индивидуальных показателях среди людей)	1–10
Адекватность исследований или базы данных	1–10
Характер и степень тяжести последствий	1–10

Факторы со значением ниже 10 применяются, например, в отношении межвидовых различий, если известно, что степень восприимчивости людей ниже, нежели степень восприимчивости тех видов экспериментальных животных, которые были предметом исследования. Неадекватными исследованиями или базами данных считаются те, в которых вместо УНВВНИ применялся ПУВВ, а также те, продолжительность которых была ниже рекомендованной. К числу ситуаций, в которых характер или степень тяжести последствий способны стать дополнительным фактором неопределенности, могут относиться исследования, конечным результатом которых стал деформированный эмбрион или в которых конечный результат, определяющий УНВВНИ, напрямую связан с возможным канцерогенным воздействием. В последнем случае дополнительный фактор неопределенности обычно применяется в отношении канцерогенных компонентов, нормативные величины для которых рассчитываются с использованием метода ДУСП, а не метода теоретической экстраполяции риска.

Для веществ, факторы неопределенности для которых превышают 1000, нормативные величины рассчитываются как временные, чтобы подчеркнуть повышенный уровень неопределенности для этих значений. Большой фактор неопределенности свидетельствует о том, что нормативная величина может быть значительно ниже уровня концентрации, при котором последствия для здоровья населения действительно будут иметь место. Для нормативных величин, рассчитанных с большой степенью неопределенности, выше вероятность того, что по мере поступления новых данных они будут изменяться.

Выбор и применение факторов неопределенности играют важную роль в расчете нормативных величин для химических веществ, поскольку они предопределяют значительные различия в наборе значений. Для загрязнителей, по которым существуют достаточно надежные базы данных, нормативная величина рассчитывается с использованием низкого фактора неопределенности. Вместе с тем для большинства загрязнителей степень неопределенности научных данных выше, и в их отношении применяется относительно более высокий фактор неопределенности. Применение факторов неопределенности позволяет учитывать при расчете нормативных величин конкретные особенности химических веществ и имеющихся данных.

Применение поправочных коэффициентов для конкретных химических веществ вместо факторов неопределенности

Основой для методов расчета ДУСП все чаще становится представление о том, каким образом химические вещества оказывают свое воздействие, что позволяет снизить зависимость от предположений по умолчанию. Такой метод позволяет отказаться от использования факторов неопределенности, задаваемых по умолчанию (например, 10 для межвидовых различий и 10 для внутривидовых различий), и опереться на использование количественных токсикокинетических и токсикодинамических данных для расчета ПККХВ, которые могут применяться для межвидовой и внутривидовой экстраполяции данных (IPCS, 2005). Ранее ПККХВ назывались "факторы неопределенности, рассчитанные на базе данных". В настоящее время наиболее разработанной является та часть методики ПККХВ, которая предусматривает использование фармакокинетических моделей, созданных на базе данных физиологии, вместо задаваемых по умолчанию данных для экстраполяции на другие виды живых существ и на другие виды воздействия (например, путем вдыхания или приема внутрь).

Определение относительной доли различных источников

Обычно питьевая вода не является единственным источником воздействия на человека химических веществ, для которых рассчитываются нормативные величины. Зачастую воздействие содержащихся в питьевой воде химических веществ или показатели их приема внутрь гораздо ниже по сравнению с химическими веществами, содержащимися в других источниках, таких как продукты питания, воздух и предметы потребления. Соответственно, при определении нормативных величин и выработке стратегий управления рисками необходимо учитывать, какая доля ПУСП или ДУСП может быть отнесена к другим источникам. При применении такого подхода совокупный уровень суточного потребления из всех источников (включая питьевую воду, содержащую химические вещества в концентрациях, равных нормативной величине или близких к ней) не превысит ПУСП или ДУСП.

По мере возможности при расчете нормативных величин используются данные о доле совокупного суточного потребления, которая обычно поступает с питьевой водой (рассчитывается по средним уровням для продуктов питания, питьевой воды и воздуха), или о потреблении, уровень которого определяется исходя из физических и химических свойств соответствующих веществ. Поскольку к числу основных источников воздействия химических веществ, как правило, относятся продукты питания (например, если речь идет об остатках пестицидов) и вода, важно определить количественные показатели воздействия обоих этих источников. Для этого желательно иметь в своем распоряжении как можно больше качественных данных о потреблении продуктов питания в разных частях мира. Затем собранные данные можно использовать для оценки того, какая доля химических веществ поступает с пищей, а какая – с питьевой водой.

Там, где получить необходимую информацию о воздействии через продукты питания и воду не представляется возможным, применяются коэффициенты распределения, которые отражают вероятный вклад воды в совокупное суточное потребление различных химических веществ. Если точных данных о воздействии нет, то считается, что обычно на долю воды приходится 20% совокупного суточного потребления, – этот показатель воздействия рассчитан на основе обширных фактических данных, хотя при этом он достаточно протекционистский. Он изменен по сравнению с ранее применявшимся коэффициентом в 10%, который сочли слишком консервативным. По мере постепенной переоценки химических веществ будет пересмотрен уровень общего воздействия, и, в случае необходимости, применяемый по

умолчанию коэффициент распределения будет повышен с 10 до 20%. Соответственно, не все рассчитанные ранее нормативные величины, приводимые в настоящем издании, учитывают это изменение. В некоторых случаях имеются очевидные данные о том, что уровень воздействия через продукты питания очень низок, как это имеет место со многими ППД, и в этих случаях коэффициент распределения может достигать 80%, что по-прежнему учитывает возможность воздействия через другие источники. Для некоторых пестицидов, остатки которых могут содержаться в продуктах питания, делая их значительным источником воздействия, коэффициент распределения для воды может быть совсем низким – на уровне 1%.

Подробное разъяснение мотивов, определивших выбор коэффициента распределения, составляет важный компонент оценки. Оно помогает государствам-членам в принятии разумных решений по вопросам включения нормативных величин в национальные стандарты или их адаптации к таким стандартам в ситуациях, когда необходимо учесть особенности положения на местах. Это полезно также для принятия решений относительно потенциальных рисков в случае превышения нормативной величины. В целом необходимо стремиться поддерживать как можно более низкий уровень концентрации загрязнителей, не допуская его повышения до нормативной величины.

Хотя в большинстве случаев принятые величины позволяют в достаточной мере учесть попадание в организм содержащихся в воде загрязнителей иными путями (то есть путем вдыхания и проникновения через кожу), в определенных обстоятельствах (например, если уровень вентиляции недостаточен), соответствующие органы, возможно, сочтут необходимым учесть воздействие через вдыхание и проникновение через кожу при адаптации нормативных величин к местным условиям (см. [раздел 8.2.9](#)).

Некоторые вещества играют важную роль в питании человека. При определении нормативных величин и выборе коэффициентов распределения следует учитывать рекомендуемую минимальную дозу суточного потребления и показатели воздействия через продукты питания, не допуская, чтобы результатом распределения стал явный конфликт с необходимостью.

Допущения по умолчанию

Как количество ежедневно потребляемой воды, так и масса тела потребителей различаются. Поэтому при определении нормативной величины возникает необходимость применять некоторые допущения. Для потребления воды допущение по умолчанию состоит в том, что взрослый человек потребляет 2 литра воды в день, а допущение по массе тела составляет 60 кг.

Иногда нормативные величины рассчитываются на детей, поскольку они считаются особенно уязвимыми к воздействию определенного вещества. В этом случае по умолчанию суточное потребление воды определяется в 1 литр, а масса тела – в 10 кг. Наиболее уязвимой группой считаются дети грудного возраста, находящиеся на искусственном вскармливании; по умолчанию считается, что они потребляют 0,75 литра воды в сутки при массе тела 5 кг.

Значащие цифры

Рассчитанные ДУСП применяются для определения нормативных величин, которые обычно округляются до одной значащей цифры. Иногда для расчета нормативной величины применялись округленные до одной значащей цифры ПУСП, установленные ОКЭПД или ССОКП. Обычно нормативные величины округляются до одной значащей цифры, что отражает неопределенность, например данных о токсичности, полученных

в ходе экспериментов над животными, исходных допущений о степени воздействия и выбранных факторов неопределенности. В нескольких случаях было сочтено целесообразным провести округление до двух значащих цифр, поскольку результативность округления зависит от единиц; так, например, округление с 1,5 до 2,0 мкг/л меньше влияет на воздействие, нежели округление с 1,5 до 2,0 мг/л. Подобные решения принимаются в каждом случае отдельно.

Общее правило округления для срединных значений ($x,5$) состоит в округлении в большую сторону, согласно общепринятым правилам. Несколько примеров округления до одной значащей цифры: 1,25 округляется до 1, 0,73 округляется до 0,7, а 1,5 округляется до 2.

8.2.3 Химические вещества, оказывающие непороговое воздействие

Нормативные величины для компонентов, считающихся генотоксическими канцерогенами, обычно рассчитываются с применением математической модели. Существуют различные модели, но обычно применяется линеаризованная многошаговая модель. В некоторых случаях более целесообразным считается применение других моделей. Такие модели позволяют дать оценку риска при определенном уровне воздействия, а также указать верхний и нижний доверительные пределы расчета. При этом нижний предел может быть равен нулю. Консервативный подход предполагает представление нормативных величин как уровней концентрации в питьевой воде, определяющих расчетный верхний предел избыточного риска ракового заболевания в течение жизни как 10^{-5} (или один дополнительный случай рака на 100 000 человек, потребляющих питьевую воду, загрязненную веществом в концентрации на уровне нормативной величины, в течение 70 лет). Эта величина не равна количеству случаев рака, вызванных воздействием этого вещества на этих условиях. Это максимальный уровень потенциального риска, учитывающий значительные факторы неопределенности. Весьма вероятно, что реальный риск ниже этого уровня и даже близок к нулю, однако риски при низких уровнях воздействия не поддаются экспериментальной проверке. Признание того, что риск ракового заболевания может приближаться к нулю и даже быть неотличимым от нуля, проистекает от неопределенности, присущей механизмам онкогенеза, в том числе роли химических веществ в процессе возникновения рака, а также возможности того, что в действие вступит механизм устранения токсического действия и восстановления. Государства-члены могут выбрать другой уровень гипотетического риска, в большей степени учитывающий особенности их ситуации, и соответствующее умножение или деление нормативной величины на 10 может дать оценку риска на уровне 10^{-4} или 10^{-6} дополнительных случаев рака при воздействии в течение жизни.

Математические модели, которые применяются в целях расчета нормативных величин для химических веществ, оказывающих непороговое воздействие, не поддаются экспериментальной проверке. Кроме того, обычно они не учитывают ряд важных в биологическом плане факторов, таких как фармакокинетика, пресистемная и метаболическая дезактивация токсинов, репарация ДНК или защита, обеспечиваемая иммунной системой. Модели также исходят из признания возможности линейной экстраполяции данных о воздействии в очень высоких дозах на лабораторных животных на воздействие в очень низких дозах на людей. В результате применяемые модели являются консервативными (то есть дают значения с наименьшим риском). Нормативные величины, рассчитанные с применением этих моделей, следует интерпретировать не так, как величины, рассчитанные на основе ДУСП, поскольку такие модели недостаточно точны. Умеренное кратковременное воздействие в дозах,

превышающих нормативную величину для непороговых величин химических веществ, не оказывает существенного влияния на риск.

8.2.4 Качество данных

При оценке качества и достоверности имеющейся информации учитывались следующие факторы.

- Предпочтение отдавалось исследованиям перорального потребления (в частности, исследованиям потребления питьевой воды), в которых объектом исследования являлось химически чистое вещество в соответствующих дозировках и применялись качественные методы клинического биохимического и гистопатологического анализа.
- База данных должна быть достаточно большой, чтобы выявить все возможные вызывающие беспокойство конечные токсикологические результаты.
- Качество исследований должно обеспечивать достоверность полученных результатов; например, в ходе эпидемиологических исследований необходимо адекватно учитывать факторы, искажающие результаты.
- Исследования должны разумно соотноситься друг с другом: конечные результаты и данные исследования, использованные для расчета нормативной величины, не должны противоречить всей совокупности фактических данных по проблеме.
- В определенной мере учитываются формы нахождения неорганических веществ в питьевой воде.
- В ходе эпидемиологических исследований соответствующим образом учитывается разностороннее воздействие.

При расчете нормативных величин тщательно изучаются существующие международные подходы. В частности, анализируются прежние оценки рисков, проведенные в рамках Международной программы по химической безопасности (МПХБ) и приводимые в публикациях "Критерии гигиены окружающей среды" (Environmental Health Criteria), в Кратких международных документах по оценке химических веществ (Concise International Chemical Assessment Documents) и в публикациях МАИР, ССОКП и ОКЭПД. Приводимые в этих документах оценки считаются надежными, за исключением случаев, когда новые данные дают основания для их пересмотра, однако, прежде чем использовать новые данные для любой оценки риска, эти данные критически оцениваются на предмет их качества. Если данные международных исследований отсутствуют, для расчета нормативных величин используются другие источники информации, в том числе прошедшие экспертную проверку публикации в открытых источниках, страновые обзоры, высокое качество которых было подтверждено, информация, предоставленная правительствами и другими заинтересованными сторонами, а также, в определенных пределах, неопубликованные собственные данные компаний (прежде всего касающиеся оценки пестицидов).

8.2.5 Временные нормативные величины

Данные о применении и обозначении временных нормативных величин см. в таблице 8.3.

Таблица 8.3. Применение и обозначение временных нормативных величин

Ситуации, в которых применяются временные нормативные величины	Обозначение
Значительная неопределенность научных данных, необходимых для расчета санитарных нормативных величин	P
Рассчитанная нормативная величина ниже достижимого уровня количественного определения аналитическими методами	A <i>(Нормативная величина устанавливается на достижимом уровне количественного определения)</i>
Рассчитанная нормативная величина ниже уровня, достижимого посредством применяемых на практике методов обработки воды	T <i>(Нормативная величина устанавливается на уровне, достижимом посредством применяемых на практике методов обработки воды)</i>
Рассчитанная нормативная величина будет, по всей вероятности, превышена в результате дезинфекции	D <i>(Нормативная величина устанавливается, исходя из соображений охраны здоровья, однако дезинфекция питьевой воды остается задачей первостепенной важности)</i>

Что касается химических веществ, оказывающих непороговое воздействие, то, если из-за неадекватности аналитических методов или технологии обработки не представляется возможным обеспечить концентрацию, предопределяющую верхний предел избыточного риска ракового заболевания в течение жизни, на уровне 10^{-5} , рекомендуется установить временную нормативную величину на практически достижимом уровне (соответственно А или Т).

8.2.6 Химические вещества, влияющие на приемлемость

Некоторые оказывающие воздействие на здоровье вещества влияют на вкус, запах или внешний вид питьевой воды, что обычно заставляет людей отказываться от ее потребления даже в тех случаях, когда уровень концентрации таких веществ значительно ниже того, при котором возникают последствия для здоровья. Обычно проведение рутинного мониторинга таких веществ не имеет смысла. Тем не менее были определены нормативные величины для некоторых веществ, способных влиять на вкус или запах питьевой воды в концентрациях, которые намного ниже таких величин, поскольку диапазон способности потребителей выявить наличие таких веществ по вкусу или запаху очень широк. Справочные материалы по таким веществам и рассчитанные для них санитарные нормативные величины (см. главу 12) представлены в обычном порядке. В справочных материалах разъясняется соотношение между уровнями концентрации, влияющими на здоровье, и уровнями, воздействующими на приемлемость питьевой воды. Санитарные нормативные величины помечаются в таблицах нормативных величин буквой "С". Что касается других веществ, то санитарные нормативные величины могут потребоваться, например, для содействия в поиске решения возникающих проблем, а также в некоторых случаях, когда необходимо убедить руководящие органы системы здравоохранения и потребителей в отсутствии возможных рисков для здоровья.

8.2.7 Химические вещества, не включенные в Руководство

Дополнительную информацию по многим химическим веществам, не включенным в настоящее Руководство, можно получить из ряда заслуживающих доверия источников,

в том числе из публикаций ВОЗ "Критерии гигиены окружающей среды" и Кратких международных документах по оценке химических веществ (<http://www.who.int/ipcs/en/>), а также из публикаций ССОКП, ОКЭПД и МАИР по вопросам оценки химических рисков и из документов, опубликованных рядом национальных структур, например Агентством по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки. Хотя, возможно, при подготовке настоящего Руководства эти источники информации не изучались, они прошли экспертную оценку и позволяют получить токсикологические данные по многим другим химическим веществам. Это может помочь поставщикам питьевой воды и должностным лицам органов здравоохранения в принятии решений по поводу значимости (если таковая имеет место) вновь выявленного химического вещества и о возможных мерах в его отношении.

8.2.8 Смеси

Наряду с химическими веществами – загрязнителями питьевой воды в ней присутствует и множество других неорганических и органических веществ. Нормативные величины рассчитываются для каждого вещества отдельно, без учета его потенциального взаимодействия с другими присутствующими веществами. Синергетическое взаимодействие между веществами носит, как правило, выборочный и очень ограниченный характер, особенно при очень низких показателях концентрации, обычно наблюдаемых в питьевой воде. Считается, что больших пределов неопределенности, предусматриваемых обычно в большинстве нормативных величин, достаточно для учета возможного взаимодействия. Кроме того, большинство загрязнителей не присутствуют постоянно в концентрациях, равных нормативным величинам или близким к ним.

Механизмы токсикологического воздействия у многих химических веществ-загрязнителей разные, и поэтому нет оснований предполагать, что взаимодействие имеет место. Вместе с тем возможны случаи, когда несколько загрязнителей со сходными токсикологическими механизмами присутствуют в концентрациях, близких к их соответствующим нормативным величинам. В подобных ситуациях необходимо принимать решение о соответствующих мерах с учетом местных условий. В отсутствие данных, свидетельствующих об обратном, целесообразно считать, что токсическое воздействие этих компонентов суммируется.

8.2.9 Адаптация нормативных величин к местным условиям

Чтобы учесть колебания в показателях воздействия из различных источников и в разных частях мира, при расчете нормативных величин для многих химических веществ используются значения по умолчанию, как правило, в пределах от 20 до 80%, определяющие долю ДУСП, приходящуюся на питьевую воду. Там, где имеются соответствующие данные о воздействии, административным органам рекомендуется рассчитывать учитывающие особенности ситуации нормативные величины, соответствующие положению и условиям на местах. Например, там, где, как известно, потребление конкретного загрязнителя с питьевой водой происходит в гораздо больших объемах, нежели из других источников (например, воздуха и продуктов питания), возможно, имеет смысл отнести на питьевую воду более высокую долю ДУСП, чтобы рассчитать нормативную величину, в большей мере соответствующую местным условиям.

Показатели суточного потребления воды могут существенно различаться в разных районах мира, в зависимости от времени года и особенно там, где потребители

занимаются физическим трудом в условиях жаркого климата. Для определения местных стандартов, например по фтору, может потребоваться локальная корректировка данных о суточном потреблении воды. Для большинства других веществ показатель их потребления с питьевой водой очень низок (возможно, в 2–4 раза ниже) в сравнении с гораздо более обширным диапазоном факторов токсикологической неопределенности; соответственно, в этом случае подобная корректировка не потребуется.

Содержащиеся в воде летучие вещества могут высвобождаться в атмосферу при приеме душа или в процессе иной бытовой деятельности. В подобных ситуациях значимым путем воздействия может стать вдыхание. Кроме того, некоторые вещества могут проникать через кожу при мытье, однако обычно подобный путь их попадания в организм не является основным. Для веществ, обладающих повышенной летучестью, например для хлороформа, поправочный коэффициент будет примерно равен удвоенному показателю воздействия, что немного по сравнению с факторами неопределенности, неизбежно учитываемыми при расчете нормативных величин. Вместе с тем в некоторых районах мира дома вентилируются очень плохо, и административные органы, возможно, предпочтут учесть воздействие путем вдыхания при адаптации нормативных величин к местным условиям, хотя другие факторы неопределенности, применяемые в количественных оценках, могут снять необходимость в подобных мерах. Там, где было доказано, что подобный способ воздействия существенен для конкретного вещества (например, в силу высокой летучести вещества, слабой вентиляции и частого приема душа/ванны), возможно, целесообразно внести соответствующие коррективы в нормативную величину.

8.3 Аналитическая достижимость

Как отмечалось выше, за нормативную величину не принимается концентрация вещества, которая не может быть измерена достаточно точно. В этих случаях устанавливаются временные нормативные величины, отражающие разумный предел точности определения аналитическими методами.

Содержащиеся в настоящем разделе и в [Приложении 4](#) рекомендации имеют целью помочь читателям в выборе аналитических методов, подходящих для конкретных ситуаций. При выявлении опасных факторов и оценке риска, а также в целях верификации и аудита плана обеспечения безопасности воды в части химических загрязнителей обычно возникает необходимость в проведении определенного анализа. В целях создания возможностей для применения соответствующих методов химического анализа важно обеспечить наличие необходимой аппаратуры и оборудования.

Ряд национальных и международных структур сообщают о различных наборах "стандартных" или "рекомендуемых" методов анализа воды. Нередко считается, что необходимой степени аналитической точности можно добиться, если все лаборатории будут пользоваться одним и тем же стандартным методом. Как показывает опыт, так бывает не всегда, поскольку на достоверность выводов может повлиять ряд факторов. К их числу относятся чистота реагента, тип и эффективность работы оборудования, степень изменений, которые конкретная лаборатория вносит в методику, а также квалификация и тщательность проводящего анализ специалиста. Эти факторы могут различаться по лабораториям и изменяться со временем даже в рамках одной лаборатории. Кроме того, точность и достоверность, которые обеспечивает какой-либо конкретный метод, зачастую зависят от надлежащего отбора образцов и характера выборки ("матрицы"). Использование именно стандартных методов не является

принципиальным, однако важно должным образом подтвердить правильность применяемых методов и определить степень их точности и достоверности, прежде чем принимать значимые решения на основании полученных с применением таких методов результатов. Если речь идет о "неспецифических" переменных, таких как вкус, запах, цвет или мутность, то результаты в этом случае определяются применяемым методом, и это необходимо учитывать при использовании полученных данных для сопоставлений.

При выборе методов необходимо учитывать ряд факторов.

- Главное, из чего следует исходить, – это доказанность того, что выбранный метод обеспечивает требуемую степень точности. Другие факторы, такие как скорость и удобство, необходимо принимать во внимание лишь при выборе среди методов, отвечающих первому критерию.
- Первостепенное значение имеют компетентность и аккуратность проводящих анализы лабораторий. Чтобы полученные ими результаты были достоверными, они должны применять поддающиеся проверке методы контроля и обеспечения качества. В высшей степени желательно, чтобы такие лаборатории прошли независимую сертификацию.
- Существует ряд заметно отличающихся друг от друга методик измерения ошибок, которые могут возникать при применении любого метода, и информирования о таких ошибках. Это осложняет выбор метода и уменьшает степень эффективности такого выбора, и уже разработаны предложения по стандартизации подобных процедур. Поэтому рекомендуется обнародовать подробное описание каждого аналитического метода вкупе с его рабочими характеристиками, поддающимися однозначной интерпретации.
- При возникновении необходимости сопоставления аналитических данных, полученных одной лабораторией, с такими же данными других лабораторий или со стандартным количественным значением, очевидно, что для лабораторий предпочтительнее не допускать связанных с этим систематических ошибок. На практике подобное невозможно, однако каждая лаборатория должна выбирать такие методы, систематические ошибки для которых были тщательно оценены и было доказано, что они приемлемо малы.

Рейтинг качества аналитических методов с учетом степени их технической сложности см. в [таблице 8.4](#) для неорганических химических веществ и в [таблице 8.5](#) для органических химических веществ. Эти группы веществ рассматриваются отдельно, поскольку применяемые в их отношении аналитические методы значительно различаются. Чем выше в таблице находится метод, тем он сложнее в плане оборудования или технологического процесса. В целом более высокие места в рейтинге предполагают большие совокупные расходы.

Полученные с учетом пороговой чувствительности сведения об аналитической достижимости неорганических и органических химических веществ, для которых рассчитаны нормативные величины, см. в [Приложении 4](#) в разбивке по категории источника.

Для измерения уровней концентрации различных химических веществ в воде разработан ряд комплектов для анализа в полевых условиях. Эти комплекты обычно используются для проверок соответствия нормативным требованиям и для [операционного](#) мониторинга качества питьевой воды. Хотя преимуществом комплектов для анализа в полевых условиях является простота обращения с ними во внелабораторных условиях и относительно низкая стоимость, их аналитическая

точность, как правило, ниже, чем в рамках методов, перечисленных в таблицах 8.4 и 8.5. Вместе с тем при надлежащем применении они представляют собой эффективное средство быстрой внелабораторной оценки содержания многих загрязнителей, обходящейся дешевле по сравнению с анализами в коммерческих лабораториях. Поэтому так важно проверять исправность комплекта для анализа в полевых условиях перед его использованием.

Таблица 8.4. Ранжирование по степени сложности методов анализа неорганических химических веществ

Рейтинг	Примеры аналитических методов
1	Объемный метод, колориметрический метод
2	Электродный метод
3	Ионообменная хроматография
4	Высокоэффективная жидкостная хроматография
5	Метод пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии
6	Метод электротермической атомно-абсорбционной спектрометрии
7	Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой
8	Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой

Таблица 8.5. Ранжирование по степени сложности методов анализа органических химических веществ

Рейтинг	Примеры аналитических методов
1	Высокоэффективная жидкостная хроматография
2	Газовая хроматография
3	Газовая хромато-масс-спектрометрия
4	Парофазная газовая хромато-масс-спектрометрия
5	Газовая хроматография методом продувки и улавливания Газовая хромато-масс-спектрометрия методом продувки и улавливания

Краткое описание аналитических методов, перечисленных в таблицах 8.4 и 8.5, см. в [Приложении 4](#).

8.4 Обработка

Как отмечалось выше, если, применяя общепринятые методы очистки, достичь санитарной нормативной величины невозможно, то нормативная величина считается временной и устанавливается на уровне концентрации, который можно надлежащим образом обеспечить путем очистки.

Сбор, обработка, хранение и распределение питьевой воды предполагают намеренное внесение ряда химических веществ для повышения безопасности и качества готовой к потреблению питьевой воды (прямые добавки). Кроме того, вода находится в постоянном контакте с трубами, клапанами, кранами и стенками резервуаров, и все они способны выделять в воду дополнительные химические вещества (побочные добавки). Подробнее о химических веществах, применяемых для обработки воды или содержащихся в контактирующих с питьевой водой материалах, см. в [разделе 8.5.4](#).

8.4.1 Эффективность обработки/очистки

Эффективность обработки/очистки зависит от условий и ситуации на местах. Достижимость нормативной величины в системе питьевого водоснабжения определяется рядом факторов, к числу которых относятся:

- уровень концентрации химического вещества в необработанной воде;
- меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), применяемые в системе питьевого водоснабжения;
- характер необработанной воды (грунтовая или поверхностная вода; наличие природных органических веществ или растворенных неорганических веществ, а также других компонентов, например мутности);
- применяемые методы обработки.

Если действующая система не позволяет достичь нормативных величин, то, возможно, следует рассмотреть вопрос о дополнительной очистке или брать воду из альтернативных источников.

Затраты на достижение нормативной величины зависят от степени сложности дополнительной обработки или иных необходимых мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению). Предоставить количественные данные общего характера о затратах на достижение отдельных нормативных величин невозможно. Расходы на обработку (капитальные и эксплуатационные) определяются не только перечисленными выше обстоятельствами, но и такими факторами, как мощность установки, местная стоимость рабочей силы, строительных и механизированных работ, химических веществ и электричества на местах, вероятная продолжительность эксплуатации установки и т. д. В долгосрочной перспективе нормативных величин можно постепенно достичь, внедряя менее капиталоемкие альтернативы обработке, например заключая договоры с землепользователями о сокращении масштабов применения химических веществ (удобрений, пестицидов и т. д.).

Сравнительный рейтинг процессов обработки в зависимости от степени их технической сложности см. в таблице 8.6. Чем выше место в таблице, тем более сложна установка или ее эксплуатация. В целом более высокие места в рейтинге предполагают большие совокупные расходы.

Таблица 8.6. Ранжирование по степени технической сложности и затратности процессов обработки воды

Рейтинг	Примеры процессов обработки
1	Простое хлорирование Обычная фильтрация (ускоренная фильтрация через песок, медленная фильтрация через песок)
2	Предварительное хлорирование плюс фильтрация Аэрация
3	Химическая коагуляция Оптимизация технологического процесса для контролирования ППД
4	Обработка гранулированным активированным углем Ионный обмен
5	Озонирование
6	Усовершенствованные технологии окислительной обработки воды Мембранная очистка

В Приложении 5 приводятся обобщенные данные о процессах обработки, позволяющих удалять химические загрязнители, оказывающие воздействие на здоровье. В таблицы в Приложении 5 включены в разбивку по источнику происхождения только те химические вещества, по которым имеются какие-либо данные по обработке и для которых определены нормативные величины.

Таблицы в [Приложении 5](#) приводятся в целях помощи в принятии обоснованных решений, касающихся способности применяемых методов обработки достичь нормативных величин и того, какие дополнительные виды обработки, возможно, требуется внедрить. Таблицы составлены на основе опубликованных данных, в основном по результатам лабораторных экспериментов, некоторых опытно-экспериментальных исследований на предприятиях и относительно небольшого количества полномасштабных исследований процессов обработки воды. Соответственно:

- Многие из приведенных здесь методов обработки рассчитаны на более крупные очистные установки и не всегда могут подходить для установок меньшего размера или для обработки воды в домашних условиях. В подобных случаях технология должна выбираться в зависимости от конкретной ситуации.
- Данные сведения, вероятно, представляют собой "оптимальный вариант", поскольку данные, по всей видимости, были получены в лабораторных условиях или – в экспериментальных целях – на установке под тщательным контролем.
- Фактическая эффективность процесса обработки/очистки определяется концентрацией химических веществ в необработанной воде и качеством сырой воды в целом. Так, например, эффективность хлорирования и удаления органических химических веществ и пестицидов с помощью активированного угля и озонирования будет ниже, если природные органические вещества содержатся в воде в больших концентрациях.
- В отношении многих загрязнителей можно применять разные процессы обработки, и их выбор определяется степенью технологической сложности и затрат при учете местных условий. Так, например, мембранная очистка позволяет удалять широкий спектр химических веществ, однако для удаления большинства химических веществ также существуют другие, более простые и дешевые методы.
- Обычной практикой является применение серии единичных процессов (например, коагуляции, осаждения, фильтрации, хлорирования), обеспечивающих достижение желаемых параметров качества воды. Каждый из этих процессов может способствовать удалению химических веществ. В техническом и экономическом плане для удаления конкретных химических веществ более выгодным может оказаться применение этих процессов в комплексе (например, озонирование в сочетании с использованием гранулированного активированного угля или мембран).
- Действенность возможных процессов следует оценивать, проводя в лабораториях или на экспериментальных установках испытания с образцами той необработанной воды, которую планируется очищать. Такие испытания должны быть достаточно продолжительными, чтобы дать возможность выявить возможные сезонные или иные периодические колебания в уровнях концентрации загрязнителя и эффективности процесса.
- Подобные характеристики технологии обработки являются оценочными и не носят исчерпывающего характера; они применяются для того, чтобы дать представление о том, какие технологии оказываются более или менее эффективными для удаления конкретных химических веществ из питьевой воды.

Краткое описание различных процессов обработки, включенных в [таблицу 8.6](#), см. в [Приложении 5](#).

8.4.2 Побочные продукты дезинфекции – меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) в рамках процесса

Все используемые для дезинфекции химические вещества создают неорганические или органические ППД, которые могут представлять проблему для здоровья.

К числу основных ППД, образующихся в процессе хлорирования, относятся ТГМ, ГУК, галогенкетоны и галогенацетонитрилы, появляющиеся в процессе хлорирования органических прекурсоров природного происхождения, например гуминовых веществ. Монохлорамин производит ТГМ в меньших концентрациях, нежели хлор, однако при этом образуются другие ППД, в том числе хлорциан.

Хлор и озон окисляют бромид-анион, в результате чего образуются гипогалоидные кислоты, вступающие в реакцию с прекурсорами с образованием бромированных ТГМ. Могут также образовываться некоторые другие ППД, в том числе альдегиды и карбоновые кислоты. Особое беспокойство вызывает бромат-анион, образующийся в результате окисления бромид-аниона. Бромат-анион может также присутствовать в некоторых источниках гипохлорита, однако обычно в концентрациях, которые в обработанной воде не будут достигать нормативных величин.

Занимаясь вопросами контроля за концентрацией ППД, крайне важно не допустить при этом снижения эффективности дезинфекции и поддерживать на приемлемом уровне остаточное содержание дезинфицирующего вещества во всей системе водораспределения.

Основными побочными продуктами применения диоксида хлора являются хлорит-ион, который представляет собой неизбежный продукт распада, и хлорат-ион. Хлорат-анион также образуется из хлорит-аниона по мере старения последнего.

К числу основных стратегий снижения концентраций ППД относятся:

- изменения в режиме процесса (в том числе удаление прекурсоров до проведения процесса);
- использование другого химического дезинфицирующего вещества, производящего меньше побочных продуктов при обработке источника воды;
- применение нехимических методов;
- удаление ППД перед распределением воды.

Изменения в режиме процесса

Масштабы образования ППД в процессе хлорирования можно уменьшить, если удалять прекурсоры, прежде чем они вступят в контакт с хлором, – например, проводя или усиливая коагуляцию (это может потребовать применения более высоких доз коагулянта или снижения его кислотности по сравнению с обычным процессом). Масштабы образования ППД можно также снизить, уменьшая вносимую дозу хлора; в этом случае нельзя допускать снижения эффективности дезинфекции.

Показатель кислотности в процессе хлорирования влияет на распределение побочных продуктов хлорирования. Снижение кислотности снижает концентрацию ТГМ, однако за счет этого образуется больше ГУК. Напротив, повышение кислотности снижает количество образующихся ГУК, но активизирует образование ТГМ.

Образование бромат-аниона в процессе озонирования определяется рядом факторов, в числе которых – уровни концентрации бромид-аниона и озона, а также кислотность. Удалять бромид-анион из необработанной воды нецелесообразно, а удаление образовавшегося бромат-аниона представляет сложность, хотя, судя по имеющимся данным, в определенных ситуациях эффективным оказывается фильтрация через гранулированный активированный уголь. Количество

образующегося бромат-аниона можно снизить, снижая дозу озона, сокращая время контакта и снижая остаточную концентрацию озона. Проведение операции при пониженной кислотности (например, при pH 6,5) при последующем повышении кислотности после озонирования также сокращает количество образующегося бромат-аниона. Эффект может дать и добавление аммиака. Добавление перекиси водорода способно как увеличивать, так и сокращать количество образующегося бромат-аниона, в зависимости от того, в какой момент перекись добавляется, а также от условий обработки на местах.

Замена дезинфицирующих средств

Иногда имеет смысл заменить дезинфицирующее средство в целях обеспечения достижения нормативных величин по ППД. То, насколько это возможно сделать, зависит от качества необработанной воды и от применяемого метода обработки (например, предусматривающего удаление прекурсоров).

Эффективной может оказаться замена хлора монохлорамином, призванная обеспечить формирование вторичных остаточных продуктов дезинфекции в системе распределения, что снижает масштабы образования ТГМ и его последующего распространения в системе водораспределения. Хотя монохлорамин образует более стабильный остаточный продукт в системе водораспределения, он является менее эффективным дезинфицирующим веществом и его не следует применять в качестве средства первичной дезинфекции.

Применение двуокиси хлора можно рассматривать в качестве возможной альтернативы дезинфекции посредством хлора или озона, хотя, в отличие от хлора, это вещество не дает остаточного эффекта. При применении двуокиси хлора основную проблему представляют остаточные концентрации этого вещества и побочные продукты – хлорит-анион и хлорат-анион. Эту проблему можно решать, контролируя дозу вносимой двуокиси хлора на очистной установке.

Нехимические методы дезинфекции

В качестве альтернативы химическим методам дезинфекции можно рассматривать ультрафиолетовое (УФ) облучение и процессы с использованием мембран. УФ особенно эффективно как средство дезактивации *Cryptosporidium*, крайне устойчивой к хлорированию. Оба этих метода не обеспечивают остаточной дезинфекции, и может быть целесообразно вносить небольшую дозу стойкого дезинфицирующего средства, например хлора или монохлорамина, чтобы они выступали в роли предохраняющих средств при распределении воды.

Удаление ППД перед распределением воды

В техническом плане существует возможность удалять ППД перед распределением воды; вместе с тем это наименее привлекательный вариант управления концентрациями ППД. К числу стратегий контроля за ППД относятся контроль источников, удаление прекурсоров, использование альтернативных средств дезинфекции и удаление ППД посредством таких технологий, как отгонка воздухом, активированный уголь, УФ-излучение и усовершенствованные методы окисления. После этих операций следует принять дальнейшие меры дезинфекции, направленные на борьбу с микробным загрязнением и на обеспечение остаточной концентрации дезинфицирующего вещества в системе распределения.

8.4.3 *Обработка в целях борьбы с коррозией*

Коррозия – это частичное разрушение материалов, из которых состоят системы обработки и распределения воды, резервуары, трубы, клапаны и насосы. В определенных условиях коррозию может вызывать любая вода. Следствием коррозии могут быть нарушение структуры, протечки, потеря мощности и ухудшение качества воды с точки зрения химического и бактериального состава. Внутренняя коррозия труб и соединительных деталей может напрямую влиять на уровни концентрации различных веществ, содержащихся в воде, в том числе свинца и меди. Соответственно борьба с коррозией представляет собой важную составляющую мер по обеспечению безопасности системы питьевого водоснабжения.

Борьба с коррозией предполагает решение многих задач, в числе которых – контроль за концентрациями катионов кальция, гидрокарбонат-анионов, карбонат-анионов и количеством растворенного кислорода, а также уровнем кислотности. Конкретные рекомендации различаются в зависимости от качества воды и материалов, применяемых в системе распределения. Кислотность влияет на растворимость и скорость реакции большинства металлов, участвующих в реакциях коррозии. Это имеет особое значение с точки зрения образования защитной пленки на поверхности металла. На скорость коррозии некоторых металлов влияют также щелочность (содержание карбонат- и гидрокарбонат-анионов) и жесткость (содержание кальция) воды.

Характеристики коррозионной активности

Большинство индексов коррозионной активности воды было составлено исходя из предположения о том, что вода, откладывающая слой карбоната кальция на поверхности металла, обладает меньшим коррозионным воздействием. Индекс Ланжелье представляет собой разность между действительной величиной рН воды и ее "рН насыщения", то есть тем значением рН, при котором вода с теми же показателями щелочности и кальциевой жесткости достигает равновесия с нерастворенным карбонатом кальция. Вода с положительным значением индекса Ланжелье может выделять слой карбоната кальция из раствора.

Единого показателя коррозии, применимого в отношении всех материалов, не существует, и применение индексов коррозии, особенно касающихся насыщения карбонатом кальция, дает неоднозначные результаты. Параметры, касающиеся насыщения карбонатом кальция, представляют собой, строго говоря, показатели способности выделять или растворять слой карбоната кальция (кальцита), а не показатели "коррозионной активности" воды. Так, например, многие виды воды с отрицательным индексом Ланжелье не обладают корродирующим действием, а другие с положительным значением этого индекса вызывают коррозию. Вместе с тем существует множество документально подтвержденных свидетельств использования для борьбы с коррозией индексов насыщения на основе теории об отложении защитной "скорлупы" из кальцитов в железных трубах. В целом вода с более высокими показателями рН, содержания кальция и щелочности обладает меньшим корродирующим действием, и это, как правило, связано с положительным значением индекса Ланжелье. Вместе с тем такие индексы отложения карбоната кальция не всегда считаются эффективным средством прогнозирования коррозии в системах из меди.

Доказано, что соотношение между концентрацией хлорид-ионов и сульфат-ионов и концентрацией гидрокарбонат-анионов (индекс Ларсона) помогает оценить корродирующее воздействие воды на чугун и сталь. Аналогичный подход (диаграмма Тернера) также использовался при изучении вымывания цинка из латунных фитингов.

Обработка воды в целях борьбы с коррозией

К числу наиболее распространенных методов борьбы с коррозией в водораспределительных системах относятся корректировка показателя рН, повышение щелочности или жесткости, а также внесение противокоррозионных ингибиторов, таких как полифосфаты, силикаты или ортофосфаты. Выбор ингибитора и максимальной дозы должен определяться техническими спецификациями таких веществ, применяемых при обработке воды. Хотя корректировка показателя рН является важным методом, при его применении постоянно следует учитывать возможное воздействие на другие аспекты водоснабжения, в том числе на дезинфекцию.

Не всегда имеется возможность выйти на желаемые показатели по всем параметрам. Так, например, рН жесткой воды невозможно увеличить слишком значительно, поскольку это приведет к ее умягчению. В мягкую воду можно добавлять оксид кальция и углекислый газ – это позволит повысить одновременно концентрацию кальция и щелочность как минимум до уровня 40 миллиграмм-эквивалентов карбоната кальция на литр.

Подробнее о коррозии различных металлов, которые обычно используются при обработке воды и в системах распределения, см. в [Приложении 5](#).

8.4.4 Обработка в домашних условиях

К числу химических веществ, содержащихся в некоторых естественных водных источниках и представляющих особый риск для здоровья, относятся присутствующие в таких водах в избыточных количествах фтор, нитраты/нитриты и мышьяк природного происхождения.

Некоторые коммерческие технологии обработки воды могут быть использованы в маломасштабных установках для удаления химических загрязнителей. Так, например, анионный обмен с использованием активированного оксида алюминия или железосодержащих продуктов позволяет эффективно снижать чрезмерно высокие уровни концентрации фторид-ионов. Для снижения концентрации фторид-анионов также применяется костяной уголь. Мышьяк также можно удалять путем процессов ионного обмена, аналогичных тем, которые применяются в отношении фторид-анионов. Наиболее эффективной мерой в отношении нитратов и нитритов, нередко присутствующих в канализационных водах или сельскохозяйственных стоках, является защита источников воды от загрязнения. Нитраты и нитриты с трудом поддаются удалению, хотя дезинфекция окисляет наиболее токсичные соединения – нитриты, преобразуя их в нитраты. Кроме того, дезинфекция улучшает санитарное состояние воды и снижает риск желудочно-кишечных инфекций, представляющих собой фактор риска возникновения метгемоглобинемии – заболевания, которому подвержены грудные дети в возрасте примерно 3–6 месяцев вследствие воздействия избыточного количества нитратов/нитритов.

Катионообменное смягчение воды широко практикуется в домашних условиях как средство устранения излишней жесткости, вызываемой высоким содержанием кальция или магния; путем катионирования можно также удалять металлы, в том числе железо и радий.

Синтетические и природные органические химические вещества можно удалять с помощью технологий, предусматривающих применение гранулированного активированного угля или углеродистых блоков. Системы обработки следует поддерживать в хорошем состоянии и регулярно заменять, поскольку их эффективность постепенно снижается под воздействием различных химических

веществ, содержащихся в воде, и в зависимости от уровней их концентрации. Технологии обратного осмоса в целом могут применяться для удаления большинства органических и неорганических химических веществ; вместе с тем они действуют до определенной степени избирательно, и, кроме того, при использовании узлов низкого давления в устройствах, рассчитанных на обработку небольших объемов воды, имеет место значительный непроизводительный расход воды.

8.5 Нормативные величины для отдельных химических веществ, сгруппированных по происхождению

8.5.1 Химические вещества природного происхождения

Химические вещества природного происхождения поступают в питьевую воду из ряда источников. В природной воде всегда содержится ряд неорганических и органических химических веществ. Неорганические вещества вымываются из скальных пород и почв, через которые вода просачивается или по которым она протекает. Источниками органических веществ являются распад растительного материала либо водоросли и другие микроорганизмы, растущие в воде или на донных осадках. Большинство химических веществ природного происхождения, для которых были рассчитаны нормативные величины или которые изучались на предмет такого расчета, относятся к числу неорганических. Лишь одно вещество – микроцистин-LR, токсин, выделяемый цианобактериями или сине-зелеными водорослями, – является органическим. Цианобактерии (см. также [раздел 11.5](#)) широко распространены в озерах, водоемах, прудах и реках с медленным течением. Многие виды этих бактерий выделяют представляющие опасность для здоровья токсины, или цианотоксины. Цианотоксины различаются по своей структуре и могут находиться в клетках или в высвобожденном виде в воде. Известные виды цианотоксинов (в том числе различные структурные варианты в пределах одной группы, например микроцистины) очень различаются по степени токсичности, и весьма вероятно, что существуют пока неизвестные токсины, вследствие чего предпочтительным методом контроля является борьба с цветением воды.

Подходы к работе с химическими веществами природного происхождения могут быть разными, в зависимости от характера вещества и его происхождения. Что касается содержащихся в скальных породах и осадочных отложениях неорганических загрязнителей, то здесь важно изучать потенциальные источники воды, определяя, какие из них пригодны для использования и потребуются ли обработка воды для удаления вызывающих обеспокоенность загрязнителей наряду с микробными загрязнителями. В некоторых случаях, когда имеется доступ к нескольким источникам, желаемого результата можно достичь путем разбавления воды, содержащей большое количество загрязнителей, водой, где таких загрязнителей гораздо меньше, или их смешивания.

К категории химических веществ природного происхождения относятся ряд наиболее значимых химических загрязнителей (то есть тех, в отношении которых было доказано, что они оказывают негативное воздействие на здоровье при их потреблении с питьевой водой). Некоторые химические вещества природного происхождения происходят из других первичных источников, и поэтому они будут рассмотрены в других разделах настоящей главы.

Для приведенных в Таблице 8.7 химических веществ природного происхождения нормативные величины не устанавливались по указанным в таблице причинам. Справочные материалы см. в главе 12.

Таблица 8.7. Химические вещества природного происхождения, нормативные величины для которых не установлены

Химическое вещество	Причина, по которой нормативная величина не была установлена	Примечания
Бромид-анион	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье	
Хлорид-анион	Не оказывает негативного воздействия на здоровье в концентрациях, обнаруженных в питьевой воде	Может влиять на приемлемость питьевой воды (см. главу 10)
Жесткость	Не оказывает негативного воздействия на здоровье в концентрациях, обнаруженных в питьевой воде	Может влиять на приемлемость питьевой воды (см. главу 10)
Сероводород	Не оказывает негативного воздействия на здоровье в концентрациях, обнаруженных в питьевой воде	Может влиять на приемлемость питьевой воды (см. главу 10)
Железо	Не оказывает негативного воздействия на здоровье в концентрациях, обуславливающих проблемы с приемлемостью питьевой воды	Может влиять на приемлемость питьевой воды (см. главу 10)
Марганец	Не оказывает негативного воздействия на здоровье в концентрациях, обуславливающих проблемы с приемлемостью питьевой воды	Может влиять на приемлемость питьевой воды (см. главу 10)
Молибден	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье	
pH	Не оказывает негативного воздействия на здоровье в концентрациях, обнаруженных в питьевой воде	Важный функциональный показатель качества воды
Калий	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье	
Натрий	Не оказывает негативного воздействия на здоровье в концентрациях, обнаруженных в питьевой воде	Может влиять на приемлемость питьевой воды (см. главу 10)
Сульфат-ион	Не оказывает негативного воздействия на здоровье в концентрациях, обнаруженных в питьевой воде	Может влиять на приемлемость питьевой воды (см. главу 10)
Растворенные твердые вещества	Не оказывает негативного воздействия на здоровье в концентрациях, обнаруженных в питьевой воде	Могут влиять на приемлемость питьевой воды (см. главу 10)

Для химических веществ природного происхождения, приведенных в таблице 8.8 и соответствующих критериям для внесения в нее, были установлены нормативные величины. Справочные материалы по каждому такому веществу см. в главе 12.

Таблица 8.8. Нормативные величины для химических веществ природного происхождения, воздействующих на здоровье при их наличии в питьевой воде

Химическое вещество	Нормативная величина		Примечание
	мкг/л	мг/л	
Неорганические вещества			
Мышьяк	10 (А, Т)	0,01 (А, Т)	
Барий	700	0,7	
Бор	2400	2,4	
Хром	50 (Р)	0,05 (Р)	Для хрома во всех формах При определении национальных стандартов необходимо учитывать объем потребленной воды и потребление из других источников
Фторид-ион	1500	1,5	
Селен	40 (Р)	0,04 (Р)	Касается только химических аспектов поведения урана
Уран	30 (Р)	0,03 (Р)	
Органические вещества			
Микроцистин-LR	1 (Р)	0,001 (Р)	Для микроцистина-LR в целом (в свободном состоянии и в клетках)

А – временная нормативная величина, поскольку рассчитанная нормативная величина меньше достижимой количественной оценки; Р – временная нормативная величина вследствие неопределенности данных в базе данных по вопросам здравоохранения; Т – временная нормативная величина, поскольку рассчитанная нормативная величина ниже уровня, достижимого посредством применимых на практике методов обработки, защиты источников и т. д.

8.5.2 Химические вещества из промышленных источников и жилого сектора

Химические вещества из промышленных источников могут попадать в питьевую воду непосредственно через стоки или опосредованно из диффузных источников, то есть в процессе использования и утилизации материалов и продуктов, содержащих химические вещества. В некоторых случаях несоблюдение правил использования и утилизации может повлечь за собой загрязнение (например, попадание обезжиривающих веществ в грунтовые воды). Некоторые подобные химические вещества, в первую очередь неорганические, могут также появляться вследствие природного загрязнения, однако они же могут являться побочными продуктами промышленной деятельности, например при ведении горных работ, которые изменяют конфигурацию естественных стоков. Многие подобные химические вещества используются на небольших промышленных предприятиях, расположенных в пределах населенных пунктов, и, особенно если предприятия одного типа расположены близко друг от друга, они могут быть существенным источником загрязнения. Минеральные масла широко применяются в населенных пунктах, и несоблюдение правил работы с ними или их утилизации может стать причиной сильного загрязнения поверхностных и грунтовых вод. При использовании пластиковых труб содержащиеся в минеральных маслах небольшие молекулы ароматических углеводородов могут иногда проникать сквозь трубы, если почва, в которой находятся трубы, пропитана нефтью, что влечет за собой загрязнение местной системы водоснабжения.

Некоторые химические вещества могут попасть в воду при утилизации продуктов бытовой химии; в частности, в бытовых сточных водах содержится ряд тяжелых металлов. Если сточные воды проходят очистку, то эти металлы обычно оседают на фильтрах. Некоторые химические вещества, которые активно используются в промышленности и материалах, применяемых в быту (например, ди(2-этилгексил)-фталат), нередко встречаются в окружающей среде и могут также находиться в источниках воды, хотя обычно в низких концентрациях.

Для некоторых химических веществ, попадающих в питьевую воду из промышленных источников или жилого сектора, существуют и другие первичные источники, и поэтому такие вещества рассматриваются в других разделах настоящей

главы. Неудачное размещение уборных и септических емкостей может привести к загрязнению источников питьевой воды нитратами (см. раздел 8.5.3).

В целях выявления возможностей загрязнения химическими веществами из промышленных источников и жилого сектора необходимо провести оценку ведущейся в водосборном бассейне деятельности и риска попадания тех или иных загрязнителей в источники воды. Основной метод действий в отношении таких загрязнителей заключается в предупреждении загрязнения путем создания стимулов для применения наиболее передовой практики. Вместе с тем в случае загрязнения, возможно, понадобится рассмотреть вопрос об обработке.

Для приведенных в таблице 8.9 химических веществ нормативные величины не устанавливались по указанным в таблице причинам. Справочные материалы см. в главе 12.

Таблица 8.9. Химические вещества из промышленных источников и жилого сектора, нормативные величины для которых не установлены

Химическое вещество	Причина, по которой нормативная величина не была установлена
Бериллий	Редко встречается в питьевой воде в концентрациях, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Цианид-анион	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье, за исключением чрезвычайных ситуаций, возникающих при сбросах в источник воды
1,3-дихлорбензол	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
1,1-дихлорэтан	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
1,1-дихлорэтен	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Ди(2-этилгексил)-адипинат	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Гексахлорбензол	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Метил-трет-бутиловый эфир	Любые нормативные величины, если они будут рассчитаны, будут значительно превышать концентрации, в которых метил-трет-бутиловый эфир может быть опознан по запаху
Монохлорбензол	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье, и санитарная норма была бы значительно выше зафиксированного в литературе нижнего порога восприятия вкуса или запаха
Нитробензол	Редко встречается в питьевой воде в концентрациях, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Нефтепродукты	В большинстве случаев вкус и запах выявляются при концентрациях ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье, особенно в случае кратковременного воздействия
Трихлорбензолы (все виды)	Встречаются в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье, и санитарная норма была бы значительно выше зафиксированного в литературе нижнего порога восприятия запаха
1,1,1-трихлорэтан	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье

Для приведенных в таблице 8.10 химических веществ, соответствующих всем критериям для внесения в нее, были определены нормативные величины. Справочные материалы по каждому такому веществу см. в [главе 12](#).

Таблица 8.10. Нормативные величины для химических веществ из промышленных источников и жилого сектора, воздействующих на здоровье при их наличии в питьевой воде

Химическое вещество	Нормативная величина		Примечание
	мкг/л	мг/л	
Неорганические вещества			
Кадмий	3	0,003	
Ртуть	6	0,006	Для неорганической ртути
Бензол	10 ^а	0,01 ^а	
Тетрахлорид углерода	4	0,004	
1,2-дихлорбензол	1000 (С)	1 (С)	
1,4-дихлорбензол	300 (С)	0,3 (С)	
1,2-дихлорэтан	30 ^а	0,03 ^а	
1,2-дихлорэтен	50	0,05	
Дихлорметан	20	0,02	
Ди(2-этилгексил)-фталат	8	0,008	
1,4-диоксан	50 ^а	0,05 ^а	Рассчитано с применением метода ДУСП и линейного поэтапного моделирования
Этилендиаминтетрауксусная кислота	600	0,6	Применяется в отношении свободной кислоты
Этилбензол	300 (С)	0,3 (С)	
Гексахлорбутадиен	0,6	0,0006	
Нитрилотриуксусная кислота	200	0,2	
Пентахлорфенол	9 ^а (Р)	0,009 ^а (Р)	
Стирол	20 (С)	0,02 (С)	
Тетрахлорэтен	40	0,04	
Толуол	700 (С)	0,7 (С)	
Трихлорэтен	20 (Р)	0,02 (Р)	
Диметилбензолы	500 (С)	0,5 (С)	

С – концентрация вещества на уровне санитарной нормативной величины и ниже может влиять на внешний вид, вкус или запах воды, что может повлечь за собой жалобы потребителей; Р – временная нормативная величина вследствие неопределенности данных в базе данных по вопросам здравоохранения.

^а Для веществ, оказывающих непороговое воздействие, нормативная величина рассчитывается как уровень концентрации в питьевой воде, вызывающий избыточный риск ракового заболевания с верхним пределом 10^{-5} (один дополнительный случай рака на 100 000 человек, потребляющих в течение 70 лет питьевую воду, содержащую вещество в концентрации, равной нормативной величине). Уровни концентрации, определяющие верхний предел избыточного риска ракового заболевания в течение жизни на уровне 10^{-4} и 10^{-6} , можно рассчитать соответственно путем умножения или деления нормативной величины на 10.

8.5.3 Химические вещества, применяемые в сельском хозяйстве

Химические вещества сельскохозяйственного назначения применяются в растениеводстве и животноводстве. Нитраты могут появляться в результате обработки почвы при отсутствии растений, которые могли бы поглощать нитраты, высвобождающиеся при разложении растений, в результате внесения в чрезмерных количествах неорганических или органических удобрений и из жидких отходов животноводства. Большую часть химических веществ, которые могут появляться вследствие их использования в сельском хозяйстве, составляют пестициды, хотя их присутствие определяется рядом факторов и не все виды пестицидов применяются во

8. ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

всех ситуациях и в любых климатических условиях. Загрязнение может стать результатом внесения веществ и их последующего вымывания дождями или утечки из-за неправильных методов утилизации.

Некоторые пестициды также применяются вне сельского хозяйства, например для борьбы с сорной травой на автомобильных и железных дорогах. Такие пестициды также рассматриваются в настоящем разделе.

Для приведенных в таблице 8.11 химических веществ нормативные величины не устанавливались, поскольку изучение научных работ, касающихся их появления или вероятности появления в питьевой воде, показало, что эти химические вещества в питьевой воде не встречаются.

Таблица 8.11. Химические вещества сельскохозяйственного назначения, исключенные из расчета нормативных величин

Химическое вещество	Причины исключения
Амитраз	Быстро распадается в окружающей среде, появление в поддающихся измерению концентрациях в системах водоснабжения маловероятно
Хлорбензилат	Появление в питьевой воде маловероятно
Хлорталонил	Появление в питьевой воде маловероятно
Циперметрин	Появление в питьевой воде маловероятно
Дельтаметрин	Появление в питьевой воде маловероятно
Диазинон	Появление в питьевой воде маловероятно
Диносеб	Появление в питьевой воде маловероятно
Этилентиомочевина	Появление в питьевой воде маловероятно
Фенамифос	Появление в питьевой воде маловероятно
Формотион	Появление в питьевой воде маловероятно
Гексахлорциклогексаны (смесь изомеров)	Появление в питьевой воде маловероятно
МХФБ ^a	Появление в питьевой воде маловероятно
Метамидофос	Появление в питьевой воде маловероятно
Метомил	Появление в питьевой воде маловероятно
Мирекс	Появление в питьевой воде маловероятно
Монокротофос	Изыят из употребления во многих странах; появление в питьевой воде маловероятно
Оксамил	Появление в питьевой воде маловероятно
Форат	Появление в питьевой воде маловероятно
Пропоксур	Появление в питьевой воде маловероятно
Пиридат	Нестойкий, в питьевой воде обнаруживается редко
Пирипроксифен ^b	Появление в питьевой воде маловероятно
Хинтозин	Появление в питьевой воде маловероятно
Токсафен	Появление в питьевой воде маловероятно
Триазофос	Появление в питьевой воде маловероятно
Оксид трибутилолова	Появление в питьевой воде маловероятно
Трихлорофон	Появление в питьевой воде маловероятно

^a 4-(2-метил-4-хлорфенокси)бутановая кислота.

^b Вопрос об использовании пирипроксифена в качестве инсектицида, убивающего личинок, для целей общественного здравоохранения рассматривается ниже, в разделе 8.6.

Для приведенных в таблице 8.12 химических веществ нормативные величины не устанавливались по указанным в таблице причинам. Справочные материалы см. в главе 12.

Таблица 8.12. Химические вещества сельскохозяйственного назначения, нормативные величины для которых не установлены

Химическое вещество	Причина, по которой нормативная величина не была установлена
Аммиак	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Бентазон	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Карбарил	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
1,3-дихлорпропан	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
Дикват	Может применяться в качестве водного гербицида для борьбы со свободно плавающими и подводными сорными растениями в прудах, озерах и оросительных каналах; в питьевой воде обнаруживается редко
Эндосульфан	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут вызывать проблемы для здоровья
Фенитроион	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Глифосат и АМФК ^a	Встречаются в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Гептахлор и гептахлорэпоксид	Встречаются в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Малатион	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Метил-паратион	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Паратион	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
2-фенилфенол и его натриевая соль	Встречаются в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Пропанил	Быстро трансформируется в более токсичные метаболиты; расчет нормативной величины для исходного соединения признан нецелесообразным; недостаточно данных в целях расчета нормативной величины для метаболитов

^a Аминометилфосфоновая

Для приведенных в [таблице 8.13](#) химических веществ, соответствующих критериям для внесения в нее, были определены нормативные величины. Справочные материалы по каждому такому веществу см. в [главе 12](#).

8. ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Таблица 8.13. Нормативные величины для химических веществ сельскохозяйственного назначения, воздействующих на здоровье при их наличии в питьевой воде

Химическое вещество	Нормативная величина		Примечание
	мкг/л	мг/л	
Вещества, не являющиеся пестицидами			
Нитраты (NO ₃ ⁻)	50 000	50	Кратковременное воздействие
Нитриты (NO ₂ ⁻)	3 000	3	Кратковременное воздействие; временная нормативная величина для хронических последствий воздействия нитритов, приведенная в третьем издании, временно отозвана и в настоящее время пересматривается ввиду серьезной неопределенности данных об эндогенном формировании нитритов и их концентрации в слюне человека.
Пестициды, применяемые в сельском хозяйстве			
Алахлор	20 ^a	0,02 ^a	
Алдикарб	10	0,01	Применяется в отношении сульфоксида алдикарба и сульфона алдикарба
Альдрин и дильдрин	0,03	0,00003	Для альдрина и дильдрина в совокупности
Атразин и его хлор-s-триазин метаболиты	100	0,1	
Карбофуран	7	0,007	
Хлордан	0,2	0,0002	
Хлортолуран	30	0,03	
Хлорпирифос	30	0,03	
Цианазин	0,6	0,0006	
2,4-D ^b	30	0,03	Применяется в отношении свободной кислоты
2,4-DB ^c	90	0,09	
1,2-дибром-3-хлорпропан	1 ^a	0,001 ^a	
1,2-дибромэтан	0,4 ^a (P)	0,0004 ^a (P)	
1,2-дихлорпропан	40 (P)	0,04 (P)	
1,3-дихлорпропен	20 ^a	0,02 ^a	
Дихлорпроп	100	0,1	
Диметоат	6	0,006	
Эндрин	0,6	0,0006	
Фенопроп	9	0,009	
Гидроксиатразин	200	0,2	Метаболит атразина
Изопротурон	9	0,009	
Линдан	2	0,002	
МХФУК ^d	2	0,002	
Мекопроп	10	0,01	
Метоксихлор	20	0,02	
Метолахлор	10	0,01	
Молинат	6	0,006	
Пендиметалин	20	0,02	

Химическое вещество	Нормативная величина		Примечание
	мкг/л	мг/л	
Симазин	2	0,002	
2,4,5-Т ^е	9	0,009	
Тербутилазин	7	0,007	
Трифторалин	20	0,02	

P – временная нормативная величина вследствие неопределенности данных в базе данных по вопросам здравоохранения.

^a Для веществ, считающихся канцерогенными, нормативная величина рассчитывается как уровень концентрации в питьевой воде, вызывающий избыточный риск ракового заболевания с верхним пределом 10^{-5} (один дополнительный случай рака на 100 000 человек, потребляющих в течение 70 лет питьевую воду, содержащую вещество в концентрации, равной нормативной величине). Уровни концентрации, определяющие верхний предел избыточного риска ракового заболевания в течение жизни на уровне 10^{-4} и 10^{-6} , можно рассчитать соответственно путем умножения или деления нормативной величины на 10.

^b (2,4-дихлорфенокси)уксусная кислота.

^c 4-(2,4-дихлорфенокси)бутановая кислота.

^d (2-метил-4-хлорфенокси)уксусная кислота.

^e (2,4,5-трихлорфенокси)уксусная кислота.

8.5.4 Химические вещества, используемые при обработке воды или высвобождающиеся в результате контакта материалов с питьевой водой

Химические вещества, используемые при обработке воды или высвобождающиеся в результате контакта материалов с питьевой водой, могут стать источником загрязнения воды, прошедшей все ступени очистки.

Ряд веществ целенаправленно добавляются в воду в процессе обработки (прямые добавки), и некоторые из них (например, соли, остатки полимеров-коагулянтов или мономеры) могут случайно остаться в воде, прошедшей все стадии обработки. Так, например, остаточные продукты дезинфекции с применением таких веществ, как хлорамин и хлор, – это прямые добавки, и их присутствие является выгодой. Другие вещества, например ППД, возникают в ходе химической реакции между дезинфицирующими химическими веществами и веществами, обычно находящимися в воде (таблица 8.14). Побочные продукты хлорирования и другие ППД могут также находиться в плавательных бассейнах, и здесь более значимую роль играют такие пути воздействия, как вдыхание и проникновение через кожу (WHO, 2006).

Другие химические вещества, например свинец или медь из труб или латунных кранов, а также вещества, вымываемые из защитных покрытий, могут проникать в воду при ее контакте с поверхностями в ходе обработки или распределения (побочные или непреднамеренные добавки).

Некоторые химические вещества, применяемые при обработке воды (например, алюминий) или в материалах, контактирующих с питьевой водой (например, стирол), имеют иные основные источники, и поэтому эти вещества подробнее рассматриваются в других разделах настоящей главы.

Многие из этих добавок, как прямые, так и побочные или непреднамеренные, являются компонентами процессов, обеспечивающих безопасность питьевой воды. Предпочтительным методом мониторинга и управления является контроль за соответствующими материалами или химическими веществами. Важно оптимизировать процессы обработки и поддерживать их в оптимизированном режиме, чтобы держать под контролем остаточные количества химических веществ, применяемых для обработки воды, а также образование ППД. Наиболее эффективным методом борьбы с непреднамеренным загрязнением, вызываемым низкокачественными материалами, является соблюдение технических требований в отношении состава

продуктов, а не наложение ограничений на качество очищенной воды, притом что с загрязнением, вызванным неправильным применением добавок, можно бороться, давая рекомендации по использованию. Аналогичным образом, предъявляя определенные требования к качеству труб, можно избежать возможного загрязнения воды водорастворимыми материалами. Для борьбы с загрязнениями, вызываемыми применяемыми в данном конкретном месте покрытиями, необходимо разрабатывать соответствующие нормы и правила работы с такими покрытиями, а также требования по контролю за составом материалов.

Таблица 8.14. Побочные продукты дезинфекции, присутствующие в прошедшей дезинфекцию воде (данные МПХБ, 2000)

Дезинфицирующее вещество	Основные органоогенные вещества	Основные неорганические продукты	Основные неорганогенные вещества
Хлор/хлорноватистая кислота (гипохлорит-анион)	ТГМ, ГУК, галогенацетонитрилы, хлоральгидрат, хлорпикрин, хлорфенолы, N-хлорамины, галогенированные фураноны, бромгидрины	Соли хлорноватой кислоты (в основном – продукт применения солей хлорноватистой кислоты)	Альдегиды, цианоалкановые кислоты, предельные кислоты, бензол, карбоновые кислоты, N-нитрозодиметиламин
Двуокись хлора		Хлорит-анион, хлорат-анион	Нет данных
Хлорамин	Галогенацетонитрилы, хлорциан, органические хлорамины, хлораминокислоты, хлоральгидрат, галогенкетоны	Нитрат, нитрит, хлорат, гидразин	Альдегиды, кетоны, N- нитрозодиметиламин
Озон	Бромформ, монобромуксусная кислота, дибромуксусная кислота, дибромацетон, бромциан	Хлорат-анион, иодат-анион, бромат-анион, перекись водорода, бромноватистая кислота, эпоксиды, продукты озонлиза	Альдегиды, кетокислоты, кетоны, карбоновые кислоты
Дихлоризоцианурат натрия	Те же, что и для хлора/хлорноватистой кислоты (солей хлорноватистой кислоты)		Циануровая кислота

Во всем мире существует ряд национальных и независимых систем оценки и сертификации добавок и материалов, контактирующих с питьевой водой; вместе с тем у многих стран подобных систем нет либо они не применяются. Правительствам и другим структурам следует рассмотреть возможность создания или адаптирования систем регулирования добавок, а также внедрения стандартов качества продуктов и руководств по использованию продуктов, касающихся определения продуктов, приемлемых в плане контакта с водой. В идеале унификация стандартов на межгосударственном уровне или их взаимное признание позволили бы снизить издержки и расширить доступ к таким стандартам (см. также [раздел 1.2.9](#)).

Для приведенных в [таблице 8.15](#) химических веществ нормативные величины не устанавливались по указанным в таблице причинам. Справочные материалы см. в [главе 12](#).

Для приведенных в [таблице 8.16](#) химических веществ, соответствующих критериям для внесения в нее, были определены нормативные величины. Справочные материалы по каждому такому веществу см. в [главе 12](#).

Таблица 8.15. Химические вещества, используемые при обработке воды или высвобождающиеся в результате контакта материалов с питьевой водой, нормативные величины для которых не установлены

Химическое вещество	Причина, по которой нормативная величина не была установлена
Дезинфицирующие вещества	
Двуокись хлора	Быстро распадается, превращаясь в хлорит; временная нормативная величина для хлорита достаточна для защиты от потенциально токсичной двуокиси хлора
Дихлорамин	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
Йод	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины, а воздействие йода в течение всей жизни вследствие дезинфекции воды маловероятно
Серебро	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
Трихлорамин	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
Побочные продукты дезинфекции	
Бромхлорацетат-ион	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
Бромхлорацетонитрил	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
Хлоральгидрат	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Хлорацетоны	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарных нормативных величин для любых хлорацетонов
2-хлорфенол	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
Хлорпикрин	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
Хлорциан	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дибромацетат-анион	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
2,4-дихлорфенол	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
Формальдегид	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Монобромацетат-анион	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
МХ ^а	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Трихлорацетонитрил	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
Загрязнители, образующиеся из химических веществ, применяемых для обработки воды	
Алюминий	Можно рассчитать нормативную величину на уровне 0,9 мг/л, однако этот показатель выше встречающихся на практике на станциях по обработке воды при оптимизации процесса коагуляции посредством коагулянтов на основе алюминия: 0,1 мг/л и менее – на крупных водоочистных сооружениях и 0,2 мг/л и менее – на небольших очистных предприятиях
Загрязнители из труб и фитингов	
Асбест	Не имеется подтвержденных данных о том, что асбест оказывает вредное воздействие на здоровье при попадании в организм
Диалкилстаннаты	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарных нормативных величин для любого из диалкилстаннатов

8. ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Химическое вещество	Причина, по которой нормативная величина не была установлена
Флуорантен ^c	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Неорганические соединения олова	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Цинк	Не представляет угрозы для здоровья в количествах, встречающихся в питьевой воде ^b

^a 3-хлор-4-дихлорметил-5-гидрокси-(5Н)-фуран-2-он.

^b Может влиять на приемлемость питьевой воды (см. главу 10).

^c См. справочные материалы о полициклических ароматических углеводородах.

Таблица 8.16. Нормативные величины для химических веществ, используемых при обработке воды или высвобождающихся в результате контакта с питьевой водой материалов, воздействующих на здоровье при их наличии в питьевой воде

Химическое вещество	Нормативная величина ^a		Примечание
	мкг/л	мг/л	
Дезинфицирующие вещества			
Хлор	5000 (С)	5 (С)	Для эффективной дезинфекции необходимо, чтобы остаточная концентрация свободного хлора находилась на уровне $\geq 0,5$ мг/л после как минимум 30-минутного контакта с водой при pH < 8,0. В системе распределения должно постоянно находиться остаточное количество хлора. Минимальная остаточная концентрация свободного хлора в точке доставки должна составлять 0,2 мг/л.
Монохлорамин	3 000	3	
Дихлоризоцианурат натрия	50 000	50	Для дихлоризоцианурата натрия
	40 000	40	Для циануровой кислоты
Побочные продукты дезинфекции			
Бромат-анион	10 ^a (А, Т)	0,01 ^a (А, Т)	
Бромдихлорметан	60 ^a	0,06 ^a	
Бромформ	100	0,1	
Хлорат-анион	700 (D)	0,7 (D)	
Хлорит-анион	700 (D)	0,7 (D)	
Хлороформ	300	0,3	
Дибромацетонитрил	70	0,07	
Дибромхлорметан	100	0,1	
Дихлорацетат-анион	50 ^a (D)	0,05 ^a (D)	
Дихлорацетонитрил	20 (P)	0,02 (P)	
Монохлорацетат-анион	20	0,02	
N-нитрозодиметиламин	0,1	0,0001	
Трихлорацетат-анион	200	0,2	
2,4,6-трихлорфенол	200 ^a (С)	0,2 ^a (С)	
Тригалогенметаны			Сумма соотношений между уровнем концентрации каждого тригалогенметана и его соответствующей нормативной величиной не должна быть больше 1

Химическое вещество	Нормативная величина ^а		Примечание
	мкг/л	мг/л	
Загрязнители, образующиеся из химических веществ, применяемых для обработки воды			
Акриламид	0,5 ^а	0,0005 ^а	
Эпихлоргидрин	0,4 (Р)	0,0004 (Р)	
Загрязнители из труб и фитингов			
Сурьма	20	0,02	
Бензапирен	0,7 ^а	0,0007 ^а	
Медь	2000	2	Пятна на белье после стирки и на сантехническом оборудовании могут оставаться и при концентрации ниже нормативной величины
Свинец	10 (А, Т)	0,01 (А, Т)	
Никель	70	0,07	
Винилхлорид	0,3 ^а	0,0003 ^а	

А – временная нормативная величина, поскольку рассчитанная нормативная величина меньше достижимой количественной оценки; С – концентрация вещества на уровне санитарной нормативной величины и ниже может влиять на внешний вид, вкус или запах воды, что может повлечь за собой жалобы потребителей; D – временная нормативная величина, поскольку дезинфекция, по всей вероятности, повлечет за собой превышение нормативной величины; Р – временная нормативная величина вследствие неопределенности данных в базе данных по вопросам здравоохранения; Т – временная нормативная величина, поскольку рассчитанная нормативная величина ниже уровня, достижимого посредством применимых на практике методов обработки, защиты источников и т. д.

^а Для веществ, считающихся канцерогенными, нормативная величина рассчитывается как уровень концентрации в питьевой воде, вызывающий избыточный риск ракового заболевания в течение жизни с верхним пределом 10^{-5} (один дополнительный случай рака на 100 000 человек, потребляющих в течение 70 лет питьевую воду, содержащую вещество в концентрации, равной нормативной величине). Уровни концентрации, определяющие верхний предел избыточного риска ракового заболевания в течение жизни на уровне 10^{-4} и 10^{-6} , можно рассчитать соответственно путем умножения или деления нормативной величины на 10.

Вещества-индикаторы для мониторинга побочных продуктов хлорирования

Хотя нормативные величины для ряда побочных продуктов хлорирования определены, данные изучения систем водоснабжения показывают, что ТГМ и ГУК являются надлежащими индикаторами присутствия большинства таких побочных продуктов. Наиболее подходящий способ контроля за побочными продуктами хлорирования состоит в удалении органических прекурсоров, имеющих по большей части природное происхождение. Замеры ТГМ, а в случае необходимости – и ГУК (например, если хлорированию подвергается вода с низким уровнем рН) могут применяться в целях повышения эффективности обработки/очистки и определения предельных значений других операционных параметров, которые могут быть использованы для мониторинга хода обработки. В этих случаях периодичность мониторинга других побочных продуктов хлорирования можно сократить. Хотя галогенорганические соединения в целом не соотносятся напрямую ни с ТГМ, ни с ГУК, они являются показателями суммарного содержания побочных продуктов хлорирования и могут применяться в ходе эксплуатации в качестве еще одного возможного индикатора.

В любом случае стремление обеспечить соответствие нормативным величинам для ППД, в том числе для побочных продуктов хлорирования, или же снизить концентрации этих веществ не должно негативно отражаться на эффективности дезинфекции.

Загрязнители, образующиеся в ходе хранения и получения растворов гипохлорита

В растворах гипохлорита натрия происходит его медленный распад на хлорат-ион и хлорит-ион, который ускоряется при повышении температуры. По мере старения раствора и снижения концентраций хлора возникает необходимость вносить этот продукт в больших количествах для обеспечения желаемого уровня концентрации

остаточного хлора, в результате чего увеличивается количество хлорат-иона и хлорит-иона, попадающих в обработанную воду. Распад твердого гипохлорита натрия происходит гораздо медленнее, и, соответственно, меньше вероятность того, что уровень загрязнения будет значительным. Вместе с тем, если растворы гипохлорита натрия готовятся и помещаются на хранение, перед тем как их использовать, распад на хлорат и хлорит натрия также будет иметь место.

Гипохлорит натрия производится путем электролиза водного раствора хлорида натрия, в котором обычно также содержится в небольших концентрациях природный бромид натрия. В результате бромат натрия присутствует в растворе гипохлорита натрия и попадает в обработанную воду. Качество и приемлемость гипохлорита натрия частично определяются уровнем концентрации остаточного бромата натрия. Технические сорта этого продукта могут не подходить для использования в системах питьевого водоснабжения. Бромид натрия, присутствующий в гипохлорите натрия, также окисляется до бромата натрия в системах, которые предусматривают получение гипохлорита натрия электрохимическим методом.

Загрязнители, образующиеся в результате применения озона и двуокиси хлора

Применение озона может повлечь за собой повышение концентраций бромат-аниона в результате окисления содержащихся в воде бромид-ионов. Как правило, чем выше концентрация бромид-ионов в воде, тем больше бромат-анионов образуется.

Растворы двуокиси хлора могут содержать хлорат-анион, который образуется в ходе реакций, происходящих наряду с заданной реакцией образования двуокиси хлора. Хлорит-ион представляет собой неизбежный продукт распада при применении двуокиси хлора; как правило, 60–70% внесенной дозы превращается в хлорит-анион, содержащийся в обработанной воде.

8.5.5 Химические вещества, вызывающие обеспокоенность

Фармацевтические препараты

Фармацевтические препараты могут попадать в водные источники с канализационными стоками в экскрементах принимавших эти препараты людей, в результате бесконтрольной утилизации лекарств (например, когда они выбрасываются в туалеты), а также с сельскохозяйственными стоками в отходах жизнедеятельности скота. Возможность попадания таких химических веществ в питьевую воду вызывает обеспокоенность общественности.

Конкретные виды фармацевтических препаратов и их метаболитов, присутствующих в водных источниках, могут различаться по странам и регионам, поскольку определяются факторами социального, культурного, технического и сельскохозяйственного порядка. Частота появления и концентрация этих химических веществ в городах и сельских районах могут быть неодинаковы, что отражает различия моделей их использования. Физические и химические характеристики источника воды на местах также могут влиять на уровень распространенности фармацевтических препаратов посредством воздействия на естественный распад этих препаратов.

Большая часть данных о содержании фармацевтических препаратов в питьевой воде и источнике воды была получена в ходе целенаправленных исследований, а не систематического мониторинга. Повышение чувствительности и точности технологий и методов обнаружения расширили масштабы выявления в питьевой, поверхностной и грунтовой воде незначительных количеств фармацевтических препаратов в концентрациях от нескольких нанограммов до нескольких микрограммов на литр (хотя в основном они ниже 0,1 мкг/л). В более высоких концентрациях эти загрязнители

обнаруживаются в фильтрате, образующемся после очистки сточных вод, а также в сточных водах предприятий обрабатывающей промышленности с неудовлетворительными системами контроля.

Обычно фармацевтические препараты обнаруживаются в питьевой воде в концентрациях, на несколько порядков более низких, чем минимальные лечебные дозы. Соответственно, воздействие отдельных компонентов этих препаратов, содержащихся в питьевой воде, вряд ли оказывает сколько-нибудь значительное негативное воздействие на здоровье человека. Следовательно, официальные нормативные величины в настоящем Руководстве не предлагаются.

Рутинный мониторинг содержания фармацевтических препаратов в питьевой воде и дополнительная или специальная обработка питьевой воды в целях снижения уровней концентрации этих препаратов в воде не считаются необходимыми мерами. Вместе с тем, в случае если особенности ситуации на местах создают вероятность повышенного уровня концентрации фармацевтических препаратов в питьевой воде, для оценки возможного воздействия могут проводиться мероприятия по исследовательскому мониторингу и осмотру затронутых водных источников. Такие осмотры в случае их проведения должны соответствовать критериям качества и иметь целью выявление фармацевтических препаратов местного значения – то есть тех, которые обычно выписываются и принимаются или производятся в данной местности. По результатам оценки риска могут быть определены параметры скрининга, позволяющие оценить потенциальный риск воздействия через питьевую воду, и в рамках планов обеспечения безопасности воды могут быть определены возможные меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению). К числу практических трудностей в деле реализации программ мониторинга относятся отсутствие стандартных протоколов отбора и анализа проб, высокие затраты и ограниченная доступность технологий, необходимых для выявления различных фармацевтических препаратов, которые могут присутствовать в водных источниках.

Эффективность обработки/очистки воды от фармацевтических препаратов зависит от физико-химических свойств конкретных веществ. Как правило, 50% таких веществ можно удалить в процессе обычной обработки воды (путем коагуляции, фильтрации и хлорирования), а более современные методы обработки, например с применением озона, передовых технологий окислительной обработки воды, активированного угля, нанофильтрации и обратного осмоса позволяют добиться более высоких показателей удаления веществ.

Степень воздействия на человека может быть снижена путем профилактических мероприятий, таких как разумный прием лекарственных средств и обучение врачей, выписывающих лекарственные препараты, и общественности методам, позволяющим сократить масштабы утилизации этих препаратов и их попадания в окружающую среду.

8.6 Пестициды, используемые в воде в интересах общественного здравоохранения

Борьба с насекомыми – переносчиками заболеваний (например, лихорадки денге) имеет жизненно важное значение для многих стран, и нередко такие переносчики, прежде всего комары, размножаются в емкостях, используемых для хранения и сбора питьевой воды. Хотя следует принимать меры по предупреждению проникновения переносчиков инфекции в такие емкости и их размножения там, это не всегда возможно или достаточно эффективно, и в определенных местах может быть рекомендовано применение противомоскитных инсектицидов.

Таблица 8.17. Пестициды, используемые в интересах общественного здравоохранения, нормативные величины для которых не установлены

Пестицид	Причина, по которой нормативная величина не была установлена
<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> (Bti)	Определение нормативных величин для пестицидов, применяемых для борьбы с переносчиками заболеваний в питьевой воде, признано нецелесообразным
Дифторбензурон	Определение нормативных величин для пестицидов, применяемых для борьбы с переносчиками заболеваний в питьевой воде, признано нецелесообразным
Метопрен	Определение нормативных величин для пестицидов, применяемых для борьбы с переносчиками заболеваний в питьевой воде, признано нецелесообразным
Новалурон	Определение нормативных величин для пестицидов, применяемых для борьбы с переносчиками заболеваний в питьевой воде, признано нецелесообразным
Перметрин	Не рекомендуется вносить непосредственно в питьевую воду в соответствии с политикой ВОЗ по отказу от применения пиретроидов для борьбы с личинками комаров – переносчиков болезней человека
Пиримифос-метил	Не рекомендуется применять в питьевой воде в качестве средства борьбы с насекомыми – переносчиками заболеваний
Пирипроксифен	Определение нормативных величин для пестицидов, применяемых для борьбы с переносчиками заболеваний в питьевой воде, признано нецелесообразным
Спиносад	Определение нормативных величин для пестицидов, применяемых для борьбы с переносчиками заболеваний в питьевой воде, признано нецелесообразным
Темефос	Определение нормативных величин для пестицидов, применяемых для борьбы с переносчиками заболеваний в питьевой воде, признано нецелесообразным

WHOPES проводит оценки пестицидов, используемых в целях общественного здравоохранения. На сегодняшний день WHOPES изучила и внесла в перечень веществ, которые применяются для борьбы с комарами, размножающимися в емкостях для воды, семь веществ, содержащих ларвициды (дифторбензурон, метопрен, новалурон, пиримифос-метил, пирипроксифен, спиносад и темефос), а также бактериальный ларвицид (*Bacillus thuringiensis israelensis*).

Таблица 8.18. Нормативные величины для пестицидов, которые ранее применялись в интересах общественного здравоохранения и воздействуют на здоровье, находясь в питьевой воде

Пестициды, ранее применявшиеся в интересах общественного здравоохранения	Нормативная величина	
	мкг/л	мг/л
ДДТ и метаболиты	1	0,001

Хотя устанавливать нормативные величины для применяемых в целях борьбы с насекомыми – переносчиками заболеваний пестицидов нецелесообразно, важно предоставлять информацию об их безопасном использовании. При приготовлении пестицидов, применяемых для борьбы с насекомыми – переносчиками заболеваний в питьевой воде, необходимо строго придерживаться рекомендаций на этикетке, и пользоваться следует лишь пестицидами, утвержденными административными органами страны для подобного применения, с учетом того, какие именно вещества и компоненты применялись в производстве конечного продукта. При изучении пестицидов, применяемых для борьбы с насекомыми – переносчиками заболеваний, в

рамках подготовки настоящего Руководства была проведена оценка потенциального воздействия в сопоставлении с ПУСП. Вместе с тем превышение ПУСП не обязательно означает неизбежного наступления негативных последствий для здоровья. Переносимые насекомыми болезни являются важными причинами заболеваемости и смертности. Именно поэтому необходимо обеспечивать надлежащий баланс между попаданием пестицидов, содержащихся в питьевой воде, в организм человека и борьбой с насекомыми – переносчиками болезней. Необходимо прилагать все усилия, добиваясь того, чтобы общие показатели воздействия и концентрации любых ларвицидов не превышали рекомендованных WHOPEs пределов, концентрация их была настолько низкой, насколько это совместимо с их эффективным воздействием.

Таблица 8.19. Химические соединения и препараты, рекомендованные ВОЗ для борьбы с личинками комаров, обитающих в закрытых емкостях^a

Инсектицид	Препаративная форма	Доза (мг/л) ^b	ПУСП (мг/кг МТ)	Воздействие (мг/кг мт) ^c	Применение в питьевой воде
<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> (Bti) ^d	ВРГ	1–5	—	Взрослые: 0,17 Дети: 0,5 Дети грудного возраста: 0,75	Может применяться в рекомендованных дозах
Дифторбензурон	ТНВ, ГР, СП	0,02–0,25	0–0,02	Взрослые: 0,008 Дети: 0,025 ^e Дети грудного возраста: 0,0375 ^e	Может применяться в рекомендованных дозах
Метопрен	КЭ	1	0–0,09	Взрослые: 0,033 Дети: 0,1 ^e Дети грудного возраста: 0,15 ^e	Может применяться в рекомендованных дозах
Новалурон	КЭ	0,01–0,05	0–0,01	Взрослые: 0,0017 Дети: 0,005 Дети грудного возраста: 0,0075	Может применяться в рекомендованных дозах
Пиримифос-метил	КЭ	1	0–0,03	Взрослые: 0,033 Дети: 0,1 ^e Дети грудного возраста: 0,15 ^e	Не рекомендуется вносить непосредственно в питьевую воду
Пирипроксифен	ГР	0,01	0–0,1	Взрослые: 0,000 33 Дети: 0,001 Дети грудного возраста: 0,0015	Может применяться в рекомендованных дозах
Спиносад	ТНВ, ГР, КС	0,1–0,5 ^f	0–0,02	Взрослые: 0,0017 Дети: 0,0052 Дети грудного возраста: 0,0078	Может применяться в рекомендованных дозах
Темефос	КЭ, ГР	1	0,023 ^g	Взрослые: 0,033 Дети: 0,1 ^e Дети грудного возраста: 0,15 ^e	Может применяться в рекомендованных дозах

МТ – масса тела; ТНВ – таблетка для непосредственного внесения; КЭ – концентрат эмульсии; ГР – гранулы; КС – концентрированная суспензия; ВРГ – водорастворимые гранулы; СП – смачиваемый порошок

^a Рекомендации ВОЗ по вопросам использования пестицидов в системе общественного здравоохранения могут применяться только с учетом инструкций ВОЗ по обеспечению контроля их качества. Инструкции ВОЗ относительно пестицидов, используемых в целях общественного здравоохранения, см. по адресу: <http://who.int/whopes/quality/en>. При применении инсектицидов необходимо всегда следовать инструкциям на этикетке.

^b Активный ингредиент для борьбы с комарами, размножающимися в закрытых резервуарах.

^c Воздействие при использовании в максимальных дозах в питьевой воде на а) взрослого человека весом 60 кг, выпивающего 2 литра воды в сутки, б) ребенка весом 10 кг, выпивающего 1 литр воды в сутки, а также с) ребенка грудного возраста весом 5 кг, находящегося на искусственном вскармливании и выпивающего 0,75 литра воды в сутки.

^d Считается, что сам по себе Bti не представляет угрозы для здоровья человека при попадании в организм с питьевой водой.

^e Следует изучить вопрос об использовании альтернативных источников воды для маленьких детей и детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании, в период после применения там, где это практически возможно. Вместе с тем превышение ПУСП не обязательно вызывает негативные последствия.

^f Максимальная концентрация, которую удалось на сегодняшний день получить для медленно высвобождающейся препаративной формулы спиносада, составила примерно 52 мкг/л.

^g Это скорее ДУСП, нежели ПУСП, поскольку, по мнению ССОКП, содержащиеся в базе данных сведения недостаточно достоверны для того, чтобы их можно было использовать в качестве основы при расчете ПУСП для темефоса. Для целей настоящего Руководства ДУСП был рассчитан, исходя из самого низкого УНВВНИ, который указан в исследовании критических проблем, выявленного ССОКП. Источник: по материалам WHO/TDR (2009).

Государствам-членам следует рассматривать вопрос о применении ларвицидов в контексте общей стратегии борьбы с насекомыми – переносчиками заболеваний. Применение ларвицидов должно быть лишь частью комплексного плана организации хранения воды в домашних условиях и удаления бытовых отходов, который не был бы основан исключительно на уничтожении личинок насекомых с помощью инсектицидов, а также предусматривал бы иные меры по охране окружающей среды и изменение моделей социального поведения. Вместе с тем было бы полезно получить реальные данные о воздействии этих веществ, собранные в полевых условиях, чтобы на этой основе провести более точную оценку диапазона воздействия.

Помимо применения ларвицидов, разрешенных для внесения в питьевую воду в целях борьбы с насекомыми – переносчиками болезней, следует также задуматься о других мерах борьбы. Так, например, разведение в водоемах соответствующих видов рыб (например, гамбузии, поедающей личинки комаров, и хищных веслоногих рачков) может обеспечить необходимый контроль за попаданием комаров в эти водоемы и их размножением там. Другие районы размножения комаров, в которых происходит сбор воды, следует осушать в первую очередь после дождей.

Те используемые в интересах общественного здравоохранения пестициды, для которых нормативные величины не устанавливались, приводятся в таблице 8.17. Дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) применялся в интересах общественного здравоохранения в прошлом. К нему вновь прибегают (но не внося его в воду) в некоторых районах в целях борьбы с малярийными комарами. Нормативная величина для этого вещества приводится в [таблице 8.18](#). Общие данные о компонентах и дозировке продуктов, а также о соответствующих показателях воздействия, приводятся в [таблице 8.19](#).

Справочные материалы обо всех ларвицидах, ставших предметом рассмотрения в настоящем Руководстве, см. в [главе 12](#).

8.7 Определение местных ответных мер на проблемы и чрезвычайные ситуации, связанные с химическими параметрами качества воды

На случай чрезвычайных ситуаций, при которых химические вещества случайно либо в результате целенаправленных действий вызывают масштабное загрязнение систем питьевого водоснабжения, достаточно сложно разработать всеобъемлющие рекомендации. Большая часть нормативных величин, рекомендуемых в настоящем Руководстве (см. раздел 8.5 и Приложение 3), относятся к такому уровню воздействия, который считается приемлемым на протяжении жизни. Острое токсическое воздействие учитывается в отношении лишь ограниченного числа химических веществ. Продолжительность времени, в течение которого воздействие химического вещества на уровне, намного превышающем нормативную величину, вызывает негативные последствия для здоровья, определяется рядом факторов, которые могут быть неодинаковыми для разных загрязнителей. В чрезвычайных ситуациях следует проводить консультации по поводу необходимых мер с государственными органами здравоохранения.

Превышение нормативной величины не обязательно влечет за собой значительный или повышенный риск для здоровья. Соответственно, некоторое превышение нормативной величины в течение как краткого, так и длительного времени не всегда означает, что вода непригодна для потребления. На сколько какая-либо нормативная величина может быть превышена и на какой период она может быть превышена без ущерба для здоровья населения, зависит от конкретного химического вещества, и принять решение по поводу приемлемости должны квалифицированные сотрудники органов здравоохранения. Вместе с тем превышение должно послужить сигналом для:

- как минимум выяснения его причины, в целях принятия необходимых мер по исправлению положения;
- обращения к органу, ответственному за общественное здравоохранение, с запросом относительно мер, которые следует принять, учитывая при этом попадание вещества в организм через другие, помимо питьевой воды, источники, токсичность вещества, вероятность и характер тех или иных негативных последствий и практическую возможность принятия мер по исправлению положения.
- Если ожидается превышение нормативной величины существенным образом либо на срок, превышающий несколько дней, может возникнуть необходимость в оперативных действиях, обеспечивающих принятие мер по защите здоровья населения и информированию потребителей о ситуации, с тем чтобы они могли действовать надлежащим образом.

Применительно к химическим загрязнителям главная задача в условиях превышения какой-либо нормативной величины или в чрезвычайной ситуации состоит в том, чтобы не допустить воздействия токсичных концентраций загрязнителей на население. Вместе с тем, применяя Руководство в подобных ситуациях, важно помнить, что в отсутствие соответствующих альтернативных систем питьевого водоснабжения основным приоритетом является обеспечение поставок воды в необходимых объемах. В случае аварии, в ходе которой химические загрязнители попадают в источник воды, а из нее поступают в систему питьевого водоснабжения или же попадают в эту систему в ходе обработки или распределения воды, главная задача состоит в сведении к минимуму риска негативных последствий, не допуская при этом без особой нужды перерывов в работе систем водоснабжения.

Настоящий раздел Руководства может быть использован для содействия в оценке связанных с конкретной ситуацией рисков, а также – особенно если нормативная величина предусмотрена или в альтернативном источнике приводится заслуживающая доверия оценка риска – как помощь при принятии соответствующих решений по действиям в кратко- и среднесрочный период. Предлагаемые подходы являются отправной точкой для обсуждения различными административными органами и принятия решений о необходимости дальнейших мер.

Как правило, в подобных случаях необходимо изучить сложившуюся ситуацию, привлекая к работе соответствующих специалистов. Важно учитывать особенности ситуации на местах, в том числе наличие альтернативных систем питьевого водоснабжения, а также воздействия загрязнения через другие источники, например через продукты питания. Следует также учитывать, какая очистка воды проводится или может быть проведена и позволит ли это снизить концентрацию вещества.

В тех случаях, когда характер загрязнения неизвестен, следует как можно скорее привлечь экспертов к выявлению загрязнителей, определению мер, необходимых для

предупреждения их попадания в систему водоснабжения, и сведению к минимуму их воздействия на население и, соответственно, потенциальных негативных последствий.

План обеспечения безопасности воды должен предусматривать ответные меры как на прогнозируемые аварийные ситуации, так и неопределенные "чрезвычайные ситуации". Такое планирование способствует быстрому принятию надлежащих мер при возникновении подобных ситуаций (см. раздел 4.4).

Вопросы планирования действий в чрезвычайных ситуациях и ответных мер на аварийные ситуации, при которых превышаются нормативные величины как по микробиологическим, так и по химическим загрязнителям, рассматриваются в разделе 4.4. Подробнее о действиях в чрезвычайных ситуациях см. в разделе 6.7, а о микробиологическом загрязнении – в разделе 7.6.

8.7.1 Основания для принятия мер

Основаниями для принятия мер могут быть:

- выявление поставщиком питьевой воды утечки или уведомление его о такой утечке;
- сигнал тревоги, вызванный обнаружением рядом с уязвимым участком системы питьевого водоснабжения посторонних предметов, например бочек из-под химических веществ;
- обнаружение какого-либо вещества в воде;
- внезапное изменение процедур обработки воды;
- жалобы потребителей (например, на необычный запах, вкус или изменение цвета).

8.7.2 Изучение ситуации

Каждая ситуация уникальна, и поэтому важно выявить имеющие к ней отношение факты, в том числе какое вещество является загрязнителем, какова его предположительная концентрация, превышена ли нормативная величина и если да, то насколько, а также в течение какого времени может сохраняться аварийная ситуация. Все это важно для определения характера мер, которые необходимо будет принять.

8.7.3 Установление контактов с соответствующими лицами

В любой чрезвычайной ситуации важно поддерживать хорошую связь между различными властными структурами, прежде всего компаниями – поставщиками воды и органами здравоохранения. Как правило, именно органы здравоохранения принимают окончательные решения, однако знание системы поставок воды и характера водоснабжения имеет существенное значение для принятия наиболее разумных решений. Кроме того, исключительно важным фактором успешного решения проблем и преодоления последствий чрезвычайных ситуаций в сфере питьевого водоснабжения является своевременное и четкое информирование потребителей.

Вопрос о поддержании связей с ключевыми властными органами рассматривается в разделе 4.4. Особенно важно информировать орган общественного здравоохранения о любых случаях действительного или вероятного превышения нормативной величины и о других ситуациях, которые могут повлиять на здоровье населения, а также обеспечить привлечение органа общественного здравоохранения к выработке решений. В случае если принимаемые меры требуют оповещения всех потребителей или возникает необходимость организовать поставки питьевой воды по временной схеме, к этой работе следует также привлекать гражданскую

администрацию. Планирование подобных мероприятий является важной составной частью разработки планов обеспечения безопасности воды. Привлечение на ранней стадии органов общественного здравоохранения позволяет им получить информацию от специалистов и привлечь к работе надлежащий персонал.

8.7.4 Информирование общественности

Потребители могут узнавать о возможных проблемах с безопасностью используемой ими питьевой воды из средств массовой информации, из неформальных сетей либо столкнувшись с этими проблемами непосредственно. Недоверие к качеству питьевой воды или к властям может вынудить потребителей обратиться к альтернативным, возможно менее безопасным, источникам. Потребители не только имеют право получать информацию о безопасности используемой ими питьевой воды, но и призваны сыграть важную роль в случае аварийной ситуации, содействуя властям и принимая необходимые меры на уровне домохозяйств. Доверие и добрая воля потребителей крайне важны как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе.

Органы здравоохранения должны ставиться в известность всякий раз, когда требуется принять решение об информировании общественности по вопросам, касающимся здоровья, или дать рекомендации о принятии мер по охране здоровья, таких как, например, кипячение воды. Соответствующие рекомендации должны быть своевременными и четкими.

8.7.5 Оценка значимости для общественного здравоохранения и отдельных лиц

При оценке значимости факта превышения нормативной величины следует учитывать:

- информацию, на основе которой устанавливалась нормативная величина;
- воздействие соответствующего вещества на местном уровне другими путями (например, через продукты питания);
- наличие уязвимых групп населения;
- меры профилактики, которые необходимо принять на месте для того, чтобы в случае утечки химического вещества не допустить его попадания в источник воды или систему водоснабжения.

Информация, на основе которой устанавливалась нормативная величина

Порядок установления нормативных величин для химических загрязнителей см. в [разделе 8.2](#).

Большинство нормативных величин устанавливается путем расчета ДУСП или использования уже установленных ДУСП или ПУСП. Затем определенная доля ДУСП или ПУСП отводится на питьевую воду, чтобы сделать поправку на воздействие через другие источники, в первую очередь продукты питания. Такая доля нередко составляет 20%, но может как снижаться до всего 1%, так и достигать 80%. Во многих случаях изучение возможных местных источников воздействия позволяет установить, что другие источники, помимо питьевой воды, играют менее важную роль, нежели предполагалось, и на долю питьевой воды можно отнести более значительную долю общего воздействия. Справочные материалы в [главе 12](#) и информационные документы по всем химическим веществам, рассмотренным в настоящем Руководстве (http://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/guidelines/chemicals/en/#V), дают более подробную информацию о вероятных источниках соответствующих химических веществ, в том числе о факторах, влияющих на долю, отводимую на эти источники. Если решения в отношении тех или иных химических веществ требуется

принимать в срочном порядке, то можно предположить, что в течение короткого периода (например, нескольких дней) 100% ДУСП приходится на питьевую воду, проводя при этом более тщательное изучение данного вопроса. В случае если имеет место значительное воздействие из других источников или если существует вероятность того, что воздействие будет осуществляться в течение более длительного периода, нежели несколько дней, то можно применить более высокий показатель приходящейся на эти источники доли по сравнению с использовавшимся при установлении нормативной величины, однако он не может превышать 100%.

Иногда нормативная величина устанавливается по результатам эпидемиологических или клинических исследований на людях. В большинстве случаев (например, применительно к бензолу или барии) предметом такого исследования являлось долгосрочное воздействие; маловероятно, что краткосрочное воздействие в концентрациях, превышающих нормативную величину, вызовет сколько-нибудь значительные последствия; вместе с тем важно запросить мнение эксперта. В других случаях, когда нормативные величины устанавливались на основе эпидемиологических исследований, связанные с этим последствия для здоровья были острыми. Так, например:

- Нормативная величина для нитрат-аниона (50 мг/л) устанавливается на основании данных о частоте встречаемости метгемоглобинемии или "синдрома голубого младенца" у детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании. Последствия осложняются одновременным наличием микробного загрязнения, что может существенно повысить риски для этой группы. Метгемоглобинемия редко вызывается нитратами в тех случаях, когда нет фекального загрязнения питьевой воды. В качестве кратковременной меры следует отказаться от использования для кормления детей грудного возраста воды, если содержание нитрат-анионов в ней превышает 100 мг/л; вместе с тем органам здравоохранения целесообразно активнее осуществлять надзор там, где концентрация нитрат-анионов находится в пределах от 50 до 100 мг/л, если состав воды при этом известен и есть уверенность, что в микробиологическом отношении она безопасна. Нормативная величина для нитрат-анионов относится к конкретной и уязвимой подгруппе (то есть детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании), и соответственно эта нормативная величина будет более чем адекватной мерой защиты детей более старшего возраста и взрослых.
- Нормативная величина для меди также основана на краткосрочном воздействии, однако цель этой нормативной величины – защитить непосредственно от раздражения желудка, которое зависит от концентрации этого вещества. Нормативная величина может быть превышена, однако при концентрации выше этой величины для потребителей возрастает риск раздражения желудочно-кишечного тракта. Частоту появления такого раздражения можно оценить в группах населения, подвергающихся соответствующему воздействию.

В некоторых случаях нормативная величина устанавливается исходя из оценки риска рака, вероятность которого определяется по результатам исследований на лабораторных животных. В подобных ситуациях краткосрочное (от нескольких месяцев до года) воздействие в концентрациях, превышающих нормативную величину до 10 раз, приведет лишь к незначительному увеличению оценочного риска рака. Поскольку оценка риска колеблется в очень широком диапазоне, то риск может не увеличиться совсем или увеличиться лишь очень незначительно. В подобной ситуации

десятикратное превышение нормативной величины в течение короткого периода времени не окажет сколько-нибудь ощутимого воздействия на риск в течение жизни. Вместе с тем необходимо с осторожностью подходить к решению о том, не станут ли существенными другие более значимые в плане кратковременного воздействия токсикологические конечные эффекты, например нейротоксичность.

Санитарные нормы для случаев кратковременного воздействия определяются в настоящее время для небольшого числа веществ, применяемых в значительных количествах и часто фигурирующих в чрезвычайных ситуациях, например вызванных последствиями утечек, как правило, в поверхностные водные источники. Описание методики расчета таких санитарных норм приводится ниже.

Санитарные нормы, применяемые в чрезвычайных ситуациях

Санитарные нормы для случаев кратковременного воздействия могут быть рассчитаны для любых химических веществ, применяемых в значительных количествах и часто фигурирующих в чрезвычайных ситуациях, например вызванных последствиями утечек, как правило, в поверхностные водные источники. ССОКП разработало рекомендации для расчета безопасных уровней острого воздействия (БУОВ) для пестицидов (Solecki et al., 2005). Такие БУОВ могут быть взяты за основу при расчете санитарных норм в отношении кратковременного воздействия для пестицидов в питьевой воде; рекомендации общего характера можно также использовать в целях расчета БУОВ для других химических веществ.

БУОВ может быть определен как количество химического вещества, обычно рассчитываемое в отношении массы тела, которое может попасть в организм человека в течение 24 часов или менее, не создавая поддающегося оценке риска для здоровья потребителя. Большинство научных методик, применимых для расчета ПУСП или ДУСП в случаях хронического воздействия, в равной степени подходят для расчета БУОВ. При этом следует отбирать токсикологические конечные эффекты, наиболее релевантные для единичного воздействия или воздействия в течение 1 дня. Для БУОВ применительно к пестицидам возможными соответствующими токсикологическими эффектами являются гематотоксичность (включая образование метгемоглобина), иммунотоксичность, острая нейротоксичность, токсичность для печени и почек (выявляемая в ходе изучения воздействия единичной дозы или на ранних стадиях в ходе изучения воздействия многократных доз), влияние на эндокринную систему и на развитие. Отбирается наиболее показательное или релевантное исследование, в ходе которого эти конечные эффекты были определены (для наиболее чувствительных к воздействию видов или наиболее уязвимой подгруппы), и определяются УНВВНИ. Затем наиболее релевантный конечный эффект с наиболее низким УНВВНИ используется для расчета БУОВ. В целях экстраполяции полученных в ходе лабораторных экспериментов с животными данных на среднего человека и для учета разной чувствительности к воздействию в человеческой популяции используются факторы неопределенности. Рассчитанный таким образом БУОВ затем может быть использован для определения санитарной нормы путем отнесения 100% БУОВ на питьевую воду.

Имеющиеся массивы данных не позволяют дать точную оценку острой токсичности ряда представляющих интерес химических соединений. В отсутствие соответствующих данных о единичной дозе или о кратковременном воздействии можно использовать конечный результат, фигурирующий в исследованиях токсичности многократных доз. Такой подход будет, по всей вероятности, более консервативным, и это должно быть четко указано при расчете санитарной нормы.

В случае если вещество попало в источник питьевой воды, загрязнение может сохраняться больше суток, но обычно не более нескольких дней. В этой ситуации имеет смысл использовать данные исследований токсичности многократных доз. Поскольку рассматриваемый в таких исследованиях период воздействия зачастую является гораздо более длительным, чем несколько дней, такой подход, по всей вероятности, также будет консервативным.

В случае если ответные меры необходимо принимать в срочном порядке, а данных, на основании которых можно было бы установить БУОВ, нет, однако нормативная величина для соответствующего химического вещества имеется, самый простой и удобный метод состоит в том, чтобы отнести на питьевую воду более высокую долю ПУСП или ДУСП (БУОВ, рассчитанные ССОКП, см. по адресу: <http://www.who.int/ipcs/food/jmpr/en/index.html>; требования к качеству питьевой воды в части кратковременного воздействия загрязнителей в питьевой воде, разработанные Управлением по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки, см. по адресу: <http://www.epa.gov/waterscience/criteria/drinking/>). Поскольку как ПУСП, так и ДУСП рассчитываются в качестве гарантий безопасности при воздействии в течение жизни, небольшое кратковременное превышение ПУСП или ДУСП не оказывает значительного воздействия на здоровье. Именно это дает возможность отнести на короткий период 100% ПУСП или ДУСП на питьевую воду.

Санитарные нормы для случаев значительного и кратковременного воздействия являются отправной точкой для принятия решений относительно того, насколько возможно продолжать поставки воды, не подвергая потребителей серьезному риску в такой чрезвычайной ситуации. Вместе с тем важно сводить к минимуму степень воздействия, если это практически возможно. Признано, что утрата системы водоснабжения чревата рисками для здоровья населения и создает огромные трудности в плане соблюдения норм гигиены и обеспечения населения водой, безопасной в микробиологическом плане. Санитарные нормы для случаев значительного и кратковременного воздействия помогают оценить соотношение рисков продолжения поставок воды, содержащей загрязнитель, и отказа от водоснабжения в таких чрезвычайных ситуациях.

Оценка значимых для данной местности источников вещества, вызывающего обеспокоенность и оказывающего воздействие другими путями

К числу наиболее полезных источников информации о воздействии, которое те или иные вещества в данной местности оказывают через продукты питания и в меньшей степени через воздух и иными способами через окружающую среду, относятся, как правило, правительственные структуры, занимающиеся вопросами продовольствия и загрязнения окружающей среды. Еще одним источником информации могут стать университеты. На случай отсутствия конкретных данных в сопроводительных документах к настоящему Руководству приводятся сведения об источниках воздействия и даются оценки общего характера, которые можно применять для оценки ситуации на местах в отношении как потенциального применения химических веществ, так и вероятности их попадания в пищевую цепь. Подробнее см. в сопроводительном документе *Chemical safety of drinking-water* (Приложение 1).

Уязвимые группы населения

Иногда при воздействии того или иного вещества отдельные группы населения подвергаются более значительному риску, чем другие. Обычно к таким подгруппам относятся те, для которых степень воздействия является высокой в соотношении с массой тела (например, дети грудного возраста, находящиеся на искусственном

вскармливания) или обладающие особой степенью восприимчивости (например, к уробному гемоглобину и нитратам/нитритам). Вместе с тем некоторые подгруппы с определенными генетическими особенностями могут быть более восприимчивыми к конкретному токсикологическому воздействию (например, люди с недостаточностью глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы и окислительным стрессом красных кровяных телец). Если показатель потенциального воздействия через питьевую воду в условиях чрезвычайной ситуации превышает ПУСП или ДУСП или если продолжительность воздействия больше, чем несколько дней, то вопрос следует решать совместно с органами здравоохранения. В подобной ситуации, возможно, понадобятся призванные не допустить воздействия на соответствующие группы целенаправленные меры, такие как снабжение бутилированной водой детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании.

Конкретные меры смягчения риска, влияющие на его оценку

В данном случае речь идет о принимаемых на местах или в домохозяйствах мерах, которые могут повлиять на присутствие конкретного загрязнителя. Так, например, на присутствие летучего или неустойчивого к нагреванию вещества может повлиять нагревание воды в процессе приготовления еды или напитков. Если затронутая группа населения принимает такие меры постоянно, в оценку риска могут быть внесены соответствующие изменения. Альтернативный подход может предусматривать принятие подобных мер в домохозяйствах в целях снижения уровня воздействия и обеспечения бесперебойного водоснабжения.

8.7.6 Определение надлежащих мер

Определение надлежащих мер означает необходимость обеспечения сбалансированности различных рисков. Временное прекращение водоснабжения потребителей – это серьезный шаг, который может повлечь за собой риски, связанные с загрязнением хранящейся в домохозяйствах питьевой воды патогенами, а также с ограничением ее использования в целях гигиены и охраны здоровья. Публикация предупреждения "Не пить" может означать, что вода пригодна для таких гигиенических целей, как прием душа или мытье, однако такое предупреждение заставляет потребителей и административные органы искать альтернативные пути снабжения водой, безопасной для питья и приготовления пищи. В некоторых случаях соответствующее решение может оказаться дорогостоящим и потребовать привлечения средств, обычно направляемых на решение других, более важных проблем. Решение о надлежащих действиях следует принимать в каждом конкретном случае отдельно, в контакте с другими структурами, в том числе с органами здравоохранения и гражданскими властями, которым, возможно, потребуется участвовать в информировании потребителей, обеспечении альтернативных способов водоснабжения или организации надзора за забором воды из автомобильных и железнодорожных цистерн. Ответные меры на вызываемые химическим загрязнителем потенциальные риски для здоровья не должны приводить к увеличению общей степени риска для здоровья из-за перебоев в водоснабжении, микробных загрязнителей или других химических загрязнителей.

8.7.7 Приемлемость для потребителей

Даже если в условиях чрезвычайной ситуации поставляемая вода, содержащая вещество в концентрации, которая превышает рекомендуемую, не создает неоправданного риска для здоровья, такая вода может оказаться неприемлемой для

потребителей. Ряд веществ, которые в результате утечек загрязняют систему питьевого водоснабжения, могут создавать серьезные проблемы со вкусом или запахом. В подобных ситуациях питьевая вода может оказаться настолько неприятной, что это сделает ее непригодной для питья или вынудит потребителей обратиться к альтернативным источникам питьевой воды, которые могут представлять более серьезный риск для здоровья. Кроме того, явно загрязненная вода может стать причиной плохого самочувствия у некоторых потребителей вследствие осознания низкого качества воды. Приемлемость для потребителей может стать наиболее весомым фактором при определении характера рекомендаций потребителям о целесообразности или нецелесообразности использования воды для питья или приготовления пищи.

8.7.8 Принятие мер по устранению последствий, недопущение рецидивов и корректировка плана обеспечения безопасности воды

Фиксация происшествия, принятых решений и причин их принятия является важной частью мер реагирования на аварийную ситуацию. Как отмечалось в [главе 4](#), план обеспечения безопасности воды следует пересмотреть с учетом накопленного опыта. При этом необходимо убедиться, что идентифицированные во время аварийной ситуации проблемные зоны скорректированы. По мере возможности это должно также означать, что причины возникновения аварийной ситуации устраняются в целях предупреждения ее повторения. Так, например, если аварийная ситуация возникла вследствие сброса из промышленного источника, можно рекомендовать соответствующему предприятию меры по предупреждению повторного сброса, а также направить информацию другим аналогичным предприятиям.

8.7.9 Смеси

Компонентами сброса могут быть ряд потенциально опасных для здоровья загрязнителей (см. [раздел 8.2.8](#)). В этих случаях важно определить, взаимодействуют ли данные вещества друг с другом. Если вещества имеют сходный механизм или способ действия, целесообразно рассматривать их в качестве присадок. Это может касаться в первую очередь некоторых пестицидов, таких как атразин и симазин. В этих случаях при принятии соответствующих мер необходимо учитывать местные особенности. Как правило, надлежит обратиться за рекомендациями к специалистам.

8.7.10 Рекомендации по отказу от использования воды

Рекомендации по отказу от использования воды имеют много общего с рекомендациями по кипячению воды (см. [раздел 7.6.1](#)), однако используются не так часто. Как и рекомендации по кипячению воды, они представляют собой серьезную меру, к которой следует прибегать лишь тогда, когда имеющиеся фактические данные подтверждают необходимость обнародования подобных рекомендаций в целях снижения существенного риска для здоровья населения. Если рекомендуется использовать альтернативные источники воды, то следует с особым вниманием отнестись к опасным факторам микробиологического характера, возможно присутствующим в таких источниках. Рекомендации по отказу от использования воды даются в тех случаях, когда вызывающий беспокойство фактор не устраняется кипячением или когда риски при соприкосновении загрязнителя с кожей или его вдыхании также значительны. Рекомендации по отказу от использования воды могут также даваться в случае обнаружения в водораспределительной системе неизвестного

реагента или химического вещества. В рекомендациях по отказу от использования воды важно указывать, что кипячение не является эффективной или достаточной мерой для снижения риска.

Как и в случае рекомендаций по кипячению воды, поставщикам воды совместно с органами общественного здравоохранения следует разработать протоколы для рекомендаций по отказу от использования воды. Протоколы следует подготовить до наступления какой-либо аварийной ситуации и включить в планы обеспечения безопасности воды. Решения об обнародовании рекомендаций нередко принимаются в течение короткого периода времени, и разработка ответных мер непосредственно во время аварийной ситуации может затруднить принятие решений, негативно отразиться на связях с общественностью и подорвать доверие с ее стороны.

Необходимо, чтобы, помимо сведений, о которых шла речь в [разделе 4.4.3](#), протоколы содержали информацию для всего населения и отдельных его групп по таким вопросам, как:

- условия введения в действие и прекращения действия рекомендаций;
- виды деятельности, подпадающие под действие рекомендаций;
- альтернативные источники безопасной воды, пригодной для питья и использования в других бытовых целях.

В протоколах следует указать механизмы оповещения о рекомендациях по отказу от использования воды. Эти механизмы могут различаться в зависимости от характера водоснабжения и численности населения в затронутой общине, и к их числу могут относиться:

- трансляция информации по телевидению, радио и ее публикация в газетах;
- информирование конкретных структур, общинных групп и местных органов власти по телефону, электронной почте и посредством факсимильной связи;
- размещение объявлений на видных местах;
- передача информации лично в руки;
- рассылка по почте.

Выбранные методы должны давать обоснованную уверенность в том, что все, кого эти рекомендации касаются, в том числе лица, проживающие, работающие или находящиеся проездом в данной местности, будут оповещены как можно быстрее.

Принятие рекомендаций по отказу от использования воды может оказаться необходимым, например, после того, как следствием загрязнения, например, химического или радиационного, имевшего место случайно, в силу естественных причин или злого умысла, стали:

- значительное превышение нормативной величины, которое может представлять угрозу для здоровья при кратковременном воздействии;
- уровень концентрации химического вещества, для которого нормативная величина не установлена, потенциально представляющий угрозу для здоровья при кратковременном воздействии;
- сильный привкус или запах, происхождение которых не установлено или которые вызывают серьезную обеспокоенность у населения.

В публикуемые рекомендации по отказу от использования воды следует включать информацию по тем же вопросам, что и в рекомендации по кипячению воды

(см. раздел 7.6.1), хотя рекомендации по поводу конкретных видов использования и адресаты рекомендаций могут варьироваться в зависимости от характера проблемы. Так, например, при повышенных концентрациях загрязнителя, представляющих проблему только в плане питья или приготовления пищи, населению может быть рекомендовано избегать использования воды для питья, приготовления пищи, холодных напитков, изготовления льда и в целях гигиены, например для чистки зубов. Если же речь идет о повышенных уровнях химического вещества, которые могут вызывать раздражение кожи или глаз или желудочно-кишечные расстройства, населению может быть рекомендовано не использовать воду для питья, приготовления пищи, чистки зубов или мытья либо принятия ванны/душа. Возможен также вариант принятия особых рекомендаций по отказу от использования воды в случаях, если загрязнение может иметь последствия для отдельных групп населения, например для беременных женщин или детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании.

Как и в случае рекомендаций по кипячению воды, может оказаться необходимым подготовить особые рекомендации для стоматологов, врачей, больниц и других медицинских учреждений, учреждений по уходу за детьми, школ, поставщиков и производителей продуктов питания, гостиниц, ресторанов и операторов общедоступных бассейнов.

Рекомендации по отказу от использования воды не означают прекращения водоснабжения; воду, как правило, можно будет использовать для туалетов со смывом и других нужд, например для стирки белья. Вместе с тем необходимо будет обеспечить альтернативные пути доставки питьевой воды, например бутилированной воды или воды в цистернах для питья и других бытовых потребностей.

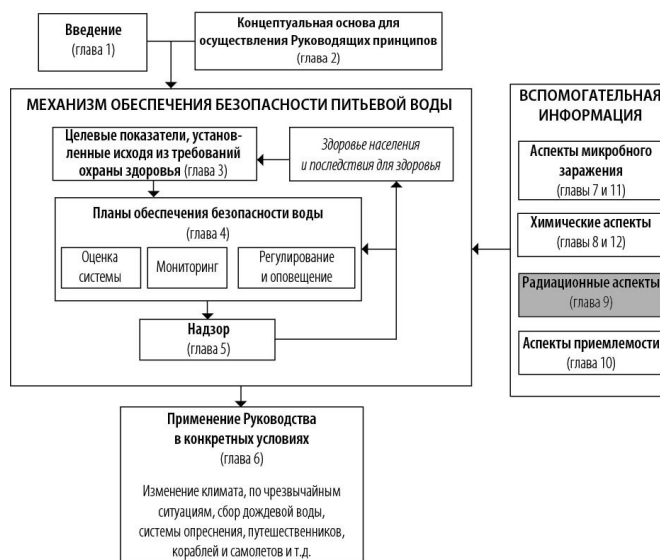
Условием для отмены действия рекомендаций по отказу от использования воды, как правило, является получение фактических данных о том, что источник повышенных концентраций опасных загрязнителей был устранен, что системы распределения были должным образом промыты и вода безопасна для питья и других нужд. В зданиях должны быть промыты емкости для хранения воды и системы внутренних трубопроводов.

Радиационные аспекты

В питьевой воде могут содержаться радиоактивные вещества (радионуклиды), которые могут быть опасны для здоровья человека. Эти риски обычно незначительны по сравнению с рисками, связанными с микроорганизмами и химическими веществами, которые могут содержаться в питьевой воде. За исключением чрезвычайных обстоятельств, доза облучения, получаемая при заглатывании питьевой воды с содержанием радионуклидов, намного ниже доз облучения, получаемых из других источников радиации. Задача данной главы – представить критерии оценки безопасности питьевой воды с точки зрения содержания в ней радионуклидов и дать указания по снижению рисков для здоровья посредством принятия мер по уменьшению концентрации радионуклидов, а следовательно, доз облучения в ситуациях, когда такие действия будут признаны необходимыми.

С точки зрения оценки рисков для здоровья в настоящем Руководстве не проводится различия между радионуклидами природного и техногенного происхождения. Однако с точки зрения управления рисками такое различие проводится, поскольку, в принципе, техногенные радионуклиды нередко можно взять под контроль в тех точках, где они поступают в систему водоснабжения. Напротив, радионуклиды природного происхождения потенциально способны проникнуть в систему водоснабжения в любой точке или в нескольких точках до момента потребления воды. Поэтому содержащиеся в питьевой воде радионуклиды природного происхождения зачастую в меньшей степени поддаются контролю.

У содержащихся в питьевой воде радионуклидов природного происхождения мощность дозы излучения обычно выше, чем у искусственно созданных радионуклидов, и поэтому они вызывают большую обеспокоенность. Наиболее эффективным способом контроля радиационных рисков является метод профилактического управления рисками, на основе концепции безопасности питьевой воды (см. главу 2) и плана обеспечения безопасности воды (см. главу 4). При рассмотрении вопроса о принятии мер по оценке радиационных рисков и управлению этими рисками необходимо обеспечить, чтобы при этом ограниченные ресурсы не были отвлечены от других, более важных задач в области общественного здравоохранения.



Представленные в настоящем Руководстве скрининговые и нормативные уровни радиоактивности основаны на последних рекомендациях Международной комиссии по радиационной защите (ICRP, 2008).

В некоторых системах питьевого водоснабжения, в частности использующих в качестве источника грунтовые воды, может содержаться радиоактивный газ радон. Хотя радон может попадать в воздух в жилых помещениях из воды, поступающей из водопроводных кранов либо при приеме душа, наиболее существенным источником радона в воздухе в помещениях является естественное скопление радона в окружающей среде. Анализ международных научных данных (UNSCEAR, 2000) показал, что в среднем 90% дозы облучения, относимой на счет радона в питьевой воде, попадает в организм ингаляционным способом, а не через пищеварительный тракт. Следовательно, обычно нет необходимости устанавливать скрининговые и нормативные уровни для ограничения дозы излучения, воздействующего на организм при попадании содержащегося в питьевой воде радона через пищеварительный тракт. Контрольные замеры общего уровня альфа-радиоактивности и бета-радиоактивности будут включать излучение дочерних продуктов распада радона, являющихся основным источником доз облучения при попадании в пищеварительный тракт радона, содержащегося в системах питьевого водоснабжения. Подробнее этот вопрос рассматривается в [разделе 9.7](#).

9.1 Источники¹ радиационного излучения и его воздействие на здоровье

Повсюду в окружающей среде наблюдается радиоактивность ряда природных и техногенных источников. Некоторые химические элементы, присутствующие в окружающей среде, являются естественно радиоактивными. Эти элементы в различных количествах содержатся в почве, воде, в воздухе в помещениях и вне помещений и даже в наших организмах, так что избежать их воздействия невозможно. Кроме того, Земля постоянно бомбардируется частицами высокой энергии, поступающими как от Солнца, так и из-за пределов Солнечной системы. В совокупности эти частицы называются космическим излучением. Каждый организм получает дозу космического излучения, зависящую от широты, долготы и высоты над уровнем моря.

Крупнейшим техногенным источником радиационного излучения в настоящее время является радиация, используемая в медицине для диагностики и лечения. Испытания ядерного оружия, регулярные выбросы радиации из промышленных и медицинских учреждений, а также такие аварии, как авария на Чернобыльской АЭС, способствовали увеличению количества техногенных радионуклидов в окружающей среде.

Согласно оценке Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации (UNSCEAR, 2008), глобальная среднегодовая доза облучения из всех источников радиации в окружающей среде составляет в расчете на одного человека приблизительно 3,0 мЗв/год (см. вставку 9.1). Из этого количества 80% (2,4 мЗв) приходится на излучение природных источников радиации, 19,6% (примерно 0,6 мЗв) – на использование радиации для целей диагностики в медицине, а оставшиеся 0,4% (около 0,01 мЗв) – на другие антропогенные источники радиации (см. [рис. 9.1](#)). Дозы облучения, получаемые отдельно взятыми представителями населения, могут значительно отличаться в зависимости от места жительства этих

¹ Если термин "источник" употребляется в данной главе без дополнительного уточнения, то речь идет об "источнике радиации". Если речь идет о каком-либо другом источнике, то приводится дополнительное уточнение (например, "источник воды").

представителей, их пищевых предпочтений и других предпочтений в образе жизни. Индивидуальные дозы облучения также могут отличаться в зависимости от получаемого лечения и воздействия радиации на рабочем месте. Сведения о среднегодовых дозах облучения и типичных диапазонах индивидуальных доз облучения от природных источников представлены в [таблице 9.1](#) (UNSCEAR, 2008).

Вставка 9.1. Основные понятия, величины и единицы

Беккерель (Бк). Беккерель – это единица измерения радиоактивности в Международной системе единиц (сокращенно СИ от французского названия *Système international d'unités*), соответствующая одному радиоактивному распаду в секунду. Применительно к питьевой воде обычно принято говорить об объемной активности, выраженной в единицах Бк/л.

Эффективная доза. При вступлении радиации во взаимодействие с тканями и органами тела полученная доза облучения зависит от таких факторов, как тип радиации, затронутая часть тела и путь воздействия. Это означает, что радиоактивность в 1 Бк не всегда обеспечивает одинаковую дозу облучения. Была разработана единица, называемая "эффективной дозой", которая позволяет учитывать различия между разными типами радиации и напрямую сопоставлять их воздействие на биологические организмы. Для измерения эффективной дозы используют такую единицу системы СИ, как зиверт (Зв). Зиверт – очень крупная единица, поэтому часто более пригодными единицами измерения являются миллизиверты (мЗв). 1 Зв равен 1000 мЗв.

Эффективный период полураспада. У радиоизотопов имеется "физический" период полураспада – период времени, за который распадается половина атомов. Физический период полураспада различных радиоизотопов может составлять от нескольких микросекунд до миллиардов лет. Если радиоизотоп находится в живом организме, он может быть выведен оттуда. Скорость этого выведения зависит от биологических факторов и называется биологическим периодом полураспада. Эффективный период полураспада – это фактическое время, за которое радиоактивность в живом организме снижается в два раза и которое зависит от физического и биологического периодов полураспада. Для определенных радионуклидов определяющими являются биологические процессы, в то время как для других радионуклидов доминирующую роль играет физический распад.

Таблица 9.1. Средняя доза излучения от природных источников

Источник	Среднегодовая эффективная доза излучения в мире (мЗв)	Типичный диапазон годовой эффективной дозы излучения (мЗв)
Внешнее облучение		
Космическое излучение	0,39	0,3–1 ^a
Земное излучение (на открытом воздухе и в закрытых помещениях)	0,48	0,3–1 ^b
Внутреннее облучение		
Вдыхание (преимущественно радон)	1,26	0,2–10 ^c
Заглатывание (пища и питьевая вода)	0,29	0,2–1 ^d
Всего	2,4	1–13

^a В диапазоне от уровня моря до горной местности.

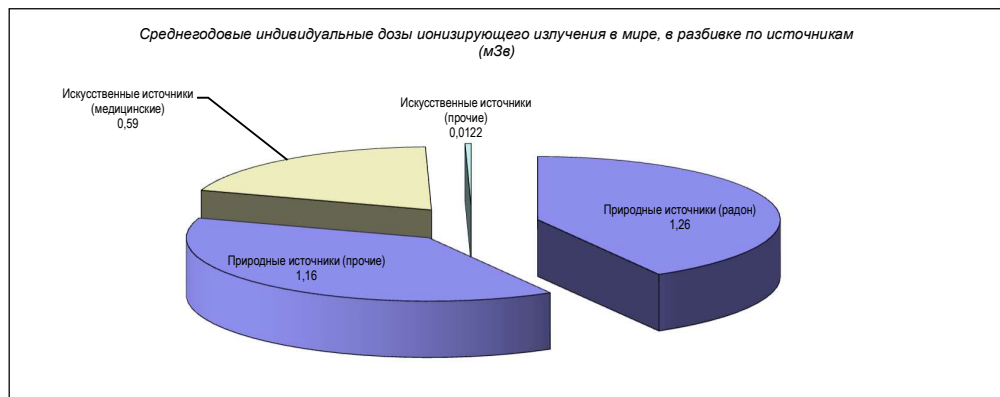
^b В зависимости от радионуклидного состава почвы и строительных материалов.

^c В зависимости от накопления газа радона в закрытых помещениях.

^d В зависимости от радионуклидного состава пищевых продуктов и питьевой воды.

Источник: по материалам UNSCEAR (2008).

Рисунок 9.1. Среднегодовые индивидуальные дозы ионизирующего излучения в мире, в разбивке по источникам (мЗв)



9.1.1 Радиационное воздействие при потреблении питьевой воды

В источниках воды могут содержаться радионуклиды природного или искусственного (то есть техногенного) происхождения.

- Радионуклиды природного происхождения, в том числе калий-40, а также радионуклиды, возникающие при распаде тория и урана, в частности радий-226, радий-228, уран-234, уран-238 и свинец-210, могут попадать в воду в результате естественных процессов (например, при поглощении из почвы) или технологических процессов с использованием радиоактивных материалов природного происхождения (например, при добыче и переработке минерального песка или при производстве фосфатных удобрений).
- Техногенные радионуклиды могут попадать в воду из различных источников; в частности, речь может идти о:
 - выбросах радионуклидов из установок ядерного топливного цикла;
 - попадании искусственных радионуклидов (произведенных и используемых в открытом виде в медицине или промышленности) в системы питьевого водоснабжения в результате регулярных или случайных выбросов;
 - произошедших в прошлом выбросах радионуклидов в окружающую среду, в том числе в источники питьевой воды.

9.1.2 Последствия для здоровья, вызванные радиационным облучением при потреблении питьевой воды

Защита от радиации строится на предположении, что любое радиационное воздействие сопряжено с определенным уровнем риска. Имеются фактические подтверждения того, что при продолжительном радиационном воздействии, например при потреблении в течение длительного времени содержащей радионуклиды питьевой воды, для человека повышается риск заболеть раком, если дозы облучения превышают 100 мЗв (Brenner et al., 2003). При меньших дозах облучения эпидемиологические исследования не выявили повышения риска. Предполагается, что между воздействием и риском существует линейная зависимость и пороговой величины, ниже которой риск отсутствует, не существует. Критерий индивидуальной дозы (КИД), равный 0,1 мЗв/год, предполагает очень низкий уровень риска, который, как считается, не приведет к возникновению каких-либо поддающихся обнаружению неблагоприятных последствий для здоровья.

9.2 Обоснование скрининговых и нормативных уровней

В настоящем Руководстве используется метод, предложенный МКРЗ для применения в ситуациях продолжительного радиационного воздействия на население. Согласно МКРЗ, в ситуациях планового облучения (см. вставку 9.2) целесообразно ограничить оказывающий длительное воздействие компонент индивидуальной дозы до 0,1 мЗв в течение года (ICRP, 2000). Признано, что воздействие радионуклидов через питьевую воду может быть следствием ситуации планового облучения, однако более вероятно, что оно является следствием ситуации, когда облучение уже существует. Вместо применения различных методов в зависимости от того, являются ли радионуклиды природными или техногенными, был принят прагматичный консервативный подход, при котором используется КИД, равный 0,1 мЗв за 1 год потребления питьевой воды, независимо от происхождения радионуклидов (см. вставку 9.3).

Скрининговые и нормативные уровни носят консервативный характер, и их не следует рассматривать в качестве обязательных ограничений. Превышение нормативного уровня следует считать основанием для проведения дальнейшего расследования, однако оно не обязательно указывает на то, что питьевая вода небезопасна.

Вставка 9.2. Ситуации облучения

Международная комиссия по радиационной защите (ICRP, 2008) выделяет три типа ситуаций облучения: ситуации планируемого, существующего и аварийного облучения.

- **Планируемое облучение** – это ситуация, возникающая в результате плановой эксплуатации источника радиации или при осуществлении запланированных мероприятий, которая приводит к воздействию со стороны источника радиации (например, воздействие со стороны источника радиации при проведении медицинской диагностической или лечебной процедуры).
- **Существующее облучение** – это ситуация, уже сложившаяся на момент принятия решения о необходимости установления контроля (например, воздействие радона в жилых помещениях).
- **Аварийное облучение** – это ситуация, возникающая в результате аварии, злоумышленного деяния или другого непредвиденного события. В ситуациях аварийного облучения настоящее Руководство не применяется (см. главу 6).

Вставка 9.3. Критерий индивидуальной дозы (КИД) и риск для здоровья

Считается, что годовая доза облучения, составляющая 0,1 мЗв и получаемая при поступлении в пищеварительный тракт радионуклидов, содержащихся в питьевой воде, представляет незначительный дополнительный риск для здоровья в силу следующих причин.

- Индивидуальные дозы природного излучения в окружающей среде сильно отличаются друг от друга. Средняя доза составляет примерно 2,4 мЗв/год, однако в некоторых регионах мира средние дозы могут быть в 10 раз выше (то есть, 24 мЗв/год). При этом они не приводят к наблюдаемому увеличению риска для здоровья, что отмечается в долгосрочных демографических исследованиях (Тао, 2000; Nair et al., 2009). Поэтому КИД, равный 0,1 мЗв/год, незначительно увеличивает естественные уровни излучения.
- Номинальный коэффициент риска для заболеваемости раком, вызванным радиацией, составляет $5,5 \times 10^{-2}/\text{Зв}$ (ICRP, 2008). При умножении этого коэффициента на связанный с употреблением питьевой воды КИД, равный 0,1 мЗв/год, можно получить оценочный годовой показатель риска возникновения рака, равный примерно $5,5 \times 10^{-6}$.

Во втором издании Руководства был приведен КИД, равный 0,1 мЗв/год, который основывался на контрольных уровнях общей альфа- и бета-радиоактивности, составлявших соответственно 0,1 Бк/л и 1 Бк/л. Этот КИД составляет менее 5% среднегодовой дозы природного излучения (см. раздел 9.1). Дальнейший опыт показал, что на практике при общем уровне альфа-излучения, не превышающем 0,5 Бк/л, годовая доза, составляющая 0,1 мЗв, как правило, не будет превышена. Поэтому в третьем издании Руководства показатель КИД основывался на контрольных уровнях, составляющих 0,5 Бк/л для общей альфа-радиоактивности и 1 Бк/л для общей бета-радиоактивности. Это изменение сохранено и в настоящем издании Руководства.

9.3 Мониторинг и оценка растворенных радионуклидов

Основные аспекты рекомендованной методики оценки контроля риска для здоровья, связанного с присутствием радионуклидов в питьевой воде, изложены во вставке 9.4 и проиллюстрированы на рисунке 9.2.

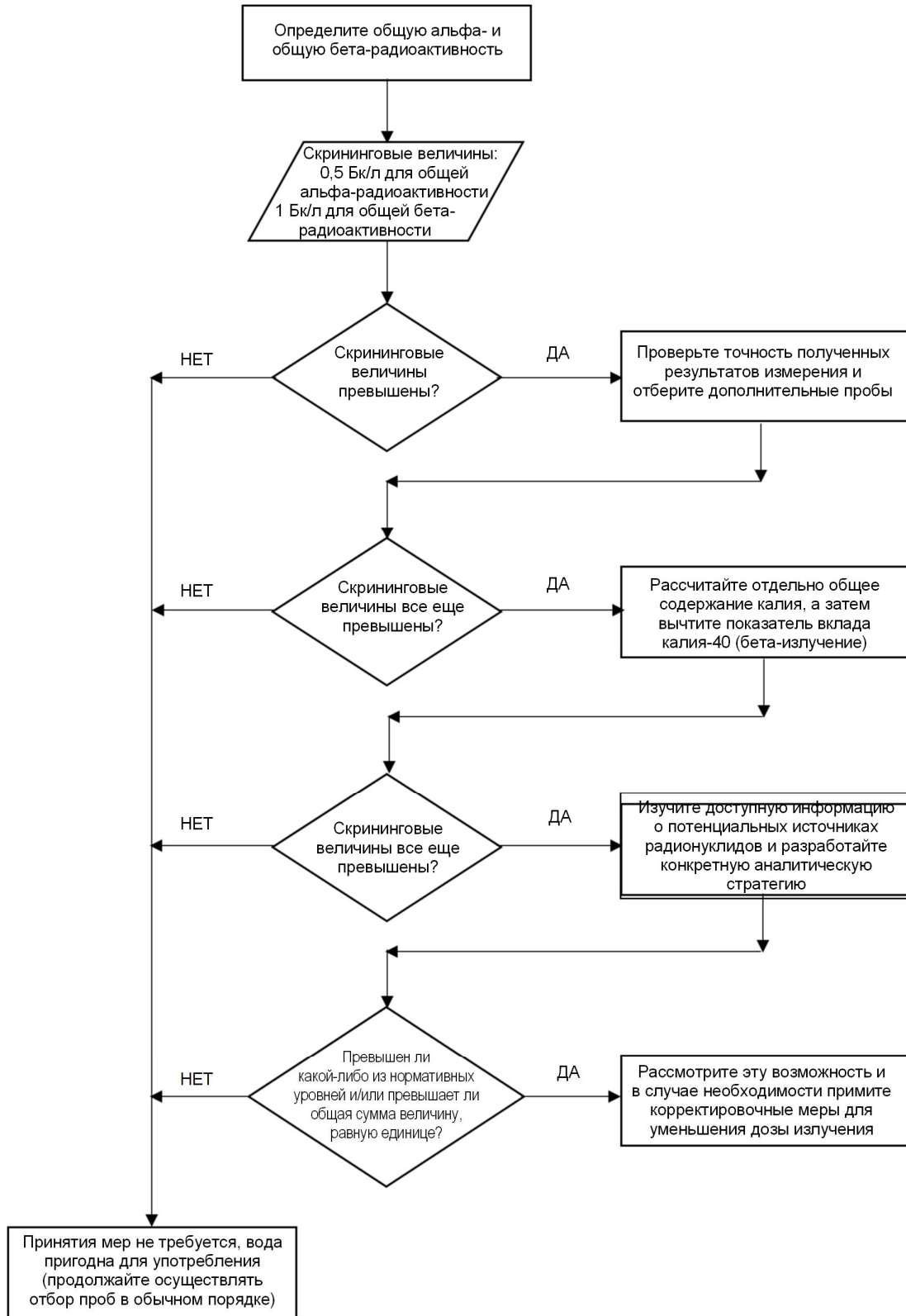
Вставка 9.4. Рекомендованная методика оценки

Рекомендованная методика оценки в целях контроля рисков для здоровья, связанных с присутствием радионуклидов в питьевой воде, включает четыре этапа.

1. Принимается КИД¹, равный 0,1 мЗв за 1 год потребления питьевой воды.
2. Проводится первоначальная оценка общей альфа-радиоактивности и общей бета-радиоактивности. Если измеренные уровни излучения оказываются ниже контрольных уровней, составляющих 0,5 Бк/л для общей альфа-радиоактивности и 1 Бк/л для общей бета-радиоактивности, дальнейшие мероприятия не проводятся.
3. При превышении какого-либо из контрольных уровней следует определить концентрацию отдельных радионуклидов и сравнить ее показатель с нормативными уровнями (см. таблицу 9.2).
4. Результат дальнейшей оценки может свидетельствовать как об отсутствии необходимости принятия дополнительных мер, так и о необходимости проведения дополнительной оценки, с тем чтобы затем принять решение о необходимых мерах по снижению дозы облучения.

¹ В Директиве Европейской комиссии по питьевой воде (European Commission, 2001) этот параметр носит название "суммарная индикативная доза" (СИД) и также составляет 0,1 мЗв/год.

Рисунок 9.2. Применение скрининговых и нормативных уровней в отношении радионуклидов, содержащихся в питьевой воде



9.3.1 Скрининг запасов питьевой воды

Процесс выявления отдельных радионуклидов и определения их концентрации в питьевой воде отнимает много времени и средств. В большинстве случаев концентрация радионуклидов невелика, поэтому проведение столь подробного анализа в рамках регулярного мониторинга, как правило, себя не оправдывает. Более практичным подходом является использование процедуры скрининга, в рамках которой сначала определяется суммарный уровень радиоактивности в виде альфа- и бета-излучения, без учета конкретных радионуклидов.

Эти измерения используются в качестве процедуры предварительного скрининга для определения необходимости проведения дальнейшего анализа радиоизотопов. Кроме того, при помощи этих измерений можно выявить изменения радиологических характеристик источника питьевой воды, а также определить пространственные и/или временные тенденции изменения содержания радионуклидов в питьевой воде.

Скрининговые уровни для питьевой воды, при показателях, ниже которых дальнейших действий не требуется, составляют 0,5 Бк/л для общей альфа-радиоактивности и 1 Бк/л для общей бета-радиоактивности. Если ни один из этих показателей не превышен, то КИД, составляющий 0,1 мЗв/год, также не будет превышен. Использование скрининговых уровней рекомендуется потому, что это способствует максимальному увеличению надежности и экономической эффективности процесса оценки содержания радионуклидов в питьевой воде.

Стандартные измерения общего уровня радиоактивности не позволяют выявить радионуклиды с низкоэнергетическим бета-излучением, например тритий, а также некоторые газообразные или летучие радионуклиды, например йод. Регулярно проводить анализы на содержание этих радионуклидов нет необходимости, однако, если существуют какие-либо основания предполагать их наличие, следует использовать методики отбора проб конкретных радионуклидов и измерения их содержания¹.

Результаты измерения общей бета-радиоактивности включают излучение калия-40 – бета-излучателя, встречающегося в природе в постоянном соотношении со стабильным калием. Калий – один из жизненно необходимых людям элементов, который усваивается главным образом из потребляемой ими пищи. При превышении скринингового уровня общей бета-радиоактивности в 1 Бк/л следует отдельно рассчитать общее содержание калия, а затем вычесть показатель вклада калия-40 из показателя общей бета-радиоактивности. Уровень бета-радиоактивности для калия-40 составляет 27,9 Бк на 1 грамм стабильного калия; этот показатель следует использовать при расчете доли бета-радиоактивности, приходящейся на калий-40.

9.3.2 Стратегия оценки питьевой воды в случае превышения скрининговых уровней

При превышении какого-либо из скрининговых уровней следует выявить конкретные радионуклиды и определить уровень их радиоактивности по отдельности. Это позволит рассчитать вклад каждого радионуклида в КИД. Если удовлетворяются условия следующей аддитивной формулы, то дальнейших действий не требуется:

¹ Ссылки на методы анализа и методики обработки, применяемые к радионуклидам, содержатся в Приложении 6.

$$\sum_i \frac{C_i}{GL_i} \leq 1$$

где:

- C_i = измеренная объемная удельная радиоактивность радионуклида i , и
 GL = нормативный уровень (см. таблицы 9.2 и А6.1 в Приложении 6) радионуклида i : при потреблении 2 литров в день¹ в течение 1 года эффективная доза облучения составит 0,1 мЗв/год.

При превышении какого-либо из нормативных уровней общая сумма превысит величину, составляющую единицу. Сумма может также превысить единицу даже в том случае, если не будет превышен ни один нормативный уровень. Если сумма по одной пробе превышает единицу, то КИД, составляющий 0,1 мЗв/год, будет превышен лишь в том случае, если воздействие таких же измеренных уровней радиоактивности будет продолжаться в течение всего года. Таким образом, полученный результат сам по себе не свидетельствует о том, что эта вода непригодна для употребления.

9.3.3 Стратегия оценки питьевой воды в случае превышения нормативных уровней

Годовая доза, равная 0,1 мЗв, составляет лишь небольшую процентную долю средней дозы облучения, получаемой человеком. Скрининговые и нормативные уровни представляют собой в высшей степени консервативные значения, позволяющие национальным органам власти без дальнейшего рассмотрения принимать решения о том, что с радиологической точки зрения питьевая вода пригодна для употребления. Опыт различных стран свидетельствует о том, что подавляющее большинство систем водоснабжения соответствует этим критериям.

В редких случаях может возникать ситуация, когда имеет место устойчивое превышение нормативных уровней для одного или нескольких конкретных радионуклидов. В таком случае национальные органы власти должны принять решение о целесообразности проведения восстановительных мероприятий или наложения каких-либо ограничений на дальнейшее использование системы водоснабжения для питьевых нужд.

С радиологической точки зрения одним из ключевых вопросов является степень превышения нормативных уровней. В документе "Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения" вопросы, связанные с питьевой водой, рассматриваются в главе, посвященной ситуациям существующего облучения. Согласно требованию, изложенному в данной публикации, наивысшая годовая индивидуальная доза облучения, получаемая при потреблении питьевой воды, не должна превышать значения, равного приблизительно 1 мЗв². Не следует рассматривать это значение ни как "допустимую" дозу, ни как предел дозы; при этом следует принимать все разумные меры для минимизации получаемых доз. Все возникающие ситуации будут отличаться друг от друга, и для принятия окончательного решения нужно будет учитывать нерадиологические факторы, в том числе такие, как затраты на принятие восстановительных мер и наличие других систем питьевого водоснабжения.

¹ Если известны национальные или региональные уровни потребления, следует привести нормативный уровень в соответствие с этими данными.

² Серия изданий МАГАТЭ по безопасности, № GSR Part 3, МАГАТЭ, Вена (пересмотренное издание, готовится к печати).

Национальные органы власти также должны учитывать, что такие радионуклиды, как уран, являются токсическими химическими веществами, поэтому допустимая концентрация радиоактивных изотопов в питьевой воде должна определяться их токсикологическими, а не радиоактивными свойствами (см. главу 12).

9.3.4 Частота отбора проб

Следует разработать критерии мониторинга радиоактивного загрязнения питьевой воды, принимая во внимание доступные ресурсы и возможность возникновения радиационных рисков. Не следует также урезать значение проведения надлежащей оценки микробиологических и химических рисков и управления ими. Из новых водных источников следует отбирать пробы воды для определения ее пригодности для питьевых нужд, а также необходимо время от времени проводить мониторинг существующих систем водоснабжения. Если система водоснабжения имеет удовлетворительные характеристики, а измеренные концентрации радионуклидов устойчиво ниже скрининговых уровней, то отбор проб следует производить реже. Однако если поблизости располагаются источники потенциального радионуклидного загрязнения, которые, как ожидается, могут претерпевать быстрые изменения, то отбор проб следует проводить с большей частотой. Периодичность отбора проб следует поддерживать или даже увеличивать в том случае, если концентрация радионуклидов приближается к скрининговым уровням, или если сумма соотношений наблюдаемой концентрации отдельных радионуклидов и их нормативных уровней приближается к единице (см. ниже). Необходимо разработать дифференцированный подход к частоте отбора проб, соотносящийся с уровнем загрязнения, источником водоснабжения (то есть поверхностными или грунтовыми водами), численностью обслуживаемого населения, ожидаемой вариативностью концентрации радионуклида, наличием данных о мониторинге, проводившемся в прошлом, и результатами этого мониторинга. Существуют международные стандарты оценки качества воды с радиационной точки зрения, в том числе стандарты процедур отбора проб (например, обеспечения сохранности проб и обращения с ними) и программ отбора проб (Standards Australia and Standards New Zealand, 1998; ISO, 2003, 2006a,b, 2009a).

9.4 Нормативные уровни для радионуклидов, часто обнаруживаемых в питьевой воде

В таблице 9.2 представлены нормативные уровни, разработанные для природных и техногенных радионуклидов, наиболее часто выявляемых в системах питьевого водоснабжения, а также для техногенных радионуклидов, потенциально имеющих непосредственное отношение к ситуациям продолжительного облучения, явившимся следствием имевших место в прошлом ядерных аварийных ситуаций. Также представлены соответствующие дозовые коэффициенты для взрослых (IAEA, 1996; ICRP, 1996).

Нормативный уровень для каждого радионуклида в таблице 9.2 – это показатель концентрации радионуклида в питьевой воде, которая при употреблении в течение года приведет к получению индивидуальной дозы облучения, равной 0,1 мЗв.

При расчете нормативных уровней использовались дозовые коэффициенты для взрослых. Ввиду недостаточности фактических данных отдельные нормативные уровни для различных возрастных групп не устанавливались. Хотя дети грудного и младшего возраста потребляют в среднем меньший объем питьевой воды, возрастные дозовые коэффициенты для детей выше, чем для взрослых, в силу более высокой скорости усвоения или обмена веществ. В случае длительного загрязнения источника

воды может быть рассмотрена возможность расчета доз для детей младшего и грудного возраста.

Нормативные уровни применяются для обычных ("нормальных") рабочих условий эксплуатации существующих или новых систем питьевого водоснабжения. Они не применяются в ситуации аварийного облучения, при которой происходит выброс радионуклидов в окружающую среду. Однако их применение возобновляется после объявления соответствующими органами власти об окончании ситуации аварийного облучения. Дополнительные руководящие указания представлены в разделе 6.7 и в ряде публикаций (IAEA, 2002; IAEA & WHO, 2005, 2010; ICRP, 2009a).

Нормативные уровни для радионуклидов в питьевой воде рассчитывались с помощью следующего уравнения:

$$GL = \frac{IDC}{h_{ing} \times q}$$

где:

- GL = нормативный уровень содержания радионуклида в питьевой воде (Бк/л)
- IDC = критерий индивидуальной дозы, составляющий для данного уравнения 0,1 мЗв/год;
- h_{ing} = дозовый коэффициент для взрослых при поступлении радионуклидов в пищеварительный тракт (мЗв/Бк);
- q = годовой объем потребления питьевой воды, предположительно составляющий 730 литров/год (эквивалентен норме потребления питьевой воды, принятой Всемирной организацией здравоохранения и составляющей 2 литра в день).

Таблица 9.2. Нормативные уровни для часто встречающихся^a природных и искусственных радионуклидов, применимые к отдельным лицам

Категория	Радионуклид	Дозовый коэффициент (Зв/Бк)	Нормативный уровень ^b (Бк/л)
Радиоактивный изотоп природного происхождения, с которого начинается радиоактивный ряд урана ^c	Уран-238	$4,5 \times 10^{-8}$	10
Радиоактивные изотопы природного происхождения, принадлежащие к радиоактивному ряду урана	Уран-234	$4,9 \times 10^{-8}$	1
	Торий-230	$2,1 \times 10^{-7}$	1
	Радий-226	$2,8 \times 10^{-7}$	1
	Свинец-210	$6,9 \times 10^{-7}$	0,1
	Полоний-210	$1,2 \times 10^{-6}$	0,1
Радиоактивный изотоп природного происхождения, с которого начинается радиоактивный ряд тория	Торий-232	$2,3 \times 10^{-7}$	1
Радиоактивные изотопы природного происхождения, принадлежащие к радиоактивному ряду тория	Радий-228	$6,9 \times 10^{-7}$	0,1
	Торий-228	$7,2 \times 10^{-8}$	1
Искусственные радионуклиды, которые могут попасть в окружающую среду в виде продуктов деления в результате выбросов из реактора или испытаний ядерного оружия	Цезий-134 ^d	$1,9 \times 10^{-8}$	10

9. РАДИАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ

Категория	Радионуклид	Дозовый коэффициент (Зв/Бк)	Нормативный уровень ^b (Бк/л)
Искусственный радионуклид, который может попасть в окружающую среду в виде продукта деления (см. выше). Его также используют в процедурах ядерной медицины, поэтому он может поступать в водоемы вместе с очищенными сточными водами.	Цезий-137 ^d	$1,3 \times 10^{-8}$	10
	Стронций-90 ^d	$2,8 \times 10^{-8}$	10
	Йод-131 ^{d,e}	$2,2 \times 10^{-8}$	10
Радиоактивный изотоп водорода искусственного происхождения, получаемый в виде продукта деления в результате выбросов из ядерных реакторов и испытаний ядерного оружия. Тритий природного происхождения может присутствовать в окружающей среде в очень небольших количествах. Наличие трития в источнике воды свидетельствует о возможном промышленном загрязнении.	Тритий ^e	$1,8 \times 10^{-11}$	10 000
Радиоактивный изотоп природного происхождения, широко распространенный в природной среде и присутствующий в органических соединениях и в организме человека	Углерод-14	$5,8 \times 10^{-10}$	100
Искусственный изотоп, образующийся в ядерных реакторах; также присутствует в следовых количествах в <i>природных</i> урановых рудах	Плутоний-239 ^d	$2,5 \times 10^{-7}$	1
Искусственный изотоп, являющийся побочным продуктом и образующийся в ядерных реакторах	Америций-241 ^d	$2,0 \times 10^{-7}$	1

a Данный список не является исчерпывающим. В определенных обстоятельствах необходимо исследовать и другие радионуклиды (см. Приложение 6).

b Показатели нормативных уровней округлены до ближайшего порядка величины.

c Для каждого из радиоизотопов урана приводятся отдельные нормативные уровни по радиоактивности (то есть выраженные в Бк/л). Условная нормативная величина общего содержания урана в питьевой воде составляет 30 мкг/л и основана на химической токсичности урана, преобладающей по сравнению с его радиологической токсичностью (см. главу 12).

d Эти радионуклиды либо не присутствуют в питьевой воде в обычных условиях, либо могут обнаружиться в очень малых дозах, не представляющих опасности для здоровья населения. Поэтому в случае превышения скринингового уровня они относятся к менее приоритетным предметам исследования.

e Хотя йод и тритий не обнаруживаются при проведении стандартных измерений общего уровня радиоактивности и проводить регулярный анализ на наличие этих радионуклидов необязательно, однако если есть основания предполагать их наличие в питьевой воде, то следует применять методики отбора проб на конкретные радионуклиды и измерения их содержания. В силу этих причин данные радионуклиды были включены в настоящую таблицу.

9.5 Методы анализа

9.5.1 Измерение концентрации общей альфа- и общей бета-радиоактивности

Наиболее часто используемым методом анализа питьевой воды на общий уровень альфа- и бета-радиоактивности (за исключением радона) является выпаривание известного объема пробы и измерение уровня радиоактивности в полученном сухом остатке. Поскольку альфа-излучение легко поглощается тонким слоем твердого вещества, надежность и чувствительность данного метода определения альфа-

излучения могут быть снижены при применении к пробам с высоким общим содержанием растворенных твердых веществ (ОСРТВ). При возможности следует применять стандартизированные методы определения концентрации общей альфа- и общей бета-радиоактивности. Процедуры проведения этого анализа приведены в таблице 9.3.

Таблица 9.3. Методы проведения анализа общей альфа- и общей бета-радиоактивности в питьевой воде

Метод (ссылка)	Способ	Предел обнаружения	Область применения
Международная организация по стандартизации: ISO 9696 для общего уровня альфа-радиоактивности (ISO, 2007) ISO 9697 для общего уровня бета-радиоактивности (ISO, 2008) ISO 10704 для общей альфа- и общей бета-радиоактивности (ISO, 2009b)	Выпаривание	0,02–0,1 Бк/л	Грунтовые воды с ОСРТВ менее 0,1 г/л
Американская ассоциация общественного здравоохранения (APHA et al., 2005)	Совместное осаждение	0,02 Бк/л	Поверхностные воды и грунтовые воды (ОСРТВ не учитывается)

При определении общего уровня бета-радиоактивности с использованием метода выпаривания также учитывается вклад калия-40. Поэтому при превышении скрининговой величины общего уровня бета-радиоактивности необходимо провести дополнительный анализ на общее содержание калия.

При использовании метода совместного осаждения (APHA et al., 2005) вклад калия-40 не учитывается, поэтому нет необходимости определять общее содержание калия. Этот метод неприменим для оценки проб воды с содержанием некоторых продуктов деления, таких как цезий-137. Впрочем, в нормальных условиях концентрация продуктов деления в системах питьевого водоснабжения чрезвычайно низка.

9.5.2 Измерение содержания конкретных радионуклидов

При превышении скрининговых уровней общей альфа- или общей бета-радиоактивности необходимо выявить конкретные радионуклиды и измерить индивидуальные уровни их радиоактивности.

Ссылки на методы анализа конкретных радионуклидов приводятся в Приложении 6. Информация об измерении концентрации радона в воде приводится в разделе 9.7.4.

9.6 Восстановительные меры

При превышении КИД, равного 0,1 мЗв/год, регуляторному органу следует рассмотреть имеющиеся возможности снижения дозы. При планировании восстановительных мер следует в первую очередь обосновать правомерность выбранной стратегии (в смысле ее способности принести чистую пользу). Любое решение, способствующее изменению ситуации радиационного облучения, должно принести больше пользы, чем вреда. Это значит, что путем уменьшения существующего излучения это решение принесет достаточную пользу человеку или обществу для компенсации причиненного излучением вреда (ICRP, 2008).

Сразу после принятия решения о правомерности принятия восстановительных мер следует оптимизировать защиту в соответствии с рекомендациями МКРЗ (ICRP, 2008). Принцип оптимизации защиты предусматривает, что с учетом вероятности радиационного воздействия будет обеспечен самый низкий достижимый уровень численности облученных людей и величины их индивидуальных доз, принимая во внимание экономические и социальные факторы.

Если в источнике воды содержится неприемлемо высокая концентрация радионуклидов, варианты мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) включают использование альтернативной системы водоснабжения, контролируемое смешивание с водой из другого источника или проведение дополнительной обработки воды. Очистные установки, на которых используются комбинированные способы обработки воды с применением коагуляции, осаждения и фильтрации через песок, способны удалить до 100% взвешенных радиоактивных частиц, содержащихся в необработанной воде. Установки, на которых применяется метод умягчения известью и кальцинированной содой, также способны удалить практически все взвешенные радиоактивные частицы в зависимости от радионуклида и от уровня возможной радиоактивности частиц.

Было проведено всеобъемлющее исследование методов удаления растворенных радионуклидов с помощью процессов обработки воды (Brown, Hammond and Wilkins, 2008). Представленные в настоящем докладе результаты исследования приведены в таблице 9.4. Ссылки на методы обработки конкретных радионуклидов представлены в Приложении 6.

Таблица 9.4. Эффективность обработки/очистки для удаления некоторых часто встречающихся радионуклидов^a

Элемент	Коагуляция	Фильтрация через песок	Активированный уголь	Умягчение осаждением	Ионный обмен	Обратный осмос
Стронций	xx	xx	x	xxxx	xxx	xxxx
Йод	xx	xx	xxx	x	xxx	xxxx
Цезий	xx	xx	x	xx	xxx	xxxx
Радий	xx	xxx	xx	xxxx	xxxx	xxxx
Уран	xxxx	x	xx	xxxx	xxxx	xxxx
Плутоний	xxxx	xx	xxx	x	xxxx	xxxx
Америций	xxxx	xx	xxx	x	xxxx	xxxx
Тритий	Не поддается удалению (частично может быть удален методом аэрации воды, количественная оценка отсутствует)					

^a x – удаляется 0–10% радионуклида; xx – удаляется 10–40% радионуклида; xxx – удаляется 40–70% радионуклида; xxxx – удаляется > 70% радионуклида.

9.7 Радон

9.7.1 Радон в атмосфере и воде

Уран, радий и радон растворимы в воде. Радон, содержащийся в поверхностных водах, например в озерах и реках, быстро попадает в атмосферный воздух при перемешивании содержащей его воды во время ее прохождения сквозь горные породы и почвы. Концентрация радона в подземных водах из колодцев и скважин, как правило, выше, чем в поверхностных водах. В некоторых чрезвычайных обстоятельствах в питьевой воде из этих источников может быть обнаружена очень высокая концентрация радона (см. вставку 9.5).

Вставка 9.5. Радон в питьевой воде

- В некоторых пластах подземных вод может содержаться радон в повышенной концентрации. В поверхностных водах высокая концентрация радона встречается редко.
- Растворенный в питьевой воде радон может попадать в воздух помещения. Как правило, при поступлении радона и его дочерних продуктов в организм ингаляционным путем полученная доза радона оказывается выше, чем при их поступлении в пищеварительный тракт.
- Высвобожденный из питьевой воды радон – не единственный источник радона в воздухе помещения. В местах, где наблюдается высокая концентрация радона в воздухе помещения, основными источниками радона, как правило, являются подстилающие грунты и строительные материалы, а не питьевая вода.
- Существуют простые и эффективные методы снижения концентрации радона в запасах питьевой воды.
- Решая вопрос о возможном принятии мер по снижению концентрации радона в запасах питьевой воды, следует учитывать вклад других источников радона в общую дозу облучения. Любая мера должна быть обоснована и оптимизирована с учетом местных условий.

Радон растворяется в воде, но его растворимость резко уменьшается по мере повышения температуры. Если открыть водопроводный кран или включить душ, некоторая часть растворенного радона попадет в воздух помещения, присоединяясь к радону из других источников и увеличивая дозу облучения, поступающую в организм ингаляционным путем.

Оценка международных научных данных (UNSCEAR, 2000) позволила сделать вывод о том, что в среднем 90% дозы облучения, относимой на счет радона в питьевой воде, попадает в организм ингаляционным путем, а не через пищеварительный тракт. В связи с этим наиболее эффективным методом контролирования доз радона, поступающих в организм вместе с питьевой водой, является контролирование поступления радона в организм ингаляционным путем, а не через пищеварительный тракт.

Высвобождаемая в воздух помещения процентная доля радона, содержащегося в питьевой воде, будет зависеть от местных условий, таких как общий объем потребляемой воды в доме, размеры дома и интенсивность вентиляции, и, скорее всего, будет высоковариабельной. Согласно оценкам, концентрация радона, равная 1000 Бк/л, в питьевой воде, поступающей из водопроводного крана или из душа, в среднем увеличит концентрацию радона в воздухе помещения на 100 Бк/м³ (NAS, 1999; European Commission, 2001; Health Canada, 2009). Этот показатель не является постоянным, поскольку он связан только с поступлением воды из водопроводного крана или душа. Радон также поступает в воздух из других источников, в частности из подстилающих грунтов.

9.7.2 Риски для здоровья из-за воздействия радона

Эпидемиологические исследования четко подтвердили, что длительное воздействие высокой концентрации радона в воздухе помещений повышает риск возникновения рака легких (WHO, 2009). При поступлении содержащегося в питьевой воде радона в пищеварительный тракт дозу облучения получает слизистая оболочка желудка. В результате проведенных научных исследований не было выявлено безусловной связи между потреблением питьевой воды с содержанием радона и повышением риска возникновения рака желудка (Ye et al., 1998; Auvinen et al., 2005; WHO, 2009).

9.7.3 Рекомендации в отношении радона, содержащегося в запасах питьевой воды

Поскольку доза облучения, получаемая из содержащегося в питьевой воде радона, обычно поступает в организм ингаляционным путем, а не через пищеварительный

тракт, целесообразнее измерять концентрацию радона в атмосфере, а не в питьевой воде.

Принятый Всемирной организацией здравоохранения референтный уровень содержания радона в воздухе помещений составляет 100 Бк/м³ в жилых домах. Если, с учетом специфики существующих в стране условий, достичь этого уровня не представляется возможным, то он не должен превышать 300 Бк/м³, что соответствует годовой дозе облучения, составляющей примерно 10 мЗв (WHO, 2009). Эта рекомендация отвечает Международным основным нормам безопасности¹ и последним рекомендациям МКРЗ (ICRP, 2009b).

Скрининговые уровни содержания радона в воде следует рассчитывать на основе национального референтного уровня содержания радона в атмосфере и в зависимости от распределения радона в жилищном фонде страны. Высокая концентрация радона, обнаруженная в воздухе помещений, почти всегда является следствием поступления радона из почвы, а не его высвобождения из запасов питьевой воды. Тем не менее в том случае, если есть основания полагать, что в питьевой воде может обнаружиться высокая концентрация радона, целесообразно было бы измерить содержание радона в воде и, в случае обнаружения высокой концентрации радона, рассмотреть вопрос об оправданности применения мер по снижению его концентрации.

Показатели концентрации радона в запасах подземных вод могут существенно различаться. В связи с этим при обнаружении высокой концентрации радона или при возникновении подозрений на наличие высокой концентрации радона может понадобиться увеличение частоты замеров уровня общей альфа- и общей бета-радиоактивности для обеспечения регулярного проведения оценки и мониторинга присутствия дочерних продуктов радона (в частности, полония-210), которые могут вносить существенный вклад в совокупную дозу облучения.

9.7.4 Измерение содержания радона в питьевой воде

Измерение объемной удельной радиоактивности радона в питьевой воде сопряжено с трудностями, поскольку радон легко высвобождается из воды при работе с ней. При взбалтывании и переливании воды из одной емкости в другую происходит высвобождение растворенного радона. В воде, оставленной стоять, радиоактивность радона снизится, а при кипячении радон полностью высвободится из воды в атмосферу. Существуют разнообразные методы измерения содержания радона в воде, в том числе жидкостно-сцинтилляционный счет – весьма чувствительный и широко используемый метод (WHO, 2009).

9.7.5 Снижение концентрации радона в питьевой воде

Достаточно простым способом снижения концентрации радона в питьевой воде является аэрация. С помощью высокоэффективной аэрации из запасов грунтовых вод можно удалить до 99,9% радона. Однако применение этих методов может привести к высвобождению большого количества радона в атмосферу. Метод поглощения с использованием гранулированного активированного угля (с ионным обменом или без него) также позволяет добиться существенных результатов в удалении радона, однако этот метод менее эффективен, и для его применения требуется большое количество гранулированного активированного угля.

¹ Радиационная защита и безопасность источников излучения: международные основные нормы безопасности. Серия изданий МАГАТЭ по безопасности, № GSR Part 3, МАГАТЭ, Вена (пересмотренное издание, готовится к печати).

9.8 Оповещение о рисках

9.8.1 Отчеты о результатах

Отчеты о результатах анализа каждой пробы должны содержать следующую информацию:

- идентификационный код пробы;
- дата и время отбора пробы;
- указание примененных стандартных методов анализа или краткое описание примененных нестандартных методов;
- выявленные радионуклиды или тип и общий уровень выявленной радиоактивности;
- измеренная концентрация или рассчитанная величина радиоактивности с представлением данных по каждому радионуклиду на соответствующем бланке;
- оценка неопределенности в вычислениях;
- минимальная обнаруживаемая концентрация по каждому радионуклиду или проанализированному параметру;
- оценка общей предположительной неопределенности полученных результатов, в том числе в отношении всех параметров метода анализа (например, неопределенности в вычислениях и другие случайные и системные неопределенности и ошибки).

9.8.2 Оповещение о факторах риска

Четкое и эффективное оповещение о рисках, связанных с радиацией, предусматривает определение целевой аудитории (например, широкая публика, политики, директивные органы) и соответствующую адаптацию передаваемых сообщений (WHO, 2002). Люди понимают риск по-разному, но в целом оповещение о рисках должно включать описание возможного вреда и его тяжести.

При оповещении широкой публики о рисках следует пользоваться простым и понятным языком. Неспециалисты едва ли смогут понять техническую лексику из области радиационной защиты (Pisano, 2008). В некоторых случаях для объяснения радиационного риска целесообразно использовать сравнения (например, уподобление возможных рисков для здоровья, возникающих при употреблении питьевой воды, рискам, возникающим при воздействии природной радиации в разных регионах мира). Необходимо четко объяснить, что нормативные уровни не следует считать обязательными пределами и что превышение такого уровня можно воспринимать как сигнал к проведению дальнейшего расследования, но оно не обязательно указывает на то, что питьевая вода небезопасна.

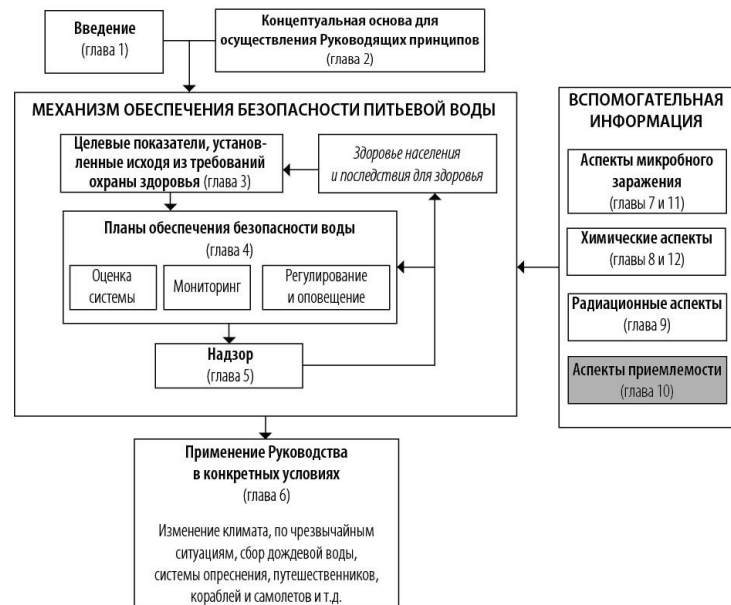
Лица, отвечающие за оповещение о рисках, должны владеть навыками межличностной коммуникации, эмпатией, уметь внимательно слушать и уважать проблемы других людей. Они должны хорошо разбираться в рассматриваемой теме и быть в состоянии ответить на основные вопросы о текущих, а также о возможных будущих рисках. Руководство по оповещению о радиационном риске можно найти в других публикациях (USEPA, 2007; WHO, 2009).

Аспекты приемлемости: вкус, запах и внешний вид

Снабжение питьевой водой, которая не только безопасна, но и приемлема с точки зрения внешнего вида, вкуса и запаха, является задачей первоочередной важности. Снабжение эстетически неприемлемой водой подрывает доверие потребителей, вызовет жалобы и, что гораздо важнее, может привести к употреблению воды из менее безопасных источников.

В большинстве случаев потребители не в состоянии самостоятельно судить о безопасности потребляемой ими питьевой воды, однако на их отношение к запасам и поставщикам питьевой воды могут существенно повлиять те аспекты качества воды, которые они могут воспринимать с помощью своих чувств. Вполне естественно, что потребители будут с подозрением относиться к воде, которая выглядит грязной или изменившей цвет либо обладает неприятным вкусом или запахом, даже если эти характеристики сами по себе могут не содержать прямой угрозы для здоровья.

Некоторые опасные для здоровья вещества оказывают такое влияние на вкус, запах или внешний вид питьевой воды, которое, как правило, приводит к отказу от употребления воды, даже если концентрация этих веществ значительно ниже концентрации, представляющей опасность для здоровья. Неприемлемая для потребителей концентрация компонентов в воде варьируется и зависит от индивидуальных и местных факторов, в том числе от качества воды, к которому привыкло местное население, и от разнообразных социальных, экологических и культурных обстоятельств. Для компонентов, влияющих на качество воды, но не оказывающих непосредственного отрицательного влияния на здоровье, нормативные величины не установлены. Тем не менее нормативные



Внешний вид, вкус и запах питьевой воды должны быть приемлемыми для потребителя. Если вода выглядит эстетически неприемлемой, то это обстоятельство может привести к употреблению воды из источников, которые являются более приемлемыми с эстетической точки зрения, но потенциально менее безопасными.

величины установлены для некоторых веществ, которые могут стать причиной появления вкуса или запаха питьевой воды, даже если содержатся в воде в гораздо более низкой концентрации по сравнению с нормативной величиной, поскольку у потребителей имеется множество возможностей определить их присутствие по вкусу и запаху. В кратких справках, представленных в настоящей главе, и в справочных материалах, содержащихся в главе 12, указаны уровни содержания этих веществ в воде, при которых велика вероятность поступления жалоб от потребителей. Речь не идет о точных количественных показателях, и, в зависимости от индивидуальных и местных условий, вкус или запах воды могут быть замечены потребителями при более низком или более высоком уровне содержания этих веществ.

Важно определить, могут ли существующие или предложенные методы обработки и распределения питьевой воды повлиять на ее приемлемость, и обеспечить контроль за изменениями и эксплуатацией систем таким образом, чтобы свести к минимуму риск возникновения проблем, касающихся как приемлемости, так и здоровья. Например, проведенное ненадлежащим образом хлораминирование может привести к образованию трихлораминов, которые могут стать причиной появления неприятного вкуса и запаха воды. Другие проблемы могут возникать опосредованным путем, например из-за нарушения отложений и биопленки на внутренней поверхности труб, вызванного нарушением или изменением направления потока в системах водораспределения.

Как правило, нецелесообразно напрямую регулировать или отслеживать содержание небезопасных для здоровья веществ, воздействие которых на приемлемость воды обычно приводит к отказу от употребления воды, содержащей эти вещества в концентрации значительно ниже той, что представляет риск для здоровья; в отношении этих веществ скорее должно применяться общее требование о приемлемости воды для большинства потребителей. Для этих веществ, как правило, рассчитываются не официальные нормативные величины, а санитарные нормы, помогающие определить, какие меры необходимо принять при возникновении проблем, а в некоторых случаях обеспечивающие органам здравоохранения и потребителям уверенность в том, что потенциальный риск для здоровья находится под контролем. Соответствующие пояснения и информация о приемлемости приводятся в справочных материалах в главе 12. В таблицах нормативных величин (см. главу 8 и Приложение 3) нормативная величина для химических веществ, для которых были рассчитаны санитарные нормы, обозначена буквой "С", а в сноске объясняется, что, хотя это вещество может оказывать воздействие на здоровье, потребители обычно будут отказываться от употребления воды, в которой уровень содержания рассматриваемого вещества гораздо ниже санитарной нормы. В ответ на жалобы потребителей необходимо организовать мониторинг этих веществ.

Для компонентов, влияющих на качество воды, но не оказывающих непосредственного отрицательного влияния на здоровье, нормативные величины не установлены.

Причинами появления у воды вкуса и запаха могут быть природные неорганические и органические химические загрязнители, биологические источники или процессы (например, водные микроорганизмы), загрязнение синтетическими химическими веществами, коррозия или проблемы, связанные с обработкой воды (например, хлорирование). Вкус и запах могут появиться также в процессе хранения и распределения воды в результате микробной деятельности.

Вкус и запах питьевой воды могут свидетельствовать о том или ином загрязнении или о нарушении в процессе обработки или распределения воды. Таким образом, они могут указывать на наличие в воде потенциально опасных веществ. Причину этого необходимо расследовать и проконсультироваться с соответствующими органами

здравоохранения, особенно в случае внезапных или резких изменений вкуса и запаха воды.

Потребители также могут обратить внимание на цвет, помутнение, наличие взвешенных частиц или видимых организмов в воде. Эти обстоятельства также могут вызвать обеспокоенность в отношении качества и приемлемости питьевого водоснабжения.

10.1 Загрязнители биологического происхождения

Существует целый ряд различных организмов, которые зачастую не представляют угрозы для здоровья населения, но их присутствие в воде нежелательно, так как они придают ей определенный вкус и запах. Их наличие не только негативно влияет на приемлемость воды, но и свидетельствует о недостаточной эффективности обработки воды и/или технического обслуживания и ремонта водораспределительной системы.

Актиномицеты и грибки

Актиномицеты и грибки могут в изобилии присутствовать в источниках поверхностных вод, в том числе в водохранилищах, а также вырастать на неподходящих материалах в водораспределительных системах, например на резине. Они могут вырабатывать геосмин, 2-метилизоборнеол и другие вещества, придающие питьевой воде неприятный вкус и запах.

Цианобактерии и водоросли

Цветение воды в результате бурного размножения цианобактерий и иных водорослей в водохранилищах и реках может препятствовать коагуляции и фильтрации, становясь причиной окрашивания и помутнения воды после фильтрации. Эти водоросли также могут вырабатывать геосмин, 2-метилизоборнеол и другие химические вещества, придающие привкус питьевой воде уже при концентрации в несколько наногرامмов на один литр. Некоторые другие выделяемые цианобактериями вещества – цианотоксины – также оказывают непосредственное воздействие на здоровье (см. раздел 8.5.1), но, по-видимому, выработка цианобактериями химических веществ, влияющих на вкус воды, не связана с выработкой цианотоксинов.

Беспозвоночные¹

В природе беспозвоночные встречаются во многих водных объектах, используемых в качестве источников питьевого водоснабжения, и часто присутствуют в больших количествах в мелких, открытых колодцах. Небольшое количество беспозвоночных может проникать сквозь водоочистные сооружения там, где фильтры для осаждения взвешенных частиц действуют недостаточно эффективно, и поселяться в фильтрах или водораспределительных системах. Благодаря своей подвижности они и их личинки способны проникать в фильтры водоочистных сооружений и в клапаны резервуаров для хранения воды.

Для целей борьбы с беспозвоночными их можно разделить на две группы. К первой группе относятся свободноплавающие организмы, обитающие в воде или на поверхности воды, такие как ракообразные *Gammarus pulex* (бокоплав), *Crangonyx pseudogracilis*, виды *Cyclops* и *Chydorus sphaericus*. Ко второй группе относятся другие

¹ В настоящем разделе широко использованы материалы главы 6 вспомогательного документа *Safe piped water* (Приложение 1).

виды беспозвоночных, либо перемещающиеся по поверхностям, либо прикрепленные к ним (например, водяные ослики [*Asellus aquaticus*], улитки, дрейссены [*Dreissena polymorpha*], другие двустворчатые моллюски и мшанки, вид *Plumatella*), либо живущие в иле (например, виды *Nais*, нематоды и личинки хирономид). В теплую погоду через медленные песчаные фильтры в воду могут иногда попадать личинки комаров (виды *Chironomus* и *Culex*). В некоторых условиях эти виды способны размножаться партеногенетическим способом (то есть, бесполом путем), что может привести к обострению проблем в распределительных резервуарах и в системах распределения.

Многие из этих беспозвоночных способны выживать, питаясь бактериями, водорослями и протозойными организмами, присутствующими в воде или в илистом слое на поверхностях труб и резервуаров. Лишь немногие водораспределительные системы полностью и постоянно свободны от присутствия беспозвоночных. Однако плотность и состав популяций беспозвоночных могут сильно различаться – от массового скопления беспозвоночных, в том числе хорошо видимых видов, неприятных для потребителей, до редких отдельных представителей видов микроскопических размеров.

В регионах с умеренным климатом поставщики водопроводной питьевой воды, как правило, относят наличие беспозвоночных в воде – либо само по себе, либо в связи с изменением цвета воды – к проблемам приемлемости. Присутствие в воде больших популяций беспозвоночных свидетельствует также о высоких уровнях содержания органического материала, что может вызвать другие проблемы, связанные с качеством воды, например рост микроорганизмов. В отличие от этого в странах с тропическим и субтропическим климатом существуют виды водных беспозвоночных, которые выполняют роль промежуточных хозяев паразитов. Например, рачок *Cyclops* является промежуточным хозяином подкожного червя ришты (*Dracunculus medinensis*) (см. разделы 7.1.1 и 11.4). Тем не менее передача подкожного червя ришты через водопроводную систему питьевого водоснабжения фактами не подтверждается. Наличие в питьевой воде беспозвоночных, особенно видимых невооруженным глазом, вызывает у потребителей обеспокоенность в отношении качества питьевой воды и должно быть взято под контроль.

Проблема проникновения беспозвоночных в гидротехнические сооружения и магистральные водопроводы, скорее всего, возникнет при высоких нагрузках процессов фильтрации, однако проблемы могут возникать и при надлежащей эксплуатации очистных сооружений. Регулярная чистка магистральных водопроводов путем промывки и/или поршневания обычно позволяет бороться с распространением беспозвоночных.

Вопросы очистки водопроводных систем распределения от беспозвоночных подробно рассматриваются в [главе 6](#) вспомогательного документа *Safe piped water* ([Приложение 1](#)).

Железобактерии

В водах с содержанием солей двухвалентного железа и двухвалентного марганца окисление, производимое железобактериями (или под воздействием воздуха), может стать причиной отложения рыжеватого осадка на стенках резервуаров, труб и стоков и поступления этого осадка в воду.

10.2 Загрязнители химического происхождения

Алюминий

Основными источниками алюминия в питьевой воде являются алюминий природного происхождения, а также соли алюминия, используемые в качестве коагулянтов при обработке питьевой воды. Присутствие алюминия в концентрации, превышающей 0,1–0,2 мг/л, нередко приводит к жалобам потребителей на появление в воде флоккулированного осадка гидроксида алюминия и на изменение цвета воды под воздействием железа. Поэтому необходимо повысить эффективность процессов обработки/очистки воды, с тем чтобы свести к минимуму количество остаточного алюминия, попадающего в систему распределения. Во многих случаях при надлежащей эксплуатации можно добиться снижения концентрации алюминия до уровня менее 0,1 мг/л. Имеющиеся фактические данные свидетельствуют об отсутствии необходимости расчета санитарной нормы для алюминия в питьевой воде (см. разделы 8.5.4 и 12.1).

Аммиак

Пороговая концентрация запаха аммиака при щелочном показателе pH составляет приблизительно 1,5 мг/л; для катиона аммония была предложена пороговая концентрация вкуса, составляющая 35 мг/л. При этих уровнях аммиак не представляет опасности для здоровья, поэтому санитарная нормативная величина для этого вещества не предлагалась (см. разделы 8.5.3 и 12.1). Однако аммиак вступает в реакцию с хлором, в результате чего снижается содержание свободного хлора и образуются хлорамины.

Хлорамины

Хлорамины, такие как монохлорамин, дихлорамин и трихлорамин (трихлорид азота), образуются в результате реакции хлора с аммиаком. Среди хлораминов единственным полезным веществом является монохлорамин, который используется в качестве дезинфектанта, и системы хлораминирования эксплуатируются таким образом, чтобы свести к минимуму образование дихлорамина и трихлорамина. Высшие хлорамины, особенно трихлорамин, с большой вероятностью могут стать причинами жалоб на вкус и цвет воды, за исключением тех случаев, когда концентрация высших хлораминов в воде очень низка.

Монохлорамин в концентрации от 0,5 мг/л до 1,5 мг/л не придает воде какого-либо запаха или вкуса. Однако сообщалось о наличии слабых органолептических эффектов в пределах этого диапазона, а также о пороговых значениях запаха и вкуса, равных соответственно 0,65 и 0,48 мг/л. Органолептические эффекты для дихлорамина в концентрации от 0,1 до 0,5 мг/л были признаны "слабыми" и "приемлемыми". Также сообщалось о пороговых значениях запаха и вкуса, равных соответственно 0,15 и 0,13 мг/л. В отношении трихлорамина сообщалось о пороговом значении запаха, составляющем 0,02 мг/л, и запах описывался как "запах герани".

Для монохлорамина установлена нормативная величина (см. разделы 8.5.4 и 12.1).

Хлорид

Высокие концентрации хлорида придают воде и напиткам соленый вкус. Пороговые значения вкуса для аниона хлорида зависят от соответствующего катиона и находятся в диапазоне 200–300 мг/л для хлорида натрия, хлорида калия и хлорида кальция.

Концентрация хлорида, превышающая 250 мг/л, со все большей вероятностью будет заметна на вкус, однако некоторые потребители могут привыкнуть к слабому вкусу, вызванному наличием хлорида в воде. Санитарная нормативная величина содержания хлорида в питьевой воде не предлагается (см. [разделы 8.5.1](#) и [12.1](#)).

Хлор

Большинство людей способны почувствовать вкус или запах хлора в питьевой воде при его концентрации гораздо ниже 5 мг/л, а некоторые – даже на уровне 0,3 мг/л. Пороговое значение вкуса хлора намного ниже санитарной нормативной величины, равной 5 мг/л (см. [разделы 8.5.4](#) и [12.1](#)).

Хлорбензолы

Для монохлорбензола, по сообщениям, пороговые значения вкуса и запаха составляют 10–20 мкг/л, а пороговое значение запаха составляет от 40 до 120 мкг/л. Санитарная нормативная величина для монохлорбензола не рассчитывалась (см. [разделы 8.5.2](#) и [12.1](#)), хотя санитарная величина, которая могла бы быть рассчитана, намного превысила бы самое низкое сообщенное пороговое значение вкуса и запаха этого вещества в воде.

Пороговые значения запаха для 1,2-дихлорбензола и 1,4-дихлорбензола составляют, по сообщениям, соответственно 2–10 и 0,3–30 мкг/л. Пороговые значения вкуса для 1,2-дихлорбензола и 1,4-дихлорбензола составляют, по сообщениям, соответственно 1 и 6 мкг/л. Санитарные нормативные величины, рассчитанные для 1,2-дихлорбензола и 1,4-дихлорбензола и составляющие соответственно 1 и 0,3 мг/л (см. [разделы 8.5.2](#) и [12.1](#)), намного превышают самые низкие сообщенные пороговые значения вкуса и запаха для этих соединений.

Пороговые значения запаха для 1,2,3-трихлорбензола, 1,2,4-трихлорбензола и 1,3,5-трихлорбензола, по сообщениям, составляют соответственно 10, 5–30 и 50 мкг/л. По сообщениям, пороговая концентрация вкуса и запаха для 1,2,4-трихлорбензола составляет 30 мкг/л. Санитарная нормативная величина для трихлорбензолов не рассчитывалась, хотя санитарная величина, которая могла бы быть рассчитана (см. [разделы 8.5.2](#) и [12.1](#)), превысила бы самое низкое сообщенное пороговое значение запаха в воде, составляющее 5 мкг/л.

Хлорфенолы

Пороговые значения вкуса и запаха для хлорфенолов в целом очень низки. Пороговые значения вкуса в воде для 2-хлорфенола, 2,4-дихлорфенола и 2,4,6-трихлорфенола составляют соответственно 0,1, 0,3 и 2 мкг/л. Пороговые значения запаха составляют соответственно 10, 40 и 300 мкг/л. Если вода, содержащая 2,4,6-трихлорфенол, не имеет вкуса, то она едва ли представляет серьезную угрозу для здоровья (см. [разделы 8.5.4](#) и [12.1](#)). Микроорганизмы в системах распределения способны иногда метилировать хлорфенолы и производить хлорированные анизолы, для которых пороговое значение запаха существенно ниже.

Цветность

В идеале питьевая вода не должна иметь заметного цвета. Цветность питьевой воды, как правило, возникает в результате присутствия окрашенных органических веществ (чаще всего гуминовых и фульвиновых кислот), связанных с гумусом почвы. Цветность воды в значительной степени зависит от присутствия в воде железа и других металлов, как в виде природных примесей, так и в виде продуктов коррозии. Цветность

воды также может быть связана с загрязнением ее источника промышленными сточными водами и может стать первым признаком наличия опасной ситуации. Необходимо выявить источник цветности питьевой воды, особенно в том случае, если цвет воды существенно изменился.

Большинство людей могут заметить цветность воды, если ее уровень превышает 15 единиц истинной цветности (ЕИЦ) в стакане воды. Уровень цветности ниже 15 ЕИЦ нередко считается приемлемым для потребителей. Яркая окраска воды, вызванная природным органическим углеродом (например, гумусами), также может свидетельствовать о высокой вероятности образования побочных продуктов в процессе дезинфекции такой воды. Санитарной нормативной величины для цветности питьевой воды не предложено.

Медь

Медь в системе питьевого водоснабжения появляется, как правило, в результате коррозионного воздействия воды, выщелачивающей медь из медных труб в зданиях. Доказано, что в некоторых случаях ускорению коррозии меди способствует высокое содержание растворенного в воде кислорода. Концентрация меди может существенно варьироваться в зависимости от продолжительности контакта воды с медными трубами; например, в первой пробе, отобранной без предварительного слива воды, концентрация меди, скорее всего, будет выше, чем в пробе, поступившей из полностью промытой системы водоснабжения. Высокая концентрация меди может препятствовать использованию воды для бытовых нужд. При концентрации меди, превышающей 1 мг/л, может произойти окрашивание санитарного фаянса и белья. Медь в концентрации более 5 мг/л также окрашивает воду и придает ей нежелательный горький привкус. Хотя медь может быть причиной появления у воды привкуса, присутствие этого металла в воде следует считать приемлемым, если оно не превышает санитарной нормативной величины, составляющей 2 мг/л (см. [разделы 8.5.4, 12.1 и А5.3](#) в Приложении 5).

Растворенный кислород

Содержание в воде растворенного кислорода зависит от источника, температуры необработанной воды, метода обработки и химических или биологических процессов, происходящих в системе водораспределения. Снижение содержания растворенного кислорода в системах водоснабжения может стимулировать восстановление микроорганизмами нитратов в нитриты и сульфатов в сульфиды. Кроме того, это также может привести к увеличению концентрации двухвалентного железа в растворе с последующим изменением цвета воды в водопроводном кране при аэрации воды. Рекомендации по санитарной нормативной величине отсутствуют. Тем не менее очень высокий уровень содержания растворенного кислорода может способствовать усилению коррозии металлических труб.

Этилбензол

Этилбензол обладает приятным запахом; пороговые значения его запаха в воде, по сообщениям, колеблются от 2 до 130 мкг/л. Самое низкое сообщенное пороговое значение запаха в 100 раз ниже санитарной нормативной величины, составляющей 0,3 мг/л (см. [разделы 8.5.2 и 12.1](#)). Пороговое значение запаха составляет от 72 до 200 мкг/л.

Жесткость

О жесткости воды, вызванной присутствием кальция и магния, обычно свидетельствуют осаждение мыльной пены и необходимость неоднократного намывливания для обеспечения очистки. Как правило, потребители замечают изменения жесткости воды. В разных сообществах приемлемый уровень жесткости воды может значительно различаться. Пороговое значение вкуса для иона кальция составляет от 100 до 300 мг/л, в зависимости от соответствующего аниона. Пороговое значение вкуса для магния, возможно, ниже, чем для кальция. В некоторых случаях потребители считают приемлемой жесткость воды, превышающую 500 мг/л.

В зависимости от взаимовлияния других факторов, например pH и щелочности, вода с жесткостью более 200 мг/л может стать причиной появления твердых отложений в очистных сооружениях, системе распределения, водопроводной сети и резервуарах в зданиях. Она также может способствовать увеличению расхода мыла и последующему образованию грязной "пены". При нагревании жесткая вода дает осадок в виде отложений карбоната кальция. Мягкая вода, но не обязательно умягченная методом катионного обмена, с жесткостью менее 100 мг/л, может, напротив, обладать меньшей буферной емкостью и поэтому оказывать более сильное коррозионное воздействие на водопроводные трубы.

Санитарной нормативной величины жесткости питьевой воды не предложено (см. вспомогательный документ *Calcium and magnesium in drinking-water*, Приложение 1).

Сульфид водорода

Согласно оценкам, пороговые значения вкуса и запаха для сульфида водорода составляют от 0,05 до 0,1 мг/л. Присущий сульфиду водорода запах "тухлых яиц" особенно заметен в некоторых грунтовых водах и в застоявшейся питьевой воде в системе распределения. Этот запах появляется в результате снижения содержания кислорода и последующего восстановления сульфатов, вызванного жизнедеятельностью бактерий.

В насыщенной кислородом или хлорированной воде происходит быстрое окисление сульфида в сульфат, вследствие чего содержание сульфида водорода в системах водоснабжения с окисленной водой, как правило, крайне низко. Присутствие сульфида водорода в питьевой воде, легко определяемое потребителями, требует принятия немедленных корректирующих мер. Человек вряд ли может употребить опасную дозу сульфида водорода с питьевой водой, поэтому санитарная нормативная величина для этого соединения не рассчитывалась (см. разделы 8.5.1 и 12.1).

Железо

В анаэробных подземных водах может содержаться двухвалентное железо в концентрации до нескольких миллиграммов на литр без помутнения и изменения окраски воды при прямом водосборе из скважины с использованием насосов. Однако под воздействием воздуха двухвалентное железо окисляется в трехвалентное железо, придавая воде неприятный красно-коричневый цвет.

Железо также способствует росту "железобактерий", получающих энергию в процессе окисления двухвалентного железа в трехвалентное железо и оставляющих липкий налет в водопроводной системе. При концентрации более 0,3 мг/л железо оставляет пятна на белье и загрязняет водопроводную арматуру. Как правило, при концентрации железа ниже 0,3 мг/л вода не имеет заметного вкуса, однако может

возникнуть ее помутнение и изменение цвета. Санитарной нормативной величины для железа не предложено (см. разделы 8.5.4 и 12.1).

Марганец

При концентрации свыше 0,1 мг/л марганец, содержащийся в системах водоснабжения, придает нежелательный вкус напиткам и загрязняет санитарный фаянс и белье. Присутствие марганца в питьевой воде, как и присутствие железа, может приводить к отложению осадка в системе распределения. Как правило, для потребителей приемлема концентрация марганца ниже 0,1 мг/л. Даже при концентрации 0,2 мг/л марганец зачастую образует в трубах налет, который может сходиться в виде черного осадка. Санитарная нормативная величина для марганца составляет 0,4 мг/л, что выше пороговой величины приемлемости, составляющей 0,1 мг/л (см. разделы 8.5.1 и 12.1).

Нефтяные масла

Нефтяные масла могут стать причиной присутствия в воде ряда низкомолекулярных углеводородов, обладающих низкими пороговыми значениями запаха в питьевой воде. Бензол, толуол, этилбензол и ксилолы (БТЭК) в настоящем разделе рассматриваются по отдельности, поскольку для всех этих химических веществ были рассчитаны санитарные нормативные величины. Тем не менее многие другие углеводороды, особенно алкилбензолы, такие как триметилбензол, в концентрации несколько микрограммов на литр могут стать причиной появления очень неприятного "дизельного" запаха. Опыт показывает, что пороговое значение вкуса для смеси ароматических низкомолекулярных углеводородов ниже такого порогового значения для отдельных веществ. Особенно много этих веществ в дизельном топливе.

pH и коррозия

Хотя pH обычно не оказывает непосредственного воздействия на потребителей, этот показатель является одним из наиболее важных эксплуатационных параметров качества воды. Для обеспечения удовлетворительной очистки и дезинфекции воды необходимо уделять пристальное внимание контролю pH на всех этапах ее обработки (см. вспомогательный документ *Safe piped water*, Приложение 1). Эффективная дезинфекция воды с использованием хлора обеспечивается при уровне pH ниже 8; однако вода с пониженным pH (приблизительно 7 или ниже) с большей вероятностью будет коррозионной. Необходимо контролировать pH воды на входе в систему распределения, с тем чтобы свести к минимуму коррозию магистральных водопроводов и труб в коммунальных системах водоснабжения. Контроль щелочности и содержания кальция также способствует поддержанию стабильности воды и уменьшению ее агрессивного воздействия на водопроводные трубы и бытовые приборы. Если минимизировать коррозию не удастся, это может привести к загрязнению питьевой воды и негативно сказаться на ее вкусе и внешнем виде. Необходимый оптимальный уровень pH в разных системах водоснабжения будет различаться в зависимости от состава воды и конструкционных материалов, использованных в водораспределительной системе, однако обычно такой уровень pH находится в диапазоне от 6,5 до 8,5 (см. раздел 8.4.3). Экстремальные значения pH могут быть вызваны аварийными разливами, авариями на очистных сооружениях, а также в том случае, если цементная облицовка водопровода недостаточно затвердела или подверглась воздействию воды с низкой щелочностью. Санитарная нормативная величина pH не предлагается (см. раздел 12.1).

Натрий

Пороговая концентрация вкуса для натрия зависит от соответствующего аниона и температуры раствора. При комнатной температуре среднее пороговое значение вкуса для натрия составляет примерно 200 мг/л. Санитарная нормативная величина для натрия не рассчитывалась (см. разделы 8.5.1 и 12.1), поскольку в объеме суточного потребления до натрия, поступающего с питьевой водой, невелика.

Стирол

Стирол обладает сладковатым/тошнотворным запахом, и, по сообщениям, пороговое значение запаха для стирола в воде составляет от 0,004 до 2,6 мг/л, в зависимости от температуры. Поэтому присутствие стирола в воде может быть замечено даже в том случае, если его концентрация оказывается ниже санитарной нормативной величины, составляющей 0,02 мг/л (см. разделы 8.5.2 и 12.1).

Сульфат

Присутствие сульфата может придать питьевой воде заметный привкус, а очень высокая концентрация сульфата в воде способна оказать слабительное действие на непривыкших потребителей. Ухудшение вкуса зависит от характера соответствующего катиона; выявленные пороговые значения вкуса составляют от 250 мг/л для сульфата натрия до 1000 мг/л для сульфата кальция. В целом считается, что ухудшение вкуса оказывается минимальным при концентрации сульфата менее 250 мг/л. Санитарная нормативная величина для сульфата не рассчитывалась (см. разделы 8.5.1 и 12.1).

Синтетические моющие средства

Во многих странах на смену устойчивым видам анионных моющих средств пришли другие средства, способные более быстро разлагаться под действием микроорганизмов, вследствие чего содержание моющих средств в источниках воды значительно уменьшилось. Не следует допускать повышение концентрации моющих средств в питьевой воде до уровня пенообразования или появления проблем со вкусом. Наличие какого-либо моющего средства в воде может свидетельствовать о загрязнении источника воды сточными водами или о проникновении раствора моющего средства в систему распределения, например, в результате возникновения противотока.

Толуол

Толуол обладает сладким, резким запахом, подобным запаху бензола. По сообщениям, пороговое значение вкуса для толуола составляет от 0,04 до 0,12 мг/л. Пороговое значение запаха для толуола в воде составляет, по сообщениям, от 0,024 до 0,17 мг/л. Таким образом, толуол может повлиять на приемлемость воды даже в более низкой концентрации, нежели рассчитанная для него санитарная нормативная величина, составляющая 0,7 мг/л (см. разделы 8.5.2 и 12.1).

Общее содержание растворенных твердых веществ

Вкусовые качества воды, в которой общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) ниже 600 мг/л, обычно считаются хорошими; при ОСРТВ, превышающем 1000 мг/л, питьевая вода становится все более неприятной на вкус. Высокие уровни ОСРТВ в воде также могут быть неприемлемы для потребителей в связи с появлением твердых отложений в водопроводных трубах, нагревательных приборах, бойлерах и

бытовых приборах. Санитарная нормативная величина для ОСРТВ не предлагается (см. разделы 8.5.1 и 12.1).

Мутность

Мутность воды возникает из-за присутствия в воде взвешенных или коллоидных частиц, снижающих ее светопрозрачность. Мутность воды может быть вызвана присутствием неорганических или органических веществ или смеси этих веществ. Как правило, к взвешенным твердым частицам прикрепляются микроорганизмы (бактерии, вирусы и протозойные организмы), поэтому устранение мутности путем фильтрации позволяет существенно снизить уровень микробного загрязнения обрабатываемой воды. Мутность некоторых подземных вод вызвана присутствием инертных частиц глины или мела или осаждением нерастворимого восстановленного железа и других оксидов при закачке воды из анаэробных источников воды, тогда как мутность поверхностных вод может быть вызвана присутствием различных видов твердых частиц, на которых с высокой долей вероятности могут находиться опасные для здоровья микроорганизмы. Мутность воды в системах распределения может возникать в результате разрушения осадочных отложений и биопленок, а также в результате проникновения в систему внешней грязной воды.

Кроме того, мутность может существенно снизить эффективность дезинфекции, обеспечивая защиту микроорганизмов, поэтому особое внимание при обработке воды уделяется удалению твердых частиц до начала проведения дезинфекции. Это не только способствует повышению эффективности дезинфекции с использованием таких химических дезинфектантов, как хлор и озон, но также является одной из ключевых мер обеспечения эффективности процессов физической дезинфекции, таких как ультрафиолетовое облучение, поскольку твердые частицы снижают светопрозрачность воды.

Удаление твердых частиц путем коагуляции и осаждения или путем фильтрации является важным этапом на пути получения безопасной питьевой воды. Для получения микробиологически безопасной воды рекомендуется путем фильтрации (до проведения дезинфекции) снизить уровень мутности воды из поверхностных источников или из подземных источников с повышенным уровнем мутности воды – например, в том случае, если в эти источники попадают поверхностные воды.

Мутность также может негативно сказаться на приемлемости воды для потребителей из-за ее видимого помутнения. Сама по себе мутность воды (вызванная, например, присутствием минеральных веществ в подземных водах или последующим осаждением карбоната кальция в результате известкования) необязательно опасна для здоровья, однако она является важным показателем потенциального присутствия загрязнителей, которые могут представлять угрозу для здоровья, особенно в ненадлежащим образом обработанных или неотфильтрованных поверхностных водах. Появляются данные, свидетельствующие о возрастающем риске возникновения желудочно-кишечных инфекций, связанном с высоким уровнем мутности воды и событиями, вызывающими помутнение воды в системах распределения. Возможно, мутность является показателем потенциальных источников микробного загрязнения. Вследствие этого необходимо расследовать события, приводящие к повышению мутности воды, и устранять причины появления мутности, а также, насколько это возможно, сводить мутность к минимуму в соответствии с ограничениями системы водоснабжения и доступными ресурсами; эта деятельность является одним из аспектов управления водораспределительной системой, направленного на обеспечение безопасности воды. Мутность также является важным фактором при принятии инвестиционных решений в отношении источников и методов обработки систем

водоснабжения. В плане по обеспечению безопасности воды мутность необходимо учитывать как один из опасных факторов, нуждающихся в контроле.

Уровень мутности измеряется в нефелометрических единицах мутности (НЕМ) и становится заметным невооруженному глазу при приблизительно 4,0 НЕМ. Тем не менее в целях обеспечения эффективности дезинфекции следует поддерживать мутность на уровне не более 1 НЕМ, а предпочтительнее – на гораздо более низком уровне. Крупные, хорошо налаженные муниципальные системы водоснабжения должны быть способны постоянно поддерживать мутность воды на уровне менее 0,5 НЕМ до дезинфекции и понижать ее в среднем до уровня 0,2 НЕМ или ниже. Доказано, что системы обработки поверхностных вод (и подземных вод, находящихся под воздействием поверхностных вод), способные понижать уровень мутности воды до менее чем 0,3 НЕМ до дезинфекции, располагают мощными барьерами, преграждающими путь патогенам, абсорбируемым твердыми частицами. Особенно важен тот факт, что это убедительно свидетельствует об удалении таких устойчивых к хлору патогенов, как *Cryptosporidium*.

Малые системы водоснабжения, ресурсы которых ограничены, а обработка воды минимальна или вообще не проводится, скорее всего, не смогут обеспечить такой низкий уровень мутности воды. В таком случае им следует ставить целью достижение уровня мутности воды по крайней мере ниже 5 НЕМ или, если это возможно, ниже 1 НЕМ. Для многих из этих малых, обычно сельских систем водоснабжения дорогостоящий процесс измерения уровня мутности менее 5 НЕМ может стать серьезной проблемой, поэтому важным требованием является предоставление дешевых измерительных систем, способных определять более низкие уровни мутности.

Иногда мутность воды может быть вызвана мелкими пузырьками воздуха, появляющимися в воде с высоким уровнем содержания растворенного воздуха. Мутность такого рода быстро исчезает после всплытия пузырьков на поверхность, однако может вызывать беспокойство потребителей, поэтому эксплуатировать систему распределения необходимо таким образом, чтобы этой проблемы не возникало.

Ксилолы

При концентрации ксилола в пределах 0,3 мг/л у воды появляется заметный вкус и запах. Пороговое значение запаха для изомеров ксилола в воде составляет, по сообщениям, от 0,02 до 1,8 мг/л. Самое низкое пороговое значение запаха для ксилолов намного ниже санитарной нормативной величины, составляющей 0,5 мг/л (см. разделы 8.5.2 и 12.1).

Цинк

Цинк придает воде нежелательный терпкий вкус при пороговой концентрации вкуса, равной примерно 4 мг/л (для сульфата цинка). Вода, содержащая цинк в концентрации выше 3–5 мг/л, может иметь переливчатый цвет и покрываться масляной пленкой при кипячении. Хотя концентрация цинка в питьевой воде редко превышает 0,1 мг/л, уровень содержания цинка в водопроводной воде может быть существенно выше, поскольку цинк ранее использовался при изготовлении водопроводной арматуры с гальваническим покрытием; кроме того, это может свидетельствовать о повышении уровня кадмия, источником которого является эта старая арматура. Санитарная нормативная величина содержания цинка в питьевой воде не предлагается (см. разделы 8.5.4 и 12.1).

10.3 Решение проблем, связанных со вкусом, запахом и внешним видом

Во многих случаях возникновение эстетических проблем можно предотвратить путем оптимизации обычных процессов обработки воды, таких как коагуляция, осаждение и хлорирование. Тем не менее, если считается, что необходимо провести специальную обработку воды, можно применить такие методы, как аэрация, использование гранулированного или порошкообразного активированного угля и озонирование, зарекомендовавшие себя эффективными способами удаления органических и некоторых неорганических химических веществ, например сульфида водорода, являющихся причиной появления вкуса и запаха (см. [Приложение 5](#)).

Наилучшим методом предупреждения появления привкуса и запаха, вызываемых дезинфектантами, является тщательное проведение дезинфекции и предварительная обработка с целью удаления прекурсоров.

Для удаления марганца можно использовать хлорирование с последующей фильтрацией. Сульфид водорода удаляется методами аэрации, использования активированного гранулированного угля, фильтрации и окисления. Для удаления аммиака используется метод биологической нитрификации. Умягчение путем осаждения солей или катионный обмен могут уменьшить жесткость воды. Другие неорганические вещества, способствующие появлению вкуса и запаха (например, хлорид и сульфат), как правило, не поддаются обработке (см. вспомогательный документ *Chemical safety of drinking-water*, [Приложение 1](#)).

10.4 Температура

Холодная вода, как правило, более приятна на вкус, чем теплая, и от температуры будет зависеть приемлемость ряда других неорганических элементов и химических загрязнителей, которые могут воздействовать на вкус воды. Высокая температура воды способствует росту микроорганизмов и может усилить проблемы, связанные со вкусом, запахом, цветностью и коррозией.

Справочные материалы по микроорганизмам

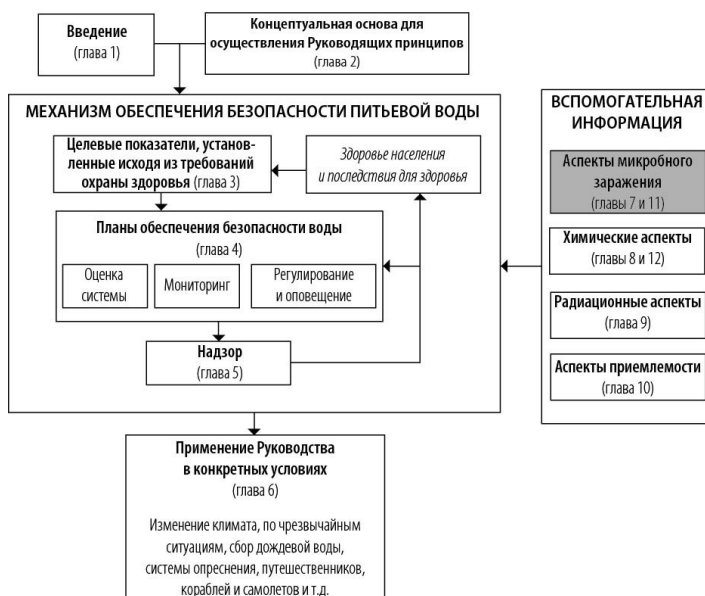
Предоставляемые фактические данные относятся к потенциальным патогенам, передаваемым через воду, равно как и к индикаторным микроорганизмам.

К передаваемым через воду микроорганизмам, которые могут являться источником заболевания, относятся:

- бактерии, вирусы, протозойные и гельминты, перечисленные в [таблице 7.1](#) и на [рисунке 7.1](#), за исключением *Schistosoma*, которая распространяется преимущественно при контакте с загрязненной водой из открытых водоемов во время купания и стирки белья;
- потенциально возникающие патогены, в том числе *Helicobacter pylori*, *Tsukamurella*, *Isospora belli* и микроспоридии, передача которых через воду возможна, но не подтверждена;
- род *Bacillus* включает патогенный вид *Bacillus cereus* пищевого происхождения, возможность передачи которого через воду в настоящее время не подтверждена;
- опасные цианобактерии.

Последствия для здоровья человека, обусловленные водопатогенными микроорганизмами, различаются по степени тяжести: от легкого гастроэнтерита до тяжелых и иногда смертельных случаев диареи, дизентерии, гепатита и брюшного тифа. Загрязненная вода может быть причиной крупных вспышек заболеваний, в том числе холеры, дизентерии и криптоспоридиоза, однако для большинства передаваемых через воду патогенов существуют и другие существенные источники инфекции, такие как контакт между людьми и продукты питания.

Большинство водопатогенных организмов попадают в систему питьевого водоснабжения с фекалиями человека или животных, не размножаются в воде и инициируют развитие инфекции после попадания в желудочно-кишечный тракт. Однако *Legionella*, атипичные микобактерии, *Burkholderia pseudomallei*, различные виды *Acanthamoeba* и *Naegleria fowleri* – это природные организмы, которые могут



размножаться в воде и почве. Помимо перорального, возможны и иные пути попадания патогенов в организм, в том числе аэрогенный, приводящий к инфицированию дыхательных путей (например, *Legionella*, атипичные микобактерии), и контактный, приводящий к инфицированию таких различных органов, как кожные покровы и головной мозг (например, *Naegleria fowleri*, *Burkholderia pseudomallei*).

Уникальное положение занимает среди водопатогенных организмов гельминт *Dracunculus medinensis* – это единственный патоген, передающийся исключительно через питьевую воду.

Справочные материалы о потенциальных патогенах включают информацию о влиянии на здоровье человека, источниках и распространенности, путях передачи и значимости питьевой воды как источника заражения. Справочные материалы о микроорганизмах, которые могут использоваться в качестве индикаторов эффективности мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению) или возможного наличия патогенных микроорганизмов, включают информацию об индикаторном показателе, источнике и распространенности, применении и значимости обнаружения.

11.1 Бактериальные патогены

Большинство бактериальных патогенов, потенциально передаваемых через воду, поражают желудочно-кишечный тракт и выводятся с фекалиями инфицированных людей и животных. Тем не менее существует ряд передаваемых через воду патогенных бактерий, таких как *Legionella*, *Burkholderia pseudomallei* и атипичные микобактерии, которые могут развиваться в воде и почве. Пути передачи данных бактерий включают вдыхание и контакт (купание) с последующим развитием инфекций в дыхательных путях, в повреждениях кожных покровов и в головном мозге.

Acinetobacter

Общее описание

Бактерии рода *Acinetobacter* – это грамотрицательные, не обладающие оксидазной активностью неподвижные коккобактерии (короткие округлые палочки). В связи с трудностями в обозначении отдельных видов и биоваров, термин "комплекс *Acinetobacter calcoaceticus baumannii*" используется в некоторых системах классификации для обозначения всех подгрупп этого вида, таких как *A. baumannii*, *A. iwoffii* и *A. junii*.

Влияние на здоровье человека

Как правило, бактерии рода *Acinetobacter* являются организмами-комменсалами, однако периодически могут вызывать инфекционные процессы, преимущественно у восприимчивых пациентов в больницах. Они являются условно-патогенными микроорганизмами, которые могут вызывать инфекции мочевых путей, пневмонию, бактериемию, вторичные менингиты и раневые инфекции. Предрасполагающими к возникновению этих заболеваний могут являться такие факторы, как злокачественные новообразования, ожоги, обширные хирургические вмешательства и ослабленная иммунная система, например у новорожденных детей и лиц пожилого возраста. Возникновение и быстрое распространение штаммов *A. calcoaceticus baumannii* с множественной лекарственной устойчивостью, которые являются причиной возникновения внутрибольничных инфекций, вызывает озабоченность в медицинских учреждениях.

Источник и распространенность

Бактерии *Acinetobacter* повсеместно распространены в почве, воде и сточных водах. *Acinetobacter* была выделена в 97% проб природной поверхностной воды в количестве более 100 на 1 мл. Было установлено, что эти организмы составляют 1,0–5,5% от общего количества гетеротрофных организмов, определяемых чашечным методом (НРС) в пробах питьевой воды, и выделяются в 5–92% проб воды из систем водораспределения. В рамках обследования неочищенных запасов подземных вод в Соединенных Штатах Америки (США) бактерии *Acinetobacter* были обнаружены в 38% запасов подземных вод со среднеарифметической плотностью 8/100 мл. Исследование также показало, что в образовании слизи, факторе вирулентности *A. calcoaceticus*, не было выявлено значительных различий между изолятами из колодезной воды и клиническими штаммами, что позволяет предположить определенную степень патогенного потенциала штаммов, выделенных из подземных вод. Бактерии *Acinetobacter* входят в состав естественной микрофлоры кожи и иногда дыхательных путей здоровых лиц.

Пути экспозиции

Наиболее вероятными источниками большинства вспышек внутрибольничных инфекций являются окружающая среда в помещениях больниц и передача инфекции от человека человеку. Наиболее часто инфицирование возникает вследствие контакта с ранами или ожогами или вдыхания патогенов восприимчивыми к инфекции лицами. Установлено, что у пациентов с бактериемией, вызванной *Acinetobacter*, источниками заражения также являлись внутривенные катетеры. Вспышки инфекции также были связаны с ваннами и увлажнителями воздуха. Пероральный путь не относится к распространенным способам проникновения инфекции.

Значимость присутствия в питьевой воде

Хотя бактерии *Acinetobacter* часто обнаруживаются в пробах очищенной питьевой воды, связь между наличием бактерий *Acinetobacter* в питьевой воде и клиническими проявлениями болезни не подтверждена. Данные о возникновении желудочно-кишечных инфекций среди населения в целом в результате поступления бактерий *Acinetobacter* в организм с питьевой водой отсутствуют. Тем не менее возможна передача инфекций, не относящихся к желудочно-кишечному типу, через питьевую воду восприимчивым лицам, особенно в таких местах, как медицинские учреждения и больницы. Как уже указывалось в [главе 6](#), следует разрабатывать специальные планы обеспечения безопасности воды для зданий, в том числе больниц и других медицинских учреждений. В этих планах необходимо учитывать особую восприимчивость находящихся там лиц. Бактерии *Acinetobacter* чувствительны к дезинфицирующим средствам, таким как хлор, и в присутствии остаточного дезинфицирующего средства их количество будет небольшим. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), способные ограничить рост числа этих бактерий в системах водораспределения, включают обработку в целях оптимизации удаления органического углерода, ограничение времени пребывания воды в системах распределения и поддержание остаточной концентрации дезинфектанта. Бактерии *Acinetobacter* обнаруживаются при помощи метода НРС, который можно использовать совместно с такими параметрами, как остаточная концентрация дезинфектанта, что позволит выявить условия, в которых возможно поддержание развития этих организмов. Однако *Escherichia coli* (альтернативный

вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не могут быть использованы в качестве индикатора наличия или отсутствия бактерий *Acinetobacter*.

Избранная библиография

- Bartram J et al., eds (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: The significance of HPCs for water quality and human health*. London, IWA Publishing (WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series).
- Bergogne-Berezin E, Towner KJ (1996) *Acinetobacter* as nosocomial pathogens: Microbiological, clinical and epidemiological features. *Clinical Microbiology Reviews*, 9:148–165.
- Bifulco JM, Shirey JJ, Bissonnette GK (1989) Detection of *Acinetobacter* spp. in rural drinking water supplies. *Applied and Environmental Microbiology*, 55:2214–2219.
- Jellison TK, McKinnon PS, Rybak MJ (2001) Epidemiology, resistance and outcomes of *Acinetobacter baumannii* bacteremia treated with imipenem-cilastatin or ampicillin-sulbactam. *Pharmacotherapy*, 21:142–148.
- Rusin PA et al. (1997) Risk assessment of opportunistic bacterial pathogens in drinking-water. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 152:57–83.

Aeromonas

Общее описание

Аэромонады – это грамотрицательные неспорообразующие бактерии, которые являются факультативными анаэробами и принадлежат к семейству Vibrionaceae. Они во многом сходны с представителями семейства Enterobacteriaceae. Род делится на две группы. Группа неподвижных психрофильных аэромонад состоит только из одного вида, *A. salmonicida*, который является облигатным патогеном рыб и далее здесь не рассматривается. Группа подвижных (с одиночными полярными жгутиками) мезофильных аэромонад считается потенциально способной влиять на здоровье человека и состоит из видов *A. hydrophila*, *A. caviae*, *A. veronii* (подвид *sobria*), *A. jandaei*, *A. veronii* (подвид *veronii*) и *A. schubertii*. В естественных условиях эти бактерии обитают в пресной воде и встречаются в воде, почве и во многих пищевых продуктах, в частности в мясе и молоке.

Влияние на здоровье человека

Аэромонады могут являться причиной возникновения инфекций у человека, в том числе сепсиса, в особенности у пациентов с ослабленным иммунитетом, раневыми инфекциями и инфекциями дыхательных путей. Высказывались утверждения, что аэромонады могут вызывать желудочно-кишечные заболевания, однако эпидемиологические данные на этот счет противоречивы. Несмотря на выраженное токсинообразование у аэромонад в лабораторных условиях, экспериментальное инфицирование диареей подопытных животных или добровольцев из числа людей пока не проводилось.

Источник и распространенность

Аэромонады встречаются в воде, почве и пищевых продуктах, в частности в мясе, рыбе и молоке. Как правило, аэромонады легко обнаружить в большинстве пресноводных водоемов, и во многих случаях они обнаруживались в запасах очищенной питьевой воды, преимущественно в результате возобновления их роста в системах распределения. Факторы, влияющие на присутствие аэромонад в водораспределительных системах, изучены еще не полностью, однако было установлено, что влияние на размер популяции оказывают содержание органических веществ, температура, время нахождения воды в системе распределения и наличие остаточного хлора.

Пути экспозиции

Раневые инфекции возникали вследствие контакта с загрязненной почвой или были обусловлены связанными с водой занятиями, такими как плавание, дайвинг, гребля и рыбная ловля. Эти раневые инфекции могут приводить к развитию сепсиса. У лиц с ослабленным иммунитетом септицемия может быть вызвана аэромонадами, присутствующими в их желудочно-кишечном тракте.

Значимость присутствия в питьевой воде

Несмотря на частое обнаружение аэромонад в питьевой воде, имеющийся массив фактических данных не может служить убедительным подтверждением версии о передаче инфекции через воду. Аэромонады, обычно обнаруживаемые в питьевой воде, не принадлежат к тем же ДНК-гомологичным группам, которые ассоциируются со случаями гастроэнтерита. Наличие аэромонад в питьевой воде, как правило, считается раздражающим фактором. Попадание аэромонад в системы распределения можно минимизировать посредством надлежащей дезинфекции. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), способные ограничить рост числа этих бактерий в водораспределительных системах, включают обработку в целях оптимизации удаления органического углерода, ограничение времени пребывания воды в системах распределения и поддержание остаточной концентрации дезинфектанта. Аэромонады выявляются при помощи метода НРС, который можно использовать совместно с такими параметрами, как остаточная концентрация дезинфектанта, что позволит выявить условия, в которых возможно поддержание развития этих организмов. Однако *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не могут быть использованы в качестве индикатора наличия или отсутствия аэромонад.

Избранная библиография

- Bartram J et al., eds (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: The significance of HPCs for water quality and human health*. London, IWA Publishing (WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series).
- Borchardt MA, Stemper ME, Standridge JH (2003) *Aeromonas* isolates from human diarrheic stool and groundwater compared by pulsed-field gel electrophoresis. *Emerging Infectious Diseases*, 9:224–228.
- WHO (2002) *Aeromonas*. В: *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. *Addendum: Microbiological agents in drinking water*. Geneva, World Health Organization.

Bacillus

Общее описание

К роду *Bacillus* относятся крупные (4–10 мкм) грамположительные строго аэробные или факультативно анаэробные, обладающие капсулой бактерии. Важным свойством является их способность к образованию спор, обладающих исключительной устойчивостью к неблагоприятным условиям окружающей среды. Род *Bacillus* подразделяют на следующие подгруппы: *B. polymyxa*, *B. subtilis* (к которому относятся *B. cereus* и *B. licheniformis*), *B. brevis* и *B. anthracis*.

Влияние на здоровье человека

Хотя большинство видов рода *Bacillus* безвредны, некоторые из них являются патогенными для животных и человека. *Bacillus cereus* вызывает пищевое отравление,

сходное со стафилококковым пищевым отравлением. Некоторые штаммы выделяют термоустойчивый токсин в продуктах питания, что связано с прорастанием спор и приводит к возникновению синдрома рвоты через 1–5 часов после попадания в организм. Другие штаммы выделяют термолабильный энтеротоксин, который вызывает диарею через 10–15 часов после попадания в организм. Известно, что *Bacillus cereus* вызывает у пациентов с ослабленным иммунитетом бактериемию, а также такие симптомы, как рвота и понос. *Bacillus anthracis* является возбудителем сибирской язвы у человека и животных.

Источник и распространенность

Bacillus spp. широко распространены в разнообразных природных средах, таких как почва и вода. Они относятся к бактериям, определяемым методом НРС, которые легко обнаруживаются в большинстве систем питьевого водоснабжения.

Пути экспозиции

Инфицирование *Bacillus* spp. связано с потреблением разнообразных продуктов питания, особенно риса, макаронных изделий и овощей, а также сырых молочных и мясных продуктов. Заболевание может возникать в результате поступления этих микроорганизмов или вырабатываемых ими токсинов в организм при проглатывании. Питьевая вода не относится к источникам инфицирования патогенными видами рода *Bacillus*, в том числе *Bacillus cereus*. Передача через воду *Bacillus*, вызывающих гастроэнтерит, подтверждения не получила.

Значимость присутствия в питьевой воде

Bacillus spp. часто обнаруживаются в системах питьевого водоснабжения даже при проведении необходимых процедур по очистке и дезинфекции данных систем. Во многом это связано с устойчивостью спор к дезинфекции. В связи с отсутствием доказательств клинической значимости передаваемых через воду бактерий рода *Bacillus* нет необходимости в разработке специальных стратегий контроля.

Избранная библиография

Bartram J et al., eds (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: The significance of HPCs for water quality and human health*. London, IWA Publishing (WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series).

Burkholderia pseudomallei

Общее описание

Burkholderia pseudomallei – это грамотрицательные бактерии, часто встречающиеся в почве и загрязненной воде, преимущественно в тропических регионах, таких как Северная Австралия и Юго-Восточная Азия. Этот микроорганизм устойчив к воздействию кислот и выживает в воде на протяжении длительного времени в отсутствие питательных веществ.

Влияние на здоровье человека

Burkholderia pseudomallei вызывает мелиоидоз, являющийся эндемичным для Северной Австралии и других тропических регионов. Наиболее распространенным клиническим проявлением является пневмония с возможным летальным исходом. В некоторых из этих областей мелиоидоз является наиболее частой причиной возникновения внебольничной пневмонии. Случаи заболевания отмечаются в течение всего года, но

пик его приходится на сезон дождей. У многих пациентов диагностируются более легкие формы пневмонии, хорошо поддающиеся лечению соответствующими антибиотиками, но в некоторых случаях может возникать тяжелая септическая пневмония. К другим проявлениям относятся кожные абсцессы или язвы, абсцессы во внутренних органах и нетипичные неврологические заболевания, такие как стволовой энцефалит и острая параплегия. Хотя мелиоидоз может возникать и у здоровых детей и взрослых, в большинстве случаев заболеванию подвержены лица, чьи механизмы защиты от инфекции пострадали в результате первичного заболевания или плохого общего состояния здоровья, связанного с плохим питанием или условиями жизни.

Источник и распространенность

Микроорганизм встречается преимущественно в тропических регионах, обычно в почве или скапливающейся на поверхности загрязненной воде, откуда он может попадать в источники сырой воды, а также в системы питьевого водоснабжения. Количество микроорганизмов в питьевой воде, которое может представлять значительный риск заражения, неизвестно.

Пути экспозиции

Большинство инфекций, как представляется, возникают в результате контакта поврежденной кожи (порезы, ссадины) с загрязненной водой. В Юго-Восточной Азии одним из крупных источников инфекции являются рисовые поля. Инфекция может попадать в организм и другими путями, в частности при вдыхании или проглатывании. Относительная значимость этих путей заражения неизвестна.

Значимость присутствия в питьевой воде

Во время двух вспышек мелиоидоза в Австралии были получены культуры неразличимых изолятов *B. pseudomallei*, выделенных у больных и в системах питьевого водоснабжения. В одной из систем питьевого водоснабжения эти микроорганизмы были обнаружены после замены водопроводных труб и сбоя в процессе хлорирования, тогда как во втором случае хлорирование при подаче воды не производилось. Принимаемые в рамках плана обеспечения безопасности воды меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), которые должны обеспечивать эффективную защиту от этого микроорганизма, включают применение установленных методов очистки и дезинфекции питьевой воды в сочетании с защитой водораспределительной системы от загрязнения, в том числе во время ремонта и технического обслуживания. НРС и остаточное количество дезинфектанта как показатели эффективности очистки воды и проведение надлежащих процедур ремонта водопроводных труб могут быть использованы как свидетельство защищенности от *B. pseudomallei*. Поскольку *B. pseudomallei* встречается в окружающей среде, *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не являются подходящим индикатором наличия или отсутствия данного микроорганизма.

Избранная библиография

- Ainsworth R, ed. (2004) *Safe piped water: Managing microbial water quality in piped distribution systems*. IWA Publishing, London, for the World Health Organization, Geneva.
- Currie BJ (2000) The epidemiology of melioidosis in Australia and Papua New Guinea. *Acta Tropica*, 74:121–127.
- Currie BJ et al. (2001) A cluster of melioidosis cases from an endemic region is clonal and is linked to the water supply using molecular typing of *Burkholderia pseudomallei* isolates. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 65:177–179.

Inglis TJJ et al. (2000) Outbreak strain of *Burkholderia pseudomallei* traced to water treatment plant. *Emerging Infectious Diseases*, 6:56–59.

Campylobacter

Общее описание

Бактерии рода *Campylobacter* – это микроаэрофильные (требующие пониженной концентрации кислорода) и капнофильные (требующие повышенного содержания углекислого газа) грамотрицательные изогнутые спиральные палочки с одним полярно расположенным лишенным оболочки жгутиком. Бактерии *Campylobacter* входят в число наиболее значимых возбудителей острого гастроэнтерита в мире. У пациентов с острыми диарейными заболеваниями наиболее часто выделяемым видом является *Campylobacter jejuni*, тогда как *C. coli*, *C. laridis* и *C. fetus* также выделялись, но лишь в небольшом числе случаев. Два тесно связанных между собой рода, *Helicobacter* и *Archobacter*, включают виды, которые прежде относили к роду *Campylobacter*.

Влияние на здоровье человека

Важной особенностью *C. jejuni* является ее относительно высокая инфицирующая способность по сравнению с другими бактериальными патогенными микроорганизмами. Чтобы вызвать инфекцию, достаточно всего лишь 1000 микроорганизмов. Большая часть клинически выраженных инфекций происходит в младенчестве и раннем детстве. Инкубационный период длится, как правило, 2–4 дня. К клиническим симптомам инфекции, вызываемой *C. jejuni*, относятся боли в области живота, диарея (с примесями крови или фекальных лейкоцитов либо без таковых), рвота, озноб и повышение температуры. Заболевание является самокупирующимся и разрешается в течение 3–7 дней. Рецидивы могут возникать у 5–10% пациентов, не получавших лечения. К другим клиническим проявлениям инфекций, вызываемых *C. jejuni*, относятся реактивные артриты и менингиты. По данным нескольких сообщений, инфекции, вызываемые *C. jejuni*, приводили к развитию синдрома Гийена–Барре, острого демиелинизирующего заболевания периферических нервов.

Источник и распространенность

Бактерии рода *Campylobacter* встречаются в различных средах. Основными носителями являются дикie и домашние животные, особенно домашняя птица, дикie птицы и крупный рогатый скот. Также носителями могут являться домашние питомцы и другие животные. Значимыми источниками кампилобактерных инфекций являются продукты питания, в том числе мясо и непастеризованное молоко. Другим значимым источником является вода. Было установлено, что появление микроорганизмов в поверхностных водах зависит от количества осадков, температуры воды и наличия водоплавающих птиц.

Пути экспозиции

По поступающим данным, большинство инфекций, вызванных *Campylobacter*, носит спорадический характер; при этом наиболее распространенным источником инфекции считаются продукты питания. Передача к человеку происходит, как правило, при употреблении продуктов животного происхождения. Значимым источником инфекции является мясо, в особенности мясо домашней птицы, а также непастеризованное молоко. Источником вспышек заболевания признавались и загрязненные ресурсы питьевой воды. Число случаев заболевания в этих вспышках колебалось от нескольких

до нескольких тысяч, при этом источниками инфекции являлись поверхностные водные ресурсы, вода в которых не подвергалась хлорированию или же хлорирование осуществлялось с нарушением норм, а также фекальное загрязнение водохранилищ дикими птицами.

Значимость присутствия в питьевой воде

Установлено, что загрязненные запасы питьевой воды являются значимым источником вспышек кампилобактериоза. Представляется, что выявление отдельных случаев и вспышек заболевания в результате передачи инфекции через воду возрастает. Передача инфекции через воду подтверждается выделением у пациентов тех же штаммов возбудителя, которые были обнаружены в потреблявшейся ими питьевой воде. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) в рамках плана обеспечения безопасности воды, которые можно применять для управления потенциальным риском ее заражения бактериями рода *Campylobacter*, включают защиту ресурсов сырой воды от продуктов жизнедеятельности человека и животных, соответствующую очистку и защиту воды в процессе распределения. Хранилища очищенной и продезинфицированной воды следует защищать от загрязнения фекалиями птиц. Бактерии *Campylobacter* – это патогенные микроорганизмы, переносимые с фекалиями, и не слишком устойчивы к дезинфекции. Следовательно, *E. coli* (или термостойкие колиформные бактерии) являются подходящим индикатором наличия/отсутствия бактерий рода *Campylobacter* в питьевой воде.

Избранная библиография

- Frost JA (2001) Current epidemiological issues in human campylobacteriosis. *Journal of Applied Microbiology*, 90:85S–95S.
- Koenraad PMFJ, Rombouts FM, Notermans SHW (1997) Epidemiological aspects of thermophilic *Campylobacter* in water-related environments: A review. *Water Environment Research*, 69:52–63.
- Kuroki S et al. (1991) Guillain-Barré syndrome associated with *Campylobacter* infection. *Pediatric Infectious Diseases Journal*, 10:149–151.

Enterobacter sakazakii

Общее описание

Enterobacter sakazakii – это подвижная грамотрицательная неспорообразующая палочковидная бактерия, которая была обнаружена в качестве контаминанта в детских смесях. По биохимическим характеристикам виды *Enterobacter* сходны с *Klebsiella*, однако, в отличие от *Klebsiella*, *Enterobacter* является орнитинположительным микроорганизмом. Было установлено, что *Enterobacter sakazakii* более устойчива к осмотическому стрессу и к высушиванию, чем другие представители семейства Enterobacteriaceae.

Влияние на здоровье человека

Enterobacter sakazakii связывают с отдельными случаями или небольшими вспышками сепсиса, менингита, энцефалита или некротизирующего энтероколита. Большинство случаев инфицирования отмечается у новорожденных с низкой массой тела (то есть менее 2 кг) или недоношенных (то есть менее 37 недель беременности). По сообщениям, смертность может достигать 50%, но в последние годы снизилась до 20% и менее.

Источник и распространенность

Резервуар *E. sakazakii* не установлен. При тестировании проб, взятых в различных средах обитания (поверхностные воды, почва, ил, фекалии птиц), были получены отрицательные результаты. *Enterobacter sakazakii* был выявлен в кишечнике некоторых мух. Этот микроорганизм часто обнаруживается на фабриках по производству сухого молока и других продуктов питания, а также в домохозяйствах. Источником бактерий во время вспышек часто оказывалась произведенная на предприятиях нестерильная сухая детская смесь. В ходе изучения 141 сухой детской смеси оказалось, что 20 из них содержали *E. sakazakii*, хотя смеси соответствовали микробиологическим критериям Кодекса по колиформным бактериям (< 3 колониеобразующих единиц на грамм). Бактерии были обнаружены в образцах из вновь открытых запаянных банок. Хотя иные источники бактерий, отличные от детских смесей, выявлены не были, вероятно, существуют и их природные источники.

Пути экспозиции

Вызванные *E. sakazakii* заболевания у детей раннего возраста были связаны с употреблением произведенной в промышленных условиях нестерильной сухой детской смеси. Заражение связывали с изначальной контаминацией либо самой детской смеси, либо оборудования, использовавшегося для ее приготовления (например, блендеров). Многие вспышки происходили в отсутствие явных нарушений правил гигиены при приготовлении смеси. В источниках питьевой воды, использовавшейся для приготовления смеси, микроорганизм обнаружен не был. Данные о возможности передачи инфекции от человека человеку, а также о передаче в окружающей среде отсутствуют.

Значимость присутствия в питьевой воде

Данные о передаче этих бактерий через питьевую воду отсутствуют, хотя не исключено, что эти микроорганизмы могут присутствовать в воде низкого качества. *Enterobacter sakazakii* чувствительна к дезинфицирующим средствам, и ее появление можно предотвратить путем соответствующей обработки.

Избранная библиография

- Block C et al. (2002) Cluster of neonatal infections in Jerusalem due to unusual biochemical variant of *Enterobacter sakazakii*. *European Journal of Microbiology and Infectious Disease*, 21:613–616.
- Breeuwer P et al. (2003) Desiccation and heat tolerance of *Enterobacter sakazakii*. *Journal of Applied Microbiology*, 95:967–973.
- Hamilton JV, Lehane MJ, Braig HR (2003) Isolation of *Enterobacter sakazakii* from midgut of *Stomoxys calcitrans* [letter to the editor]. *Emerging Infectious Diseases*, 9(10):1355–1356.
- Kandhai CM et al. (2004) Occurrence of *Enterobacter sakazakii* in food production environments and households [research letters]. *Lancet*, 363:39–40.
- WHO/FAO (2004) *Enterobacter sakazakii* and other microorganisms in powdered infant formula, meeting report. Geneva, World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations (Microbiological Risk Assessment Series 6).

Патогенные штаммы *Escherichia coli*

Общее описание

Escherichia coli в большом количестве присутствует в нормальной кишечной микрофлоре человека и животных, где обычно не причиняет никакого вреда. Однако при попадании в другие части организма *E. coli* может стать причиной серьезных заболеваний, таких как инфекции мочевых путей, бактериемии и менингиты. Небольшое количество энтеропатогенных штаммов может вызывать острую диарею.

На основе различных факторов вирулентности был выделен ряд классов энтеропатогенных штаммов *E. coli*, в том числе энтерогеморрагическая *E. coli* (ЕНЕС), энтеротоксигенная *E. coli* (ЕТЕС), энтеропатогенная *E. coli* (ЕРЕС), энтероинвазивная *E. coli* (ЕІЕС), энтероагрегативная *E. coli* (ЕАЕС) и диффузно-адгерентная *E. coli* (ДАЕС). Больше информации имеется о первых четырех из перечисленных классов; патогенность и распространенность штаммов ЕАЕС и ДАЕС изучены хуже.

Влияние на здоровье человека

Серотипы ЕНЕС, такие как *E. coli* O157:H7 и *E. coli* O111, вызывают диарею, степень тяжести которой может колебаться от легкой и не содержащей крови до тяжелой кровавой, которая может быть неотличима от геморрагического колита. В 2–7% случаев инфекция может приводить к развитию такой представляющей угрозу для жизни болезни, как гемолитический уремический синдром, для которого характерны острая почечная недостаточность и гемолитическая анемия. Дети до 5 лет находятся в группе повышенного риска в отношении развития гемолитического уремического синдрома. Инфицирующая способность штаммов ЕНЕС существенно выше, чем у других штаммов. Всего лишь 100 микроорганизмов ЕНЕС могут стать причиной возникновения инфекции. ЕТЕС производит термолabileный или термостабильный энтеротоксин *E. coli* или оба токсина одновременно и является основной причиной диареи в развивающихся странах, особенно у детей раннего возраста. К симптомам инфекции ЕТЕС относятся легкая водянистая диарея, колики в животе, тошнота и головная боль. Для инфекции ЕРЕС характерны тяжелая хроническая диарея без примесей крови, тошнота и повышенная температура у младенцев. Случаи инфицирования ЕРЕС редко наблюдаются в развитых странах, но часто возникают в развивающихся странах у младенцев с недоеданием, снижением веса и отставанием в росте. ЕІЕС является причиной водянистой и иногда кровавой диареи, при этом патогенный механизм проникновения этих штаммов в клетки толстой кишки схож с механизмом проникновения *Shigella*.

Источники и распространенность

Энтеропатогенные *E. coli* являются кишечными микроорганизмами, и основным резервуаром является человек, в особенности для штаммов ЕРЕС, ЕТЕС и ЕІЕС. Домашний скот, например крупный рогатый скот, овцы и в меньшей степени козы, свиньи и куры, являются основным источником штаммов ЕНЕС. Также они встречаются в сырых овощах, таких как ростки фасоли. Патогенные организмы были обнаружены в различных водных средах обитания.

Пути экспозиции

Инфицирование происходит в результате передачи от человека человеку, контакта с животными и продуктами питания, потребления загрязненной воды. Передача от человека человеку особенно распространена в сообществах, где существует тесный контакт между людьми, например в домах престарелых и детских садах.

Значимость присутствия в питьевой воде

Имеются обширные документальные свидетельства передачи патогенной *E. coli* через воду для рекреационного использования и через контаминированную питьевую воду. Широко известна вспышка заболевания, вызванная передачей через воду бактерии *E. coli* O157:H7 (и *Campylobacter jejuni*), которая произошла в мае 2000 года в сельской общине Уокертон в провинции Онтарио, Канада. Во время этой вспышки было

зарегистрировано более 2300 случаев заболевания, 7 из которых закончились летальным исходом. Система питьевого водоснабжения была загрязнена ливневыми стоками, содержащими экскременты крупного рогатого скота. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) в рамках плана обеспечения безопасности воды, которые могут быть использованы для управления потенциальным риском воздействия энтеропатогенной *E. coli*, включают защиту источников сырой воды от продуктов жизнедеятельности человека и животных, соответствующую очистку и защиту воды в процессе распределения. Нет никаких данных о том, что реакция энтеропатогенных штаммов *E. coli* на процедуры очистки и дезинфекции воды отличается от реакции других *E. coli*. Таким образом, обычный анализ на *E. coli* (альтернативный вариант – на термотолерантные колиформные бактерии) служит надлежащим индикатором присутствия энтеропатогенных серотипов в питьевой воде. Это справедливо даже с учетом того, что стандартные анализы, как правило, не позволяют обнаружить штаммы ЕНЕС.

Избранная библиография

- Nataro JP, Kaper JB (1998) Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clinical Microbiology Reviews*, 11:142–201.
 O'Connor DR (2002) *Report of the Walkerton Inquiry: The events of May 2000 and related issues. Part 1: A summary*. Toronto, Ontario, Ontario Ministry of the Attorney General, Queen's Printer for Ontario.

Helicobacter pylori

Общее описание

Helicobacter pylori, первоначально получившая название *Campylobacter pylori*, является грамотрицательной микроаэрофильной спиралевидной подвижной бактерией. Существуют как минимум 14 видов *Helicobacter*, но только *H. pylori* была определена как патогенный для человека микроорганизм.

Влияние на здоровье человека

Helicobacter pylori обитает в желудке. Хотя в большинстве случаев инфекция протекает бессимптомно, данный микроорганизм вызывает возникновение хронического гастрита, который может приводить к осложнениям, таким как язва желудка и двенадцатиперстной кишки и рак желудка. Является ли микроорганизм на самом деле причиной этих заболеваний, остается неясным. Большая часть инфекций, вызываемых *H. pylori*, возникает в детстве, и без должного лечения заболевание переходит в хроническую форму. Инфекции наиболее распространены в развивающихся странах и связаны со стесненными условиями проживания. Межсемейная сконцентрированность – обычное явление.

Источник и распространенность

Основным хозяином *H. pylori*, по-видимому, является человек. Хозяевами могут быть также домашние кошки. Существуют доказательства чувствительности *H. pylori* к солям желчных кислот, которые уменьшают вероятность выведения ее с фекалиями, однако они были выделены из фекалий детей раннего возраста. *Helicobacter pylori* обнаруживается в воде. Несмотря на небольшую вероятность развития *H. pylori* в окружающей среде, было установлено, что бактерия выживает в течение 3 недель в биопленках и до 20–30 дней в поверхностных водах. В ходе проведенного в США исследования *H. pylori* была обнаружена в большинстве образцов поверхностных вод и мелкозалегающих подземных вод. Корреляция между присутствием *H. pylori* и *E. coli*

отсутствует. Попадание возбудителя во внешнюю среду возможно вследствие диареи или рвоты как у детей, так и у взрослых.

Пути экспозиции

Наиболее вероятным путем заражения является внутрисемейная передача инфекции от человека человеку орально-оральным путем. *Helicobacter pylori* хорошо выживает в слизи или рвотных массах. Однако ее обнаружение в образцах, полученных изо рта или фекалий, затруднено. Фекально-оральный путь передачи также считается возможным.

Значимость присутствия в питьевой воде

Высказывалось предположение о том, что возможным источником инфекции является потребление контаминированной питьевой воды, однако для выявления какой-либо связи с передачей инфекции через воду требуются дальнейшие исследования. Человек является основным источником *H. pylori*, и этот микроорганизм чувствителен к воздействию окисляющих дезинфицирующих веществ. Таким образом, меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), которые можно использовать для защиты систем питьевого водоснабжения от *H. pylori*, включают предотвращение загрязнения отходами жизнедеятельности человека и проведение соответствующей дезинфекции. *Escherichia coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не является надежным индикатором наличия/отсутствия этого организма.

Избранная библиография

- Dunn BE, Cohen H, Blaser MJ (1997) *Helicobacter pylori*. *Clinical Microbiology Reviews*, 10:720–741.
 Hegarty JP, Dowd MT, Baker KH (1999) Occurrence of *Helicobacter pylori* in surface water in the United States. *Journal of Applied Microbiology*, 87:697–701.
 Hulten K et al. (1996) *Helicobacter pylori* in drinking-water in Peru. *Gastroenterology*, 110:1031–1035.
 Mazari-Hiriart M, López-Vidal Y, Calva JJ (2001) *Helicobacter pylori* in water systems for human use in Mexico City. *Water Science and Technology*, 43:93–98.

Klebsiella

Общее описание

Klebsiella spp. – это грамотрицательные неподвижные бактерии, принадлежащие к семейству Enterobacteriaceae. Род *Klebsiella* состоит из целого ряда видов, в том числе *K. pneumoniae*, *K. oxytoca*, *K. planticola* и *K. terrigena*. Наружный слой *Klebsiella* spp. представляет собой крупную полисахаридную капсулу; это отличает данный микроорганизм от других представителей семейства. Около 60–80% всех бактерий *Klebsiella*, выделенных из фекалий и клинических образцов, относятся к виду *K. pneumoniae* и дают положительный результат при проведении анализа на наличие термотолерантных колиформных бактерий. Патогенным микроорганизмом была признана и *Klebsiella oxytoca*.

Влияние на здоровье человека

Установлено, что бактерии рода *Klebsiella* колонизируют пациентов больниц: распространение этих бактерий связано с частыми процедурами с пациентами (например, в реанимационных отделениях). Наиболее высокому риску подвержены пациенты с ослабленной иммунной системой, например пожилые или очень молодые, пациенты с ожогами или обширными ранами, проходящие иммуносупрессивную терапию, либо пациенты с вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ)/синдромом

приобретенного иммунодефицита (СПИД). Колонизация может приводить к инвазивным инфекциям. В редких случаях бактерии рода *Klebsiella*, в частности *K. pneumoniae* и *K. oxytoca*, могут вызывать тяжелые инфекции, такие как деструктивная пневмония.

Источник и распространенность

Бактерии *Klebsiella* являются естественными обитателями многих водных сред обитания, они могут размножаться, достигая значительной численности, в водах, богатых питательными веществами, такими как отходы целлюлозно-бумажных заводов, текстильных фабрик и тростниково-сахарных заводов. Известно, что в системах распределения питьевой воды их колонии формируются в прокладках в водопроводных кранах. Эти микроорганизмы могут размножаться в системах распределения воды. Бактерии рода *Klebsiella* также выделяются с фекалиями многих здоровых людей и животных и легко обнаруживаются в загрязненных сточных водах.

Пути экспозиции

Klebsiella может являться причиной возникновения внутрибольничных инфекций, а контаминированная вода и аэрозоли могут быть потенциальным источником этих микроорганизмов в стационарах и других медицинских учреждениях.

Значимость присутствия в питьевой воде

Считается, что для населения в целом бактерии рода *Klebsiella*, поступающие в организм с питьевой водой, не являются источником желудочно-кишечных заболеваний. Чаще всего бактерии *Klebsiella* обнаруживаются в питьевой воде в виде биопленочных организмов и едва ли представляют опасность для здоровья. Эти организмы достаточно чувствительны к воздействию дезинфицирующих средств, и их попадание в системы распределения воды можно предотвратить путем соответствующей обработки. Рост численности этих микроорганизмов внутри водораспределительных систем можно свести к минимуму, используя стратегии, направленные на минимизацию роста биопленок, в том числе обработку в целях оптимизации удаления органического углерода, ограничение времени пребывания воды в распределительных системах и поддержание остаточной концентрации дезинфектанта в воде. *Klebsiella* является колиформной бактерией и может быть выявлена с помощью стандартных тестов на общее содержание колиформных бактерий.

Избранная библиография

- Ainsworth R, ed. (2004) *Safe piped water: Managing microbial water quality in piped distribution systems*. IWA Publishing, London, for the World Health Organization, Geneva.
- Bartram J et al., eds (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: The significance of HPCs for water quality and human health*. London, IWA Publishing (WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series).

Legionella

Общее описание

Род *Legionella* входит в семейство Legionellaceae и насчитывает как минимум 50 видов, в состав которых входят 70 различных серотипов. Легионеллы являются граммотрицательными палочковидными неспорообразующими бактериями, для роста и первичного выделения которых необходим L-цистеин. Бактерии рода *Legionella*

гетеротрофны, они присутствуют в самых разнообразных водных средах обитания и могут размножаться при температурах выше 25 °С.

Влияние на здоровье человека

Хотя все представители рода *Legionella* считаются потенциально патогенными для человека, важнейшим водопатогенным организмом, вызывающим легионеллез, является *L. pneumophila*. Известны две клинические формы этого заболевания: "болезнь легионеров" и лихорадка Понтиак. Первая представляет собой легочное заболевание, инкубационный период которого длится 3–6 дней. На вероятность возникновения болезни влияет множество факторов: мужчины болеют чаще, чем женщины, а подавляющее большинство случаев выявлено у людей в возрасте от 40 до 70 лет. К факторам риска относятся курение, злоупотребление алкоголем, рак, сахарный диабет, хронические респираторные или почечные заболевания и иммуносупрессия, например у реципиентов трансплантатов. Лихорадка Понтиак является более легким, самокупирующимся заболеванием, для которого характерны быстрое развитие и острое начало (от 5 часов до 3 дней) и сходные с гриппом симптомы: лихорадка, головная боль, тошнота, рвота, боли в мышцах и кашель. Исследования серораспространенности антител показывают, что во многих случаях инфекция протекает бессимптомно.

Источник и распространенность

Бактерии рода *Legionella* – это представители естественной флоры многих разновидностей пресноводной среды, таких как реки, ручьи и пруды, где эти бактерии встречаются в относительно небольших количествах. Однако активно размножаются в некоторых антропогенных разновидностях водной среды, таких как устройства водяного охлаждения (градирни и испарительные конденсаторы), связанные с системами кондиционирования воздуха, системами горячего водоснабжения и са-салонами, где температура (25–50 °С) и иные условия благоприятны для их размножения. Вспышки "болезни легионеров" были связаны с наличием устройств, способствовавших размножению *Legionella*. *Legionella* выживает и развивается в биопленках и донных отложениях, эти бактерии легче выделить из мазковых проб, чем из проточной воды. Легионеллы могут поглощаться трофозоидами некоторых видов амёб, таких как *Acanthamoeba*, *Hartmannella* и *Naegleria*, которые играют важную роль в обеспечении устойчивого существования этих бактерий в водной среде.

Пути экспозиции

Наиболее распространенным путем инфицирования является вдыхание содержащих бактерии аэрозолей. Источниками этих аэрозолей могут быть загрязненные градирни, душевые с горячей водой, увлажнители и спа-оборудование. Также было установлено, что вдыхание являлось путем передачи инфекции в некоторых случаях, связанных с загрязненными продуктами питания, водой и льдом. Фактические данные о передаче инфекции от человека человеку отсутствуют.

Значимость присутствия в питьевой воде

Бактерии рода *Legionella* – широко распространенные микроорганизмы, передающиеся через воду, в связи с чем к вспышкам инфекции имеют отношение такие устройства, как градирни, системы горячего водоснабжения и спа-оборудование с использованием водопроводной воды. Учитывая широкую распространенность *Legionella*, следует принимать во внимание возможность ее проникновения в системы питьевого

водоснабжения, а также применять меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) для снижения вероятности ее выживания и размножения. Свести к минимуму возможный риск контаминации бактериями рода *Legionella* способны стратегии дезинфекции, направленные на минимизацию роста биопленки, и контроль над температурой. Эти микроорганизмы чувствительны к обработке дезинфицирующими средствами. Доказано, что особенно действенным оказался монохлорамин, возможно, вследствие своей стабильности и большей эффективности воздействия на биопленки. Важным элементом стратегии борьбы с легионеллой является поддержание необходимой температуры воды. Для предотвращения размножения этих микроорганизмов следует, по возможности, не допускать, чтобы температура воды находилась в диапазоне 25–50 °С либо, что предпочтительнее, в диапазоне 20–50 °С. Необходимо, чтобы в системах горячего водоснабжения температура воды, покидающей нагревательное устройство, превышала 60 °С, а во всей трубопроводной сети необходимо поддерживать температуру выше 50 °С. Однако в случае поддержания температуры горячей воды выше 50 °С может возникнуть опасность ожогов у маленьких детей, пожилых людей и представителей других уязвимых групп населения. Если же поддержание температуры воды в системах горячего или холодного водоснабжения вне диапазона 25–50 °С невозможно, требуется уделять больше внимания дезинфекции и стратегиям сдерживания развития биопленок. Размножению бактерий рода *Legionella* способствуют накопление в системах водоснабжения ила, твердого осадка, ржавчины, водорослей или шлама, а также застой воды. В системах, где поддерживается чистота и обеспечивается циркуляция воды, вероятность избыточного роста бактерий рода *Legionella* снижается. Следует также обратить внимание на выбор сантехнических материалов, которые не поддерживают рост микроорганизмов и развитие биопленки.

Особую озабоченность вызывает возможность контаминации бактериями рода *Legionella* таких устройств, как градирни и системы горячего водоснабжения в крупных зданиях. Как указывалось в [главе 6](#), для таких зданий необходима разработка специальных планов обеспечения безопасности воды, включающих меры борьбы с бактериями рода *Legionella*. *Legionella* не обнаруживаются методом НРС, и бактерии *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не являются подходящим индикатором наличия/отсутствия этого микроорганизма.

Избранная библиография

- Bartram J et al., eds (2007) *Legionella and the prevention of legionellosis*. Geneva, World Health Organization.
- Codony F et al. (2002) Factors promoting colonization by legionellae in residential water distribution systems: An environmental case-control survey. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 21:717–721.
- Emmerson AM (2001) Emerging waterborne infections in health-care settings. *Emerging Infectious Diseases*, 7:272–276.
- Rusin PA et al. (1997) Risk assessment of opportunistic bacterial pathogens in drinking-water. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 152:57–83.

Leptospira

Общее описание

Лептоспиры – это аэробные бактерии класса спирохет, как правило, диаметром 0,1 мкм и длиной 5–25 мкм. Существуют два рода: *Leptospira*, к которому относится патогенный вид *L. interrogans*, и *Leptonoma*. *Leptospira interrogans* вызывает серьезное, широко распространенное зоонозное заболевание – лептоспироз. Патогенные лептоспиры обитают в животном-хозяине, однако, в зависимости от условий, могут сохранять жизнеспособность в воде от нескольких дней до нескольких недель. Было

выделено более 200 патогенных серотипов, которые подразделяются на 25 серогрупп на основании серологического родства.

Влияние на здоровье человека

Лептоспироз распространен во всем мире и поражает людей, живущих в тропическом и умеренном климате, в городских и сельских районах. Симптоматика и тяжесть заболевания значительно различаются. Часто инфекция протекает бессимптомно или настолько легко, что медицинская помощь не требуется. Симптомы заболевания включают повышение температуры, головную боль, боль в мышцах, озноб, покраснение глаз, боли в животе, желтуху, кровоизлияния на коже и слизистых оболочках (в том числе легочные кровотечения), рвоту, диарею и сыпь. Легочное кровотечение является опасным и нередко приводящим к летальному исходу проявлением лептоспироза, однако механизм его возникновения после инфицирования остается неясным. К выявленным долгосрочным последствиям относятся депрессия, головные боли, усталость и боли в суставах. Болезнь Вейля, к симптомам которой относятся желтуха, почечная недостаточность, кровоизлияния и миокардит, использовалась в качестве альтернативного названия лептоспироза, однако представляет собой лишь часть его проявлений. Оценки числа летальных исходов варьируются от менее 5 до 30%, однако эти данные не являются надежными вследствие неопределенности в отношении распространенности заболевания. Показатели смертности зависят от своевременности оказания медицинской помощи. Документальные подтверждения числа случаев заболевания недостаточно убедительны вследствие слабой осведомленности и отсутствия соответствующих методов диагностики. По некоторым оценкам, распространенность заболеваний в умеренном климате составляет от 0,1 до 1 случая на 100 000 человек в год, а в тропическом климате – 10–100 случаев на 100 000 человек в год.

Источник и распространенность

Патогены *Leptospira interrogans* обитают в почечных канальцах многих животных-хозяев. Присутствие патогенов может принимать форму хронической бессимптомной инфекции с выделением бактерий на протяжении длительного времени, даже на протяжении всей жизни. Резервуаром серотипов Icterohaemorrhagiae и Copenhageni *Leptospira interrogans* являются крысы, особенно серая крыса (*Rattus norvegicus*). Важнейшим резервуаром серотипа Hardjo является крупный рогатый скот, а серотипа Grippotyphosa – обыкновенная полевка (*Microtus arvalis*) и ондатра (*Ondatra zibethicus*). Согласно последним исследованиям, резервуаром серотипа Mozdok (3-й тип) может являться домовая мышь (*Crocidura russula*) Признанным источником патогенных лептоспир является вода, загрязненная мочой и тканями инфицированных животных. Лептоспиры обладают относительно низкой устойчивостью к неблагоприятным условиям окружающей среды (например, к низкому pH, высушиванию, прямым солнечным лучам); однако в подходящих условиях (нейтральный pH, умеренная температура) они могут существовать в воде месяцами.

Пути экспозиции

Leptospira interrogans может проникать в организм через порезы и ссадины или слизистые оболочки рта, носа и глаз. Она не передается фекально-оральным путем. Лептоспироз связан с широким спектром видов профессиональной деятельности, преимущественно сопряженных с непосредственным контактом с мертвыми или живыми животными, но заражение может также происходить опосредованно,

вследствие контакта с загрязненными мочой объектами окружающей среды, особенно с поверхностной водой, растениями и илом. Иногда причиной инфицирования может являться употребление в пищу контаминированных продуктов питания и воды или вдыхание аэрозолей. Непосредственная передача от человека человеку наблюдается редко. Потенциально возможными путями заражения являются сексуальный контакт, трансплацентарная передача и молоко матери. Передача с мочой инфицированных пациентов может представлять опасность для тех, кто оказывает им медицинскую помощь. Прослеживается возрастающая тенденция появления вспышек заболевания, связанных с контактом с водой в рекреационных объектах, загрязненной мочой инфицированных животных. Также вспышки были связаны со стихийными бедствиями, сопряженными с наводнениями.

Значимость присутствия в питьевой воде

Лептоспироз является передающимся через воду заболеванием и обычно возникает в результате контакта с загрязненной поверхностной водой. Лептоспиры чувствительны к воздействию дезинфицирующих средств; предусмотренные планом обеспечения безопасности воды меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), которые должны обеспечивать действенную защиту от этого микроорганизма, включают применение стандартных процессов дезинфекции питьевой воды совместно с защитой водораспределительных систем от загрязнения, вызванного наводнениями. Поскольку лептоспиры выделяются с мочой и сохраняются в благоприятных условиях, бактерии *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не являются подходящим индикатором наличия/отсутствия этого микроорганизма.

Избранная библиография

- Bharti AR et al. (2003) Leptospirosis: A zoonotic disease of global importance. *Lancet Infectious Diseases*, 3:757–771.
- Pond K (2005) *Water recreation and disease. Plausibility of associated infections: Acute effects, sequelae and mortality*. IWA Publishing, London, for the World Health Organization.
- WHO (2003) *Human leptospirosis: Guidance for diagnosis, surveillance and control*. Geneva, World Health Organization.

Микобактерия

Общее описание

Резервуаром для туберкулезных, или "типичных", видов *Mycobacterium*, таких как *M. tuberculosis*, *M. bovis*, *M. africanum* и *M. leprae*, является только человек или животные; через воду эти бактерии не передаются. В то же время нетуберкулезные или "атипичные" виды *Mycobacterium* являются естественными обитателями разнообразных водных сред обитания. Эти аэробные палочковидные и кислотоустойчивые бактерии медленно растут в подходящих условиях водной среды и на питательных средах. Типичными представителями являются виды *M. gordonae*, *M. kansasii*, *M. marinum*, *M. scrofulaceum*, *M. xenopi*, *M. intracellulare* и *M. avium*, а также более быстрорастущие *M. chelonae* и *M. fortuitum*. Для обозначения группы патогенных видов, в том числе *M. avium* и *M. intracellulare*, используется термин "*M. avium*-комплекс". Однако другие атипичные микобактерии также являются патогенными. Отличительной чертой всех бактерий рода *Mycobacterium* является клеточная стенка с высоким содержанием липидов, что используется для выявления этих микроорганизмов путем кислотоустойчивого окрашивания.

Влияние на здоровье человека

Атипичные виды *Mycobacterium* могут вызывать целый ряд заболеваний, затрагивающих скелет, лимфатические узлы, кожу и мягкие ткани, а также дыхательные пути, желудочно-кишечные и мочеполовые пути. К клиническим проявлениям относятся заболевание легких, язва Бурули, остеомиелит и септический артрит, возникающие у людей без явных предрасполагающих факторов. Эти бактерии являются основной причиной генерализованной инфекции у пациентов с ослабленным иммунитетом и частой причиной смерти ВИЧ-инфицированных лиц.

Источник и распространенность

Атипичные виды *Mycobacterium* размножаются в различных подходящих условиях водной среды, в частности в биопленках. Одним из наиболее часто встречающихся видов является *M. gordonae*. Также из воды выделялись другие виды, в том числе *M. avium*, *M. intracellulare*, *M. kansasii*, *M. fortuitum* и *M. chelonae*. Большое количество бактерий атипичных видов *Mycobacterium* может обнаруживаться в системах водоснабжения после событий, вызывающих удаление биопленок, таких как промывка труб или изменение направления потока. Они относительно устойчивы к очистке и воздействию дезинфицирующих средств и обнаруживались в системах питьевого водоснабжения, обслуживание и поддержание чистоты которых осуществлялось на должном уровне, с НРС менее 500/мл и общим остаточным содержанием хлора не более 2,8 мг/л. Рост этих микроорганизмов в биопленках снижает эффективность дезинфекции. В ходе одного исследования эти организмы были обнаружены в 54% проб льда и 35% проб питьевой воды.

Пути экспозиции

Представляется, что основными путями проникновения инфекции в организм являются вдыхание, контакт и употребление загрязненной воды. Инфекция, вызванная различными видами, была связана с их присутствием в системах питьевого водоснабжения. В 1968 году произошла вспышка заболевания, вызванного *M. kansasii*, которая была связана с присутствием этих микроорганизмов в системе питьевого водоснабжения, а распространение организмов происходило в результате распыления из лейки душа. Расследование, проведенное в Роттердаме, Нидерланды, по факту частого выявления *M. kansasii* в клинических образцах, показало наличие тех же самых штаммов в водопроводной воде, что подтверждено фаготипом и низкой нитратной активностью. Рост числа инфекций, вызванных микобактериями *avium*-комплекса в Массачусетсе, США, также объясняется их распространенностью в питьевой воде. Однако во всех этих случаях существуют только косвенные доказательства причинно-следственной связи между присутствием бактерий в питьевой воде и возникновением заболевания у человека. Инфекции были связаны с загрязненной водой в спа-центрах.

Значимость присутствия в питьевой воде

Обнаружение атипичных микобактерий в питьевой воде и выявленные пути передачи позволяют предположить, что питьевое водоснабжение является весьма вероятным источником инфекции. Имеются ограниченные данные об эффективности мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), которые можно использовать для уменьшения потенциального риска воздействия этих микроорганизмов. В одном из исследований было показано, что водоочистная станция способна обеспечить уменьшение численности микобактерий в сырой воде на 99%. Атипичные микобактерии относительно устойчивы к воздействию дезинфицирующих

средств. Поддержание устойчивой остаточной концентрации дезинфектанта должно снизить численность микобактерий в толще воды, но вряд ли будет эффективно против организмов, находящихся в биопленках. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), направленные на минимизацию роста биопленок, включая обработку в целях оптимизации удаления органического углерода, ограничение пребывания воды в системах распределения и поддержание остаточной концентрации дезинфектанта, должны снижать темпы роста этих микроорганизмов. Микобактерии не обнаруживаются методом НРС, и бактерии *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не являются подходящим индикатором наличия/отсутствия этого микроорганизма.

Избранная библиография

- Bartram J et al., eds (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: The significance of HPCs for water quality and human health*. London, IWA Publishing (WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series).
- Bartram J et al., eds (2004) *Pathogenic mycobacteria in water: A guide to public health consequences, monitoring and management*. Geneva, World Health Organization.
- Covert TC et al. (1999) Occurrence of nontuberculous mycobacteria in environmental samples. *Applied and Environmental Microbiology*, 65:2492–2496.
- Falkinham JO, Norton CD, LeChevallier MW (2001) Factors influencing numbers of *Mycobacterium avium*, *Mycobacterium intracellulare* and other mycobacteria in drinking water distribution systems. *Applied and Environmental Microbiology*, 66:1225–1231.
- Grabow WOK (1996) Waterborne diseases: Update on water quality assessment and control. *Water SA*, 22:193–202.
- Rusin PA et al. (1997) Risk assessment of opportunistic bacterial pathogens in drinking-water. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 152:57–83.
- Singh N, Yu VL (1994) Potable water and *Mycobacterium avium* complex in HIV patients: Is prevention possible? *Lancet*, 343:1110–1111.
- Von Reyn CF et al. (1994) Persistent colonization of potable water as a source of *Mycobacterium avium* infection in AIDS. *Lancet*, 343:1137–1141.

Pseudomonas aeruginosa

Общее описание

Pseudomonas aeruginosa относится к семейству Pseudomonadaceae и является аэробной грамотрицательной палочковидной бактерией с одним полярно расположенным жгутиком. При выращивании на подходящих средах продуцирует синий нефлуоресцирующий пигмент пиоцианин. Многие штаммы также продуцируют зеленый флуоресцирующий пигмент пиовердин. *Pseudomonas aeruginosa*, как и другие флуоресцирующие псевдомонады, образует каталазу, оксидазу и аммиак из аргинина и способна использовать цитрат в качестве единственного источника углерода.

Влияние на здоровье человека

Pseudomonas aeruginosa может являться причиной целого ряда инфекций, но редко вызывает серьезные заболевания у здоровых лиц без каких-либо предрасполагающих факторов. Бактерия колонизирует преимущественно поврежденные органы и ткани, такие как ожоги и послеоперационные раны, дыхательные пути при наличии сопутствующих заболеваний и глаза при наличии физических поражений. Отсюда она может проникать в организм, вызывая деструктивные изменения, сепсис и менингит. Пациенты с муковисцидозом и ослабленным иммунитетом восприимчивы к колонизации *P. aeruginosa*, которая может приводить к серьезным прогрессирующим легочным заболеваниям. Связанные с воздействием воды фолликулиты и ушные инфекции ассоциированы с теплыми и влажными условиями, например в плавательных

бассейнах и спа-центрах. Многие штаммы устойчивы к ряду противомикробных препаратов, что может повышать значимость присутствия этого организма в больничных условиях.

Источник и распространенность

Pseudomonas aeruginosa широко распространена в окружающей среде и может обнаруживаться в фекалиях, почве, воде и сточных водах. Она способна размножаться в водной среде, а также на поверхности подходящих органических веществ, соприкасающихся с водой. *Pseudomonas aeruginosa* является признанной причиной внутрибольничных инфекций с возможными серьезными осложнениями. Она обнаруживается в разнообразных объектах с влажной средой, таких как раковины, ванны, системы горячего водоснабжения, душевые и гидромассажные ванны.

Пути экспозиции

В основном заражение происходит в результате контакта уязвимых тканей, в частности раневых поверхностей и слизистых оболочек, с контаминированной водой или контаминированными хирургическими инструментами. Промывание контактных линз контаминированной водой может привести к возникновению одной из форм кератита. Употребление питьевой воды значимым источником инфекции не является.

Значимость присутствия в питьевой воде

Хотя в определенных условиях, например в медицинских учреждениях, воздействие *P. aeruginosa* может быть существенным, фактические данные, свидетельствующие о том, что обычное использование систем питьевого водоснабжения может являться источником инфекции для населения в целом, отсутствуют. Однако присутствие *P. aeruginosa* в значительных количествах в питьевой воде, особенно в упаковках, может вызывать жалобы на вкус, запах и мутность. *Pseudomonas aeruginosa* чувствительна к воздействию дезинфицирующих средств, и ее попадание в водораспределительные системы можно свести к минимуму посредством надлежащей дезинфекции. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), направленные на минимизацию роста биопленок, включая обработку в целях оптимизации удаления органического углерода, ограничение пребывания воды в системах распределения и поддержание остаточной концентрации дезинфектанта, должны снижать темпы роста этих микроорганизмов. *Pseudomonas aeruginosa* обнаруживается при помощи НРС, который можно использовать совместно с такими параметрами, как остаточная концентрация дезинфектанта, что позволит выявить условия, в которых возможно поддержание развития этих организмов. Однако, поскольку *P. aeruginosa* широко распространена в окружающей среде, *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не могут быть использованы для этих целей.

Избранная библиография

- Bartram J et al., eds (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: The significance of HPCs for water quality and human health*. London, IWA Publishing (WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series).
- De Victorica J, Galván M (2001) *Pseudomonas aeruginosa* as an indicator of health risk in water for human consumption. *Water Science and Technology*, 43:49–52.
- Hardalo C, Edberg SC (1997) *Pseudomonas aeruginosa*: Assessment of risk from drinking-water. *Critical Reviews in Microbiology*, 23:47–75.

Salmonella

Общее описание

Род *Salmonella* относится к семейству Enterobacteriaceae. Это подвижные грамотрицательные бактерии, не ферментирующие лактозу, но многие из них ферментируют углеводы, выделяя при этом сероводород или газообразный водород. Первоначально они были разделены более чем на 2000 видов (серотипов), в зависимости от их соматического (O) или жгутикового (H) антигена (классификация Кауфмана–Уайта). Номенклатура и систематика *Salmonella* обсуждалась очень широко, но в настоящее время считается, что на самом деле существуют два вида (*Salmonella enterica* и *Salmonella bongori*). Все остальные, ранее классифицированные как виды, в том числе *S. Typhi* и *S. Paratyphi*, считаются серотипами.

Влияние на здоровье человека

Как правило, заражение *Salmonella* проявляется в четырех клинических формах: гастроэнтерит (проявления варьируются от легкой до стремительно развивающейся диареи, тошноты и рвоты), бактериемия или септицемия (высокая температура и гемоположительные культуры), брюшной тиф/паратиф (длительная лихорадка с диареей или без нее) и носительство, которое возникает у лиц, ранее перенесших это заболевание. В зависимости от вида вызываемого желудочно-кишечного заболевания, бактерии *Salmonella* можно разделить на две ярко выраженные группы: тифоидные виды/серотипы (*S. Typhi* и *S. Paratyphi*) и все остальные – нетифоидные виды/серотипы. Симптомы нетифоидных гастроэнтеритов проявляются через 6–72 часа после употребления загрязненной воды или продуктов питания. Диарея длится 3–5 дней и сопровождается повышением температуры и болью в животе. Как правило, заболевание является самокупирующимся. Продолжительность инкубационного периода при тифоидной лихорадке составляет от 1 до 14 дней, обычно 3–5 дней. Брюшной тиф является более серьезным заболеванием и может приводить к летальному исходу. Хотя тиф редко встречается в районах с хорошо развитыми системами канализации, он по-прежнему распространен в других регионах, и ежегодно регистрируются миллионы случаев заболевания.

Источник и распространенность

Бактерии рода *Salmonella* широко распространены в окружающей среде, однако некоторые виды или серотипы специфичны по хозяину. В частности, *S. Typhi* и в целом *S. Paratyphi* встречаются только у человека, хотя иногда источником *S. Paratyphi* может являться домашний скот. Множество серотипов, в том числе *S. Typhimurium* и *S. Enteritidis*, инфицируют людей, а также разнообразных животных, в том числе домашнюю птицу, коров, свиней, овец, птиц и даже рептилий. Как правило, патогены попадают в систему водоснабжения с фекалиями домашнего скота, диких животных или в результате сброса сточных вод. Обнаруживалась контаминация разнообразных продуктов питания и молока.

Пути экспозиции

Salmonella распространяется фекально-оральным путем. Инфекции, связанные с нетифоидными серотипами, передаются преимущественно при тесном контакте двух лиц, потреблении различных зараженных продуктов питания и работе с животными. Инфекции, вызываемые тифоидными видами, передаются при потреблении зараженной воды или продуктов питания; прямая передача от человека человеку встречается редко.

Значимость присутствия в питьевой воде

Вспышки брюшного тифа, обусловленные распространением через воду, имеют разрушительные последствия для общественного здравоохранения. Вместе с тем нетифоидные разновидности *Salmonella*, несмотря на их широкую распространенность, сравнительно редко вызывают вспышки, возникающие в результате передачи через питьевую воду. Передача, чаще всего с участием *S. Typhimurium*, была ассоциирована с потреблением воды из контаминированных грунтовых и поверхностных вод. Причиной одной из вспышек заболевания, ассоциированной с использованием дождевой воды в общинной системе водоснабжения, стали фекалии птиц, явившиеся источником заражения. Бактерии рода *Salmonella* относительно чувствительны к воздействию дезинфицирующих средств. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) в рамках плана обеспечения безопасности воды, которые могут использоваться для управления рисками, включают защиту источников сырой воды от загрязнения фекалиями человека и животных, необходимую очистку и защиту воды в процессе распределения. *Escherichia coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) является в целом надежным индикатором обнаружения бактерий *Salmonella* в системе питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Angulo FJ et al. (1997) A community waterborne outbreak of salmonellosis and the effectiveness of a boil water order. *American Journal of Public Health*, 87:580–584.
- Escartin EF et al. (2002) Potential *Salmonella* transmission from ornamental fountains. *Journal of Environmental Health*, 65:9–12.
- Koplan JP et al. (1978) Contaminated roof-collected rainwater as a possible cause of an outbreak of salmonellosis. *Journal of Hygiene*, 81:303–309.
- Tindall BJ et al. (2005) Nomenclature and taxonomy of the genus *Salmonella*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 5:521–524.

Shigella

Общее описание

Shigella spp. являются грамотрицательными неспорообразующими неподвижными палочковидными представителями семейства Enterobacteriaceae, растущими как в присутствии кислорода, так и без него. Представители рода имеют сложную антигенную картину, и в основе их классификации лежат соматические O-антигены, многие из которых являются общими с другими энтеробактериями, в том числе *E. coli*. Выделяют четыре вида: *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii* и *S. sonnei*.

Влияние на здоровье человека

Бактерии рода *Shigella* могут вызывать серьезные желудочно-кишечные заболевания, в том числе бактериальную дизентерию. Ежегодно имеет место свыше 2 млн. случаев инфицирования, около 600 000 из которых, преимущественно в развивающихся странах, заканчиваются летальным исходом. Большинство случаев инфицирования бактериями *Shigella* имеет место среди детей в возрасте до 10 лет. Длительность инкубационного периода при шигеллезе составляет, как правило, 24–72 часа. К заражению может привести проникновение в пищеварительный тракт всего 10–100 организмов, что значительно меньше инфицирующей дозы большинства других энтеробактерий. Ранняя стадия заболевания характеризуется спастическими болями в животе, повышением температуры и водянистой диареей. Все виды могут являться причиной серьезных заболеваний, однако болезнь, вызываемая *S. Sonnei*, как правило, является относительно легкой и самоизлечивающейся. Если патогеном является

S. dysenteriae, клинические проявления могут прогрессировать и привести к образованию язвы, с кровавой диареей и высокой концентрацией нейтрофилов в стуле. Важную роль в таком развитии болезни играет выделение патогеном токсина Шига. Представляется, что как возбудители заболевания у человека бактерии *Shigella* гораздо "эффективнее" большинства других кишечных бактериальных патогенов.

Источник и распространенность

Судя по всему, человек и другие высшие приматы являются единственными естественными хозяевами для шигелл. Бактерии остаются локализованными в клетках эпителия кишечника хозяев. Эпидемии шигеллеза происходят в перенаселенных общинах и там, где неудовлетворительны санитарно-гигиенические условия. Многие случаи шигеллеза выявляются в детских садах, тюрьмах и психиатрических клиниках. К группам риска с точки зрения заражения относятся также воинские подразделения в полевых условиях и путешественники, посещающие регионы с низким уровнем санитарии.

Пути экспозиции

Бактерии *Shigella* являются кишечными патогенами, которые передаются преимущественно фекально-оральным путем при личном контакте между людьми, через контаминированные продукты питания и воду. Было также установлено, что мухи являются переносчиком инфекции, источник которой представляют собой контаминированные фекальные отходы.

Значимость присутствия в питьевой воде

Был зарегистрирован ряд вспышек шигеллеза, возникших в результате передачи инфекции через воду. Поскольку эти микроорганизмы не слишком устойчивы к воздействию водной среды, их присутствие в питьевой воде указывает на недавнее ее загрязнение фекалиями человека. Имеющиеся данные о распространенности в системах водоснабжения могут быть занижены, поскольку уровень чувствительности и надежности обычно применяемых методов обнаружения может быть достаточно низким. Контроль над наличием бактерий *Shigella* в системах питьевого водоснабжения особенно важен для общественного здравоохранения, учитывая тяжесть вызываемого этими бактериями заболевания. Бактерии *Shigella* относительно чувствительны к воздействию дезинфицирующих средств. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) в рамках плана обеспечения безопасности воды, которые могут использоваться для управления потенциальными рисками, включают защиту источников сырой воды от загрязнения отходами жизнедеятельности человека, надлежащую обработку и защиту воды в процессе распределения. *Escherichia coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) является в целом надежным индикатором присутствия бактерий рода *Shigella* в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Alamanos Y et al. (2000) A community waterborne outbreak of gastro-enteritis attributed to *Shigella sonnei*. *Epidemiology and Infection*, 125:499–503.
- Pegram GC, Rollins N, Espay Q (1998) Estimating the cost of diarrhoea and epidemic dysentery in Kwa-Zulu-Natal and South Africa. *Water SA*, 24:11–20.

Staphylococcus aureus

Общее описание

Staphylococcus aureus – это факультативно анаэробные неподвижные неспорообразующие каталазо- и коагулазоположительные грамположительные кокки, которые образуют неправильные скопления, напоминающие гроздь винограда. Род *Staphylococcus* включает не менее 15 различных видов. Помимо *S. aureus*, возбудителем заболеваний у человека являются виды *S. epidermidis* и *S. saprophyticus*.

Влияние на здоровье человека

Хотя *Staphylococcus aureus* являются распространенными представителями микрофлоры человека, они могут вызывать заболевание двумя различными способами. Один из них основан на способности этих микроорганизмов размножаться и широко распространяться в тканях, а в основе второго лежит их способность производить внеклеточные ферменты и токсины. Инфекции, основанные на размножении этих микроорганизмов, являются серьезной проблемой для больниц и других медицинских учреждений. Размножение в тканях может приводить к таким проявлениям, как фурункулы, кожный сепсис, нагноение послеоперационных ран, кишечные инфекции, септицемия, эндокардит, остеомиелит и пневмония. До появления клинических симптомов при этих инфекциях проходит сравнительно длительное время, как правило несколько дней. Для желудочно-кишечных заболеваний (энтероколит или пищевое отравление), причиной возникновения которых является термостабильный стафилококковый энтеротоксин, характерны рвота фонтаном, диарея, повышение температуры, боли в животе, электролитный дисбаланс и потеря жидкости. Началу болезни в этом случае предшествует короткий инкубационный период от 1 до 8 часов. То же самое характерно для синдрома токсического шока, причиной которого является токсин-1 синдрома токсического шока.

Источник и распространенность

Staphylococcus aureus относительно широко распространены в окружающей среде, но обнаруживаются преимущественно на коже и слизистых оболочках животных. Этот микроорганизм является нормальным представителем микрофлоры кожи человека и обнаруживается в полости носоглотки у 20–30% взрослых в любой момент времени. Иногда стафилококки обнаруживаются в желудочно-кишечном тракте и могут быть выявлены в сточных водах. *Staphylococcus aureus* могут высвободиться в результате контакта человека с водной средой, например в плавательных бассейнах, спа-центрах и других рекреационных водных объектах. Обнаруживаются они и в системах питьевого водоснабжения.

Пути экспозиции

Основным путем заражения, безусловно, является передача инфекции через руки. Недостаточное соблюдение гигиены может привести к контаминации продуктов питания. Хранение при комнатной или более высокой температуре продуктов питания, таких как ветчина, мясо птицы и картофельно-яичный салат, создает идеальные условия для размножения *S. aureus* и выделения токсинов. Потребление продуктов питания, содержащих токсины *S. aureus*, может привести к пищевому отравлению, вызванному энтеротоксином, уже через несколько часов.

Значимость присутствия в питьевой воде

Хотя *S. aureus* могут обнаруживаться в системах питьевого водоснабжения, доказательства возможности заражения в результате употребления такой воды отсутствуют. Несмотря на относительно большую устойчивость стафилококков к остаточному хлору по сравнению с *E. coli*, с их присутствием в воде несложно бороться при помощи обычных процессов очистки и дезинфекции. Поскольку фекальные материалы не являются их обычным источником, бактерии *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не являются подходящим индикатором присутствия *S. aureus* в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Antai SP (1987) Incidence of *Staphylococcus aureus*, coliforms and antibiotic-resistant strains of *Escherichia coli* in rural water supplies in Port Harcourt. *Journal of Applied Bacteriology*, 62:371–375.
- LeChevallier MW, Seidler RJ (1980) *Staphylococcus aureus* in rural drinking-water. *Applied and Environmental Microbiology*, 39:739–742.

Tsukamurella

Общее описание

Род *Tsukamurella* относится к семейству Nocardiaceae. Бактерии рода *Tsukamurella* – это грамположительные слабо или варьирующе кислотоустойчивые неподвижные облигатно аэробные бактерии в виде палочек неправильной формы. Они являются актиномицетами и родственны *Rhodococcus*, *Nocardia* и *Mycobacterium*. Род был создан в 1988 году для выделения группы уникальных по химическому составу организмов, к особенностям которых относились: ряд очень длинных цепочек (68–76 атомов углерода), чрезвычайно ненасыщенные миколовые кислоты, мезо-диаминопимелиновая кислота и арабиногалактан, свойственные роду *Corynebacterium*. Типичным видом является *T. paurometabola*, а в 1990-е годы были предложены следующие дополнительные виды: *T. wratislaviensis*, *T. inchonensis*, *T. pulmonis*, *T. tyrosinosolvens* и *T. strandjordae*.

Влияние на здоровье человека

Бактерии *Tsukamurella* вызывают заболевание преимущественно у лиц с ослабленным иммунитетом. Инфекции, причиной которых являются эти микроорганизмы, связаны с хроническими заболеваниями легких, иммуносупрессией (лейкемия, опухолевые заболевания, ВИЧ/СПИД) и нагноением послеоперационных ран. Присутствие *Tsukamurella* было зафиксировано в четырех случаях катетер-ассоциированной бактериемии и в отдельных случаях, в том числе при хронической легочной инфекции, некротическом тендовагините с подкожными абсцессами, инфекции кожи и костной ткани, менингите и перитоните.

Источник и распространенность

Бактерии рода *Tsukamurella* существуют в природе преимущественно как сапрофиты в почве, воде и пене (плотная устойчивая пена в аэрационных бассейнах и отстойниках) активного ила. *Tsukamurella* представлены в популяциях микроорганизмов, выделяемых из питьевой воды методом НРС.

Пути экспозиции

Вероятно, бактерии *Tsukamurella* передаются через такие медицинские устройства, как катетеры, или поврежденные ткани. Первоначальный источник контаминирующих организмов неизвестен.

Значимость присутствия в питьевой воде

Организмы *Tsukamurella* были обнаружены в питьевой воде, однако их значимость остается неясной. Доказательства связи между присутствием организмов в воде и возникновением заболевания отсутствуют. Поскольку *Tsukamurella* являются природными организмами, *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не является подходящим индикатором присутствия данного организма.

Избранная библиография

- Bartram J et al., eds (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: The significance of HPCs for water quality and human health*. London, IWA Publishing (WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series).
- Kattar MM et al. (2001) *Tsukamurella strandjordae* sp. nov., a proposed new species causing sepsis. *Journal of Clinical Microbiology*, 39:1467–1476.
- Larkin JA et al. (1999) Infection of a knee prosthesis with *Tsukamurella* species. *Southern Medical Journal*, 92:831–832.

Vibrio

Общее описание

Вибрионы – это маленькие изогнутые (в форме запятой) грамотрицательные бактерии с одним полярно расположенным жгутиком. Виды определяются в соответствии с их О-антигеном. Существует ряд патогенных видов, в том числе *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* и *V. vulnificus*. *Vibrio cholerae* является единственным значимым патогенным видом в пресноводной среде обитания. Хотя диарею может вызывать целый ряд серотипов, в настоящее время только серотипы O1 и O139 вызывают классические симптомы заболевания холерой, к которым в ряде случаев относится, в частности, молниеносная и тяжелая водянистая диарея. Впоследствии серотип O1 был разделен на два биотипа: классический и Эль-Тор. К характеристикам последнего относится способность к выделению диализуемого термолабильного гемолизина, воздействующего на эритроциты мелкого рогатого скота. Считается, что классический биотип является причиной первых шести пандемий холеры, тогда как седьмая пандемия, которая началась в 1961 году, вызвана биотипом Эль-Тор. Вызывающие холеру штаммы *V. cholerae* O1 и O139 производят энтеротоксин (холерный токсин), который изменяет транспорт ионов через мембрану клеток слизистой оболочки кишечника, что приводит к существенной потере воды и электролитов с жидким стулом. Другими факторами, связанными с инфекцией, являются адгезивный фактор и прикрепляющиеся фимбрии. Фактором вирулентности обладают не все штаммы серотипов O1 или O139, и крайне редко он оказывается присущ штаммам, не относящимся к серотипам O1/O139.

Влияние на здоровье человека

Вспышки холеры продолжают возникать во многих развивающихся странах. Симптомы обусловлены действием термолабильного холерного энтеротоксина, который переносят токсинообразующие штаммы *V. cholerae* O1/O139. У значительного количества инфицированных лиц болезнь не развивается: около 60% инфекций, вызванных классическим биотипом, и 75% инфекций, обусловленных биотипом Эль-Тор, протекают бессимптомно. Клинические проявления болезни варьируются от мягкой или умеренной до тяжелой степени течения заболевания. К начальным симптомам холеры относятся усиление перистальтики, за которым следует

неоформленный, водянистый, с вкраплениями слизи стул в виде рисового отвара, который может вызывать у пациента потерю до 10–15 литров жидкости в сутки. Уменьшение кислотности желудка путем введения бикарбоната натрия снижает инфицирующую дозу *V. cholerae* O1 с более чем 10^8 до примерно 10^4 организмов. Процент смертности изменяется в зависимости от тяжести заболевания и состояния организма. Около 60% пациентов, не получавших лечения, умирают в результате сильного обезвоживания и потери электролитов, однако хорошо зарекомендовавшие себя программы борьбы с желудочно-кишечными заболеваниями могут сократить число летальных исходов до менее чем 1%. Не образующие токсина штаммы *V. cholerae* могут вызывать проходящие без лечения гастроэнтериты, раневые инфекции и бактериемию.

Источник и распространенность

Не образующие токсинов *V. cholerae* широко распространены в водной среде, в то время как токсинообразующие штаммы встречаются реже. Установленным источником токсинообразующего *V. cholerae* является человек; в случае заболевания организм может обнаруживаться в сточных водах. Хотя *V. cholerae* O1 может выделяться из воды в тех областях, где заболевание отсутствует, эти штаммы, как правило, не являются токсинообразующими. Токсинообразующие *V. cholerae* также обнаруживались в ассоциации с живыми веслоногими рачками или другими водными организмами, в том числе моллюсками, ракообразными, растениями, водорослями и цианобактериями. Численность бактерий, связанных с этими водными организмами, часто выше, чем в воде. Не образующие токсинов *V. cholerae* выделялись у птиц и травоядных в районах, удаленных от морских и прибрежных вод. Распространенность *V. cholerae* уменьшается при понижении температуры воды ниже 20 °С.

Пути экспозиции

Как правило, холера передается фекально-оральным путем; заражение преимущественно происходит при потреблении загрязненных фекалиями воды и продуктов питания. Большое число организмов, необходимое для инфицирования, делает контакты между людьми маловероятным путем передачи инфекции.

Значимость присутствия в питьевой воде

Одной из основных причин распространения заболевания является контаминация воды вследствие низкого уровня санитарии, однако этот факт не может полностью объяснить сезонный характер рецидивов, а значит, определенную роль должны играть и иные факторы, помимо низкого уровня санитарии. Присутствие патогенных серотипов O1 и O139 *V. cholerae* в ресурсах питьевой воды имеет большое значение для общественного здравоохранения и может приводить к серьезным последствиям для здравоохранения и экономическим последствиям в пострадавших общинах. *Vibrio cholerae* очень чувствителен к воздействию дезинфицирующих средств. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) в рамках плана обеспечения безопасности воды, которые могут использоваться для управления потенциальными рисками воздействия токсинообразующих штаммов *V. cholerae*, включают защиту источников сырой воды от загрязнения отходами жизнедеятельности человека, необходимую обработку и защиту воды в процессе распределения. Штаммы *Vibrio cholerae* – как принадлежащие к серогруппе O1, так и не принадлежащие к ней, – обнаруживались в отсутствие *E. coli*, и данный организм (альтернативный

вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не является надежным индикатором присутствия *V. cholerae* в питьевой воде.

Избранная библиография

- Kaper JB, Morris JG, Levine MM (1995) Cholera. *Clinical Microbiology Reviews*, 8:48–86.
 Ogg JE, Ryder RA, Smith HL (1989) Isolation of *Vibrio cholerae* from aquatic birds in Colorado and Utah. *Applied and Environmental Microbiology*, 55:95–99.
 Rhodes JB, Schweitzer D, Ogg JE (1985) Isolation of non-O1 *Vibrio cholerae* associated with enteric disease of herbivores in western Colorado. *Journal of Clinical Microbiology*, 22:572–575.
 WHO (2002) *Vibrio cholerae*. В: *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. *Addendum: Microbiological agents in drinking water*. Geneva, World Health Organization, pp. 119–142.

Yersinia

Общее описание

Род *Yersinia* относится к семейству энтеробактерий и включает 7 видов. Виды *Y. pestis*, *Y. pseudotuberculosis* и определенные серотипы *Y. enterocolitica* патогенны для человека. *Yersinia pestis* является возбудителем бубонной чумы, которая возникает в результате контакта с грызунами и живущими на них блохами. Бактерии рода *Yersinia* являются грамотрицательными палочками, подвижными при температуре 25 °С и теряющими способность к движению при 37 °С.

Влияние на здоровье человека

Yersinia enterocolitica проникают в клетки слизистой оболочки кишечника, вызывая язву подвздошной кишки. Как правило, иерсиниоз проявляется в виде острого гастроэнтерита с диареей, лихорадкой и болью в животе. К другим клиническим проявлениям относятся значительно увеличенные лимфатические узлы, называемые "бубонами". По-видимому, заболевание протекает у детей более остро, чем у взрослых.

Источник и распространенность

Основным резервуаром для бактерий рода *Yersinia* являются домашние и дикие животные. У патогенной *Y. enterocolitica* основным резервуаром являются свиньи, а у *Y. pseudotuberculosis* – грызуны и мелкие животные. Патогенные *Y. enterocolitica* обнаруживались в сточных и загрязненных поверхностных водах. Однако штаммы *Y. enterocolitica*, выявляемые в питьевой воде, чаще всего представляли собой непатогенные штаммы предположительно природного происхождения. Представляется, что по крайней мере некоторые виды и штаммы *Yersinia* способны к размножению в водной среде при условии присутствия органического азота хотя бы в следовых количествах даже при температуре ниже 4 °С.

Пути экспозиции

Бактерии рода *Yersinia* передаются фекально-оральным путем, при этом основным источником инфекции считаются продукты питания, особенно мясо и мясные продукты, молоко и молочные продукты. Употребление загрязненной воды также является потенциальным источником инфекции. Также известно о случаях прямой передачи от человека человеку и от животных человеку.

Значимость присутствия в питьевой воде

Хотя большинство обнаруженных в воде бактерий *Yersinia*, вероятно, не являются патогенными, были представлены косвенные доказательства, подтверждающие попадание *Y. enterocolitica* и *Y. pseudotuberculosis* в организм человека из неочищенной

питьевой воды. Наиболее вероятным источником патогенных бактерий *Yersinia* являются фекалии человека или животных. Эти микроорганизмы чувствительны к воздействию дезинфицирующих средств. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) в рамках плана обеспечения безопасности воды, которые могут использоваться для минимизации присутствия патогенных бактерий *Yersinia* в системах питьевого водоснабжения, включают защиту источников сырой воды от загрязнения фекалиями человека, использование соответствующих дезинфицирующих средств и защиту воды в процессе распределения. Вследствие способности некоторых штаммов бактерий *Yersinia* к длительному выживанию и/или росту в воде, *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не является надежным индикатором присутствия/отсутствия данного организма в питьевой воде.

Избранная библиография

- Aleksic S, Bockemuhl J (1988) Serological and biochemical characteristics of 416 *Yersinia* strains from well water and drinking water plants in the Federal Republic of Germany: Lack of evidence that these strains are of public health significance. *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene B*, 185:527–533.
- Inoue M et al. (1988) Three outbreaks of *Yersinia pseudotuberculosis* infection. *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene B*, 186:504–511.
- Ostroff SM et al. (1994) Sources of sporadic *Yersinia enterocolitica* infections in Norway: A prospective case control study. *Epidemiology and Infection*, 112:133–141.
- Waage AS et al. (1999) Detection of low numbers of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in environmental water and sewage samples by nested polymerase chain reaction. *Journal of Applied Microbiology*, 87:814–821.

11.2 Вирусные патогены

С передачей через воду ассоциируются преимущественно вирусы, способные инфицировать желудочно-кишечный тракт и выводимые из организма с фекалиями инфицированных людей (энтеровирусы). За исключением вируса гепатита Е, человек считается единственным источником патогенных для человека вирусов. Энтеровирусы вызывают, как правило, острое заболевание с коротким инкубационным периодом. Вода также может играть определенную роль в передаче других вирусов с различными механизмами действия. В целом вирусы способны вызывать самые разнообразные инфекционные заболевания и симптомы, предполагающие различные пути трансмиссивной передачи, пути и участки инфицирования и пути экскреции. Сочетания этих путей и участков инфицирования могут изменяться и не всегда соответствуют ожидаемой модели. Например, вирусы, которые считаются вызывающими главным образом респираторные инфекционные заболевания и симптомы, как правило, передаются от человека человеку воздушно-капельным путем. Однако некоторые из этих вирусов – возбудителей респираторных заболеваний могут выделяться с фекалиями, что способно привести к контаминации воды и последующему распространению в виде аэрозолей и капель. Другим примером могут служить вирусы, которые выделяются из организма с мочой, такие как полиомавирусы, которые могут загрязнять воду, а затем, возможно, передаваться с ней и обуславливать отдаленные последствия для здоровья, такие как рак, которые с эпидемиологической точки зрения не имеют явной связи с передачей через воду.

Аденовирусы

Общее описание

Семейство аденовирусов включает два рода: *Mastadenovirus* (хозяевами являются млекопитающие) и *Aviadenovirus* (хозяином являются птицы). Аденовирусы широко распространены в природе и инфицируют птиц, млекопитающих и амфибий. На данный момент описан 51 антигенный вид аденовируса человека. Аденовирусы человека разделены на шесть групп (А–F) на основании их физических, химических и биологических свойств. Аденовирусы состоят из линейной двухцепочечной геномной ДНК в безоболочечном икосаэдрическом капсиде диаметром около 80 нм и специфических фибрилл. Подгруппы А–Е легко культивируются в клеточной культуре, тогда как серотипы 40 и 41 прихотливы и растут не так хорошо. Идентификация серотипов 40 и 41 в пробах из окружающей среды происходит, как правило, на основе метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) с амплификацией начальной клеточной культуры или без нее.

Влияние на здоровье человека

Аденовирусы человека вызывают широкий диапазон инфекций с различными клиническими проявлениями. К ним относятся инфекции желудочно-кишечного тракта (гастроэнтерит), дыхательных путей (острые респираторные заболевания, пневмония, фарингоконъюнктивальная лихорадка), мочевыводящих путей (цервицит, уретрит, геморрагический цистит) и глазные инфекции (эпидемический кератоконъюнктивит, также известный как синдром Сандерса, и аденовирусный конъюнктивит, также известный как "конъюнктивит плавательных бассейнов"). Различные серотипы связаны с определенными заболеваниями; например, серотипы 40 и 41 являются основными причинами возникновения кишечных заболеваний. Аденовирусы являются значимым источником детского гастроэнтерита. Как правило, дети и младенцы более восприимчивы к аденовирусной инфекции и многие инфекции протекают бессимптомно. Высокая скорость распространения заболевания во время вспышек позволяет предположить, что инфицирующие дозы являются низкими.

Источник и распространенность

Аденовирусы выделяются в больших количествах с фекалиями человека; известно, что они встречаются в сточных водах, источниках сырой воды и системах снабжения очищенной питьевой водой во всем мире. Хотя подгруппа кишечных аденовирусов (преимущественно серотипы 40 и 41) является основной причиной гастроэнтерита во всем мире, особенно в развивающихся странах, о распространенности этих кишечных аденовирусов в водных источниках известно мало. Ограниченность доступной информации о кишечных аденовирусах во многом связана с тем, что они не обнаруживаются обычным методом выделения из клеточной культуры.

Пути экспозиции

Вследствие различной эпидемиологии широкого спектра аденовирусов человека возможны разные пути воздействия и инфицирования. Важную роль в передаче заболевания играет контакт между людьми; в зависимости от характера заболевания к нему можно отнести передачу в результате фекально-орального, орально-орального контакта, попадания в глаза с грязных рук, а также не прямое заражение через загрязненные поверхности или общую посуду. Многочисленные вспышки заболевания были связаны с больницами, военными учреждениями, детскими дошкольными учреждениями и школами. Отмечавшиеся в большинстве вспышек симптомы

включали острые респираторные заболевания, кератоконъюнктивит и конъюнктивит. Также сообщалось о вспышках гастроэнтерита. Значимым источником кишечных заболеваний может быть потребление зараженных продуктов питания или воды, однако существенные доказательства, подтверждающие этот путь передачи, отсутствуют. Глазные инфекции могут развиваться в результате попадания в глаза загрязненной воды, совместного использования полотенец или очков для плавания в бассейнах, как в случае синдрома Сандерса. Подтвержденные вспышки аденовирусной инфекции, связанные с водой, ограничивались фарингитом или конъюнктивитом, заражение которыми происходило в результате посещения плавательных бассейнов.

Значимость присутствия в питьевой воде

Доказано, что аденовирусы человека встречаются в значительных количествах в источниках сырой воды и системах снабжения очищенной питьевой водой. По данным одного из исследований, среди вирусов, обнаруживаемых методами ПЦР, распространенность человеческих аденовирусов в таких водных ресурсах уступает по данному показателю только группе энтеровирусов. С учетом распространенности аденовирусов как кишечных патогенов и их обнаружения в воде, контаминированная питьевая вода представляет собой вероятный, но не подтвержденный источник аденовирусных инфекций человека. Аденовирусы человека считаются также серьезной проблемой в связи с их исключительной устойчивостью к некоторым технологиям очистки и дезинфекции, особенно к облучению ультрафиолетовым (УФ) светом. Аденовирусы человека обнаруживались в системах питьевого водоснабжения, соответствовавших установленным требованиям в отношении очистки, дезинфекции и стандартных индикаторных микроорганизмов. В рамках плана обеспечения безопасности воды при разработке мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), призванных уменьшить потенциальный риск, сопряженный с аденовирусами человека, основное внимание должно быть сосредоточено на предотвращении загрязнения источника воды отходами жизнедеятельности человека и надлежащей последующей очистке и дезинфекции. Потребуется подтвердить действенность процесса очистки, используемого для удаления аденовирусов человека. Системы питьевого водоснабжения следует также защищать от загрязнения в процессе распределения воды. В связи с высокой устойчивостью этих вирусов к воздействию дезинфицирующих средств *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не является надежным индикатором присутствия/отсутствия аденовирусов человека в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Chapron CD et al. (2000) Detection of astroviruses, enteroviruses and adenoviruses types 40 and 41 in surface waters collected and evaluated by the information collection rule and integrated cell culture-nested PCR procedure. *Applied and Environmental Microbiology*, 66:2520–2525.
- D'Angelo LJ et al. (1979) Pharyngoconjunctival fever caused by adenovirus type 4: Report of a swimming pool-related outbreak with recovery of virus from pool water. *Journal of Infectious Diseases*, 140:42–47.
- Grabow WOK, Taylor MB, de Villiers JC (2001) New methods for the detection of viruses: Call for review of drinking water quality guidelines. *Water Science and Technology*, 43:1–8.
- Puig M et al. (1994) Detection of adenoviruses and enteroviruses in polluted water by nested PCR amplification. *Applied and Environmental Microbiology*, 60:2963–2970.

Астровирусы

Общее описание

Штаммы астровирусов человека и животных являются вирусами с одноцепочечной рибонуклеиновой кислотой (РНК) и относятся к семейству *Astroviridae*. Астровирусы состоят из одноцепочечной геномной РНК в безоболочечном икосаэдрическом капсиде диаметром около 28 нм. Электронная микроскопия позволяет видеть отчетливые звездчатые структуры на поверхности капсида. Описаны восемь различных серотипов астровирусов человека. Наиболее часто выявляется серотип 1 астровируса человека. Астровирусы человека можно обнаружить в пробах из окружающей среды при помощи методов ПЦР с амплификацией первичной клеточной культуры или без нее.

Влияние на здоровье человека

Астровирусы человека вызывают гастроэнтерит, преимущественно диарею, в основном у детей в возрасте до 5 лет, хотя сообщалось также о случаях заболевания среди взрослых. Исследования серологической распространенности показали, что более 80% детей в возрасте от 5 до 10 лет обладают антителами к астровирусам человека. Фиксировались единичные вспышки в школах, детских садах и семьях. Болезнь является самоизлечивающейся, непродолжительной; максимальная заболеваемость отмечается зимой. Астровирусы человека являются причиной лишь небольшой доли зафиксированных случаев инфекционного гастроэнтерита. Однако число случаев инфицирования может быть занижено, поскольку заболевание, как правило, протекает в легкой форме и многие случаи не фиксируются.

Источник и распространенность

Как правило, большое количество астровирусов человека выделяется с фекалиями зараженных лиц, следовательно, вирусы будут присутствовать в сточных водах. Астровирусы человека были обнаружены в источниках воды и системах питьевого водоснабжения.

Пути экспозиции

Астровирусы человека передаются фекально-оральным путем. Наиболее распространенным путем передачи считается распространение от человека к человеку, и группы случаев заболевания наблюдались в детских дошкольных учреждениях, детских отделениях больниц, семьях, домах престарелых и военных учреждениях. Также значимым путем передачи может быть потребление контаминированных продуктов питания или воды.

Значимость присутствия в питьевой воде

Было подтверждено присутствие астровирусов человека в системах снабжения очищенной питьевой водой. Поскольку вирусы, как правило, передаются фекально-оральным путем, передача через питьевую воду представляется возможной, но пока не получила подтверждения. Астровирусы человека обнаруживались в системах питьевого водоснабжения, соответствовавших установленным требованиям в отношении очистки, дезинфекции и обычных индикаторных микроорганизмов. В рамках плана обеспечения безопасности воды при разработке мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), призванных уменьшить потенциальный риск, сопряженный с астровирусами человека, основное внимание должно быть сосредоточено на предотвращении загрязнения источника воды отходами жизнедеятельности человека и надлежащей последующей очистке и дезинфекции.

Потребуется подтвердить действенность процесса очистки, используемого для удаления астровирусов человека. Системы питьевого водоснабжения следует также защищать от загрязнения в процессе распределения воды. В связи с повышенной устойчивостью этих вирусов к воздействию дезинфицирующих средств *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не является надежным индикатором присутствия/отсутствия астровирусов человека в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Grabow WOK, Taylor MB, de Villiers JC (2001) New methods for the detection of viruses: Call for review of drinking water quality guidelines. *Water Science and Technology*, 43:1–8.
- Nadan S et al. (2003) Molecular characterization of astroviruses by reverse transcriptase PCR and sequence analysis: Comparison of clinical and environmental isolates from South Africa. *Applied and Environmental Microbiology*, 69:747–753.
- Pintó RM et al. (2001) Astrovirus detection in wastewater. *Water Science and Technology*, 43:73–77.

Калицивирусы

Общее описание

Семейство *Caliciviridae* состоит из четырех родов одноцепочечных РНК-геномных вирусов с безоболочечным капсидом (диаметром 35–40 нм), для которых обычно характерна типичная морфология поверхности капсида, напоминающая чашеобразные структуры. К калицивирусам человека относятся роды *Norovirus* (Норфолк-подобные вирусы) и *Sapovirus* (Саппоро-подобные вирусы). Вирусы рода *Sapovirus* отличаются типичной морфологией калицивирусов и называются классическими калицивирусами. Норовирусы, как правило, не соответствуют типичной морфологии и ранее назывались мелкими круглыми вирусами. К остальным двум родам этого семейства относятся вирусы, поражающие животных, но не человека. Калицивирусы человека не размножаются в доступных системах клеточных культур. Первоначально эти вирусы были обнаружены при помощи электронной микроскопии. Некоторые виды норовирусов могут быть обнаружены посредством твердофазного иммуноферментного анализа с использованием антител против бакуловирус-экспрессированных капсидных белков норовируса. Описано несколько процедур ПЦР с обратной транскрипцией, применяемых для обнаружения калицивирусов человека.

Влияние на здоровье человека

Калицивирусы человека являются основной причиной острого вирусного гастроэнтерита во всех возрастных группах. К симптомам относятся тошнота, рвота и колики в животе. Примерно в 40% случаях у инфицированных лиц возникает диарея; у некоторых отмечается повышение температуры, озноб, головная и мышечная боль. В некоторых случаях заболевание сопровождается только рвотой, без диареи; эта разновидность также известна под названием "зимняя рвотная болезнь". Инфекции, вызываемые калицивирусами человека, индуцируют кратковременный иммунитет. Как правило, симптомы выражены относительно слабо и длительность заболевания редко составляет более 3 дней. Высокая скорость распространения заболевания во время вспышек позволяет предположить, что инфицирующие дозы являются низкими.

Источник и распространенность

Калицивирусы человека выделяются с фекалиями инфицированных лиц и, следовательно, могут присутствовать в бытовых сточных водах, а также в

загрязненных фекалиями продуктах питания и воде, в том числе в системах питьевого водоснабжения.

Пути экспозиции

Эпидемиология заболевания указывает на то, что наиболее распространенными путями передачи являются контакты между людьми и вдыхание загрязненных капель аэрозоля и частиц пыли, а также частиц рвотных масс. Основными подтвержденными источниками воздействия являются питьевая вода и многие продукты питания, загрязненные фекалиями человека. Многочисленные вспышки были ассоциированы с контаминацией питьевой воды, льда, воды на круизных судах и водных объектов, используемых в рекреационных целях. Источником вспышек заболевания также признавались моллюски, добытые из загрязненной бытовыми стоками воды.

Значимость присутствия в питьевой воде

Многие вспышки заболеваний, вызванных калицивирусами человека, с эпидемиологической точки зрения были связаны с контаминацией систем питьевого водоснабжения. В рамках плана обеспечения безопасности воды при разработке мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), призванных уменьшить потенциальный риск, сопряженный с калицивирусами человека, основное внимание должно быть сосредоточено на предотвращении загрязнения источников сырой воды отходами жизнедеятельности человека и надлежащей последующей очистке и дезинфекции. Потребуется подтвердить действенность процесса очистки, используемого для удаления калицивирусов человека. Системы питьевого водоснабжения следует также защищать от загрязнения в процессе распределения воды. В связи с повышенной устойчивостью этих вирусов к воздействию дезинфицирующих средств *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не является надежным индикатором присутствия/отсутствия калицивирусов человека в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Berke T et al. (1997) Phylogenetic analysis of the Caliciviridae. *Journal of Medical Virology*, 52:419–424.
- Jiang X et al. (1999) Design and evaluation of a primer pair that detects both Norwalk- and Sapporo-like caliciviruses by RT-PCR. *Journal of Virological Methods*, 83:145–154.
- Mauer AM, Sturchler DA (2000) A waterborne outbreak of small round-structured virus, *Campylobacter* and *Shigella* co-infections in La Neuveville, Switzerland, 1998. *Epidemiology and Infection*, 125:325–332.
- Monroe SS, Ando T, Glass R (2000) Introduction: Human enteric caliciviruses—An emerging pathogen whose time has come. *Journal of Infectious Diseases*, 181(Suppl. 2):S249–251.

Энтеровирусы

Общее описание

Род *Enterovirus* относится к семейству Picornaviridae. Род состоит из 69 инфицирующих человека серотипов (видов): полиовирус типов 1–3, вирусы Коксаки типов А1–А24, вирусы Коксаки типов В1–В6, ЕСНО-вирусы типов 1–33 и пронумерованные энтеровирусы типов EV68–EV73. Представителей этого рода в совокупности называют энтеровирусами. Другие виды этого рода поражают животных и не являются патогенными для человека – например, группа энтеровирусов коров. Энтеровирусы являются одними из самых маленьких известных вирусов и состоят из одноцепочечной геномной РНК в безоболочечном икосаэдрическом капсиде диаметром около 20–30 нм. Некоторые представители вида, в частности полиовирусы,

вирусы Коксаки типа В, ЕСНО-вирусы и энтеровирусы, легко выделяются в клеточных культурах с использованием цитопатогенного эффекта.

Влияние на здоровье человека

Энтеровирусы являются одной из наиболее распространенных причин инфицирования человека. Согласно оценкам, в США они являются причиной примерно 30 миллионов случаев заболевания ежегодно. Спектр вызываемых энтеровирусами заболеваний широк и варьируется от легкой лихорадки до миокардита, менингоэнцефалита, полиомиелита, герпетической ангины, вирусной пузырчатки полости рта и конечностей и полиорганной недостаточности новорожденных. Было описано присутствие вируса при хронических заболеваниях, таких как полимиозит, дилатационная кардиомиопатия и синдром хронической усталости. Большинство инфекций, в особенности у детей, протекает бессимптомно, но тем не менее приводит к выделению значительного количества вирусов, что может стать причиной клинического проявления заболевания у других лиц.

Источник и распространенность

Энтеровирусы выделяются с фекалиями инфицированных лиц. Из всех типов вирусов, которые можно обнаружить стандартным методом выделения из клеточной культуры, энтеровирусы являются, как правило, наиболее многочисленными в сточных водах, водных ресурсах и системах снабжения очищенной питьевой водой. Также эти вирусы легко обнаруживаются во многих продуктах питания.

Пути экспозиции

Преобладающими путями передачи энтеровирусов в сообществах считаются контакты между людьми и вдыхание аэрогенных вирусов или передача инфекции воздушно-капельным путем. Передача через питьевую воду также может быть значимой, однако это предположение пока не получило подтверждения. Передача энтеровирусов с водой (вирусы Коксаки А16 и В5) получила эпидемиологическое подтверждение только в случаях двух вспышек, которые ассоциировались с купанием детей в озере в 1970-х гг.

Значимость присутствия в питьевой воде

Энтеровирусы присутствуют в значительном количестве в источниках сырой воды и системах снабжения очищенной питьевой водой. С учетом их распространенности, питьевая вода является вероятным, хотя и неподтвержденным источником энтеровирусной инфекции. Ограниченность знаний о роли передачи через воду может быть связана с целым рядом факторов, в том числе с широким спектром клинических проявлений, частым бессимптомным протеканием заболевания, разнообразием серотипов и преобладанием распространения инфекции в результате контактов между людьми. Энтеровирусы обнаруживались в системах питьевого водоснабжения, соответствовавших установленным требованиям в отношении очистки, дезинфекции и обычных индикаторных микроорганизмов. В рамках плана обеспечения безопасности воды при разработке мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), призванных уменьшить потенциальный риск, сопряженный с энтеровирусами, основное внимание следует сосредоточить на предотвращении загрязнения источников сырой воды отходами жизнедеятельности человека и надлежащей последующей очистке и дезинфекции. Потребуется подтвердить действенность процесса очистки, используемого для удаления энтеровирусов. Системы питьевого водоснабжения следует также защищать от загрязнения в процессе

распределения воды. В связи с повышенной устойчивостью этих вирусов к воздействию дезинфицирующих средств *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не является надежным индикатором присутствия/отсутствия энтеровирусов в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Grabow WOK, Taylor MB, de Villiers JC (2001) New methods for the detection of viruses: Call for review of drinking water quality guidelines. *Water Science and Technology*, 43:1–8.
- Hawley HB et al. (1973) Coxsackie B epidemic at a boys' summer camp. *Journal of the American Medical Association*, 226:33–36.

Вирус гепатита А

Общее описание

Вирус гепатита А (ВГА) является единственным видом рода *Hepatovirus* в семействе пикорнавирусов. Основные морфологические и структурные особенности вируса аналогичны характерным для других представителей семейства, описанным в статье об энтеровирусах. Генотипы ВГА человека и приматов отличаются друг от друга. ВГА не относится к легко выявляемым и культивируемым в обычных системах клеточных культур, а его выявление в пробах из окружающей среды основано на использовании методов ПЦР.

Влияние на здоровье человека

ВГА является высокоинфекционным, а его инфицирующая доза считается низкой. Вирус вызывает такое заболевание, как гепатит А, более известный как инфекционный гепатит. Как и другие члены группы энтеровирусов, ВГА попадает в желудочно-кишечный тракт при проглатывании и поражает клетки эпителия. Отсюда вирус проникает в кровеносную систему и затем попадает в печень, где может вызывать серьезное повреждение клеток. Приблизительно в 90% случаев, особенно у детей, повреждения печени незначительны или отсутствуют, инфекция протекает без клинических симптомов и вырабатывается пожизненный иммунитет. В целом тяжесть течения заболевания увеличивается с возрастом. Повреждение клеток печени приводит к высвобождению специфических ферментов печени, таких как аспартатаминотрансфераза, которые обнаруживаются в крови и используются в качестве средства диагностики. Также повреждения печени приводят к ее неспособности удалять билирубин из кровеносной системы; накопление билирубина приводит к появлению типичных симптомов желтухи и потемнению мочи. После относительно длительного инкубационного периода (в среднем 28–30 дней) отмечается характерное внезапное начало болезни, которое сопровождается такими симптомами, как повышение температуры, недомогание, тошнота, потеря аппетита, желудочно-кишечный дискомфорт и в конечном итоге желтуха. Хотя смертность составляет, как правило, менее 1%, восстановление клеток печени происходит медленно, в связи с чем пациент остается нетрудоспособным на протяжении 6 и более недель. Таким образом, последствия болезни являются существенным бременем. Смертность выше среди лиц старше 50 лет.

Источник и распространенность

Случаи ВГА отмечаются во всем мире, но для распространенности клинического заболевания характерны определенные географические особенности. ВГА выделяется с фекалиями инфицированных лиц, и существуют убедительные эпидемиологические подтверждения того, что распространенными источниками вируса являются

загрязненные фекалиями продукты питания и вода. В районах с низким уровнем санитарии инфицирование детей часто происходит в раннем возрасте, в результате чего вырабатывается пожизненный иммунитет без клинических симптомов заболевания. В областях с хорошей санитарией инфицирование происходит, как правило, в более зрелом возрасте.

Пути экспозиции

Вероятно, наиболее распространенным способом передачи инфекции является распространение от человека к человеку, однако загрязненные продукты питания и вода также являются значимыми источниками инфекции. Эпидемиологические данные по ВГА, свидетельствующие о возможности его передачи через воду, убедительнее, чем по любому иному вирусу. Довольно широко распространены и вспышки пищевой инфекции: в этих случаях источником инфекции могут являться инфицированные лица, работающие с продуктами питания, моллюски, выловленные из контаминированной воды, и зараженные продукты питания. Высокому риску инфицирования подвергаются люди из областей с хорошей санитарией, совершающие поездки в районы с низким уровнем санитарии. Также инфекция может распространяться в связи с употреблением наркотиков инъекционным и неинъекционным способом.

Значимость присутствия в питьевой воде

Возможность передачи ВГА через системы питьевого водоснабжения является общепризнанной, поэтому присутствие ВГА в питьевой воде представляет значительный риск для здоровья. В рамках плана обеспечения безопасности воды при разработке мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), призванных уменьшить потенциальный риск, сопряженный с ВГА, основное внимание должно быть сосредоточено на предотвращении загрязнения источников сырой воды отходами жизнедеятельности человека и надлежащей последующей очистке и дезинфекции. Потребуется подтвердить действенность процесса очистки, используемого для удаления ВГА. Системы питьевого водоснабжения следует также защищать от загрязнения в процессе распределения воды. В связи с повышенной устойчивостью этих вирусов к воздействию дезинфицирующих средств *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не является надежным индикатором присутствия/отсутствия ВГА в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Cuthbert JA (2001) Hepatitis A: Old and new. *Clinical Microbiology Reviews*, 14:38–58.
 WHO (2002) Enteric hepatitis viruses. В: *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. *Addendum: Microbiological agents in drinking water*. Geneva, World Health Organization, pp. 18–39.

Вирус гепатита E

Общее описание

Вирус гепатита E (ВГЕ) состоит из одноцепочечной геномной РНК в безоболочечном икосаэдрическом капсиде диаметром 27–34 нм. Свойства ВГЕ сходны со свойствами целого ряда вирусов, в связи с чем его классификация вызывает затруднения. В какой-то момент ВГЕ был отнесен к семейству *Caliciviridae*, однако недавно он был выделен в отдельное семейство гепатит E-подобных вирусов. Имеются признаки антигенной изменчивости и, возможно, даже различий в серотипах вируса, в то время как к ВГА

человека относится только один четко определенный серотип. ВГЕ не является легко выявляемым и культивируемым в обычных системах клеточных культур, а его выявление в пробах из окружающей среды основано на использовании методов ПЦР.

Влияние на здоровье человека

ВГЕ вызывает гепатит, во многом похожий на вызываемый ВГА. Однако инкубационный период является, как правило, более длительным (в среднем 40 дней), а показатель смертности среди беременных женщин в результате данной инфекции достигает 25%. В эндемичных регионах первичное инфицирование отмечается чаще среди людей молодого возраста, чем среди маленьких детей. Несмотря на данные об антигенной изменчивости, одного заражения достаточно для выработки пожизненного иммунитета к ВГЕ. Глобальная распространенность имеет характерное географическое распределение. ВГЕ является эндемичным и вызывает клиническое заболевание в некоторых развивающихся странах ряда регионов, например в Индии, Непале, Центральной Азии, Мексике и некоторых районах Африки. Во многих из этих регионов ВГЕ является наиболее важной причиной вирусного гепатита. В других странах и регионах, таких как Япония, Южная Африка, Соединенное Королевство, Северная и Южная Америка, Океания и Центральная Европа, клинические случаи и вспышки заболевания встречаются редко, хотя серологическая распространенность может быть высокой. Причины отсутствия клинических случаев заболевания при наличии вируса неизвестны.

Источник и распространенность

ВГЕ выделяется с фекалиями инфицированных лиц; вирус был обнаружен как в неочищенных, так и в очищенных сточных водах. Загрязненная вода ассоциировалась с возникновением крупнейших вспышек. Отличительная особенность ВГЕ состоит в том, что он является единственным энтеровирусом, значимым резервуаром которого являются животные, в том числе домашние животные, в особенности свиньи, а также крупный рогатый скот, козы и даже грызуны.

Пути экспозиции

Сообщалось о случаях вторичной передачи ВГЕ от больных к контактирующим с ними лицам, и особенно к младшему медицинскому персоналу, но, как представляется, это происходит значительно реже, чем в случае с ВГА. Более низкий уровень передачи от человека человеку предполагает, что загрязненная фекалиями вода может играть значительно более важную роль в распространении ВГЕ по сравнению с ВГА. Имеются данные о вспышках, связанных с передачей через воду, которые насчитывали тысячи случаев заболевания. К ним относятся вспышка в Дели, Индия, в 1954 г. (около 40 000 случаев), вспышка в Синьцзян-Уйгурском автономном районе Китая в 1986–1988 гг. (более 100 000 случаев) и вспышка в Канпуре, Индия, в 1991 г. (около 79 000 случаев). Еще одним путем воздействия могут являться животные-резервуары, однако масштабы заражения человека гепатитом Е от животных еще предстоит выяснить.

Значимость присутствия в питьевой воде

Значимость загрязненной воды в качестве источника ВГЕ получила подтверждение, и, таким образом, присутствие вируса в питьевой воде представляет значительный риск для здоровья. Лабораторная информация об устойчивости вируса к воздействию дезинфицирующих средств отсутствует, однако данные о вспышках заболевания с

передачей инфекции через воду позволяют предположить, что устойчивость ВГЕ сравнима с устойчивостью других энтеровирусов. В рамках плана обеспечения безопасности воды при разработке мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), призванных уменьшить потенциальный риск, сопряженный с ВГЕ, особое внимание должно быть сосредоточено на предотвращении загрязнения источников сырой воды отходами жизнедеятельности человека и надлежащей последующей очистке и дезинфекции. Потребуется подтвердить действенность процесса очистки, используемого для удаления ВГЕ. Системы питьевого водоснабжения следует также защищать от загрязнения в процессе распределения воды. Поскольку этот вирус, вероятно, обладает повышенной устойчивостью к воздействию дезинфицирующих средств, *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не является надежным индикатором присутствия/отсутствия ВГЕ в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Pina S et al. (1998) Characterization of a strain of infectious hepatitis E virus isolated from sewage in an area where hepatitis E is not endemic. *Applied and Environmental Microbiology*, 64:4485–4488.
- Van der Poel WHM et al. (2001) Hepatitis E virus sequence in swine related to sequences in humans, the Netherlands. *Emerging Infectious Diseases*, 7:970–976.
- WHO (2002) Enteric hepatitis viruses. В: *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. *Addendum: Microbiological agents in drinking water*. Geneva, World Health Organization, pp. 18–39.

Ротавирусы и орторевовирусы

Общее описание

Представители рода *Rotavirus* состоят из двухнитевой фрагментированной геномной РНК в безоболочечном икосаэдрическом капсиде диаметром 50–65 нм. Капсид окружен двуслойной оболочкой, которая придает вирусу внешнее сходство с колесом, с чем и связано название "ротавирус". Диаметр всего вируса составляет около 80 нм. *Rotavirus* и *Orthoreovirus* – два рода, из которых состоит семейство Reoviridae, часто ассоциируемое с инфицированием человека. Орторевовирусы легко выделяются из клеточных культур на основании цитопатогенного эффекта. Род *Rotavirus* серологически разделен на семь групп, А–G, каждая из которых состоит из ряда подгрупп; некоторые из подгрупп являются инфицирующими только для человека, тогда как остальные поражают многих животных. Группы А–С обнаруживаются у человека, при этом наиболее значимые для человека патогены относятся к группе А. Штаммы дикого типа ротавируса группы А плохо растут в клеточной культуре, однако для анализа проб окружающей среды используется целый ряд методов обнаружения на основе ПЦР.

Влияние на здоровье человека

Ротавирусы человека являются одной из наиболее важных причин детской смертности в мире. Как правило, причиной 50–60% случаев острого гастроэнтерита у госпитализированных детей являются ротавирусы человека. Вирус поражает клетки ворсинок тонкого кишечника, нарушая транспорт натрия и глюкозы. Острая инфекция начинается бурно с тяжелой водянистой диареей, которая сопровождается повышением температуры, болями в животе и рвотой; возможно развитие обезвоживания и метаболического ацидоза, что может привести к летальному исходу в случае отсутствия должного лечения. Бремя вызываемой ротавирусом болезни является чрезвычайно высоким. Представители рода *Orthoreovirus* инфицируют многих людей,

но являются типичными "сиротскими вирусами" и не ассоциируются с какими-либо значимыми заболеваниями.

Источник и распространенность

Ротавирусы человека выделяются из организма пациентов в количестве до 10^{11} на грамм фекалий приблизительно в течение 8 дней. Это означает, что бытовые сточные воды и окружающая среда, загрязненные фекалиями человека, вероятно, содержат большое количество ротавирусов человека. Вирусы были обнаружены в сточных водах, реках, озерах и очищенной питьевой воде. Орторевовирусы, как правило, встречаются в больших количествах в сточных водах.

Пути экспозиции

Ротавирусы человека передаются фекально-оральным путем. Передача от человека человеку и вдыхание присутствующих в воздухе или аэрозолях ротавирусов человека, по-видимому, играет значительно более важную роль, чем употребление зараженных продуктов питания или воды. Это подтверждается распространением инфекции в детских палатах больниц, которое происходит значительно быстрее, чем при возможном потреблении продуктов питания или воды, загрязненных фекалиями инфицированных пациентов. Роль загрязненной воды в передаче инфекции ниже, чем предполагалось, учитывая распространенность ротавирусных инфекций человека и присутствие вирусов в загрязненной воде. Тем не менее были описаны отдельные вспышки, связанные с распространением инфекции через воду и продукты питания. Две крупные вспышки, которые произошли в Китае в 1982–1983 г., были связаны с загрязнением систем питьевого водоснабжения.

Значимость присутствия в питьевой воде

Хотя потребление питьевой воды не является наиболее распространенным путем передачи, присутствие ротавирусов человека в питьевой воде представляет риск для здоровья населения. Имеются некоторые данные о более высокой устойчивости ротавирусов к воздействию дезинфицирующих средств по сравнению с другими энтеровирусами. В рамках плана обеспечения безопасности воды при разработке мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), призванных уменьшить потенциальный риск, сопряженный с ротавирусами человека, особое внимание следует сосредоточить на предотвращении источников сырой воды отходами жизнедеятельности человека и надлежащей последующей очистке и дезинфекции. Потребуется подтвердить действенность процесса очистки, используемого для удаления ротавирусов человека. Системы питьевого водоснабжения следует также защищать от загрязнения в процессе распределения воды. В связи с повышенной устойчивостью этих вирусов к воздействию дезинфицирующих средств *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не является надежным индикатором присутствия/отсутствия ротавирусов человека в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Baggi F, Peduzzi R (2000) Genotyping of rotaviruses in environmental water and stool samples in southern Switzerland by nucleotide sequence analysis of 189 base pairs at the 5' end of the VP7 gene. *Journal of Clinical Microbiology*, 38:3681–3685.
- Gerba CP et al. (1996) Waterborne rotavirus: A risk assessment. *Water Research*, 30:2929–2940.
- Hopkins RS et al. (1984) A community waterborne gastroenteritis outbreak: Evidence for rotavirus as the agent. *American Journal of Public Health*, 74:263–265.

Hung T et al. (1984) Waterborne outbreak of rotavirus diarrhoea in adults in China caused by a novel rotavirus. *Lancet*, i:1139–1142.

Sattar SA, Raphael RA, Springthorpe VS (1984) Rotavirus survival in conventionally treated drinking water. *Canadian Journal of Microbiology*, 30:653–656.

11.3 Протозойные патогены

Простейшие и гельминты входят в число наиболее распространенных причин инфицирования и возникновения заболеваний у человека и животных. Эти болезни оказывают значительное влияние на общественное здравоохранение и социально-экономическую сферу. Вода играет важную роль в передаче некоторых из этих патогенов. Контроль за распространением через воду представляет определенные сложности, поскольку большинство патогенов формируют цисты, ооцисты или откладывают яйца, которые демонстрируют чрезвычайную устойчивость к процессам дезинфекции воды, и в некоторых случаях с трудом удаляются при помощи фильтрации. Некоторые из этих организмов вызывают "новые болезни". За последние 30 лет самым ярким примером новой болезни, вызываемой протозойными патогенами, стал криптоспоридиоз. В качестве других примеров можно назвать заболевания, вызванные микроспоридиями и циклоспорами. Поскольку о фактах, свидетельствующих о распространении "новых болезней" через воду, стало известно относительно недавно, некоторые вопросы, касающиеся их эпидемиологии и поведения во время очистки воды и проведения дезинфекции, еще предстоит прояснить. Судя по всему, значимость и сложность роли воды в распространении этой группы патогенов может увеличиваться по мере роста населения и поголовья животных, а также повышения спроса на пригодную к употреблению питьевую воду.

Дополнительная информация о новых болезнях представлена в материале *Emerging issues in water and infectious disease* (WHO, 2003) и сопутствующих документах.

Акантамеба

Общее описание

Представители рода *Acanthamoeba* являются свободноживущими амебами (10–50 мкм в диаметре), распространенными в водной среде и одними из наиболее значимых простейших в почве. Род насчитывает около 20 видов, из которых патогенными для человека считаются *A. castellanii*, *A. polyphaga* и *A. culbertsoni*. Однако классификация рода может значительно изменяться по мере того, как будут приниматься во внимание новейшие открытия в области молекулярной биологии. Одной из стадий развития акантамеб является питающийся и размножающийся трофозоит, который в неблагоприятных условиях, таких как анаэробная среда, превращается в неактивную цисту, способную выдерживать перепады температур (от –20 до 56 °С), дезинфекцию и высыхание.

Влияние на здоровье человека

Acanthamoeba culbertsoni вызывает гранулематозный амебный энцефалит, тогда как *A. castellanii* и *A. polyphaga* имеют отношение к акантамебному кератиту и акантамебному увеиту.

Гранулематозный амебный энцефалит является многоочаговым, геморрагическим и некротическим энцефалитом, который, как правило, отмечается только у истощенных лиц или лиц с ослабленным иммунитетом. Заболевание встречается редко, но, как правило, приводит к летальному исходу. К ранним симптомам относятся

сонливость, изменения личности, сильные головные боли, ригидность затылочных мышц, тошнота, рвота, периодическое незначительное повышение температуры, очаговые неврологические изменения, гемипарезы и судороги. В дальнейшем развиваются изменения психического состояния, диплопия, парез, летаргия, мозжечковая атаксия и кома. Смерть наступает в период от недели до года с момента появления первых симптомов, как правило, в результате бронхопневмонии. К сопутствующим заболеваниям гранулематозного амебного энцефалита относятся кожные язвы, заболевания печени, пневмониты, почечная недостаточность и фарингиты.

Акантамебный кератит представляет собой болезненную инфекцию роговицы и может возникать у здоровых лиц, особенно в случае использования контактных линз. Это редкое заболевание, которое может приводить к нарушениям зрения, полной слепоте или потере глаза. Распространенность антител к акантамебе и обнаружение организма в верхних дыхательных путях у здоровых лиц позволяют предположить, что инфекция может встречаться достаточно часто, но в подавляющем большинстве случаев с незначительными видимыми проявлениями.

Источник и распространенность

Широкое распространение акантамебы в окружающей среде превращает почву, атмосферную пыль и воду в потенциальные источники инфекции. Акантамеба обнаруживается в разнообразных видах водной среды, в том числе в поверхностной воде, водопроводной воде, плавательных бассейнах и растворах для контактных линз. В зависимости от вида, акантамебы могут расти в воде в широком диапазоне температур, при этом оптимальная температура для патогенных видов составляет 30 °С. Трофозоиты могут существовать и размножаться в воде, питаясь бактериями, дрожжами и другими организмами.

Пути экспозиции

Акантамебный кератит был связан с промыванием контактных линз контаминированными самодельными солевыми растворами или с загрязнением контейнеров для контактных линз. Хотя источник контаминирующих организмов установлен не был, одним из вероятных источников является водопроводная вода. Некоторые органы здравоохранения издали предупреждения о том, что для приготовления очищающих растворов для контактных линз следует использовать только стерилизованную воду. Способ передачи гранулематозного амебного энцефалита не установлен, однако вода не рассматривается в качестве источника инфекции. Наиболее вероятным путем передачи является передача через кровь из других колонизованных участков, таких как повреждения кожи или легкие.

Значимость присутствия в питьевой воде

Случаи возникновения акантамебного кератита ассоциировались с питьевой водой вследствие использования водопроводной воды для приготовления солевых растворов для очистки контактных линз. Использование водопроводной воды для очистки контактных линз не считается нормальным, поскольку для этого требуется вода более высокого качества. По сравнению с ооцистами криптоспоридий и цистами лямблий, цисты акантамеб являются относительно крупными и поддаются удалению из сырой воды при помощи фильтрации. Сокращение присутствия образующих биопленки микроорганизмов, вероятно, уменьшает источники питания и рост этого микроорганизма в водораспределительных системах, но цисты крайне устойчивы к

воздействию дезинфицирующих средств. Однако, поскольку в случае нормального использования значимость питьевой воды в качестве источника инфекции является низкой, целевого показателя, установленного исходя из требований охраны здоровья, для акантамебы не требуется.

Избранная библиография

Marshall MM et al. (1997) Waterborne protozoan pathogens. *Clinical Microbiology Reviews*, 10:67–85.
Yagita K, Endo T, De Jonckheere JF (1999) Clustering of *Acanthamoeba* isolates from human eye infections by means of mitochondrial DNA digestion patterns. *Parasitology Research*, 85:284–289.

Balantidium coli

Общее описание

Balantidium coli является одноклеточным простейшим паразитом, длина которого составляет до 200 мкм, что делает его самым крупным представителем простейших в кишечнике человека. Трофозоиты имеют овальную форму и покрыты ресничками, которые являются органоидами движения. Цисты, достигающие 60–70 мкм в длину, устойчивы к неблагоприятным условиям окружающей среды, таким как кислотность и перепады температур. *Balantidium coli* относится к инфузориям – самой многочисленной группе простейших, которая насчитывает около 7200 видов, из которых только *B. coli* является патогенной для человека.

Влияние на здоровье человека

У человека инфекции возникают сравнительно редко, и большинство из них протекает бессимптомно. Трофозоиты проникают в слизистую и подслизистую оболочки толстой кишки и, размножаясь, разрушают клетки-хозяева. Размножаясь, паразиты образуют гнезда и небольшие абсцессы, которые превращаются в овальные, неправильной формы язвы. Клинические проявления могут включать дизентерию, сходную с амебиазом, колит, диарею, тошноту, рвоту, головную боль и снижение аппетита. Как правило, инфекция является самоизлечивающейся, заканчивается полным выздоровлением.

Источник и распространенность

По-видимому, человек является основным хозяином для *B. coli*, и организм может обнаруживаться в бытовых сточных водах. Животные-носители, особенно свиньи, также вносят свой вклад в распространение цист в окружающей среде. Цисты были обнаружены в источниках воды, однако данные об их распространенности в водопроводной воде отсутствуют.

Пути экспозиции

B. coli передается фекально-оральным путем от человека человеку, в результате контакта с зараженными свиньями или употребления загрязненной воды или продуктов питания. Зарегистрирована одна вспышка балантидиоза, связанная с передачей инфекции через воду. Эта вспышка произошла в 1971 г., когда в результате тайфуна система питьевого водоснабжения оказалась загрязнена ливневыми водами, содержащими фекалии свиней.

Значимость присутствия в питьевой воде

Несмотря на то что вода, как представляется, не играет важной роли в распространении данного организма, была зафиксирована одна вспышка, связанная с

передачей через воду. *Balantidium coli* – крупный организм, поддающийся удалению путем фильтрации, однако цисты обладают высокой устойчивостью к воздействию дезинфицирующих средств. В рамках плана обеспечения безопасности воды при разработке мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), призванных уменьшить потенциальный риск, сопряженный с *B. coli*, основное внимание следует сосредоточить на предотвращении загрязнения источника воды фекалиями человека и свиней и на ее надлежащей последующей очистке. В связи с устойчивостью *B. coli* к воздействию дезинфицирующих средств *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не является надежным индикатором присутствия/отсутствия *B. coli* в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Garcia LS (1999) Flagellates and ciliates. *Clinics in Laboratory Medicine*, 19:621–638.
 Walzer PD et al. (1973) Balantidiasis outbreak in Truk. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 22:33–41.

Blastocystis

Общее описание

Blastocystis – это распространенные анаэробные кишечные паразиты, которые впервые были описаны в начале 1900-х гг. Несмотря на длительную историю изучения этого микроорганизма, в знаниях о нем существуют значительные пробелы, а вопрос его патогенности остается предметом дискуссий. Представители рода *Blastocystis* были обнаружены в организмах целого ряда животных-хозяев, при этом обнаруженный у человека вид был классифицирован как *Blastocystis hominis*. Однако молекулярные исследования позволяют предположить наличие значительной антигенной и генетической гетерогенности между *B. hominis* и другими представителями рода *Blastocystis*. *Blastocystis hominis* обитают в толстом кишечнике и имеют несколько морфологических форм, в том числе фекальные цисты, которые, как предполагается, являются инфекционной формой.

Влияние на здоровье человека

Blastocystis hominis является, вероятно, наиболее распространенным простейшим организмом, который обнаруживается в образцах фекалий человека во всем мире. Заражению подвержены как иммунокомпетентные лица, так и лица с ослабленным иммунитетом. Сообщаемая распространенность колеблется от 2 до 50%, при этом самые высокие показатели зафиксированы в развивающихся странах с неудовлетворительным санитарным состоянием окружающей среды. Как представляется, инфекция чаще обнаруживается у взрослых, чем у детей. Однако, согласно данным одного исследования, пик заболеваемости отмечается в 10 лет, а затем в более зрелом возрасте. Патогенность *B. hominis* является спорной в связи с неспецифическими симптомами и распространенностью бессимптомных инфекций. В некоторых исследованиях, проводившихся по методу "случай – контроль" с участием индивидов с симптомами и без симптомов, не было выявлено никаких различий в распространенности *B. hominis*. К симптомам инфицирования *B. hominis* относятся водянистый или жидкий стул, диарея, боли в животе, анальный зуд, потеря веса и повышенное газообразование. Продолжительность заболевания изучена недостаточно хорошо; в некоторых случаях оно может длиться в течение недель, месяцев или лет. У некоторых пациентов даже после прекращения симптомов в стуле могут обнаруживаться *Blastocystis*. Было высказано предположение, что *B. hominis*

может являться условно-патогенным организмом, патогенность которого проявляется в том случае, когда у хозяина ослаблен иммунитет, присутствует недостаток питания или иные инфекции.

Источник и распространенность

Источник инфекционного *Blastocystis* человека не определен. *Blastocystis* встречается у многих животных, в том числе у насекомых, рептилий, птиц и млекопитающих. Согласно некоторым данным, *Blastocystis* могут быть неспецифичны по отношению к хозяину; кроме того, возможна передача от животных человеку. Недавнее исследование, проведенное в Малайзии, показало, что специалисты по работе с животными и работники скотобоен подвергаются большему риску инфицирования, чем контрольная группа жителей многоэтажных городских домов. *Blastocystis* выделяется из организма в виде цист, которые могут быть экологически стойкими, однако данные о сроке их существования в окружающей среде отсутствуют. *Blastocystis* были обнаружены в пробах сточных вод.

Пути экспозиции

Пути передачи не были установлены, но основным способом передачи считается фекально-оральный путь. Изучение передачи на мышах позволило выявить инфицирование после перорального введения фекальных цист. Возможность передачи через воду и продукты питания предполагалась, однако не получила подтверждения.

Значимость присутствия в питьевой воде

Роль питьевой воды в качестве источника инфекций, вызываемых *Blastocystis*, установлена не была. Однако в результате проведенных в Таиланде исследований были представлены доказательства передачи через воду; кроме того, выявление организмов в образцах сточных вод позволяет предположить такую возможность. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) в рамках плана обеспечения безопасности воды, направленные на предотвращение загрязнения источников воды фекалиями человека и животных, должны приводить к снижению потенциальных рисков. Имеется очень мало данных об удалении и/или нейтрализации *Blastocystis* в результате процессов очистки воды и сточных вод. Морфология и оценки размера *Blastocystis* значительно различаются. Фекальные цисты могут достигать 3–10 мкм в диаметре, и, вероятно, их можно удалить методами обычной фильтрации с использованием сыпучих материалов по аналогии с ооцистами криптоспоридий, диаметр которых составляет 4–6 мкм. Сообщалось, что цисты *Blastocystis* относительно устойчивы к воздействию хлора. Принимая во внимание эту устойчивость, *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не могут считаться надежным индикатором присутствия/отсутствия *Blastocystis* в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Leelayoova S et al. (2004) Evidence of waterborne transmission of *Blastocystis hominis*. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 70:658–662.
- Rajah SH et al. (1999) *Blastocystis* in animal handlers. *Parasitology Research*, 85:1032–1033.
- Stenzel DJ, Boreham PFL (1996) *Blastocystis hominis* revisited. *Clinical Microbiology Reviews*, 9(4):563–584.
- Suresh K, Smith HV, Tan TC (2005) Viable *Blastocystis* cysts in Scottish and Malaysian sewage samples. *Applied and Environmental Microbiology*, 71:5619–5620.
- Tan KSW, Singh M, Yap EH (2002) Recent advances in *Blastocystis hominis* research: Hot spots in terra incognita. *International Journal of Parasitology*, 32:789–804.

Cryptosporidium

Общее описание

Cryptosporidium является облигатным внутриклеточным паразитом из класса кокцидий и обладает сложным жизненным циклом, включающим половое и бесполое размножение. Тонкостенные ооцисты диаметром 4–6 мкм выделяются с фекалиями. Род *Cryptosporidium* насчитывает примерно 13 видов, при этом инфекции человека вызывают преимущественно *C. hominis* и инфицирующий крупный рогатый скот генотип *C. parvum*. Другие виды *Cryptosporidium* являются причиной редко встречающихся инфекций. Способность *Cryptosporidium* инфицировать людей была выявлена в 1976 г., а возможность передачи инфекции через воду была впервые подтверждена в 1984 г.

Влияние на здоровье человека

Обычно *Cryptosporidium* вызывает самоизлечивающуюся диарею, иногда в сочетании с тошнотой, рвотой и повышением температуры. У здоровых людей заболевание проходит, как правило, в течение недели, но может длиться до месяца и дольше. Тяжесть протекания криптоспоридиоза зависит от возраста и иммунного статуса; у лиц с сильно ослабленным иммунитетом инфекция может представлять опасность для жизни. Воздействие вспышек криптоспоридиоза является достаточно существенным в связи с большим количеством людей, которые могут быть затронуты, и связанными с этим социально-экономическими последствиями. Согласно оценкам, общая сумма издержек, связанных со вспышкой заболевания в 1993 г. в Милуоки, США, составила 96,2 млн. долл. США.

Источник и распространенность

Резервуарами для *C. hominis/parvum* являются многие животные, однако наиболее важным источником возбудителей инфекции у человека является сам человек, а также домашний скот, особенно молодые животные. Телята могут выделять 10^{10} ооцист в день. Концентрация ооцист в неочищенных сточных водах достигает 14 000 единиц на литр, а для поверхностной воды – 5800 единиц на литр. В пресной воде ооцисты могут существовать от нескольких недель до нескольких месяцев. Ооцисты *Cryptosporidium* выявлялись во многих системах питьевого водоснабжения. Однако в большинстве случаев имеется мало информации о присутствии инфекционных для человека видов. Имеющиеся в настоящее время стандартные аналитические методы обеспечивают только косвенную оценку жизнеспособности и не дают информации об инфекционности для человека. Ооцисты обнаруживаются также в водных объектах, используемых в рекреационных целях.

Пути экспозиции

Cryptosporidium передается фекально-оральным путем. Основным способом передачи инфекции является контакт между людьми. К другим источникам инфекции относится употребление зараженных продуктов питания и воды и непосредственный контакт с инфицированными сельскохозяйственными и, возможно, домашними животными. Со вспышками ассоциировались загрязненная питьевая вода, водные объекты, используемые в рекреационных целях, и в меньшей степени продукты питания. В 1993 г. произошла крупнейшая зафиксированная вспышка заболевания, вызванная передачей *Cryptosporidium* через систему питьевого водоснабжения города Милуоки, США, когда инфицированными оказались свыше 400 000 человек. Инфицирующая способность ооцист *Cryptosporidium* относительно высока. Проведенные на здоровых

добровольцах исследования показали, что к заражению может привести проглатывание менее 10 ооцист.

Значимость присутствия в питьевой воде

Роль питьевой воды в распространении *Cryptosporidium*, в том числе применительно к крупным вспышкам, хорошо известна. Таким образом, этим организмам необходимо уделять особое внимание. Ооцисты чрезвычайно устойчивы к воздействию окислительных дезинфицирующих средств, таких как хлор, однако исследования, основанные на анализе инфицирующей способности, показали, что ооцисты инактивируются в результате УФ-облучения. В рамках плана обеспечения безопасности воды при разработке мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), призванных уменьшить потенциальный риск, сопряженный с *Cryptosporidium*, особое внимание следует сосредоточить на предотвращении загрязнения источника воды фекалиями человека и домашнего скота, ее надлежащей очистке и защите воды от загрязнения в процессе распределения. Вследствие относительно небольшого размера ооцист их удаление путем обычной фильтрации с использованием сыпучих материалов представляет определенную сложность. Для качественного удаления необходимы надлежащим образом сконструированные и эксплуатируемые системы. Жизнеспособным альтернативным способом эффективного удаления ооцист *Cryptosporidium* может быть процесс мембранной фильтрации, обеспечивающий непосредственный физический барьер. В связи с исключительной устойчивостью ооцист к воздействию дезинфицирующих средств, *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не может считаться надежным индикатором присутствия/отсутствия ооцист *Cryptosporidium* в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Corso PS et al. (2003) Cost of illness in the 1993 waterborne *Cryptosporidium* outbreak, Milwaukee, Wisconsin. *Emerging Infectious Diseases*, 9:426–431.
- Haas CN et al. (1996) Risk assessment of *Cryptosporidium parvum* oocysts in drinking water. *Journal of the American Water Works Association*, 88:131–136.
- Leav BA, Mackay M, Ward HD (2003) *Cryptosporidium* species: New insight and old challenges. *Clinical Infectious Diseases*, 36:903–908.
- Linden KG, Shin G, Sobsey MD (2001) Comparative effectiveness of UV wavelengths for the inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in water. *Water Science and Technology*, 43:171–174.
- Medema G et al. (2009) *Risk assessment of Cryptosporidium in drinking water*. Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/WSH/09.04).
- Okhuysen PC et al. (1999) Virulence of three distinct *Cryptosporidium parvum* isolates for healthy adults. *Journal of Infectious Diseases*, 180:1275–1281.

Cyclospora cayetanensis

Общее описание

Cyclospora cayetanensis является одноклеточным облигатным внутриклеточным паразитом семейства Eimeriidae. Она образует толстостенные ооцисты диаметром 8–10 мкм, выделяющиеся с фекалиями инфицированных лиц. *Cyclospora cayetanensis* считается новым переносимым водой патогеном.

Влияние на здоровье человека

При проглатывании спорозоиты освобождаются от ооцист и проникают в клетки эпителия тонкого кишечника у восприимчивых лиц. К клиническим симптомам циклоспориаза относятся водянистая диарея, спазмы в животе, снижение веса, потеря

аппетита, боли в мышцах и в редких случаях рвота и/или повышение температуры. Часто встречаются рецидивы заболевания.

Источник и распространенность

Единственным обнаруженным хозяином для данного организма является человек. Неспорулированные ооцисты выделяются в окружающую среду с фекалиями, после чего происходит спорулирование, завершающееся в течение 7–12 дней, в зависимости от условий окружающей среды. Патогенными являются только спорулированные ооцисты. Из-за отсутствия методики количественной оценки информация о распространенности *Cyclospora* в водной среде носит ограниченный характер. Однако *Cyclospora* обнаруживалась в сточных водах и источниках воды.

Пути экспозиции

Cyclospora cayetanensis передается фекально-оральным путем. Передача от человека человеку практически невозможна, поскольку ооцисты должны пройти стадию спорообразования вне организма хозяина – только после этого они становятся патогенными. Основными путями заражения являются загрязненная вода и продукты питания. Первоначальный источник организмов во вспышках, вызванных передачей патогена через продукты питания, в принципе установлен не был, но в ряде случаев к ним имело отношение потребление продовольственных культур, орошаемых загрязненной водой. Питьевая вода также являлась причиной возникновения вспышек. Впервые об этом сообщили сотрудники больницы в Чикаго, США, в 1990 г. Инфекции были связаны с водопроводной питьевой водой, которая, предположительно, была загрязнена застойной водой из резервуара для хранения сбора воды на крыше. Еще одна вспышка была зарегистрирована в Непале, где питьевая вода, состоящая из смеси водопроводной и речной воды, имела отношение к инфицированию 12 из 14 солдат.

Значимость присутствия в питьевой воде

Получила подтверждение передача патогенов через питьевую воду. Ооцисты устойчивы к воздействию дезинфицирующих средств и не инактивируются методами хлорирования, обычно применяемыми при производстве питьевой воды. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), которые можно было бы принять в рамках плана обеспечения безопасности воды для нейтрализации потенциальных рисков воздействия *Cyclospora*, включают предотвращение загрязнения источника воды отходами жизнедеятельности человека, последующую надлежашую очистку воды и ее защиту от загрязнения в процессе распределения. В связи с устойчивостью цист к воздействию дезинфицирующих средств *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не может считаться надежным индикатором присутствия/отсутствия *Cyclospora* в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Curry A, Smith HV (1998) Emerging pathogens: *Isospora*, *Cyclospora* and microsporidia. *Parasitology*, 117:S143–159.
- Dowd SE et al. (2003) Confirmed detection of *Cyclospora cayetanensis*, *Encephalitozoon intestinalis* and *Cryptosporidium parvum* in water used for drinking. *Journal of Water and Health*, 1:117–123.
- Goodgame R (2003) Emerging causes of traveller's diarrhea: *Cryptosporidium*, *Cyclospora*, *Isospora* and microsporidia. *Current Infectious Disease Reports*, 5:66–73.
- Herwaldt BL (2000) *Cyclospora cayetanensis*: A review, focusing on the outbreaks of cyclosporiasis in the 1990s. *Clinical Infectious Diseases*, 31:1040–1057.

- Rabold JG et al. (1994) *Cyclospora* outbreak associated with chlorinated drinking-water [letter]. *Lancet*, 344:1360–1361.
- WHO (2002) Protozoan parasites (*Cryptosporidium*, *Giardia*, *Cyclospora*). В: *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. *Addendum: Microbiological agents in drinking water*. Geneva, World Health Organization, pp. 70–118.

Дизентерийная амеба

Общее описание

Дизентерийная амеба (*Entamoeba histolytica*) является наиболее распространенным простейшим кишечным патогеном в мире и относится к надклассу Rhizopoda подтипа Sarcodina. *Entamoeba* имеет развивающийся репликационный трофозоит (диаметром 10–60 мкм), который в неблагоприятных условиях развивается в неактивную цисту (диаметром 10–20 мкм). Инфицирование происходит в результате проглатывания цист. Недавние исследования с помощью РНК- и ДНК-зондов выявили генетические различия между патогенной и непатогенной *E. histolytica*; последняя была отделена и классифицирована как *E. dispar*.

Влияние на здоровье человека

Примерно 85–95% случаев инфицирования человека, вызываемых *E. histolytica*, являются бессимптомными. Инкубационный период острого кишечного амебиаза длится от 1 до 14 недель. Клинические проявления заболевания возникают в результате проникновения амебных трофозоитов в клетки эпителия желудочно-кишечного тракта. Приблизительно у 10% инфицированных лиц развивается дизентерия или колит. Симптомы амебной дизентерии включают диарею со спазмами, боли в нижней части живота, субфебрильную температуру и наличие крови и слизи в стуле. Появляющиеся в результате инвазии трофозоитов язвы могут преобразоваться в классические колбообразные язвы амебного колита. *Entamoeba histolytica* может проникать в другие части тела, такие как печень, легкие и мозг, что иногда приводит к летальному исходу.

Источник и распространенность

Резервуаром инфекции является человек; как представляется, другие значимые животные-резервуары *E. histolytica* отсутствуют. В течение острой фазы заболевания пациенты выделяют только трофозоиты, которые не являются инфицирующими. Наиболее важными источниками инфекции являются выделяющие цисты лица с хроническим заболеванием и бессимптомные носители, которые могут выделять до $1,5 \times 10^7$ цист ежедневно. *Entamoeba histolytica* может присутствовать в сточных водах и загрязненной воде. Цисты могут сохранять жизнеспособность в подходящей водной среде при низкой температуре в течение нескольких месяцев. Вероятность передачи инфекции через воду выше в тропиках, где уровень носительства иногда достигает 50%, по сравнению с регионами с более низкой температурой, где распространенность среди населения в целом может быть ниже 10%.

Пути экспозиции

Наиболее важными способами передачи являются, как представляется, контакт между людьми и загрязнение продуктов питания зараженными работниками пищевой промышленности, однако загрязненная вода также играет важную роль. Проглатывание загрязненной фекалиями воды или употребление продовольственных культур, орошенных загрязненной водой, может привести к передаче амебиаза. Также отмечались случаи передачи половым путем, особенно среди мужчин-гомосексуалистов.

Значимость присутствия в питьевой воде

Передача *E. histolytica* через загрязненную питьевую воду получила подтверждение. Цисты относительно устойчивы к воздействию дезинфицирующих средств и не инактивируются методами хлорирования, обычно применяемыми при производстве питьевой воды. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), которые можно было бы принять в рамках плана обеспечения безопасности воды для нейтрализации потенциальных рисков воздействия *E. histolytica*, включают предотвращение загрязнения источника воды отходами жизнедеятельности человека, последующую надлежащую очистку воды и ее защиту от загрязнения в процессе распределения. В связи с устойчивостью цист к воздействию дезинфицирующих средств *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не может считаться надежным индикатором присутствия/отсутствия *E. histolytica* в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

Marshall MM et al. (1997) Waterborne protozoan pathogens. *Clinical Microbiology Reviews*, 10:67–85.

Giardia intestinalis

Общее описание

Лямблии (род *Giardia*) – жгутиковые простейшие, паразитирующие в желудочно-кишечном тракте человека и некоторых других животных. Род *Giardia* состоит из нескольких видов, но возбудителем заболевания человека (лямблиоз) обычно считают вид *G. intestinalis*, известный также как *G. lamblia* или *G. duodenalis*. Лямблии имеют относительно простой жизненный цикл, в течение которого чередуются жгутиковые трофозоиты, которые размножаются в желудочно-кишечном тракте, и инфицирующие тонкостенные цисты, которые периодически, но в значительных количествах выделяются с фекалиями. Трофозоиты двусторонне-симметричны и имеют эллипсоидную форму. Цисты имеют яйцевидную форму и достигают 8–12 мкм в диаметре.

Влияние на здоровье человека

Лямблии известны в качестве паразитов человека на протяжении 200 лет. После проглатывания и эксцистирования цист трофозоиты прикрепляются к поверхности желудочно-кишечного тракта. Инфекции у взрослых и детей могут протекать бессимптомно. В детских садах как минимум 20% детей могут являться носителями лямблий и выделять цисты без клинических проявлений. Симптомы лямблиоза могут возникать в результате вызванных трофозоитами повреждений, однако вопрос о механизмах воздействия лямблий, вызывающих диарею и кишечные мальабсорбции, остается спорным. Как правило, симптомы включают диарею и колики в животе, однако в тяжелых случаях могут наблюдаться нарушения процессов всасывания в тонком кишечнике, преимущественно среди детей младшего возраста. В большинстве случаев лямблиоз является самоизлечивающимся заболеванием, однако у некоторых пациентов, в том числе у здоровых в остальном людей, заболевание может являться хроническим и длиться более 1 года. Исследования с участием добровольцев показали, что даже менее 10 цист представляют значительный риск заражения.

Источник и распространенность

Лямблии могут размножаться в различных видах животных, в том числе внутри человека, которые выделяют цисты в окружающую среду. По некоторым сообщениям, количество цист в неочищенных сточных водах достигает 88 000 на литр, а в поверхностных водных ресурсах – 240 на литр. Цисты жизнестойки и могут выживать в пресной воде от нескольких недель до нескольких месяцев. Было подтверждено наличие цист в источниках сырой воды и системах питьевого водоснабжения. Однако данные о наличии там инфекционных для человека видов отсутствуют. Имеющиеся в настоящее время стандартные аналитические методы обеспечивают только косвенные показатели жизнеспособности и не дают информации об инфицирующей способности в отношении человека. Цисты также встречаются в водных объектах, используемых в рекреационных целях, и в загрязненных продуктах питания.

Пути экспозиции

Безусловно, наиболее распространенным путем передачи лямблий является контакт между людьми, особенно между детьми. Также с возникновением вспышек были связаны загрязненная питьевая вода, водные объекты, используемые в рекреационных целях, и в меньшей степени продукты питания. Предположительно, животные могут являться источниками инфекционного для человека *G. intestinalis*, но для определения их роли необходимы дальнейшие исследования.

Значимость присутствия в питьевой воде

Вспышки лямблиоза, возникающие вследствие передачи патогенов через воду, на протяжении более 30 лет ассоциируются с системами питьевого водоснабжения; в определенный период лямблии являлись в США наиболее часто выявляемой причиной вспышек заболеваний, связанных с передачей через воду. Цисты лямблий более устойчивы к воздействию окислительных дезинфицирующих средств, таких как хлор, чем энтеробактерии, но менее устойчивы по сравнению с ооцистами *Cryptosporidium*. Для инактивации 90% лямблий при содержании остаточного свободного хлора 1 мг/л требуется около 25–30 минут. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), которые можно было бы принять в рамках плана обеспечения безопасности воды для нейтрализации потенциальных рисков воздействия лямблий, включают предотвращение загрязнения источника воды отходами жизнедеятельности человека и животных, последующую надлежащую очистку и дезинфекцию воды, а также ее защиту от загрязнения в процессе распределения. В связи с устойчивостью цист к воздействию дезинфицирующих средств *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не может считаться надежным индикатором присутствия/отсутствия лямблий в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- LeChevallier MW, Norton WD, Lee RG (1991) Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* species in surface water supplies. *Applied and Environmental Microbiology*, 57:2610–2616.
- Ong C et al. (1996) Studies of *Giardia* spp. and *Cryptosporidium* spp. in two adjacent watersheds. *Applied and Environmental Microbiology*, 62:2798–2805.
- Rimhanen-Finne R et al. (2002) An IC-PCR method for detection of *Cryptosporidium* and *Giardia* in natural surface waters in Finland. *Journal of Microbiological Methods*, 50:299–303.
- Slifko TR, Smith HV, Rose JB (2000) Emerging parasite zoonoses associated with water and food. *International Journal for Parasitology*, 30:1379–1393.
- Stuart JM et al. (2003) Risk factors for sporadic giardiasis: A case-control study in southwestern England. *Emerging Infectious Diseases*, 9:229–233.

WHO (2002) Protozoan parasites (*Cryptosporidium*, *Giardia*, *Cyclospora*). В: *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. *Addendum: Microbiological agents in drinking water*. Geneva, World Health Organization, pp. 70–118.

Isospora belli

Общее описание

Isospora – это кокцидия, одноклеточный облигатный паразит, родственный *Cryptosporidium* и *Cyclospora*. Существует множество видов *Isospora*, которые поражают животных, но только *I. belli* известна как патоген человека, который является единственным известным организмом-хозяином для этого вида. *Isospora belli* является одной из немногих кокцидий, которая проходит стадию полового размножения в кишечнике человека. Спорулированные ооцисты попадают в организм перорально, затем проходят полный цикл бесполого и полового развития в эпителии слизистой оболочки верхнего отдела тонкого кишечника и выделяются в виде неспорулированных ооцист с фекалиями.

Влияние на здоровье человека

Заболевание, которое вызывает *I. belli*, похоже на заболевания, вызываемые *Cryptosporidium* и лямблиями. Примерно через неделю после проглатывания жизнеспособных ооцист температура повышается до субфебрильных значений, могут отмечаться усталость и плохое самочувствие, затем появляются легкая диарея и неясные боли в животе. Как правило, заболевание проходит самостоятельно в течение 1–2 недель, но в некоторых случаях диарея, потеря веса и повышенная температура могут продолжаться от 6 недель до 6 месяцев. Изоспороз с клиническими проявлениями чаще встречается у детей, чем у взрослых. Заболевание часто возникает у пациентов с ослабленным иммунитетом, при этом симптомы носят более тяжелый и с высокой долей вероятности рецидивирующий или хронический характер, приводя к мальабсорбции и потере веса. Заболевания, как правило, спорадические и наиболее распространены в тропиках и субтропиках, однако встречаются также и в других местах, в том числе в развитых странах. Случаи заболевания отмечались в Центральной и Южной Америке, Африке и Юго-Восточной Азии.

Источник и распространенность

Неспорулированные ооцисты выделяются с фекалиями инфицированных лиц. В условиях окружающей среды ооцисты образуют споры в течение 1–2 дней и переходят в потенциально инфекционную форму микроорганизма. Данных о количестве ооцист в сточных водах, а также в сырой и очищенной воде имеется немного. В значительной мере это обусловлено отсутствием чувствительных и надежных методов количественного подсчета ооцист в водной среде. Мало что известно о способности ооцист к выживанию в водной среде и других средах.

Пути экспозиции

Наиболее вероятными источниками инфекции являются низкий уровень санитарии и загрязненные фекалиями продукты питания и вода, однако передача инфекции с водой не была подтверждена. Вероятность передачи ооцист непосредственно от человека человеку ниже, чем для ооцист *Cryptosporidium* или цист лямблий, поскольку только что выделенным ооцистам *I. belli* требуются 1–2 дня в условиях окружающей среды для образования спор, прежде чем они становятся инфекционными для человека.

Значимость присутствия в питьевой воде

Особенности *I. belli* позволяют предположить, что заболевание передается через загрязненные системы питьевого водоснабжения, но это предположение не подтверждено. Информация о степени действенности процессов очистки воды в плане удаления *I. belli* отсутствует, но вполне вероятно, что этот организм относительно устойчив к воздействию дезинфицирующих средств. *I. belli* значительно крупнее, чем *Cryptosporidium*, и должна легче удаляться при помощи фильтрации. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), которые можно было бы принять в рамках плана обеспечения безопасности воды для нейтрализации потенциальных рисков воздействия *I. belli*, включают предотвращение загрязнения источника воды отходами жизнедеятельности человека, последующую надлежащую очистку и дезинфекцию воды, а также ее защиту от загрязнения в процессе распределения. В связи с вероятной устойчивостью ооцист к воздействию дезинфицирующих средств *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) не может считаться надежным индикатором присутствия/отсутствия *I. belli* в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Ballal M et al. (1999) *Cryptosporidium* and *Isospora belli* diarrhoea in immunocompromised hosts. *Indian Journal of Cancer*, 36:38–42.
- Bialek R et al. (2002) Comparison of autofluorescence and iodine staining for detection of *Isospora belli* in feces. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 67:304–305.
- Curry A, Smith HV (1998) Emerging pathogens: *Isospora*, *Cyclospora* and microsporidia. *Parasitology*, 117:S143–159.
- Goodgame R (2003) Emerging causes of traveller's diarrhea: *Cryptosporidium*, *Cyclospora*, *Isospora* and microsporidia. *Current Infectious Disease Reports*, 5:66–73.

Микроспоридия

Общее описание

Микроспоридии являются эукариотическими облигатными внутриклеточными паразитами, принадлежащими к типу микроспоридий. Первоначально ученые относили микроспоридии к простейшим, однако в настоящее время в отношении их классификации существует неопределенность: недавние исследования указывают на то, что микроспоридии можно причислить к грибам. Определены более 100 родов и почти 1000 видов микроспоридий. Инфицированию подвержены все крупные группы животных, в том числе позвоночные и беспозвоночные. Патогенными для человека считаются многие роды, в том числе *Enterocytozoon*, *Encephalitozoon* (включая *Septata*), *Nosema*, *Pleistophora*, *Vittaforma* и *Trachipleistophora*, а также объединенные группы неклассифицированных микроспоридий, называемые просто "микроспоридия". Микроспоридии являются одними из самых маленьких эукариот. Они образуют одноклеточные споры диаметром 1,0–4,5 мкм и с характерной спирально свернутой стрекательной нитью, с помощью которой в клетку хозяина вводится спороплазма и начинается инфицирование. Внутри инфицированной клетки происходит сложный процесс размножения, и образуются новые споры, выделяемые впоследствии с фекалиями, мочой, секретцией из органов дыхания и другими биологическими жидкостями, в зависимости от вида и места инфекции.

Влияние на здоровье человека

Микроспоридии являются новыми патогенами человека и выявляются преимущественно у лиц, больных СПИДом, но известна также их способность

вызывать заболевание у иммунокомпетентных лиц. Случаи заболеваний человека происходят во всем мире и были зафиксированы на всех континентах. Наиболее распространенным клиническим проявлением у лиц, больных СПИДом, является тяжелый энтерит, сопровождающийся хронической диареей, обезвоживанием и потерей веса. Зафиксированная максимальная продолжительность болезни составляла 48 месяцев. Среди населения в целом заболевание выражено слабо. Инфекция, обусловленная *Enterocytozoon*, как правило, затрагивает только кишечные энтероциты и эпителий печени. Микроспоридии рода *Encephalitozoon* поражают различные клетки, в том числе эпителиальные и эндотелиальные клетки, фибробласты, клетки почечных канальцев, макрофаги и, возможно, другие типы клеток. К нетипичным осложнениям относятся кератоконъюнктивит, миозит и гепатит.

Источник и распространенность

Источник патогенных для человека микроспоридий не установлен. Споры могут выделяться с фекалиями, а также с мочой и секретией из органов дыхания. В связи с отсутствием методики количественной оценки данные о распространенности спор микроспоридий в водной среде ограничены. Тем не менее микроспоридии выявлялись в сточных водах и источниках воды. Можно предположить, что их количество в сточных водах может быть аналогично численности *Cryptosporidium* и лямблий, и в определенных условиях водной среды они могут выживать на протяжении нескольких месяцев. Некоторые животные, в частности свиньи, могут являться хозяевами для поражающих человека видов.

Пути экспозиции

Мало что известно о путях передачи микроспоридий. Вероятно, основными путями заражения являются контакт между людьми и проглатывание спор, содержащихся в загрязненной фекалиями или мочой человека воде или продуктах питания. Связанная с передачей через воду вспышка микроспоридиоза, насчитывающая около 200 случаев, произошла в Лионе, Франция, летом 1995 г. Однако источник микроорганизмов и фекального загрязнения системы питьевого водоснабжения обнаружен не был. Возможной представляется передача путем вдыхания находящихся в воздухе спор или аэрозолей, содержащих споры. Роль животных в передаче инфекции человеку остается неясной. Эпидемиологические и экспериментальные исследования млекопитающих позволяют предположить, что микроспоридии рода *Encephalitozoon* могут передаваться трансплацентарно от матери эмбриону. Информация об инфицирующей способности спор отсутствует. Однако с учетом инфицирующей способности спор близкородственных видов инфицирующая способность микроспоридий может быть высокой.

Значимость присутствия в питьевой воде

Сообщения о распространении микроспоридий через воду поступали, и инфицирование вследствие контаминации питьевой воды представляется правдоподобным, но не подтверждено. О реакции микроспоридий на процессы очистки воды известно мало. Одно из исследований позволило сделать вывод о возможной чувствительности спор к воздействию хлора. Небольшой размер этих микроорганизмов позволяет предположить, что удалить их посредством фильтрации будет затруднительно. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), которые можно было бы принять в рамках плана обеспечения безопасности воды для нейтрализации потенциальных рисков воздействия

микроспоридий, включают предотвращение загрязнения источника воды отходами жизнедеятельности человека и животных, последующую надлежащую очистку и дезинфекцию воды, а также ее защиту от загрязнения в процессе распределения. В связи с отсутствием информации о чувствительности патогенных видов микроспоридий к воздействию дезинфицирующих средств надежность *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) как индикатора присутствия/отсутствия этих организмов в системах питьевого водоснабжения неизвестна.

Избранная библиография

- Cootе L et al. (2000) Waterborne outbreak of intestinal microsporidiosis in persons with and without human immunodeficiency virus infection. *Journal of Infectious Diseases*, 180:2003–2008.
- Dowd SE et al. (2003) Confirmed detection of *Cyclospora cayetanensis*, *Encephalitozoon intestinalis* and *Cryptosporidium parvum* in water used for drinking. *Journal of Water and Health*, 1:117–123.
- Goodgame R (2003) Emerging causes of traveller's diarrhea: *Cryptosporidium*, *Cyclospora*, *Isospora* and microsporidia. *Current Infectious Disease Reports*, 5:66–73.
- Joynson DHM (1999) Emerging parasitic infections in man. *The Infectious Disease Review*, 1:131–134.
- Slifko TR, Smith HV, Rose JB (2000) Emerging parasite zoonoses associated with water and food. *International Journal for Parasitology*, 30:1379–1393.

Naegleria fowleri

Общее описание

Naegleria являются свободноживущими амeboфлагеллятами, широко распространенными в окружающей среде. Существует несколько видов *Naegleria*, основным патогенным видом из которых является *N. fowleri*. В течение жизненного цикла представители рода *Naegleria* проходят стадию трофозоида, жгутиконосца и цисты. Трофозоид (10–20 мкм) передвигается, образуя эруптивные ложноножки, питается бактериями и размножается бинарным делением. Трофозоид может переходить в стадию жгутиконосца с двумя передними жгутиками. Жгутиконосец не делится, а возвращается к стадии трофозоида. В неблагоприятных условиях трофозоид превращается в цисту круглой формы (7–15 мкм), устойчивую к воздействию неблагоприятных условий.

Влияние на здоровье человека

Naegleria fowleri вызывает первичный амебный менингоэнцефалит у здоровых лиц. Амеба проникает в головной мозг через слизистую оболочку носа и решетчатую пластинку. Заболевание является острым, и пациенты часто умирают в течение 5–10 дней, еще до определения возбудителя инфекции. Лечение затруднено. Хотя заболевание является редким, ежегодно поступают сообщения о новых случаях.

Источник и распространенность

Naegleria fowleri является теплолюбивым организмом и размножается при температуре до 45 °С. Размножение происходит естественным образом в пресной воде подходящей температуры, и распространенность лишь косвенно связана с деятельностью человека, поскольку эта деятельность может приводить к изменению температуры или способствовать размножению бактерий (источник пищи). Сообщения о присутствии патогена поступали из разных стран и, как правило, были связаны с термально загрязненной водной средой, такой как геотермальные воды или плавательные бассейны с подогревом. Вместе с тем эти микроорганизмы обнаруживались в системах питьевого водоснабжения, особенно в тех случаях, когда температура воды превышала

25–30 °С. Вода является единственным известным источником инфекции. Первые случаи амёбного менингита были диагностированы в 1965 г. в Австралии и во Флориде. С тех пор во всем мире было зарегистрировано около 100 случаев первичного амёбного менингоэнцефалита.

Пути экспозиции

Инфекция, вызываемая *N. fowleri*, возникает почти исключительно в результате контакта носового прохода с загрязненной водой. Инфицирование связано преимущественно с рекреационным использованием воды, включая плавательные бассейны и спа-центры, а также с поверхностными водными объектами, которые естественным образом нагреваются солнцем, промышленными охлаждающими водами и геотермальными источниками. В отдельных случаях связь заболевания с воздействием воды, используемой в рекреационных целях, не прослеживалась. Наибольшая частота возникновения первичного амёбного менингоэнцефалита отмечается в жаркие летние месяцы, когда многие люди отдыхают у водоемов, а температура воды способствует росту этих микроорганизмов. Потребление загрязненной воды или продуктов питания, а также контакт между людьми не были отмечены в качестве путей передачи.

Значимость присутствия в питьевой воде

Naegleria fowleri обнаруживалась в системах питьевого водоснабжения. Несмотря на отсутствие доказательств, возможно прямое или косвенное воздействие организмов, поступивших из питьевой воды, – например, в результате использования питьевой воды в плавательных бассейнах. Любая система водоснабжения, температура воды в которой в определенные сезоны превышает 30 °С или постоянно превышает 25 °С, потенциально может поддерживать рост *N. fowleri*. В таких случаях было бы полезно периодически проводить проспективные исследования. Было доказано, что остаточное содержание свободного хлора или монохлорамина в количестве, превышающем 0,5 мг/л, сдерживает размножение *N. fowleri* при условии поддержания устойчивого уровня дезинфектанта во всей водораспределительной системе. Наряду с поддержанием устойчивого остаточного уровня дезинфектанта другие меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), направленные на ограничение присутствия биопленочных организмов, способствуют уменьшению количества питательных веществ, что обуславливает подавление роста этого патогена в водораспределительных системах. В связи с характером существования этого организма в окружающей среде *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) нельзя считать надежным индикатором присутствия/отсутствия *N. fowleri* в системах питьевого водоснабжения.

Избранная библиография

- Behets J et al. (2003) Detection of *Naegleria* spp. and *Naegleria fowleri*: a comparison of flagellation tests, ELISA and PCR. *Water Science and Technology*, 47:117–122.
- Cabanes P-A et al. (2001) Assessing the risk of primary amoebic meningoencephalitis from swimming in the presence of environmental *Naegleria fowleri*. *Applied and Environmental Microbiology*, 67:2927–2931.
- Dorsch MM, Cameron AS, Robinson BS (1983) The epidemiology and control of primary amoebic meningoencephalitis with particular reference to South Australia. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 77:372–377.
- Martinez AJ, Visvesvara GS (1997) Free-living amphizoic and opportunistic amoebas. *Brain Pathology*, 7:583–598.
- Parija SC, Jayakeerthee SR (1999) *Naegleria fowleri*: a free living amoeba of emerging medical importance. *Communicable Diseases*, 31:153–159.

Toxoplasma gondii

Общее описание

Toxoplasma gondii является паразитирующей кокцидией, и ее окончательным хозяином является кошка. У представителей семейства кошачьих паразиты находятся в желудочно-кишечном тракте, где происходит половое размножение. Активно размножающаяся бесполоя форма в организме человека является облигатным внутриклеточным паразитом (диаметром 3–6 мкм) и носит название "тахизоита". Хроническая фаза заболевания развивается в результате превращения тахизоитов в медленно воспроизводящиеся брადизоиты, которые в итоге образуют цисты в тканях хозяина. В рамках естественного цикла мыши и крысы, содержащие инфицирующие цисты, поедаются кошками, в организме которых происходит половая стадия развития паразита. Стенки цисты перевариваются, и брადизоиты проникают в эпителиальные клетки тонкого кишечника. Несколько поколений внутриклеточного развития приводят к образованию микрогамет и макрогамет. Оплодотворение последних приводит к развитию ооцист, которые выделяются с фекалиями уже через 5 дней после проглатывания кошкой цист. В условиях окружающей среды ооцистам требуется 1–5 дней для образования спор. Образовавшие споры ооцисты и тканевые цисты могут являться причиной инфицирования восприимчивых хозяев.

Влияние на здоровье человека

Как правило, токсоплазмоз у человека протекает бессимптомно. В редких случаях через 5–23 дня после проглатывания цист или ооцист возможно появление гриппоподобных симптомов, лимфоаденопатии и гепатоспленомегалии. Покоящиеся цисты, образовавшиеся в тканях организма после первичного инфицирования, могут вновь активизироваться в случае подавления иммунной системы, вызывая диссеминированное поражение, которое затрагивает центральную нервную систему и легкие и приводит к серьезным неврологическим расстройствам или пневмонии. В случае развития инфекции в этих органах у пациентов с ослабленным иммунитетом заболевание может привести к летальному исходу. Врожденный токсоплазмоз протекает преимущественно бессимптомно, но может приводить к возникновению хориоретинита, церебрального обызвествления, гидроцефалии, тяжелой тромбоцитопении и судорог. Первичное инфицирование на ранних стадиях беременности может привести к самопроизвольному аборту, мертворождению или аномалиям плода.

Источник и распространенность

Токсоплазмоз встречается во всем мире. Согласно оценкам, во многих частях мира цистами инфицировано 15–30% баранины и свинины. Распространенность выделяющих ооцисты кошек может достигать 1%. В Европе около 50% населения инфицировано к 3-й декаде жизни, а во Франции этот показатель близок к 80%. Ооцисты *Toxoplasma gondii* могут обнаруживаться в источниках воды и системах водоснабжения, загрязненных фекалиями зараженных кошек. В связи с отсутствием методик обнаружения ооцист *T. gondii* имеется мало информации о распространенности ооцист в системах снабжения сырой и очищенной водой. Также отсутствует более подробная информация о выживаемости и поведении ооцист в водной среде. Однако имеются качественные данные о наличии ооцист в загрязненной фекалиями воде, и результаты свидетельствуют о том, что ооцисты *T. gondii* могут быть столь же устойчивы к неблагоприятным условиям водной среды, как и ооцисты родственных видов паразитов.

Пути экспозиции

Потенциально инфекционными являются как ооцисты *T. gondii*, образующие споры после выделения с фекалиями кошки, так и тканевые цисты. Человек может заразиться в результате проглатывания ооцист, содержащихся в фекалиях кошки, как вследствие прямого контакта, так и при взаимодействии с загрязненной почвой или водой. Две вспышки токсоплазмоза были связаны с потреблением загрязненной воды. В Панаме наиболее вероятным источником инфекции была признана вода в периодически высыхающем ручье, загрязненная ооцистами из фекалий камышовых кошек, а произошедшая в 1995 г. вспышка в Канаде была связана с накопителем питьевой воды, загрязненным фекалиями домашних или диких кошек. Исследование, проведенное в Бразилии в 1997–1999 гг., определило потребление нефilterованной питьевой воды как фактор риска с точки зрения серопозитивности к *T. gondii*. Наиболее часто люди заражаются токсоплазмозом в результате потребления сырых или прошедших недостаточную тепловую обработку мяса и мясных продуктов, содержащих цисты *T. gondii*. Также встречается внутриутробное заражение.

Значимость присутствия в питьевой воде

Загрязненная питьевая вода была выявлена в качестве источника вспышек токсоплазмоза. О реакции *T. gondii* на процессы очистки воды известно мало. Ее ооцисты крупнее, чем ооцисты *Cryptosporidium*, и должны поддаваться удалению путем фильтрации. В рамках плана обеспечения безопасности воды при разработке мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), призванных уменьшить потенциальный риск, сопряженный с *T. gondii*, основное внимание следует сосредоточить на предотвращении загрязнения источника воды фекалиями диких и домашних кошек. При необходимости эти организмы могут быть удалены путем фильтрации. В связи с отсутствием информации о чувствительности *T. gondii* к воздействию дезинфицирующих средств надежность *E. coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) как индикатора присутствия/отсутствия этих организмов в системах питьевого водоснабжения неизвестна.

Избранная библиография

- Aramini JJ et al. (1999) Potential contamination of drinking water with *Toxoplasma gondii* oocysts. *Epidemiology and Infection*, 122:305–315.
- Bahia-Oliveira LMG et al. (2003) Highly endemic, waterborne toxoplasmosis in North Rio de Janeiro State, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, 9:55–62.
- Bowie WR et al. (1997) Outbreak of toxoplasmosis associated with municipal drinking water. The BC Toxoplasma Investigation Team. *Lancet*, 350:173–177.
- Kourenti C et al. (2003) Development and application of different methods for the detection of *Toxoplasma gondii* in water. *Applied and Environmental Microbiology*, 69:102–106.

11.4 Патогенные гельминты

Слово "гельминт" происходит от греческого слова, означающего "червь", и относится ко всем типам червей, как свободноживущим, так и паразитическим. Большинство паразитических червей подразделяются преимущественно на два типа: нематоды (круглые черви) и плоские гельминты (плоские черви, в том числе трематоды и ленточные черви). Гельминтные паразиты инфицируют большое количество людей и животных во всем мире. Для большинства гельминтов питьевая вода не является значимым путем передачи, однако существуют два исключения: *Dracunculus medinensis* (ришта) и представители рода *Fasciola* (*F. hepatica* и *F. gigantica*) (печеночные двуустки). Для завершения жизненных циклов возбудителям и

дракункулеза, и фасциолеза необходимы промежуточные хозяева, но эти патогены различными путями передаются через питьевую воду. Другие гельминтозы могут передаваться через контакт с водой (шистосомоз) или связаны с использованием неочищенных сточных вод в сельском хозяйстве (аскаридоз, трихоцефалез, анкилостомоз и стронгилоидоз), но через питьевую воду, как правило, не передаются.

Dracunculus medinensis

Dracunculus medinensis, более известный как ришта, относится к типу нематод и является единственной нематодой, значимым путем передачи которой является распространение через питьевую воду.

Ликвидация дракункулеза в мире к 1995 г. являлась целью Международного десятилетия питьевого водоснабжения и санитарии (1981–1990 гг.), и Всемирная Ассамблея здравоохранения официально взяла на себя обязательство по достижению этой цели в 1991 г. Благодаря Программе ликвидации дракункулеза удалось добиться резкого сокращения числа случаев заболевания. Согласно оценкам, в 1986 г. было зафиксировано 3,3 миллиона случаев, в 1990 – 625 000 случаев, в 2002 г. – менее 60 000 случаев, а в 2009 г. – всего 3190 случаев, причем большинство их имело место в Судане. Распространенность дракункулеза ограничивается поясом стран в центре Африки южнее Сахары.

Общее описание

Гельминты *D. medinensis* обитают в кожных и подкожных тканях инфицированных лиц; самка достигает до 700 мм в длину, самец – 25 мм. Когда самка оказывается готова к выбросу личинок (эмбрионов), она высовывает передний конец тела из нарыва или язвы, расположенной, как правило, на ступне или нижней конечности, и выбрасывает большое количество рабдитовидных личинок при погружении зараженной части тела в воду. Личинки могут передвигаться в воде в течение приблизительно 3 дней, и в это время их могут проглатывать разнообразные рачки-циклопы (подтип веслоногие раки (Copepoda), подкласс ракообразные (Crustacea)). Личинки проникают в первичную полость тела, дважды линяют и становятся инфекционными для нового хозяина примерно через 2 недели. Если циклопы (0,5–2,0 мм) проглатываются вместе с питьевой водой, личинки высвобождаются в желудке, проникают через кишечную и брюшинную стенки и обитают в подкожных тканях.

Влияние на здоровье человека

Симптомы проявляются непосредственно перед выходом гельминта из тела. Ранние проявления в виде крапивницы, эритемы, одышки, рвоты, зуда и головокружения носят аллергический характер. Примерно в 50% случаев весь червь выходит в течение нескольких недель, затем рана быстро заживает, и нетрудоспособность длится ограниченный период времени. Однако в остальных случаях возникают осложнения, происходит вторичное инфицирование следа гельминта, что приводит к тяжелой воспалительной реакции, вызывающей абсцедирование, которое сопровождается сильными болями продолжительностью до нескольких месяцев. Летальный исход встречается крайне редко, но контрактура сухожилий и хронический артрит могут приводить к постоянной нетрудоспособности. Экономические последствия могут быть весьма существенными. В одном из исследований сообщалось о сокращении ежегодного производства риса на 11% в одном из районов восточной Нигерии, что в денежном выражении составило 20 млн. долл. США.

Источник и распространенность

Связанное с риштой заболевание географически ограничено поясом стран в центре Африки южнее Сахары. Единственным источником инфекции является питьевая вода, содержащая зараженных *Dracunculus* циклопов. Как правило, случаи заболевания происходят в сельской местности, где централизованное водоснабжение отсутствует. Передача имеет ярко выраженную сезонность и зависит от изменений в источниках воды. Например, самый высокий уровень передачи приходится на начало сезона дождей в зоне сухих саванн в Мали с годовой суммой осадков 800 мм, в то время как в зоне влажных саванн южной Нигерии, где годовая сумма осадков составляет 1300 мм, он приходится на период засухи. Стратегия ликвидации включает целый ряд мероприятий, в том числе комплексный санэпиднадзор, активные меры по ограничению количества случаев болезни, обеспечение безопасной питьевой водой и санитарное просвещение.

Пути экспозиции

Единственным путем поступления в организм является потребление питьевой воды, которая содержит различные виды рачков *Cyclops*, инфицированных личинками *Dracunculus*.

Значимость присутствия в питьевой воде

Dracunculus medinensis является единственным паразитом человека, который может быть ликвидирован в ближайшем будущем путем обеспечения безопасной питьевой водой. Заражение можно предотвратить при помощи ряда сравнительно простых мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению). К ним относятся стратегии предотвращения высвобождения личинок *D. medinensis* самками гельминта у инфицированных пациентов в воду и ограничение численности рачков *Cyclops* в водных объектах при помощи рыб. Также профилактику можно обеспечить путем предоставления скважин и безопасных колодцев. Колодцы и родники следует огораживать цементным бордюром; следует избегать купания и стирки в этих водных объектах. К другим мерам контроля (барьерным или защитным мерам, препятствующим загрязнению) относится фильтрация воды, содержащей патогенные личинки *Dracunculus*, через мелкую тканевую сетку для удаления рачков *Cyclops* или инактивация этих рачков в питьевой воде путем ее хлорирования.

Избранная библиография

- Cairncross S, Muller R, Zagaria N (2002) Dracunculiasis (guinea worm disease) and the eradication initiative. *Clinical Microbiology Reviews*, 15:223–246.
- Hopkins DR, Ruiz-Tiben E (1991) Strategies for dracunculiasis eradication. *Bulletin of the World Health Organization*, 69:533–540.

Fasciola spp.

Фасциолез вызывают два вида трематод из рода *Fasciola*: *F. hepatica*, которая обитает в Европе, Африке, Азии, Северной и Южной Америке и Океании, и *F. gigantica*, которая распространена преимущественно в Африке и Азии. Вплоть до середины 1990-х г. фасциолез считался вторичным зоонозом. В большинстве регионов фасциолез является болезнью пищевого происхождения. Однако открытие плавающих метацеркарий в гиперэндемических регионах (в том числе в регионе Алтиплано в Андах, Южная Америка) указывает на то, что в определенных районах питьевая вода может быть значимым путем передачи фасциолеза.

Общее описание

Жизненный цикл *F. hepatica* и *F. gigantica* длится около 14–23 недель и требует двух хозяев. Жизненный цикл состоит из четырех этапов. На первом этапе метацеркарии попадают в организм окончательного хозяина пероральным путем. В желудочно-кишечном тракте метацеркарии эксцистируются и мигрируют в печень и желчные протоки. Через 3–4 месяца трематоды достигают половой зрелости и откладывают яйца в желчь и стенки кишечника. Взрослые сосальщики могут существовать в организме хозяина 9–14 лет. На втором этапе яйца выводятся из организма человека или животного. После попадания в пресную воду внутри яиц развиваются метацеркарии. На третьем этапе метацеркарии проникают в брюхоногих моллюсков и развиваются в церкарии, которые затем высвобождаются в воду. На четвертом, заключительном этапе церкарии плавают в течение короткого периода времени, пока не достигнут подходящего места прикрепления (водных растений), где они инцистируются, образуя метацеркарии, которые становятся инфекционными в течение 24 часов. Некоторые метацеркарии не прикрепляются к растениям, а продолжают плавать в воде.

Влияние на здоровье человека

Паразиты обитают в крупных желчных протоках и желчном пузыре. Симптомы острой и хронической стадии заболевания различаются. Инвазивная, или острая, фаза может длиться от 2 до 4 месяцев и характеризуется такими симптомами, как расстройство желудка, тошнота и рвота, боли в животе и высокая температура (до 40 °С). Также могут отмечаться анемия и аллергические реакции (например, зуд, крапивница). У детей острая инфекция может сопровождаться тяжелыми симптомами и иногда приводит к смерти. Для обструктивной, или хронической, фазы (от нескольких месяцев до нескольких лет после заражения) характерны болезненное увеличение печени, в некоторых случаях развитие обструктивной желтухи, боли в груди, потеря веса и желчнокаменная болезнь. Наиболее важными патогенными последствиями являются повреждение печени и фиброз и хроническое воспаление желчных протоков. Незрелые сосальщики могут отклоняться во время миграции, проникать в другие органы и вызывать эктопический фасциолез в широком диапазоне подкожных тканей. Для лечения фасциоза применяется триклабендазол.

Источник и распространенность

Отмечается увеличение числа случаев заболевания человека в 51 стране на пяти континентах. Согласно оценкам, число людей, страдающих фасциолезом, колеблется от 2,4 до 17 миллионов человек или даже более, в зависимости от не поддающейся оценке распространенности заболевания во многих странах Азии и Африки.

Анализ географического распределения случаев заболевания человека показывает, что корреляция между фасциолезом человека и фасциолезом животных существует только на базовом уровне. Высокие показатели распространенности случаев заболевания человека не обязательно характерны для областей, где фасциолез является серьезной проблемой для ветеринарии. Основные проблемы со здоровьем, связанные с фасциолезом, отмечаются в странах Андского региона (Многонациональное Государство Боливия, Перу, Чили, Эквадор), странах Карибского бассейна (Куба), Северной Африке (Египет), на Ближнем Востоке (Исламская Республика Иран и соседние государства) и в Западной Европе (Португалия, Франция и Испания).

Пути экспозиции

Заражение человека фасциолезом может происходить в результате проглатывания инфекционных метацеркарий при употреблении в пищу сырых водных растений (а в некоторых случаях – и наземных растений, таких как салат-латук, орошаемых загрязненной водой), загрязненной питьевой воды, использовании посуды, вымытой в загрязненной воде, или употреблении сырой печени, инфицированной незрелыми трематодами.

Значимость присутствия в питьевой воде

Вода часто упоминается в качестве источника инфекции человека. В регионе Алтиплано в Боливии 13% отдельных метацеркарий являются плавающими. Неочищенная питьевая вода в гиперэндемичных регионах часто содержит плавающие метацеркарии; например, в небольшой реке, пересекающей регион Алтиплано в Многонациональном Государстве Боливия, содержалось до 7 метацеркарий на 500 мл воды. Значимость передачи фасциолеза через воду подтверждается косвенными доказательствами. В странах Андского региона и Египте наблюдаются существенные положительные корреляции между инфицированием сосальщиками и иными передающимися через воду простейшими и гельминтами. Во многих гиперэндемичных по заболеванию человека регионах Северной и Южной Америки отсутствует традиция употребления в пищу водяного кресса или других водных растений. В дельте Нила у людей, проживающих в домах с водопроводом, риск заражения был более высок. Метацеркарии могут быть устойчивы к обработке хлором, но их следует удалять с помощью различных способов фильтрации. Например, в Тибете, Египте, распространенность заболевания среди людей заметно уменьшилась после того, как отфильтрованную воду стали подавать в специально сконструированные мойки.

Избранная библиография

- Mas-Coma S (2004) Human fascioliasis. В: Cotruvo JA et al., eds. *Waterborne zoonoses: Identification, causes, and controls*. IWA Publishing, London, on behalf of the World Health Organization, Geneva.
- Mas-Coma S, Esteban JG, Bargues MD (1999) Epidemiology of human fascioliasis: A review and proposed new classification. *Bulletin of the World Health Organization*, 77(4):340–346.
- WHO (1995) *Control of foodborne trematode infections*. Geneva, World Health Organization (WHO Technical Report Series, No. 849).

Свободноживущие нематоды

Общее описание

Нематоды являются наиболее многочисленными многоклеточными животными на Земле. Многие из них являются паразитами насекомых, растений или животных, в том числе человека. Свободноживущие виды распространены в водной среде, как в соленой, так и в пресной воде, а также в почве. Помимо того, что подавляющее большинство уже известных видов все еще мало изучены с точки зрения биологии, могут существовать еще тысячи неизвестных видов нематод, которые еще предстоит открыть. Строение нематод простое: их желудочно-кишечный тракт начинается от расположенного на переднем конце рта и заканчивается задним отверстием около хвоста, так что принцип их строения можно охарактеризовать как "труба в трубе". Размеры нематод, обнаруженных в системах питьевого водоснабжения, колеблются от 0,1 мм до более чем 0,6 мм.

В типе нематод выделяется около 20 подклассов. Четыре из них (*Rhabditida*, *Tylenchida*, *Aphelenchida* и *Dorylaimida*) наиболее распространены в почве.

К непатогенным свободноживущим нематодам, которые обнаруживались в питьевой воде, относятся *Cheilobus*, *Diplogaster*, *Tobrilus*, *Aphelenchus* и *Rhabditis*.

Влияние на здоровье человека

Наличие в питьевой воде свободноживущих нематод не обязательно представляет непосредственную угрозу для здоровья. Водоснабжающие организации рассматривают их в значительной мере как "эстетическую" проблему, как непосредственно, так и в связи с изменением цвета воды. Высокая концентрация нематод в питьевой воде придает ей неприятный вкус. Наличие в питьевой воде свободноживущих нематод снижает ее приемлемость для потребителя.

Было высказано предположение, что в желудочно-кишечном тракте свободноживущих нематод могут содержаться патогенные бактерии. Эти бактерии оказываются защищенными от дезинфицирующего воздействия хлора и, следовательно, могут представлять опасность для здоровья. Из микрофлоры кишечника нематод, взятых из проб сырой воды и полученной из нее очищенной воды, были выделены энтеробактерии. Однако они не относились к патогенным родам. Также в кишечнике свободноживущих нематод могут обитать условно-патогенные микроорганизмы, такие как *Nocardia* и *Mycobacterium*. Нет никаких оснований предполагать, что нематоды будут отдавать выборочное предпочтение патогенам. Присутствующие в кишечнике свободноживущих нематод микроорганизмы с большой долей вероятности отражают состав микроорганизмов в донных отложениях и биопленках, где питаются нематоды.

В некоторых случаях подвижные личинки паразитических нематод, таких как анкилостомы (*Necator americanus* и *Ancylostoma duodenale*) и круглые черви (*Strongyloides stercoralis*), способны перемещаться сквозь песчаные фильтры или могут попадать в питьевую воду в процессе распределения в результате фекального загрязнения. Существуют также некоторые другие виды нематод, которые теоретически могут инфицировать человека в результате потребления им загрязненной воды. Однако доказать существование этого источника инфекции трудно. Заметной паразитической нематодой, которая может встречаться в питьевой воде, является *Dracunculus medinensis*. Этот паразит рассматривается выше в этом разделе.

Источник и распространенность

Поскольку свободноживущие нематоды распространены повсеместно, они могут попадать в питьевую воду во время ее хранения, очистки, распределения или в домохозяйствах в виде яиц, свободноживущих личинок или взрослых особей. Концентрация свободноживущих нематод в источниках сырой воды, как правило, соответствует мутности воды. Чем мутнее вода, тем выше будет концентрация свободноживущих нематод.

В теплую или даже умеренно теплую погоду нематоды, а также олигохеты (например, из рода *Aeolosoma*) и личинки насекомых (например, комаров-звонцов из рода *Chironomus* и комаров из рода *Culex*) могут попадать из медленных песочных фильтров в отфильтрованную воду при снижении уровня воды в фильтре. Гидробионты, успешно преодолевающие системы очистки питьевой воды, относятся преимущественно к бентосным видам, обитающим на дне водоемов или вблизи берегов.

Пути экспозиции

Последствиями для здоровья может быть чреватое воздействие нематод, проникших в организм с питьевой водой, во время отдыха или, возможно, при употреблении свежих овощей, для удобрения которых использовались плохо очищенные сточные воды. Отличить патогенную личинку анкилостомы и круглого червя от свободноживущих непатогенных нематод в воде сложно; это требует специальных знаний в области нематологии.

Значимость присутствия в питьевой воде

В поддерживаемых в хорошем состоянии трубопроводных системах питьевого водоснабжения нематоды в большом количестве, как правило, не обнаруживаются. Яйца и инфекционные личинки паразитирующих в человеческом организме видов (*Ascaris*, *Trichuris*, *Ancylostoma*, *Necator* и *Strongyloides*), а также многих непатогенных нематод обычно отсутствуют в защищенных подземных источниках воды либо, как правило, удаляются в процессе очистки.

В некоторых случаях, при наличии в воде значительного количества питательных или органических веществ и при подходящей температуре окружающей среды, свободноживущие нематоды могут получить возможность питаться размножающимися микроорганизмами в биопленках или шлаках в процессе очистки или в водопроводной сети и, таким образом, размножаться внутри системы. Особую актуальность это приобретает в тех случаях, когда отсутствует необходимая защита источников питьевой воды, системы очистки не соответствуют требованиям или не эксплуатируются и не обслуживаются должным образом, в системе распределения имеются утечки либо многочисленные застойные или "мертвые" зоны. Обнаружение большого количества нематод (живых или мертвых) в питьевой воде указывает на существование проблемы, требующей решения, но не обязательно означает непосредственную угрозу здоровью.

Избранная библиография

- Ainsworth R, ed. (2004) Safe piped water: Managing microbial water quality in piped distribution systems. Geneva, World Health Organization.
- Brusca RC, Brusca GJ (2002) Invertebrates, 2nd ed. Sunderland, MA, Sinauer Associates Inc.
- Chang SL, Woodward RL, Kabler PW (1960) Survey of free-living nematodes and amebas in municipal supplies. *Journal of the American Water Works Association*, 52:613.
- Endo T, Morishima Y (2004) Major helminth zoonoses in water. B: Cotruvo JA et al., eds. *Waterborne zoonoses: Identification, causes, and controls*. IWA Publishing, London, on behalf of the World Health Organization, Geneva, pp. 291–304.
- Evins C, Greaves GF (1979) Penetration of water treatment works by animals. Medmenham, Water Research Centre (Technical Report TR 115).
- Lupi E, Ricci V, Burrini D (1995) Recovery of bacteria in nematodes from a drinking water supply. *Journal of Water Supply: Research and Technology – Aqua*, 44:212–218.
- McSorley R (2007) Soil-inhabiting nematodes, Phylum Nematoda. Gainesville, FL, University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, Department of Entomology and Nematology.
- Mott JB, Mulamoottil G, Harrison AD (1981) A 13-month survey of nematodes at three water treatment plants in southern Ontario, Canada. *Water Research*, 15:729.
- Tombes AS et al. (1979) The relationship between rainfall and nematode density in drinking water. *Water Research*, 13:619.

***Schistosoma* spp.**

Общее описание

Род *Schistosoma* принадлежит к классу трематоды, более известному как трематоды или кровяные сосальщики. Длительность жизненного цикла составляет 3–4 месяца и

протекает в организмах двух хозяев. Существует около 20 видов *Schistosoma*, а взрослые сосальщики часто обнаруживаются в организме человека и других млекопитающих и птиц. В отличие от других видов трематод у *Schistosoma* выделяют две различные половые формы. Среди наиболее значимых для человека шистосом взрослые особи достигают 12–20 мм в длину и 0,3–0,6 мм в ширину; самцы короче и шире, чем самки. Взрослые особи шистосомы обитают в мезентеральных кровеносных сосудах окончательного хозяина. Достигшие половой зрелости черви спариваются, и самки откладывают яйца круглой или овальной формы длиной от 50 до 200 мкм. В зависимости от вида патогена большая часть отложенных самками яиц достигают кишечника или мочевого пузыря и выводятся из организма соответственно с фекалиями или мочой. Личинки (мирацидии) вылупляются из яиц в пресной воде и проникают в являющихся хозяевами улиток, где проходят цикл бесполого размножения и развиваются в инфекционных личинок (церкарий). Церкарии обладают грушевидной головой и раздвоенным хвостом и достигают 400–600 мкм в длину. Они попадают в воду из улиток и проникают в организм конечных хозяев, в том числе человека.

Влияние на здоровье человека

Шистосомоз, также известный как бильгарциоз, – это группа инфекционных заболеваний человека, вызываемых пятью основными видами *Schistosoma*. Кишечный шистосомоз вызывают *Schistosoma mansoni*, *S. japonicum*, *S. mekongi* и *S. intercalatum*, тогда как причиной мочепоолового шистосомоза является *S. haematobium*. Большинство симптомов шистосомоза являются проявлением реакции организма на отложенные яйца и обусловлены интенсивностью иммунного ответа хозяина, а не непосредственно паразитами. Таким образом, симптомы зависят от количества и расположения яиц в организме хозяина и легкие инфекции могут протекать бессимптомно. У некоторых людей начальная аллергическая реакция (болезнь Катаямы), включающая повышение температуры, озноб, мышечные боли и кашель, может начинаться в течение 1–2 месяцев после заражения, непосредственно перед первоначальным откладыванием яиц и в его процессе. Симптомы хронического инфицирования *S. mansoni*, *S. japonicum*, *S. intercalatum* и *S. mekongi* относятся преимущественно к кишечнику и печени и включают, в частности, кровавую диарею (кишечный шистосомоз), боли в животе и гепатоспленомегалию, тогда как инфицирование *S. haematobium* приводит к проявлениям со стороны мочепооловой системы, включая расстройства мочеиспускания и гематурию. К опасным для жизни серьезным осложнениям хронических инфекций относятся фиброз печени и портальная гипертензия. С мочепооловым шистосомозом связано развитие рака мочевого пузыря и почечной недостаточности. Реже яйца находятся в головном или спинном мозге и могут вызывать общемозговые симптомы, такие как судороги и паралич. В случаях заболевания детей также отмечаются анемия и недоедание. Признаками инфицирования детей школьного возраста являются замедленный рост, задержки развития и сниженные познавательные способности. В общей сложности инфицировано более 200 миллионов человек в 75 странах мира. Ежегодное число смертей, связанных с шистосомозом, составляет, согласно оценкам, 20 000 случаев. Шистосомоз является одной из важнейших проблем общественного здравоохранения и значимой социально-экономической проблемой тех развивающихся стран, где он является эндемичным заболеванием.

Источник и распространенность

Шистосомы встречаются в тропических и субтропических пресноводных источниках. *Schistosoma mansoni* встречается в Африке, на Аравийском полуострове, в Бразилии,

Суринаме, Боливарианской Республике Венесуэла и на некоторых островах Карибского бассейна, *S. haematobium* – в Африке и на Ближнем Востоке, *S. japonicum* – в Китае, на Филиппинах и на острове Сулавеси в Индонезии, *S. intercalatum* – в некоторых странах Центральной Африки, а распространение *S. mekongi* ограничено рекой Меконг в Камбодже и Лаосской Народно-Демократической Республике. Было установлено, что осуществление проектов освоения водных ресурсов, в том числе строительство плотин, способно приводить к увеличению числа случаев шистосомоза вследствие расширения ареала обитания пресноводных улиток. Человек является основным резервуаром для *S. haematobium*, *S. intercalatum* и *S. mansoni*, хотя переносчиком последнего являются и грызуны. Потенциальными резервуарами *S. japonicum* являются различные организмы, такие как человек, собаки, кошки, грызуны, свиньи, крупный рогатый скот и буйволы, тогда как потенциальными резервуарами *S. mekongi* являются человек и собаки.

Пути экспозиции

Заражение происходит в результате проникновения через кожу, когда человек подвергается воздействию свободноплавающих церкарий в загрязненной воде, используемой для сельскохозяйственных, домашних и рекреационных целей. В результате потребления питьевой воды заражения не происходит. Церкарии патогенных для человека шистосом быстро проникают через кожу и превращаются в шистосомулы, которые мигрируют в легкие через кровеносную систему и развиваются во взрослых особей в брыжеечных венах. Если в контакт с кожей человека вступают церкарии непатогенных для человека видов, они не выживают, но могут вызывать воспалительные реакции, особенно у хозяев, которые ранее подвергались их воздействию. В местах проникновения церкарий может возникать папулезная сыпь, известная как шистосомный церкариальный дерматит. В большинстве случаев возникновения этого дерматита, зафиксированных в мире, причиной его являлись церкарии шистосом птиц и, вероятно, крупного рогатого скота. Передачи от человека человеку не происходит.

Значимость присутствия в питьевой воде

Большинство случаев инфицирования происходит в бедных общинах, не имеющих доступа к безопасной питьевой воде и надлежащей санитарии. Доступность безопасной питьевой воды позволяет осуществлять замену загрязненной воды, используемой для бытовых целей, способствуя тем самым профилактике заболевания. Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) в рамках плана обеспечения безопасности воды включают предотвращение загрязнения источника воды отходами жизнедеятельности человека, программы борьбы с улитками и проведение надлежащей водообработки. Церкарии *Schistosoma* могут быть удалены путем фильтрации и инактивированы путем хлорирования.

Избранная библиография

- Boulanger D et al. (1999) The oral route as a potential way of transmission of *Schistosoma bovis* in goats. *Journal of Parasitology*, 85:464–467.
- Esrey SA et al. (1991) Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma. *Bulletin of the World Health Organization*, 69:609–621.
- Giver H et al. (1999) Peroral infection of pigs with *Schistosoma japonicum* cercariae. *Veterinary Parasitology*, 83:161–165.
- Hunter JM et al. (1993) *Parasitic diseases in water resources development: The need for intersectoral negotiation*. Geneva, World Health Organization.

Noda S et al. (1997) Effect of piped water supply on human water contact patterns in a *Schistosoma haematobium*–endemic area in Coast Province, Kenya. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 56:118–126.

Steinmann P et al. (2006) Schistosomiasis and water resources development: Systematic review, meta-analysis, and estimates of people at risk. *Lancet Infectious Diseases*, 6:411–425.

11.5 Токсичные цианобактерии

Более подробная информация о токсичных цианобактериях содержится во вспомогательном документе *Toxic cyanobacteria in water* (Приложение 1).

Общее описание

Цианобактерии – это способные к фотосинтезу бактерии, обладающие некоторыми свойствами водорослей. Примечательно, что они содержат хлорофилл *a* и выделяют кислород в процессе фотосинтеза. Использованные для первичной классификации виды были сине-зеленого цвета; в результате общим для этих организмов названием стал термин "сине-зеленые водоросли". Однако в связи с выработкой различных пигментов существует значительное количество цианобактерий, которые не являются сине-зелеными, и их цвет может варьироваться от сине-зеленого до желто-коричневого и красного. Большинство цианобактерий являются фототрофами, однако некоторые из них проявляют способность к гетеротрофному развитию. Они могут расти как в виде отдельных клеток, так и многоклеточных нитей или колоний. При помощи микроскопа можно определить их морфологию и отнести к определенному роду или даже виду. Некоторые виды образуют налет или пену на поверхности, тогда как другие равномерно распределяются во всех перемешанных слоях водной массы или находятся на дне (бентос). Некоторые цианобактерии обладают способностью регулировать свою плавучесть при помощи внутриклеточных газовых вакуолей, а отдельные виды могут связывать растворенный в воде элементарный азот. Наиболее примечательной особенностью цианобактерий с точки зрения влияния на общественное здравоохранение является способность ряда видов к выделению токсинов.

Влияние на здоровье человека

Многие цианобактерии выделяют сильнодействующие токсины, как показано в таблице 11.1. Токсины цианобактерий также рассматриваются в разделе 8.5.1. Каждый токсин обладает специфическими свойствами и оказывает различное патогенное воздействие, включая повреждение печени, нейротоксичность и образование опухолей. К возникающим после воздействия токсинов острым симптомам относятся желудочно-кишечные расстройства, повышение температуры и раздражение кожи, ушей, глаз, горла и дыхательных путей. Цианобактерии не размножаются в организме человека и, следовательно, не являются инфекционными.

Таблица 11.1. Цианотоксины, выделяемые цианобактериями

Токсичные виды	Цианотоксины
Виды <i>Anabaena</i>	Микроцистин, сакситоксины, анатоксин-а, анатоксин-а(s)
Виды <i>Aphanizomenon</i>	Анатоксин-а, сакситоксины, цилиндропермопсин
Виды <i>Cylindrospermum</i>	Цилиндропермопсин, сакситоксины, анатоксин-а
Виды <i>Lyngbya</i>	Цилиндропермопсин, сакситоксины, лингбиатоксины
Виды <i>Microcystis</i>	Микроцистин, анатоксин-а (незначительное количество)
Виды <i>Nodularia</i>	Нодуларины

Токсичные виды	Цианотоксины
Виды <i>Nostoc</i>	Микроцистин
Виды <i>Oscillatoria</i>	Анатоксин-а, микроцистин
Виды <i>Planktothrix</i>	Анатоксин-а, человеческий анатоксин-а, микроцистин
<i>Raphidiopsis curvata</i>	Цилиндроспермопсин
<i>Umezakia natans</i>	Цилиндроспермопсин

Источник и распространенность

Цианобактерии широко распространены и обнаруживаются в разнообразных средах, в том числе в почве, в морской воде и в первую очередь в пресной воде. Росту могут способствовать некоторые условия окружающей среды, в том числе солнечный свет, высокий уровень питательных веществ, отсутствие волнения и теплая погода. В зависимости от вида это может привести к изменению цвета воды на зеленоватый в связи с высокой плотностью взвешенных клеток, а в некоторых случаях – к образованию поверхностной пены. Такое скопление клеток может привести к высокой концентрации токсинов.

Пути экспозиции

Потенциальные проблемы со здоровьем возникают в результате воздействия токсинов вследствие употребления питьевой воды, во время отдыха, принятия душа и, возможно, вследствие употребления пищевых добавок на основе водорослей. Применительно ко многим цианотоксинам основной проблемой является повторяющееся или постоянное воздействие, однако в некоторых случаях более значимой оказывается острая токсичность (например, у лингбиатоксинов и нейротоксинов сакситоксина и анатоксина). Летальные случаи у людей имели место вследствие использования гемодиализа ненадлежащим образом очищенной воды с высоким уровнем цианотоксинов. Воздействие на кожу может привести к раздражению кожи и слизистых оболочек, а также, возможно, к аллергическим реакциям.

Значимость присутствия в питьевой воде

В большинстве поверхностных водных объектов наблюдается низкая плотность клеток цианобактерий. Однако в условиях окружающей среды, способствующих их быстрому размножению, возможно повышение их плотности – явление цветения. Цветению цианобактерий может способствовать эвтрофикация (ускорение биологического роста в связи с повышением количества питательных веществ). Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению), направленные на уменьшение потенциальной возможности цветения, включают регулирование стока с водосбора в целях минимизации поступления питательных веществ в источник воды, поддержание скорости течения в зарегулированных реках и применение методов перемешивания воды для устранения расслаивания и сокращения поступления питательных веществ из донных отложений в водохранилищах.

Избранная библиография

- Backer LC (2002) Cyanobacterial harmful algal blooms (CyanoHABs): Developing a public health response. *Lake and Reservoir Management*, 18:20–31.
- Chorus I, Bartram J, eds (1999) *Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management*. Published by E & FN Spon, London, on behalf of the World Health Organization, Geneva.

Lahti K et al. (2001) Occurrence of microcystins in raw water sources and treated drinking water of Finnish waterworks. *Water Science and Technology*, 43:225–228.

11.6 Индикаторные организмы

Индикаторные организмы используются для различных целей, в том числе в качестве индикаторов:

- фекального загрязнения во время мониторинга в рамках проверки и надзора;
- эффективности таких процессов, как фильтрация или дезинфекция, во время валидации;
- отсутствия повреждений и чистоты систем распределения в рамках оперативного (рабочего) мониторинга.

Подробнее вопросы индикаторных организмов рассматриваются в [разделе 7.4](#) и во вспомогательном документе *Assessing microbial safety of drinking water* ([Приложение 1](#)).

Общие колиформные бактерии

Общее описание

Общие колиформные бактерии – это широкий спектр аэробных и факультативно анаэробных грамотрицательных неспорообразующих бацилл, способных к росту в присутствии солей желчных кислот в относительно высокой концентрации с ферментацией лактозы и выделением кислоты или альдегида в течение 24 часов при температуре 35–37 °С. *Escherichia coli* и термотолерантные колиформные бактерии представляют собой одну из подгрупп группы общих колиформных бактерий и способны к ферментации лактозы при более высоких температурах (см. ниже). В процессе ферментации лактозы общие колиформные бактерии выделяют фермент β-галактозидазу. Традиционно считалось, что колиформные бактерии принадлежат к родам *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* и *Enterobacter*, однако эта группа более разнородна и включает более широкий спектр родов, в том числе такие, как *Serratia* и *Hafnia*. Группа общих колиформных бактерий включает как фекальные, так и природные виды.

Значимость в качестве индикатора

К общим колиформным бактериям относятся организмы, которые могут жить и развиваться в воде. Следовательно, они не подходят в качестве индикаторов фекальных патогенов, но могут быть использованы для оценки чистоты и целостности водораспределительных систем и возможного присутствия биопленок. Однако для этих целей существуют и более подходящие индикаторы. Было высказано предположение, что общие колиформные бактерии можно использовать в качестве индикатора эффективности дезинфекции. Однако тест на общие колиформные бактерии занимает больше времени и является менее надежным по сравнению с непосредственным измерением остаточного количества дезинфектанта. Кроме того, общие колиформные бактерии значительно более чувствительны к воздействию дезинфицирующих средств, чем энтеровирусы и простейшие. Измерения, проводимые при помощи НРС, позволяют обнаружить более широкий спектр микроорганизмов и считаются, как правило, лучшим индикатором целостности и чистоты системы распределения.

Источник и распространенность

Общие колиформные бактерии (за исключением *E. coli*) обнаруживаются как в сточных, так и в природных водах. Некоторые из этих бактерий выделяются с фекалиями человека и животных, но многие колиформные бактерии являются гетеротрофами и способны размножаться в водной среде и почве. Общие колиформные бактерии также выживают и развиваются в водораспределительных системах, особенно при наличии в них биопленок.

Практическое применение

Содержание общих колиформных бактерий, как правило, измеряется в пробах воды объемом 100 мл. Существует множество относительно простых процедур, основанных на выработке кислоты из лактозы или на выделении фермента β-галактозидазы. Процедуры включают мембранную фильтрацию с последующим выращиванием пленок на селективных средах при температуре 35–37 °С и подсчетом колоний через 24 часа. К альтернативным методам относится определение наиболее вероятной численности с использованием пробирок или титрационных микропланшетов и тесты на присутствие или отсутствие. Существуют также наборы для проведения анализов в полевых условиях.

Значимость присутствия в питьевой воде

Сразу после дезинфекции общие колиформные бактерии должны отсутствовать, и присутствие этих организмов указывает на ненадлежащую очистку. Присутствие общих колиформных бактерий в системах распределения и хранения воды может свидетельствовать о возобновлении роста и возможном образовании биопленки или загрязнении в результате проникновения посторонних веществ, в том числе почвы или растений.

Избранная библиография

- Ashbolt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. В: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality—Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. London, IWA Publishing, pp. 289–315 (WHO Water Series).
- Grabow WOK (1996) Waterborne diseases: Update on water quality assessment and control. *Water SA*, 22:193–202.
- Sueiro RA et al. (2001) Evaluation of Coli-ID and MUG Plus media for recovering *Escherichia coli* and other coliform bacteria from groundwater samples. *Water Science and Technology*, 43:213–216.

***Escherichia coli* и термотолерантные колиформные бактерии**

Общее описание

Общие колиформные бактерии, которые способны к ферментации лактозы при температуре 44–45 °С, известны под названием термотолерантных колиформных бактерий. В большинстве водных объектов основным видом является *Escherichia*, но некоторые типы *Citrobacter*, *Klebsiella* и *Enterobacter* также являются термотолерантными. *Escherichia coli* можно отличить от других термотолерантных колиформных бактерий по ее способности продуцировать индол из триптофана или по выделению фермента β-глюкуронидазы. *Escherichia coli* присутствует в больших количествах в фекалиях человека и животных и редко встречается в отсутствие фекального загрязнения, однако есть некоторые данные, свидетельствующие о ее росте в тропических почвах. К иным, чем *E. coli*, термотолерантным видам могут относиться и встречающиеся в природе организмы.

Значимость в качестве индикатора

Escherichia coli считается оптимальным индикатором фекального загрязнения. В большинстве случаев популяции термотолерантных колиформных бактерий состоят преимущественно из *E. coli*; таким образом, эта группа рассматривается как менее надежный, но приемлемый индикатор фекального загрязнения. *Escherichia coli* (альтернативный вариант – термотолерантные колиформные бактерии) является предпочитаемым организмом в рамках программ мониторинга с целью проверки, в том числе надзора за качеством питьевой воды. Также эти организмы используются в качестве индикаторов эффективности дезинфекции, однако анализ занимает больше времени и является менее надежным по сравнению с непосредственным измерением остаточного количества дезинфектанта. Кроме того, *E. coli* значительно более чувствительны к воздействию дезинфицирующих средств, чем энтеровирусы и простейшие.

Источник и распространенность

Escherichia coli обнаруживается в больших количествах в фекалиях человека и животных, в сточных водах и в воде в случае недавнего фекального загрязнения. Вероятность роста этих микроорганизмов в системах распределения питьевой воды, с учетом температуры воды и наличия питательных веществ, крайне низка.

Практическое применение

Содержание *Escherichia coli* (альтернативный вариант – содержание термотолерантных колиформных бактерий), как правило, измеряется в пробах воды объемом 100 мл. Существует множество относительно простых процедур, основанных на выработке кислоты и газа из лактозы или на выделении фермента β-глокуронидазы. Процедуры включают мембранную фильтрацию с последующей инкубацией мембран на селективных средах при температуре 44–45 °С и подсчетом колоний через 24 часа. К альтернативным методам относится определение наиболее вероятной численности с использованием пробирок или титрационных микропланшетов и тесты на присутствие или отсутствие, некоторые для объемов воды, превышающих 100 мл. Имеются также наборы для проведения анализов в полевых условиях.

Значимость присутствия в питьевой воде

Присутствие *E. coli* (либо термотолерантных колиформных бактерий) свидетельствует о недавнем фекальном загрязнении, и в случае ее обнаружения следует рассмотреть возможность дальнейших действий, которые могли бы включать дальнейший отбор проб и изучение потенциальных источников, таких, как ненадлежащая очистка или нарушение целостности водораспределительной системы.

Избранная библиография

- Ashbolt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. В: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality—Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. London, IWA Publishing, pp. 289–315 (WHO Water Series).
- George I et al. (2001) Use of rapid enzymatic assays to study the distribution of faecal coliforms in the Seine river (France). *Water Science and Technology*, 43:77–80.
- Grabow WOK (1996) Waterborne diseases: Update on water quality assessment and control. *Water SA*, 22:193–202.
- Sueiro RA et al. (2001) Evaluation of Coli-ID and MUG Plus media for recovering *Escherichia coli* and other coliform bacteria from groundwater samples. *Water Science and Technology*, 43:213–216.

Определение количества микроорганизмов чашечным методом

Имеется подробный обзор использования НРС (см. вспомогательный документ *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety*; Приложение 1).

Общее описание

Измерения НРС позволяют обнаружить широкий спектр гетеротрофных микроорганизмов, в том числе бактерий и грибов, основываясь на способности этих организмов расти на питательной среде для роста без ингибирующих или селективных агентов в течение определенного периода выращивания и при определенной температуре. Спектр организмов, выявляемых при помощи НРС, включает организмы, чувствительные к воздействию дезинфицирующих средств, такие как колиформные бактерии, организмы, устойчивые к воздействию дезинфицирующих средств, такие как спорообразующие, и организмы, которые стремительно размножаются в очищенной воде в случае отсутствия остаточных дезинфектантов. Анализы позволяют обнаружить лишь небольшую часть присутствующих в воде микроорганизмов. Выявляемые популяции будут меняться в зависимости от метода и условий его применения. Несмотря на наличие разработанных стандартных методов, единого универсального способа НРС не существует. Возможно использование различных сред, температура выращивания варьируется от 20 до 37 °С, а период выращивания может составлять от нескольких часов до 7 дней и более.

Значимость в качестве индикатора

Анализ не имеет особого значения в качестве индикатора присутствия патогенов, но может быть полезен для оперативного (рабочего) мониторинга как индикатор качества проведения очистки и дезинфекции, когда целью является поддержание как можно более низкого числа организмов. Кроме того, измерения НРС могут быть использованы при оценке чистоты и целостности систем распределения и наличия биопленок.

Источник и распространенность

К гетеротрофным микроорганизмам относятся как представители естественной бактериальной флоры водной среды (как правило, неопасные), так и организмы, присутствующие в различных источниках загрязнения. Они обнаруживаются в больших количествах в источниках сырой воды. Фактический состав организмов, обнаруживаемых путем анализа НРС в пробах, отобранных в разных местах, и в последовательно отобранных пробах, существенно различается. Некоторые процессы очистки питьевой воды, такие как коагуляция и седиментация, уменьшают количество обнаруживаемых НРС организмов в воде. Однако организмы размножаются во время других процессов очистки, например при использовании биологически активированного угля и песочных фильтров. Число организмов, выявляемых при помощи НРС, значительно уменьшается после использования таких методов дезинфекции, как хлорирование, озонирование и ультрафиолетовая обработка. Однако на практике ни один процесс дезинфекции не обеззараживает воду полностью: в подходящих условиях, таких как отсутствие остаточных дезинфектантов, организмы, обнаруживаемые при помощи НРС, могут быстро размножаться. Организмы, обнаруживаемые при помощи НРС, могут расти в воде и на контактирующих с водой поверхностях в виде биопленок. Основными факторами, определяющими рост или его возобновление, являются температура, наличие питательных веществ, в том числе

ассимилируемого органического углерода, отсутствие остаточных дезинфектантов и застой воды.

Практическое применение

Сложное лабораторное оборудование и высококвалифицированный персонал не требуются. Результаты выращивания культур на простых, инкубируемых в аэробных условиях чашках Петри с агаром становятся доступными через несколько часов или несколько дней, в зависимости от особенностей используемой процедуры.

Значимость присутствия в питьевой воде

Предполагается, что после проведения дезинфекции численность микроорганизмов снизится; однако для большинства способов использования результатов НРС фактическое количество имеет меньшую значимость, нежели изменения численности в определенных местах. В водораспределительных системах увеличение численности может указывать на снижение уровня чистоты, возможно, застой воды, и потенциальное развитие биопленок. НРС может выявлять условно-патогенные микроорганизмы, такие как *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Moraxella*, *Serratia*, *Pseudomonas* и *Xanthomonas*. Однако фактические данные о связи какого-либо из этих организмов с возникновением желудочно-кишечной инфекции в результате употребления питьевой воды среди населения в целом отсутствуют.

Избранная библиография

- Ashbolt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. В: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality—Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. London, IWA Publishing, pp. 289–315 (WHO Water Series).
- Bartram J et al., eds (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: The significance of HPCs for water quality and human health*. London, IWA Publishing (WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series).

Желудочно-кишечные энтерококки

Общее описание

Желудочно-кишечные энтерококки представляют собой подгруппу более крупной группы организмов, известной под названием "фекальные стрептококки", в состав которой входят виды из рода *Streptococcus*. Эти бактерии являются грамположительными и относительно устойчивыми к содержанию хлорида натрия и щелочным показателям pH. Они являются факультативными анаэробами и могут располагаться поодиночке, попарно или в виде коротких цепочек. Все фекальные стрептококки, в том числе желудочно-кишечные энтерококки, дают положительную реакцию на антисыворотки Lancefield группы D и выделяются из фекалий теплокровных животных. К подгруппе желудочно-кишечных энтерококков относятся следующие виды: *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans* и *E. hirae*. Эта группа была отделена от остальной части фекальных стрептококков, поскольку они являются относительно специфическими для фекального загрязнения. Однако иногда источником некоторых желудочно-кишечных энтерококков, выделяемых из воды, могут являться также другие места обитания, в том числе почва, в отсутствие фекального загрязнения.

Значимость в качестве индикатора

Группа желудочно-кишечных энтерококков может использоваться в качестве индикаторов фекального загрязнения. Большинство видов в водной среде не

размножается. Как правило, количество желудочно-кишечных энтерококков в фекалиях человека на порядок ниже, чем *E. coli*. К важным преимуществам данной группы относится способность к более длительному, как правило, выживанию в водной среде, по сравнению с *E. coli* (или с термотолерантными колиформными бактериями), большая устойчивость к высыханию и большая устойчивость к хлорированию. Желудочно-кишечные энтерококки использовались при проведении анализа сырой воды в качестве индикатора фекальных патогенов, выживающих дольше, чем *E. coli*, и для анализа питьевой воды, дополняющего анализ на наличие *E. coli*. Кроме того, они использовались для проверки качества воды после ремонта водораспределительных систем или после прокладки новых водопроводов.

Источник и распространенность

Наиболее часто желудочно-кишечные энтерококки выделяются с фекалиями человека или других теплокровных животных. Некоторые представители данной группы также были обнаружены в почве при отсутствии фекального загрязнения. Желудочно-кишечные энтерококки присутствуют в больших количествах в сточных водах и водных средах, загрязненных сточными водами или фекалиями человека и животных.

Практическое применение

Энтерококки обнаруживаются при помощи несложных и малозатратных методов выращивания культуры, для которых требуется стандартное оборудование бактериологических лабораторий. Распространенные методы включают мембранную фильтрацию с инкубацией мембран на селективных средах и подсчетом колоний после инкубации при температуре 35–37 °С через 48 часов. К другим методам относится метод определения наиболее вероятного числа с использованием титрационных микропланшетов, основанный на способности желудочно-кишечных энтерококков к гидролизу 4-метил-умбеллиферил-бета-D-глюкозида в присутствии ацетата таллия и налидиксовой кислоты в течение 36 часов при температуре 41 °С.

Значимость присутствия в питьевой воде

Наличие желудочно-кишечных энтерококков свидетельствует о недавнем фекальном загрязнении, и в случае их обнаружения следует рассмотреть возможность дальнейших действий, которые могли бы включать дальнейший отбор проб и изучение потенциальных источников, таких как ненадлежащая очистка или нарушение целостности водораспределительной системы.

Избранная библиография

- Ashbolt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. В: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality—Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. London, IWA Publishing, pp. 289–315 (WHO Water Series).
- Grabow WOK (1996) Waterborne diseases: Update on water quality assessment and control. *Water SA*, 22:193–202.
- Junco TT et al. (2001) Identification and antibiotic resistance of faecal enterococci isolated from water samples. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 203:363–368.
- Pinto B et al. (1999) Characterization of “faecal streptococci” as indicators of faecal pollution and distribution in the environment. *Letters in Applied Microbiology*, 29:258–263.

Clostridium perfringens

Общее описание

Представители рода *Clostridium* – это грамположительные анаэробные бактерии, способные к восстановлению сульфитов. Они образуют споры, исключительно устойчивые к неблагоприятным условиям водной среды, в том числе УФ-облучению, экстремальным значениям температуры и кислотности и процессам дезинфекции, таким как хлорирование. Характерный для данного рода вид, *C. perfringens*, является представителем нормальной кишечной флоры 13–35% людей и теплокровных животных. Другие виды не являются видами исключительно фекального происхождения. Как и *E. coli*, *C. perfringens* не размножаются в большинстве водных сред и являются высокоспецифичным индикатором фекального загрязнения.

Значимость в качестве индикатора

Принимая во внимание исключительную устойчивость спор *C. perfringens* к процессам дезинфекции и другим неблагоприятным условиям окружающей среды, *C. perfringens* были предложены в качестве индикатора наличия простейших в очищенных ресурсах питьевой воды. Кроме того, *C. perfringens* может служить индикатором фекального загрязнения, которое имело место ранее, и, следовательно, может выявлять источники, подверженные периодическому загрязнению. Фактические данные о надежности *Clostridium* как индикатора наличия энтеровирусов, ограничены и противоречивы; в значительной степени они основаны на материалах одного исследования, в котором было отмечено снижение количества энтеровирусов после очистки питьевой воды. К этим результатам следует относиться с некоторой осторожностью, поскольку исключительно длительное время выживания спор, вероятно, значительно превышает время выживания кишечных патогенов. Споры *Clostridium perfringens* меньше, чем (оо)цисты простейших, и могут быть ценным индикатором эффективности процесса фильтрации.

Источник и распространенность

Clostridium perfringens и его споры практически всегда присутствуют в сточных водах. Организм не размножается в водной среде. *Clostridium perfringens* присутствует в фекалиях некоторых животных, таких как собаки, чаще и в значительно больших количествах по сравнению с фекалиями человека и реже – в фекалиях многих других теплокровных животных. Число выделяемых с фекалиями бактерий, как правило, существенно ниже, чем у *E. coli*.

Практическое применение

Вегетативные клетки и споры *C. perfringens* обычно обнаруживаются с помощью методов мембранной фильтрации, в рамках которых мембраны инкубируются на селективных средах в строго анаэробных условиях. Эти методы обнаружения не столь просты и дешевы, как для других индикаторов, таких как *E. coli* и желудочно-кишечные энтерококки.

Значимость присутствия в питьевой воде

Наличие *C. perfringens* в питьевой воде может свидетельствовать о периодическом фекальном загрязнении. Необходимо изучение потенциальных источников загрязнения. Процессы фильтрации, предназначенные для удаления энтеровирусов или простейших, должны обеспечивать и удаление *C. perfringens*. Обнаружение организмов

в воде сразу после очистки должно повлечь за собой изучение показателей работы фильтрационной установки.

Избранная библиография

- Araujo M et al. (2001) Evaluation of fluorogenic TSC agar for recovering *Clostridium perfringens* in groundwater samples. *Water Science and Technology*, 43:201–204.
- Ashbolt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. В: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality—Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. London, IWA Publishing, pp. 289–315 (WHO Water Series).
- Nieminski EC, Bellamy WD, Moss LR (2000) Using surrogates to improve plant performance. *Journal of the American Water Works Association*, 92(3):67–78.
- Payment P, Franco E (1993) *Clostridium perfringens* and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking-water treatment for viruses and protozoan cysts. *Applied and Environmental Microbiology*, 59:2418–2424.

Колифаги

Общее описание

Бактериофаги (фаги) представляют собой вирусы, которые в качестве хозяина для репликации используют только бактерии. Колифаги используют в качестве хозяев *E. coli* и близкородственные виды и, следовательно, могут высвобождаться из бактерий-хозяев в фекалии человека и теплокровных животных. Колифаги, используемые для оценки качества воды, подразделяются на две основные группы: соматические колифаги и F-РНК-колифаги. К числу различий между этими группами относится и путь заражения.

Соматические колифаги вызывают инфекцию путем присоединения к рецепторам, постоянно расположенным на клеточной стенке хозяев. Чаще всего они воспроизводятся в желудочно-кишечном тракте теплокровных животных, но могут реплицироваться и в водной среде. К соматическим колифагам относится широкий спектр фагов (представителей семейств фагов Myoviridae, Siphoviridae, Podoviridae и Microviridae) различных морфологических типов.

F-РНК-колифаги начинают процесс инфицирования с присоединения к конъюгационным фимбриям (F- или секс-фимбриям) хозяев – *E. coli*. Эти F-фимбрии продуцируются только бактериями, несущими конъюгационную (F-) плазмиду. Поскольку F-фимбрии вырабатываются только в фазе логарифмического роста при температуре выше 30 °С, маловероятно, что F-РНК-фаги способны к репликации в какой-либо среде, отличной от желудочно-кишечного тракта теплокровных животных. F-РНК-колифаги включают ограниченную группу близкородственных фагов, которые относятся к семейству Leviviridae и состоят из одноцепочечной геномной РНК и икосаэдрического капсида, морфологическая структура которого сходна с капсидом пикорнавируса. F-РНК-колифаги подразделяются на серологические типы I–IV, идентифицировать которые как генотипы можно при помощи методов молекулярной биологии, таких как гибридизация ДНК-зондов. Представители I и IV групп на сегодняшний день обнаруживались только в фекалиях животных (не человека), а представители III группы – в фекалиях человека. Фаги II группы обнаруживались в фекалиях человека и не выявлялись в фекалиях каких-либо других животных, за исключением примерно 28% фекалий свиней. Эта специфичность, еще не до конца изученная, может стать инструментом, позволяющим проводить разграничение между фекальными загрязнениями человеческого и животного происхождения, при определенных условиях и ограничениях.

Значимость в качестве индикатора

Многие характеристики фагов сходны с характеристиками вирусов человека, в частности строение, морфология, структура и способ репликации. Таким образом, колифаги являются удобными моделями или заменителями для оценки поведения энтеровирусов в водной среде и их чувствительности к процессам очистки и дезинфекции. В этом отношении они превосходят фекальные бактерии, и можно было бы рассмотреть возможность их использования в процессе мониторинга для целей верификации и санэпиднадзора в случаях, когда известно, что источник воды подвержен загрязнению фекалиями человека. Однако прямая корреляция между числом колифагов и числом энтеровирусов отсутствует. Кроме того, колифаги нельзя считать абсолютно надежным индикатором присутствия энтеровирусов. Это было подтверждено выделением энтеровирусов из очищенной и обеззараженной воды в системах питьевого водоснабжения, для которой обычные тесты на колифаги дали отрицательный результат.

F-РНК-колифаги являются более специфичным индикатором фекального загрязнения, чем соматические фаги. Кроме того, F-РНК-колифаги – это более качественные, чем соматические колифаги, индикаторы поведения энтеровирусов в водной среде и их реакции на процессы обработки и дезинфекции. Это было подтверждено исследованиями, в ходе которых сравнивали поведение и выживание F-РНК-колифагов, соматических фагов, фекальных бактерий и энтеровирусов. Согласно имеющимся данным, специфичность F-РНК-серогрупп (генотипов) экскрементов человека и животных может оказаться полезной для выявления фекального загрязнения человеческого и животного происхождения. Однако существуют также недостаточные и противоречивые данные, которые еще необходимо уточнять, и степень, в которой этот инструмент может применяться на практике, еще предстоит выяснить. Учитывая ограничения, связанные с колифагами, оптимальным является их использование в лабораторных исследованиях, пилотных испытаниях и, возможно, валидационном тестировании. Они не подходят для оперативного (рабочего) или проверочного (в том числе надзорного) мониторинга.

Источник и распространенность

Колифаги выделяются из организма человека и животных в относительно небольших количествах. В связи с их соответствующими режимами репликации и специфичностью в отношении хозяев соматические колифаги, как правило, выделяются большинством людей и животных, тогда как F-РНК-колифаги выделяются варьирующим, но, как правило, меньшим в процентном отношении количеством людей и животных. Имеющиеся данные показывают, что в некоторых сообществах F-РНК-фаги обнаруживаются в 10% образцов фекалий человека, 45% образцов фекалий крупного скота, 60% образцов фекалий свиней и 70% образцов фекалий птицы. Было выявлено, что в водной среде в количественном отношении соматические колифаги превосходят F-РНК-фаги в среднем в 5 раз, а цитопатогенные вирусы человека – в 500 раз, хотя эти соотношения значительно варьируются. В сточных водах содержание соматических колифагов составляет порядка 10^6 – 10^8 на литр; в одном из исследований было обнаружено, что сточные воды скотобойни содержат до 10^{10} соматических колифагов на литр. Существуют признаки того, что они способны размножаться в сточных водах, а соматические колифаги могут размножаться в естественной водной среде с использованием сапрофитных хозяев. Число соматических колифагов и F-РНК-фагов, обнаруженных в озерной и речной воде, достигает 10^5 на литр.

Практическое применение

Соматические колифаги могут быть обнаружены при помощи относительно несложного и недорогого анализа бляшкообразования, который дает результат уже в течение 24 часов. Анализ бляшкообразования для F-РНК-колифагов не так прост, поскольку культура бактерий-хозяев должна находиться в логарифмической фазе роста при температуре выше 30 °С, чтобы гарантировать присутствие F-фимбрий. Анализ бляшкообразования с использованием больших чашек Петри был разработан для количественного подсчета бляшек в пробе объемом 100 мл, а анализы определения присутствия или отсутствия были разработаны для проб воды объемом 500 мл и более.

Значимость присутствия в питьевой воде

Поскольку обычно репликация колифагов происходит в желудочно-кишечном тракте человека и теплокровных животных, их присутствие в питьевой воде является показателем фекального загрязнения и, следовательно, потенциального присутствия энтеровирусов и, возможно, других патогенов. Присутствие колифагов в питьевой воде также указывает на недостатки процессов очистки и дезинфекции, предназначенных для удаления энтеровирусов. F-РНК-колифаги являются более специфичным индикатором фекального загрязнения. Отсутствие колифагов в очищенной питьевой воде не дает гарантии отсутствия в ней патогенов, таких как энтеровирусы и простейшие паразиты.

Избранная библиография

- Ashbolt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. В: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality—Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. London, IWA Publishing, pp. 289–315 (WHO Water Series).
- Grabow WOK (2001) Bacteriophages: Update on application as models for viruses in water. *Water SA*, 27:251–268.
- Mooijman KA et al. (2001) Optimisation of the ISO-method on enumeration of somatic coliphages (draft ISO 10705-2). *Water Science and Technology*, 43:205–208.
- Schaper M et al. (2002) Distribution of genotypes of F-specific RNA bacteriophages in human and non-human sources of faecal pollution in South Africa and Spain. *Journal of Applied Microbiology*, 92:657–667.
- Storey MV, Ashbolt NJ (2001) Persistence of two model enteric viruses (B40-8 and MS-2 bacteriophages) in water distribution pipe biofilms. *Water Science and Technology*, 43:133–138.

Фага *Bacteroides fragilis*

Общее описание

Бактерии рода *Bacteroides* обитают в желудочно-кишечном тракте человека в больших количествах, чем *E. coli*. Содержание *Bacteroides* в фекалиях может достигать 10^9 – 10^{10} на грамм по сравнению с 10^6 – 10^8 на грамм для *E. coli*. *Bacteroides* быстро инактивируются при концентрациях кислорода, содержащихся в окружающей среде, но бактериофаги *Bacteroides* устойчивы к неблагоприятным условиям. В качестве индикаторов для оценки качества воды используются две группы фагов *B. fragilis*. Одной из них является ограниченная группа фагов, которые в качестве хозяина используют исключительно штамм HSP40 *B. fragilis*. Эта группа фагов является уникальной, поскольку обнаруживается только в фекалиях человека, а в фекалиях животных не встречается. Как представляется, число этих фагов в сточных водах относительно невелико, а в некоторых географических районах они практически отсутствуют. Фаги HSP40 *B. fragilis* принадлежат к семейству Siphoviridae, имеют гибкие несокращающиеся хвосты, двухцепочечную ДНК и капсид диаметром до 60 нм. Ко второй группе используемых в качестве индикатора фагов *Bacteroides* относятся фаги, использующие в качестве хозяина штамм RYC2056 *B. fragilis*. К этой группе

относится значительно более широкий спектр фагов, которые обнаруживаются в фекалиях человека и многих животных. Число этих фагов в сточных водах, как правило, существенно выше, чем число фагов штамма HSP40 *B. fragilis*.

Значимость в качестве индикатора

Бактериофаги *Bacteroides* были предложены в качестве возможного индикатора фекального загрязнения в связи с их специфической ассоциированностью с фекалиями и исключительной устойчивостью к условиям окружающей среды. В частности, фаги *B. fragilis* HSP40 обнаруживаются только в фекалиях человека. Было установлено, что фаги B40-8 *Bacteroides fragilis*, типичные представители группы фагов *B. fragilis* HSP40, более устойчивы к инаktivации хлором, чем полиовирус типа 1, ротавирус обезьяны SA11, колифаги f2, *E. coli* и *Streptococcus faecalis*. Судя по всему, фаги штамма RYC2056 *Bacteroides fragilis* также относительно устойчивы к воздействию дезинфицирующих средств. К недостаткам фагов *B. fragilis* как индикаторных организмов относится их относительно небольшое количество в сточных водах и загрязненных водных средах. Это относится, в частности, к фагам *B. fragilis* HSP40. Энтеровирусы человека обнаруживались в системах питьевого водоснабжения, где стандартные анализы на наличие фагов *B. fragilis* HSP40 дали отрицательный результат. В связи с ограничениями, касающимися бактериофагов *Bacteroides*, оптимальным является их использование в лабораторных исследованиях, пилотных испытаниях и, возможно, при валидационном тестировании.

Источник и распространенность

Фаги *Bacteroides fragilis* HSP40 выделяются из организма у 10–20% населения в отдельных регионах мира; следовательно, их количество в сточных водах значительно ниже, чем количество соматических колифагов и даже F-PHK-колифагов. В среднем в загрязненных стоками реках обнаруживалось 67 фагов *B. fragilis* HSP40 на литр. Судя по всему, в некоторых регионах мира фаги *B. fragilis* HSP40 вообще не обнаруживаются в сточных водах. Фаги, используемые в качестве хозяина *B. fragilis* RYC2056, выделяются в больших количествах и, вероятно, обнаруживаются более часто. В среднем эти фаги выделяются из организма более чем у 25% людей. В рамках исследования водной среды было установлено, что число фагов *B. fragilis* HSP40 превышает число цитопатогенных энтеровирусов в среднем всего лишь примерно в 5 раз. Теоретически можно было бы ожидать, что уровень содержания фагов *B. fragilis* в сточных водах выше выявленного. Причиной этого расхождения может быть невозможность поддержания необходимых анаэробных условий во время выполнения анализа бляшкообразования. Совершенствование методов обнаружения может привести к выявлению большего количества фагов *B. fragilis* в сточных водах и загрязненных водных средах.

Практическое применение

К недостаткам фагов *B. fragilis* можно отнести тот факт, что методы их обнаружения сложнее и дороже методов обнаружения колифагов. Затраты увеличиваются в связи с необходимостью использования антибиотиков для отбора, а также выращивания культур и проведения анализа бляшкообразования в полностью анаэробных условиях. Как правило, результаты анализа бляшкообразования доступны примерно через 24 часа, тогда как для колифагов этот период составляет около 8 часов.

Значимость присутствия в питьевой воде

Присутствие фагов *B. fragilis* в питьевой воде является убедительным доказательством фекального загрязнения, а также недостатков в процессах очистки и обеззараживания воды. Кроме того, присутствие фагов *B. fragilis* HSP40 является явным признаком человеческого происхождения фекального загрязнения. Тем не менее фаги *B. fragilis* обнаруживаются в сточных водах, загрязненных водных средах и системах питьевого водоснабжения в относительно небольших количествах. Отсюда можно сделать вывод, что отсутствие фагов *B. fragilis* в очищенной питьевой воде не подтверждает отсутствия таких патогенов, как энтеровирусы и простейшие паразиты.

Избранная библиография

- Bradley G et al. (1999) Distribution of the human faecal bacterium *Bacteroides fragilis* and their relationship to current sewage pollution indicators in bathing waters. *Journal of Applied Microbiology*, 85(Suppl.):90S–100S.
- Grabow WOK (2001) Bacteriophages: Update on application as models for viruses in water. *Water SA*, 27:251–268.
- Puig A et al. (1999) Diversity of *Bacteroides fragilis* strains in their capacity to recover phages from human and animal wastes and from fecally polluted wastewater. *Applied and Environmental Microbiology*, 65:1772–1776.
- Storey MV, Ashbolt NJ (2001) Persistence of two model enteric viruses (B40-8 and MS-2 bacteriophages) in water distribution pipe biofilms. *Water Science and Technology*, 43:133–138.
- Tartera C, Lucena F, Jofre J (1989) Human origin of *Bacteroides fragilis* bacteriophages present in the environment. *Applied and Environmental Microbiology*, 10:2696–2701.

Энтеровирусы

Общее описание

Вирусы, о которых идет речь, представляют собой смешанную группу вирусов, поражающих желудочно-кишечный тракт человека и передающихся преимущественно фекально-оральным путем. К хорошо известным представителям этой группы относятся энтеровирусы, астровирусы, кишечные аденовирусы, орторевовирусы, ротавирусы, калицивирусы и вирусы гепатита А и Е. Энтеровирусы охватывают широкий спектр вирусов, представители которого являются одной из основных причин заболеваемости и смертности во всем мире. Представители группы энтеровирусов различаются по структуре, строению, нуклеиновым кислотам и морфологии. Также они различаются по численности и частоте выделения, выживанию в окружающей среде и устойчивости к процессам обработки воды. Энтеровирусы обладают надежными капсидами, которые позволяют им выживать в неблагоприятных условиях окружающей среды, а также обеспечивают прохождение через кислотную и протеолитическую среду желудка на пути к двенадцатиперстной кишке, где они инфицируют восприимчивые клетки эпителия.

Значимость в качестве индикатора

Использование энтеровирусов в качестве индикаторных организмов связано с недостатками существующих вариантов. Способность фекальных бактерий к выживанию в водной среде и их чувствительность к процессам очистки и дезинфекции значительно отличается от аналогичных характеристик энтеровирусов. Мониторинг, в основу которого положены один или несколько представителей большой группы энтеровирусов, уже поэтому будет сам по себе иметь важное значение для оценки присутствия каких-либо энтеровирусов в воде и их реакции на меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению).

Источник и распространенность

Во всем мире люди экскретируют энтеровирусы в таких количествах и с такой частотой, которая позволяет многим из этих вирусов присутствовать в значительных количествах в сточных водах практически повсеместно. Однако распространенность отдельных представителей может существенно варьироваться вследствие колебания показателей инфицирования и экскреции. Во время вспышек эти показатели должны быть гораздо выше.

Практическое применение

Практические методы постоянного мониторинга систем питьевого водоснабжения в отношении широкого спектра энтеровирусов пока еще не разработаны. К вирусам, выявляемым без особых затруднений, относятся представители групп энтеровирусов, аденовирусов и орторовирусов. Эти вирусы встречаются в загрязненных средах в относительно больших количествах и могут быть обнаружены при помощи недорогих методик, основанных на цитопатогенном эффекте клеточной культуры, результаты которых становятся доступны в течение 3–12 дней (в зависимости от типа вируса). Кроме того, снижению затрат способствуют технический прогресс и накопление знаний и опыта. Была значительно снижена стоимость выделения энтеровирусов из больших объемов питьевой воды. Разработаны некоторые недорогие методы, например основанные на адсорбции-элюции с использованием стекловаты. Также была снижена стоимость процедур культивирования клеток. Таким образом, стоимость анализа воды питьевого водоснабжения на наличие цитопатогенных вирусов стала приемлемой для определенных целей. Анализ можно было бы использовать для валидации действенности процессов водообработки и в определенных обстоятельствах в рамках конкретных исследований проверки эффективности технологических процессов. Время выращивания, стоимость и относительная сложность проведения анализа означают, что анализ на наличие энтеровирусов не подходит для оперативного (рабочего) или проверочного (в том числе надзорного) мониторинга. Преимущество орторовирусов и по крайней мере вакцинных штаммов полиовирусов, выявляемых во многих водных средах, заключается в том, что они не представляют риска для здоровья работников лабораторий.

Значимость присутствия в питьевой воде

Присутствие каких-либо энтеровирусов в питьевой воде следует рассматривать как показатель возможного присутствия других энтеровирусов, кроме того, оно является безусловным доказательством фекального загрязнения, а также свидетельствует о недостатках в процессах очистки и дезинфекции воды.

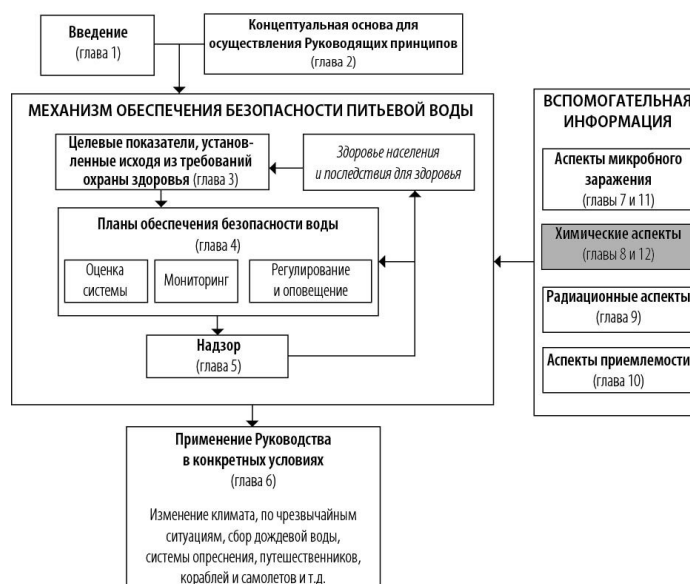
Избранная библиография

- Ashbolt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. В: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality—Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. London, IWA Publishing, pp. 289–315 (WHO Water Series).
- Grabow WOK, Taylor MB, de Villiers JC (2001) New methods for the detection of viruses: Call for review of drinking-water quality guidelines. *Water Science and Technology*, 43:1–8.

Справочные материалы по химическим веществам

С упоминаемыми в настоящей главе информационными документами (в качестве основных источников данных для справки о каждом веществе), можно ознакомиться на веб-сайте по вопросам водоснабжения, санитарии, гигиены и охраны здоровья по адресу: http://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/guidelines/chemicals/en/.

Полный перечень использованных в настоящей главе материалов, в том числе информационных документов по каждому химическому веществу, см. в [Приложении 2](#).



12.1 Химические загрязнители в питьевой воде

Акриламид

Остаточный акриламид-мономер встречается в полиакриламидных коагуляторах, применяемых для обработки питьевой воды. В целом максимально допустимая доза полимера составляет 1 мг/л. При содержании мономера 0,05% это соответствует максимальному теоретическому уровню концентрации мономера в воде 0,5 мкг/л. На практике показатели концентрации могут быть в 2–3 раза ниже. Это касается как анионных, так и неионных полиакриламидов, однако остаточный уровень от катионных полиакриламидов может быть выше. Полиакриламиды также используются в качестве цементирующего вещества при изготовлении резервуаров для питьевой воды и колодцев. Акриламиды, содержащиеся в продуктах питания, оказывают на человека гораздо большее воздействие, нежели акриламиды, содержащиеся в питьевой воде, поскольку эти вещества образуются в пище (например, в хлебобулочных изделиях, жареной и запеченной пище) при ее приготовлении при высоких температурах.

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Нормативная величина	0,0005 мг/л (0,5 мкг/л)
Присутствие в воде	Периодически обнаруживается в водопроводной воде в концентрациях до нескольких микрограммов на литр
Основания для установления нормативной величины	В ходе исследований питьевой воды с применением линеаризованной многоступенчатой модели у самок крыс выявлены комбинированные опухоли молочных желез, щитовидной железы и матки
Предел обнаружения	0,032 мкг/л посредством газовой хроматографии (ГХ); 0,2 мкг/л посредством высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ); 10 мкг/л посредством ВЭЖХ с обнаружением по ультрафиолетовому излучению (УФ)
Эффективность обработки/очистки воды	Акриламид не удаляется обычными методами очистки. Контроль за концентрацией акриламида в питьевой воде обычно осуществляется путем ограничения либо содержания акриламида в коагулянтах на основе полиакриламида, либо вносимой дозы, либо обоих этих параметров одновременно. Совершенствование методик анализа постепенно также создает возможности для проведения контроля путем прямых замеров (см. информационный документ)
Дополнительные замечания	Следует делать все возможное для ограничения содержания свободного акриламид-мономера в полиакриламиде, применяемом для обработки воды; поставщикам воды также следует стремиться поддерживать остаточное количество акриламида в питьевой воде на минимально возможном в техническом плане уровне. В частности, если контроль за содержанием акриламида осуществляется путем ограничения вносимых доз вещества, следует избегать превышения дозировки
Дата оценки	2011 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2011) <i>Evaluation of certain contaminants in food</i> WHO (2011) <i>Acrylamide in drinking-water</i>

Попадая в организм человека, акриламид быстро абсорбируется из желудочно-кишечного тракта и распространяется в биологических жидкостях организма. Акриламид может проникать сквозь плаценту. Он является нейротоксическим веществом, воздействует на гоноциты и негативно влияет на репродуктивную функцию. При изучении акриламида на мутагенность тест Эймса дал отрицательный результат, однако это вещество вызывает генные мутации в клетках млекопитающих и хромосомные aberrации в лабораторных и естественных условиях. В ходе долгосрочного исследования канцерогенных свойств на крысах, подвергавшихся воздействию через питьевую воду, акриламид вызывал опухоли мошонки, щитовидной железы и надпочечников у самцов и опухоли молочных желез, щитовидной железы и матки у самок. Международное агентство по изучению рака (МАИР) отнесло акриламид к Группе 2А (вещества, весьма вероятно канцерогенные для человека). Объединенный комитет экспертов Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО)/Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по пищевым добавкам (ОКЭПД) недавно отметил наличие обеспокоенности в связи с канцерогенными и нейротоксическими свойствами акриламида и пришел к выводу о том, что его воздействие через продукты питания должно быть сокращено до самого низкого уровня, который возможен в техническом плане. Последние данные показывают, что акриламид, содержащийся в приготовленной пище, оказывает гораздо более сильное воздействие, чем это ранее предполагалось. Поскольку контролировать поступление акриламида с пищей сложно, крайне важно поддерживать на максимально низком уровне содержание акриламида в полиакриламиде, применяемом в качестве коагулирующего агента при обработке воды, и не допускать превышения доз полиакриламида в попытке ускорить процесс коагуляции.

Алахлор

Алахлор (Служба подготовки аналитических обзоров по химии [CAS] № 15972-60-8) – это довсходовый и послевсходовый гербицид, применяемый для борьбы с однолетними травами и рядом широколистных сорняков в посадках кукурузы и других зерновых культур. Алахлор удаляется из почвы главным образом путем испарения, фоторазложения и биологического распада. В почве были обнаружены многие продукты распада алахлора. Алахлор включен в процедуру предварительного обоснованного согласия Роттердамской конвенции ввиду принятия Европейским сообществом и Канадой окончательных регламентационных постановлений о запрещении применения алахлора в качестве пестицида.

Нормативная величина	0,02 мг/л (20 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался в грунтовых и поверхностных водах; обнаруживался также в питьевой воде в концентрациях ниже 0,002 мг/л
Основания для установления нормативной величины	Рассчитывается с применением линеаризованной многоступенчатой модели к данным о частоте встречаемости назальных опухолей у крыс
Предел обнаружения	0,1 мкг/л посредством газо-жидкостной хроматографии при выявлении по электропроводности в азоте или посредством капиллярной ГХ с азотно-фосфорным детектором
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,001 мг/л может быть достигнут при применении гранулированного активированного угля (ГАУ)
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Alachlor in drinking-water</i>

Судя по имеющимся экспериментальным данным, сведения о генотоксичности алахлора не находят однозначного подтверждения. Вместе с тем доказано, что метаболит алахлора – 2,6-диэтиланилин – обладает мутагенными свойствами. Данные двух исследований на крысах четко свидетельствуют о том, что алахлор является канцерогеном, вызывающим доброкачественные и злокачественные опухоли полости носа, злокачественные опухоли желудка и доброкачественные опухоли щитовидной железы.

Алдикарб

Алдикарб (CAS № 116-06-3) – это пестицид системного действия, применяемый для борьбы с нематодами в почве и насекомыми и клещами в различных сельскохозяйственных культурах. Алдикарб хорошо растворяется в воде и обладает большой мобильностью в почве. Он разлагается в основном биологическим путем и в результате гидролиза, сохраняясь в пределах от нескольких недель до нескольких месяцев.

Нормативная величина	0,01 мг/л (10 мкг/л)
Присутствие в воде	Нередко обнаруживается в качестве загрязнителя в грунтовых водах рядом с зонами внесения, особенно в песчаных почвах; в колодезной воде отмечались концентрации до 500 мкг/л; остаточные количества сульфоксида алдикарба и сульфона алдикарба обнаруживаются в грунтовых водах в соотношении примерно 1:1
Приемлемый уровень суточного потребления (ПУСП)	0–0,003 мг/кг массы тела на основании угнетения холинэстеразы при пероральном приеме единичной дозы, выявленного в ходе исследования с участием добровольцев

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Предел обнаружения	0,001 мг/л посредством ВЭЖХ с обращенной фазой с флуоресцентным детектором
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,001 мг/л может быть достигнут при применении ГАУ или озонирования
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	<p>10% от верхнего предела ПУСП</p> <p>60 кг – взрослый человек</p> <p>2 литра в день</p>
Дополнительные замечания	Нормативная величина, рассчитанная на основании оценки, данной в 1992 г. Совместным совещанием ФАО/ВОЗ по остаточным количествам пестицидов (ССОКП), очень близка к нормативной величине, приведенной во втором издании, и поэтому этот показатель остался без изменений
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1993) <i>Pesticide residues in food—1992 evaluations</i> WHO (2003) <i>Aldicarb in drinking-water</i>

Алдикарб является одним из наиболее токсичных пестицидов, применяемых в настоящее время, хотя единственное последовательно прослеживаемое токсическое воздействие как при долговременном приеме, так и при приеме единичной дозы заключается в подавлении ацетилхолинэстеразы. Алдикарб трансформируется в сульфоксид и сульфон. Сульфоксид алдикарба является потенциально более мощным ингибитором ацетилхолинэстеразы, чем сам алдикарб, тогда как сульфон алдикарба гораздо менее токсичен, чем алдикарб или его сульфоксид. Имеющиеся факты свидетельствуют о том, что ни алдикарб, ни сульфоксид алдикарба, ни сульфон алдикарба не являются генотоксическими или канцерогенными веществами. По заключению МАИР, алдикарб не подлежит классификации как канцерогенное для человека вещество (Группа 3).

Альдрин и дильдрин

Альдрин (CAS № 309-00-2) и дильдрин (CAS № 60-57-1) – это хлорсодержащие пестициды, применяемые для борьбы с обитающими в почве сельскохозяйственными вредителями, защиты лесов, а дильдрин – еще и для борьбы с насекомыми, представляющими опасность для здоровья. С начала 1970-х годов многие страны либо жестко ограничивают, либо запрещают применение обоих веществ, особенно в сельском хозяйстве. Оба этих вещества весьма близки по степени своей токсичности и механизму действия. В большинстве случаев в окружающей среде и в организме человека альдрин быстро превращается в дильдрин. Дильдрин представляет собой очень стойкое хлорорганическое соединение, обладающее слабой мобильностью в почвах, способное улетучиваться в атмосферу и обладающее способностью к биоаккумуляции. Воздействие альдрина/дильдрина через продукты питания очень невелико и имеет тенденцию к снижению.

Нормативная величина	<i>Альдрин и дильдрин (в сочетании):</i> 0,000 03 мг/л (0,03 мкг/л)
Присутствие в воде	В питьевой воде обнаруживается редко; обычно уровень концентрации альдрина и дильдрина в питьевой воде составляет менее 0,01 мкг/л; в грунтовых водах присутствует редко

Условно переносимое суточное поступление (УПСП)	0,1 мкг/кг массы тела (всего в сочетании для альдрина и дильдрина), исходя из уровней, не вызывающих видимых неблагоприятных изменений (УНВВНИ), величиной 1 мг/кг для собаки и 0,5 мг/кг для крысы, что соответствует 0,025 мг/кг массы тела обоих видов животных в день, при факторе неопределенности 250, на основании данных о канцерогенности, полученных в ходе экспериментов на мышах
Предел обнаружения	0,003 мкг/л для альдрина и 0,002 мкг/л для дильдрина посредством ГХ с электронно-захватным детектором (ЭЗД).
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,02 мкг/л может быть достигнут при применении коагуляции, ГАУ или озонирования
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	<p>1% УПСП (с учетом снижения воздействия через продукты питания данная величина, вероятно, слишком консервативна)</p> <p>60 кг – взрослый человек</p> <p>2 литра в день</p>
Дополнительные замечания	Альдрин и дильдрин внесены в списки стойких органических загрязнителей согласно Стокгольмской конвенции. Соответственно, может проводиться дополнительный мониторинг помимо предусмотренного в Руководстве по питьевой воде
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1995) <i>Pesticide residues in food—1994 evaluations</i> WHO (2003) <i>Aldrin and dieldrin in drinking-water</i>

Оба соединения продемонстрировали высокую токсичность в опытах над животными; отмечались случаи отравления людей. Альдрин и дильдрин имеют несколько механизмов токсического воздействия. Они воздействуют на центральную нервную систему и печень. В ходе долгосрочных исследований было доказано, что дильдрин вызывает опухоли у самцов и самок двух линий мышей. Он не приводил к увеличению числа опухолей у крыс и, как представляется, не обладает генотоксичностью. МАИР отнесло альдрин и дильдрин к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека). В результате резкого сокращения масштабов их применения воздействие через продукты питания значительно снизилось.

Алюминий

Алюминий – самый распространенный металл, составляющий около 8% земной коры. Соли алюминия широко применяются при обработке воды в качестве коагулирующих веществ, снижающих количество органических веществ, цветность, мутность и содержание микроорганизмов. Такие способы применения могут увеличивать концентрацию алюминия в обработанной воде. При высокой остаточной концентрации могут появляться нежелательная окраска и мутность воды. Уровень концентрации алюминия, при котором возможны подобные проблемы, в высокой степени зависит от показателей качества воды и особенностей организации процесса на водоочистных станциях. Для большей части населения основным путем воздействия алюминия является его поступление с пищевыми продуктами, прежде всего содержащими соединения алюминия, которые применяются в качестве пищевых добавок. С питьевой водой в организм человека, как правило, попадает менее 5% всего алюминия, оказывающего воздействие пероральным путем.

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Причина отсутствия нормативной величины	Санитарная норма 0,9 мг/л может быть рассчитана на основании определенного ОКЭПД условно переносимого недельного поступления (УПНП), однако этот показатель выше реальных, получаемых при оптимизации процессов коагуляции на водоочистных станциях с использованием коагулирующих веществ на основе алюминия: эти показатели составляют не более 0,1 мг/л на крупных станциях по очистке воды и не более 0,2 мг/л на небольших станциях
Дата оценки	2009 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2007) <i>Aluminium (from all sources, including food additives)</i> IPCS (1997) <i>Aluminium</i> WHO (2010) <i>Aluminium in drinking-water</i>

Алюминий широко присутствует в продуктах питания, питьевой воде и многих препаратах, снижающих кислотность, однако мало что указывает на высокую токсичность для человека алюминия, поступающего в его организм пероральным путем. Была выдвинута гипотеза о том, что воздействие алюминия является фактором риска возникновения или ускорения развития болезни Альцгеймера у людей. В документе "Критерии качества окружающей среды" (Environmental Health Criteria), подготовленном ВОЗ в 1997 г., сделан следующий вывод:

В целом наличие взаимосвязи между алюминием, содержащимся в питьевой воде, и БА (болезнью Альцгеймера), продемонстрированное в ходе ряда эпидемиологических исследований, нельзя полностью исключить. Однако серьезные сомнения относительно наличия причинно-следственных связей возникают в связи с тем, что в ходе этих исследований не были учтены выявленные факторы, воздействующие на конечный результат, а также совокупное поступление в организм алюминия из всех источников.

В целом, как было доказано в ходе этих исследований, относительные риски возникновения БА под воздействием алюминия, содержащегося в питьевой воде в концентрациях выше 100 мкг/л, невысоки (менее 2,0). Но поскольку эти оценки риска по ряду причин методологического характера неточны, величина дополнительного риска в популяции не поддается точному исчислению. Однако и такие неточные прогнозы могут быть полезны при принятии решений относительно необходимости контролировать воздействие алюминия на население в целом.

В 2007 г. ОКЭПД рассчитал УПНП для алюминия из всех источников как 1 мг/кг массы тела. ОКЭПД пришел к следующим выводам:

...Материалы существующих исследований имеют множество ограничений и не могут быть использованы для расчета зависимости реакции от дозы. Поэтому Комитет принял за основу для своей оценки комплексные данные нескольких исследований. Применимость результатов исследований, касающихся соединений алюминия, вводимых через желудочный зонд, была неочевидной, поскольку токсикокинетика после введения соединений через желудочный зонд отличается от токсикокинетики после их попадания с пищей и в исследованиях по проблемам зондового питания, как правило, не приводятся данные об общих показателях воздействия алюминия, в том числе о его базовых уровнях в пище. Наиболее подходящими для целей оценки были сочтены исследования, объектом которых были соединения алюминия, попадающие с пищей. Самые низкие ПУВ

[пороговые уровни воздействия] для алюминия, установленные в ходе нескольких исследований, когда мыши, крысы и собаки получали алюминий при кормлении, находились в диапазоне 50–75 мг/кг МТ [массы тела] в день в пересчете на алюминий.

В целях учета меж- и внутривидовых различий Комитет применил фактор неопределенности 100 к нижнему пределу этого диапазона ПУВ (50 мг/кг МТ в день в пересчете на алюминий). База данных имеет ряд недостатков, в числе которых – отсутствие в большинстве обработанных исследований данных о УНВ [уровнях ненаблюдаемого воздействия], а также отсутствие долгосрочных исследований по соответствующим токсикологическим конечным эффектам. Эти недостатки уравниваются вероятностью более низкой биодоступности менее растворимых соединений алюминия, содержащихся в пище. В целом было сочтено целесообразным применить дополнительный фактор неопределенности – три. Комитет подтвердил, что ввиду потенциальной доступности итоговая санитарная нормативная величина должна быть выражена в виде УПНП. Комитет установил величину УПНП как 1 мг/кг МТ в пересчете на алюминий. Этот показатель применяется в отношении всех соединений алюминия в пище, включая пищевые добавки.

Санитарная норма, рассчитанная на основе УПНП, предложенного ОКЭПД, составит (округленно) 0,9 мг/л при расчетной доле УПНП с водой в 20% и исходя из предположения о том, что взрослый человек с массой тела 60 кг потребляет 2 литра воды в день. Вместе с тем сохраняется неопределенность относительно того, какое количество содержащегося в питьевой воде алюминия абсорбируется, – это зависит от нескольких параметров, в том числе от того, о какой соли алюминия идет речь, от величины рН (воздействующего на форму нахождения и растворимость алюминия), от бионакопления и особенностей питания.

Преимущества применения алюминия в качестве коагулятора при обработке воды широко известны. С учетом этого, а также принимая во внимание возможное воздействие алюминия на здоровье (то есть его потенциальную нейротоксичность), рассчитывается уровень, практически достижимый при оптимизации процессов коагуляции на станциях по очистке воды с применением коагулянтов на основе алюминия, позволяющий свести к минимуму содержание алюминия в обработанной воде.

Существует несколько способов минимизации остаточной концентрации алюминия в обработанной воде. К их числу относятся поддержание оптимального уровня рН в процессе коагуляции, недопущение превышения доз вносимого алюминия, хорошее перемешивание внесенного коагулянта, поддержание оптимальной скорости перемешивания в процессе флокуляции и эффективная фильтрация флокулированных осадков алюминия. При оптимальном режиме эксплуатации на больших водоочистных станциях можно поддерживать концентрацию алюминия на уровне не выше 0,1 мг/л. Маломасштабные станции (например, обслуживающие населенные пункты с численностью жителей менее 10 000 человек) могут столкнуться с некоторыми трудностями, пытаясь выйти на этот уровень, поскольку вследствие небольших размеров предприятия возможности образования буферного раствора очень малы; кроме того, такие предприятия зачастую ограничены в средствах и в доступе к экспертным знаниям, позволяющим решать конкретные проблемы, возникающие в процессе эксплуатации. Для таких маломасштабных станций практически достижимым

является поддержание содержания алюминия в обработанной воде на уровне не выше 0,2 мг/л.

Как указывалось выше, санитарная норма, рассчитанная на основе УПНП, предложенного ОКЭПД, составляет (округленно) 0,9 мг/л при расчетной доле УПНП с водой в 20% и исходя из предположения о том, что взрослый человек с массой тела 60 кг потребляет 2 литра воды в день. Вместе с тем, как также отмечалось выше, уровень, практически достижимый при оптимизации процессов коагуляции на станциях по очистке воды с применением коагулянтов на основе алюминия, составляет менее 0,1 мг/л для крупных водоочистных предприятий и менее 0,2 мг/л для маломасштабных станций водоочистки. Учитывая, насколько важно повышать эффективность коагуляции, предупреждая, таким образом, микробное загрязнение, а также принимая во внимание необходимость сведения к минимуму отложения флокулированных осадков алюминия в системах распределения, следует стремиться к тому, чтобы среднее содержание остаточных продуктов не превышало эти величины.

Аммиак

Под аммиаком понимаются неионизированная (NH_3) и ионизированная (NH_4^+) его формы. В окружающей среде аммиак является результатом метаболических процессов, сельскохозяйственной и промышленной деятельности, а также дезинфекции с применением хлорамина. Естественный уровень аммиака в грунтовых водах и на поверхности, как правило, ниже 0,2 мг/л. В не содержащих кислорода грунтовых водах содержание аммиака может составлять до 3 мг/л. Интенсивное животноводство может значительно увеличивать содержание аммиака в поверхностной воде. Источником аммиачного загрязнения может также являться покрытие труб на основе строительного цемента. Присутствие аммиака в воде является показателем возможного бактериального загрязнения, а также загрязнения канализационными или животноводческими стоками.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Ammonia in drinking-water</i>

Аммиак является одним из важнейших компонентов метаболизма млекопитающих. Воздействие аммиака, содержащегося в природных источниках, незначительно в сравнении с аммиаком, образующимся в процессе синтеза в организме. Токсикологические последствия наблюдаются лишь при воздействии на уровне свыше 200 мг/кг массы тела.

Аммиак, содержащийся в питьевой воде, не оказывает непосредственного воздействия на здоровье, и поэтому санитарная нормативная величина не рассчитывается. Вместе с тем аммиак может снижать эффективность дезинфекции, вызывать образование нитритов в системах распределения, приводить в негодность фильтры, удаляющие марганец, а также создавать проблемы со вкусом и запахом (см. также главу 10).

Сурьма

Сплавы сурьмы с медью, свинцом и оловом обладают очень большой твердостью. Соединения сурьмы используются в разнообразных лечебных целях. В спайках сурьму

используют в качестве замены свинца, однако имеется очень мало данных, которые подтверждали бы, что сурьма из этого источника попадает в питьевую воду в сколь угодно значительных концентрациях. Совокупное воздействие через природные источники, пищу и питьевую воду крайне низко в сравнении с воздействием на рабочем месте.

Нормативная величина	0,02 мг/л (20 мкг/л)
Присутствие в воде	Уровень концентрации в грунтовой воде менее 0,001 мкг/л; уровень концентрации в поверхностной воде менее 0,2 мкг/л; уровень концентрации в питьевой воде, как представляется, менее 5 мкг/л
Допустимый уровень суточного потребления (ДУСП)	6 мкг/кг массы тела исходя из УНВВНИ величиной 6,0 мг/кг массы тела в день, рассчитанного на основании снижения темпов набора веса и сокращения потребления пищи и воды, которое было выявлено по результатам 90-дневного исследования, в ходе которого крысы получали антимонилтартрат калия в питьевой воде, с применением фактора неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость, 10 – на краткосрочность исследования)
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС); 0,1–1 мкг/л посредством масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС); 0,8 мкг/л посредством ААС с графитовой печью; 5 мкг/л посредством ААС с генерацией гидридов
Эффективность обработки/очистки воды	Обычными процессами обработки сурьма не удаляется. Вместе с тем обычно сурьма не выступает в качестве загрязнителя необработанной воды. Поскольку наиболее распространенным источником сурьмы в питьевой воде являются металлические трубы и фитинги, контроль за сурьмой из этих источников осуществляется в рамках контроля этих изделий
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	2003 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Antimony in drinking-water</i>

Со времени работы над предыдущим обзором объем сведений о токсичности сурьмы существенно возрос, хотя значительная их часть касается внутрибрюшинного воздействия. Ключевой фактор, определяющий токсичность сурьмы, – это та форма, в которой она находится в питьевой воде, и, как представляется, сурьма, высвобожденная из материалов, содержащих это вещество, находится в менее токсичной форме оксо аниона сурьмы (V). Уровень субхронической токсичности оксида сурьмы (III) ниже, чем ее наиболее хорошо растворимой формы – антимонилтартрата калия. Оксид сурьмы (III) ввиду низкого уровня его биодоступности демонстрирует генотоксичность лишь в ходе некоторых лабораторных тестов, но не в естественных условиях, тогда как растворимые соли сурьмы (III) являются генотоксическими как в лабораторных, так и в естественных условиях. Данные об экспериментах над животными, по результатам которых можно было бы рассчитать степень возможной канцерогенности растворимых и нерастворимых соединений сурьмы, отсутствуют. По результатам ингаляционного исследования на крысах МАИР пришлось к заключению о вероятной канцерогенности оксида сурьмы (III) для человека (Группа 2В), однако сульфид сурьмы (III) не был классифицирован как канцерогенное для человека вещество (Группа 3). Вместе с тем постоянный пероральный прием антимонилтартрата калия не всегда сопряжен с дополнительным

риском возникновения онкологического заболевания, поскольку после вдыхания сурьма оказывает канцерогенное воздействие только на легкие, но не на другие органы и известно, что она оказывает прямое негативное воздействие на легкие только при постоянном поступлении по дыхательным путям вследствие чрезмерного накопления нерастворимых частиц в легких. Хотя имеются определенные данные о канцерогенности некоторых соединений сурьмы при их ингаляции, данные, которые свидетельствовали бы об их канцерогенности при пероральном приеме, отсутствуют.

Мышьяк¹

Мышьяк со степенями окисления -3 , 0 , $+3$ и $+5$ широко распространен в земной коре, нередко – в составе сульфидов, соединений с металлами или солей. В воде чаще всего встречаются соли мышьяка ($+5$), однако в анаэробной среде могут быть также представлены арсениды металлов ($+3$). Как правило, уровень концентрации мышьяка в естественных водоемах ниже $1-2$ мкг/л. Вместе с тем в водах, прежде всего грунтовых, где имеются отложения минералов, содержащих сульфиды, а также отложения вулканических пород, концентрации мышьяка могут быть значительно выше.

Мышьяк присутствует в продуктах питания, прежде всего в рыбе и моллюсках, где он представлен главным образом в менее токсичной природной форме. Имеются лишь ограниченные данные о содержании неорганического мышьяка в пище, однако они свидетельствуют о том, что, в зависимости от вида пищи, неорганический мышьяк составляет до 25% от его общего количества. Помимо воздействия на рабочих местах, к числу основных источников воздействия относятся продукты питания и питьевая вода, в том числе напитки, которые готовятся на основе питьевой воды. Там, где концентрация мышьяка в питьевой воде составляет 10 мкг/л и более, вода становится основным источником поступления этого вещества в организм. Там, где супы или аналогичные блюда являются основным компонентом питания, роль питьевой воды, на которой готовится пища, возрастает еще более.

Условная нормативная величина	0,01 мг/л (10 мкг/л) Нормативная величина рассчитывается как условная на основании данных об эффективности очистки воды и аналитической достижимости
Присутствие в воде	Уровень концентрации в естественных водоемах, как правило, колеблется в пределах от 1 до 2 мкг/л, хотя в районах, где есть природные источники мышьяка, этот показатель может быть выше (до 12 мкг/л)
Основания для установления нормативной величины	Сохраняется значительная неопределенность относительно реальных рисков при низких концентрациях, а имеющиеся данные о механизме действия не могут выступать в качестве биологической основы для выбора линейной либо нелинейной экстраполяции. Учитывая практическую сложность удаления мышьяка из питьевой воды, а также то, что на практике предел количественного определения составляет от 1 до 10 мкг/л, нормативная величина в 10 мкг/л оставлена без изменений и определена как условная
Предел обнаружения	$0,1$ мкг/л посредством ИСП-МС; 2 мкг/л посредством ААС с генерацией гидридов или пламенной ААС

¹ Поскольку мышьяк относится к числу химических веществ, которые, находясь в некоторых водоемах, представляют наибольшую опасность для здоровья, по нему подготовлена расширенная справка.

Эффективность обработки/очистки воды	С технической точки зрения возможно, применяя любой из существующих способов обработки, обеспечить концентрацию мышьяка на уровне 5 мкг/л и ниже. Однако это требует тщательной оптимизации процесса и контроля, и разумнее рассчитывать на возможность обеспечения уровня 10 мкг/л посредством обычной обработки (например, коагуляции)
Дата оценки	2011 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2011) <i>Evaluation of certain contaminants in food</i> IARC (1987) <i>Overall evaluations of carcinogenicity</i> IPCS (2001) <i>Arsenic and arsenic compounds</i> ISO (1982) <i>Water quality—determination of total arsenic</i> USNRC (2001) <i>Arsenic in drinking water, 2001 update</i> WHO (2011) <i>Arsenic in drinking-water</i>

Растворимые соединения как пятивалентного, так и трехвалентного мышьяка быстро и в больших дозах абсорбируются из желудочно-кишечного тракта. Отличительными характеристиками метаболизма являются 1) превращение пятивалентного мышьяка в трехвалентный и 2) окислительное метилирование трехвалентного мышьяка с образованием монометильных, диметильных и триметильных соединений. Метилирование неорганического мышьяка способствует его выведению из организма, поскольку конечные продукты – монометилмышьяковая кислота и диметилмышьяковая кислота – удаляются с мочой. Для процесса характерны значительные качественные и количественные межвидовые различия, однако у человека и у самых распространенных лабораторных животных неорганический мышьяк активно подвергается метилированию, и метаболиты выводятся преимущественно с мочой. У людей наблюдается существенная межиндивидуальная вариабельность уровней метилирования мышьяка, что, вероятно, обусловлено различиями в степени активности метилтрансферазы и возможным полиморфизмом. Метаболизация органических соединений мышьяка, попавших в организм пероральным путем, проходит менее активно, и эти соединения выводятся с мочой быстрее, чем неорганический мышьяк.

Не доказано, что мышьяк является веществом, жизненно необходимым для человека. Высокая токсичность соединений мышьяка для человека связана главным образом с показателями их удаления из организма. Наиболее токсичным соединением считается арсин, за которым следуют арсениды, арсенаты и органические соединения мышьяка. Имеются сведения об остром отравлении мышьяком, попавшим в организм с колодезной водой, в которой мышьяк содержался в очень высокой концентрации (21,0 мг/л).

В группах населения, употреблявших загрязненную мышьяком питьевую воду, наблюдались признаки хронического отравления мышьяком, в том числе такие поражения кожного покрова, как гипер- и гипопигментация, периферическая нейропатия, рак кожи, рак мочевого пузыря и легких, а также заболевания периферических кровеносных сосудов. Наиболее распространенным симптомом были патологические изменения кожного покрова, проявлявшиеся в результате воздействия как минимум в течение примерно 5 лет. Последствия для сердечно-сосудистой системы наблюдались у детей, употреблявших воду, загрязненную мышьяком (в средней концентрации 0,6 мг/л), в среднем в течение 7 лет.

Большое количество эпидемиологических исследований были посвящены риску заболевания раком в результате потребления мышьяка, поступавшего в организм в питьевой воде. Многие подобные исследования имеют экологическую направленность, и во многих отмечаются методологические просчеты, особенно в части измерения степени воздействия. Вместе с тем имеются убедительные доказательства того, что в

некоторых местах потребление в чрезмерно высоких дозах мышьяка, содержащегося в питьевой воде, имеет причинно-следственную связь с развитием онкологических заболеваний. При этом сохраняется существенная неопределенность и противоречивость данных относительно как механизма канцерогенного воздействия, так и характера дозозависимой кривой при потреблении мышьяка в малых дозах. Специалисты Международной программы по химической безопасности (МПХБ) пришли к выводу о том, что долгосрочное воздействие мышьяка, содержащегося в питьевой воде, имеет причинно-следственную связь с возрастанием риска рака кожи, легких, мочевого пузыря и почек, а также других изменений кожного покрова, таких как гиперкератоз и изменение пигментации. Эти проявления были продемонстрированы в ходе многих исследований различного дизайна. Взаимосвязь между воздействием и реакцией и высокие риски наблюдались по каждому из этих конечных эффектов. Особенно тщательно они изучались на Тайване, Китае, но также имеются обширные данные по результатам исследований групп населения, проведенных в других странах. Сообщается о наблюдавшейся взаимосвязи между возрастанием риска рака легких, рака мочевого пузыря и изменений кожного покрова под воздействием мышьяка и потреблением питьевой воды, концентрация мышьяка в которой составляла менее 50 мкг/л. Для определения времени наступления реакции от полученной дозы в случае поражений кожного покрова, а также рака требуется провести более глубокие эпидемиологические исследования, которые могут помочь в разработке более эффективных мер вмешательства и в определении методики практических действий.

МАИР отнесло неорганические соединения мышьяка к Группе 1 (вещества, канцерогенные для человека) на основании наличия достаточных фактических данных, подтверждающих их канцерогенность для человека, и ограниченных фактических данных об их канцерогенности для животных. Хотя существует обширная база данных о взаимосвязи между раком как внутренних органов, так и кожи и потреблением мышьяка с питьевой водой, по-прежнему сохраняется значительная неопределенность относительно действительной степени риска при низких концентрациях мышьяка. Национальный научно-исследовательский совет Соединенных Штатов, пересматривая свою оценку, пришел к выводу о том, что "имеющиеся данные о механизме воздействия мышьяка не могут выступать в качестве биологической основы для выбора линейной либо нелинейной экстраполяции". Полученные методом линейной экстраполяции наиболее правдоподобные оценки случаев рака мочевого пузыря и легких у жителей Соединенных Штатов Америки (США), подвергавшихся воздействию мышьяка, содержащегося в питьевой воде в концентрации 10 мкг/л, составляют соответственно 12 и 18 случаев на 10 000 жителей для женщин и 23 и 14 случаев на 10 000 жителей для мужчин. Реальные количественные данные, о которых свидетельствуют эти оценочные риски, крайне сложно определить, пользуясь нынешними эпидемиологическими методами. Кроме того, существует неопределенность относительно доли мышьяка, поступающей в организм с пищей (более высокая доля неорганического мышьяка, поступающего с пищей, означает снижение оценочного показателя риска для воды), а также степени воздействия таких факторов, как вариативность метаболизма мышьяка и нутритивного статуса. Некоторые исследования, проведенные в районах, где концентрация мышьяка немного превышает 50 мкг/л, не выявили вредных последствий воздействия мышьяка на местных жителей. Сохраняется вероятность того, что оценочные показатели риска рака при различных показателях потребления мышьяка завышены. До сих пор не решена задача определения уровня концентрации мышьяка в питьевой воде, при котором никаких последствий не наблюдается; кроме того, существует настоятельная

необходимость выявления механизма, посредством которого мышьяк вызывает рак, что, как представляется, является наиболее значимым токсическим эффектом.

Практический предел количественного определения для мышьяка находится в диапазоне 1–10 мкг/л, а удаление мышьяка, позволяющее снизить его концентрацию до уровня ниже 10 мкг/л, зачастую связано со сложностями. С учетом практических проблем, связанных с удалением мышьяка из питьевой воды, особенно в маломасштабных системах водоснабжения, а также с учетом практического предела количественного определения для мышьяка нормативная величина 10 мкг/л сохранена как целевая и рассматривается как условная.

Условная нормативная величина 10 мкг/л была ранее подкреплена рассчитанным ОКЭПД УПНП величиной 15 мкг/кг массы тела при расчетной доле поступления с водой 20%. Вместе с тем ОКЭПД недавно пересмотрел оценку мышьяка и пришел к выводу, что ныне действующее УПНП очень близко к ориентировочной дозе нижнего доверительного предела, увеличивающей количество случаев заболеваний на 0,5% (ОДНДП_{0,5}) и рассчитанной на основании эпидемиологических исследований, и поэтому его дальнейшее применение нецелесообразно. Соответственно, УПНП было отменено. Однако, поскольку для многих стран достижение даже условной нормативной величины может быть невыполнимой задачей, этот показатель сохраняется с учетом эффективности очистки воды и технической достижимости, с оговоркой, требующей делать все возможное для поддержания показателей концентрации мышьяка на как можно более низком уровне.

Практические соображения

Для выявления мышьяка можно применять спектрофотометрический метод с использованием диэтилдитиокарбамата серебра (ИСО 6595:1982); предел обнаружения составляет около 1 мкг/л. Большую чувствительность обеспечивают ААС с графитовой печью, ААС с генерацией гидридов и ИСП-МС. Для выявления различных видов мышьяка можно применять также ВЭЖХ в сочетании с ИСП-МС.

С технической точки зрения возможно, применяя любой из существующих способов обработки, обеспечить концентрацию мышьяка на уровне 5 мкг/л и ниже. Однако это требует тщательной оптимизации процесса и контроля, и разумнее рассчитывать на достижение 10 мкг/л посредством обычной обработки (например, коагуляции). Для местных нетрубопроводных систем водоснабжения основной путь решения этой проблемы нередко состоит в переходе на другие источники воды, безопасные в микробном отношении и содержащие мышьяк в низких концентрациях, или в добавлении воды из этих источников в основную воду. Целесообразным может также быть использование альтернативных источников воды для питья и приготовления пищи, но при применении воды из загрязненных источников, например, для мытья или стирки белья. Кроме того, постоянно появляются все новые эффективные технологии очистки небольших количеств воды, как правило, с применением методов коагуляции и осаждения или абсорбции; они позволяют при относительно небольших расходах удалять мышьяк в маломасштабных системах водоснабжения.

Асбест

Асбест появляется в воде в результате растворения асбестосодержащих минералов и руд, а также со сбросами промышленных предприятий, из выбросов в атмосферу и из асбоцементных труб в системах водораспределения. Отслоение асбестовых волокон в асбоцементных трубах происходит вследствие агрессивности воды в системах водоснабжения. Имеются ограниченные данные, указывающие на то, что взвешенные

частицы асбеста, высвобождающиеся из водопроводной воды при принятии душа или с паром, оказывают ничтожно малое воздействие.

Причина отсутствия нормативной величины	Нет убедительных данных, подтверждающих, что попавший в организм асбест оказывает негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Asbestos in drinking-water</i>

Асбест известен как вещество, оказывающее канцерогенное воздействие на человека при попадании в организм через дыхательные пути. Несмотря на тщательное изучение данного вопроса, эпидемиологические обследования населения, потреблявшего питьевую воду из систем, содержащих асбест в высокой концентрации, дали мало убедительных данных, подтверждающих канцерогенность асбеста при его попадании в организм пероральным путем. Кроме того, в ходе активных экспериментов на различных животных было продемонстрировано, что асбест не приводит к систематическому повышению распространенности опухолей желудочно-кишечного тракта. Соответственно, нет последовательных фактических данных о том, что асбест оказывает негативное воздействие на здоровье при попадании в организм пероральным путем, и поэтому был сделан вывод об отсутствии необходимости устанавливать санитарную нормативную величину для асбеста в питьевой воде. Основную проблему асбоцементные трубы представляют для людей, соприкасающихся в процессе работы с внешней поверхностью труб (например, разрезающих их), поскольку это сопряжено с риском вдыхания асбестовой пыли.

Атразин и его метаболиты

Атразин – системный гербицид избирательного действия, относящийся к классу хлортриазинов и применяемый для борьбы с однолетними широколиственными и травянистыми сорняками. Атразин и его хлор-*s*-триазиновые метаболиты – диэтилтриазин, диизопропилатразин и диаминохлортриазин – обнаруживаются в поверхностных и грунтовых водах как результат применения атразина в качестве довсходового или раннего послевсходового гербицида. Метаболит гидроксиатразин чаще обнаруживается в грунтовых, чем в поверхностных водах.

Нормативные величины	<i>Атразин и его хлор-<i>s</i>-триазиновые метаболиты:</i> 0,1 мг/л (100 мкг/л) <i>Гидроксиатразин:</i> 0,2 мг/л (200 мкг/л)
Присутствие в воде	Концентрация редко превышает 2 мкг/л и, как правило, находится на уровне значительно ниже 0,1 мкг/л
Групповой ПУСП для атразина и его хлор- <i>s</i> -триазиновых метаболитов	0–0,02 мг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ для атразина величиной 1,8 мг/кг массы тела в день, рассчитанного на основании данных о подавлении всплесков лютеинизирующего гормона и последующем нарушении эстрального цикла, наблюдавшихся при дозе 3,6 мг/кг массы тела в день в ходе 6-месячного исследования на крысах с применением коэффициента безопасности 100
ПУСП для гидроксиатразина	0–0,04 мг/кг массы тела исходя из УНВВНИ величиной 1,0 мг/кг массы тела в день, рассчитанного на основании данных о токсичности для почек при дозе 7,8 мг/кг массы тела в день, которые были получены в ходе 24-месячного исследования на крысах с применением коэффициента безопасности 25 на основе кинетических факторов
Предел обнаружения	<i>Атразин:</i> 1 нг/л посредством МС с изотопным разведением; 10 нг/л посредством ГХ-МС с твердофазной экстракцией; 50 нг/л посредством жидкофазной хроматографии (ЖФХ)-МС с твердофазной экстракцией; 100 нг/л посредством ГХ с азотно-фосфорным детектором

	<i>Метаболиты:</i> 5 нг/л посредством капиллярной ГХ с селективным термоионизационным детектором ВЭЖХ после экстракции посредством стирол-дивинилбензоловых сорбентов и элюированием ацетоном
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть обеспечен при использовании ГАУ или порошкового активированного угля (ПАУ); эффективны также фильтрация через речной песок и нанофильтрация
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	20% верхнего предела ПУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	По мнению ССОКП, УНВВНИ для атразина достаточен для защиты от последствий нейроэндокринных нарушений и других негативных последствий длительного воздействия атразина и его хлор-с-триазиновых метаболитов ССОКП не смогло оценить расчетную долю поступления атразина с питьевой водой. Соответственно по умолчанию было принято значение 20%, поскольку это очень консервативная оценка для большинства стран; кроме того, считается, что воздействие на население происходит главным образом через питьевую воду
Дата оценки	2011 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2009) <i>Pesticide residues in food—2007 evaluations</i> WHO (2011) <i>Atrazine and its metabolites in drinking-water</i>

ССОКП сочло, что атразин вряд ли обладает генотоксическими свойствами, и пришло к выводу, что это вещество не представляет канцерогенного риска для человека, поскольку механизм его канцерогенного воздействия на некоторые уязвимые для рака линии крыс не может применяться в целях оценки риска для человека. Данные эпидемиологических исследований также не подтверждают наличия причинно-следственной связи между воздействием атразина и раковыми заболеваниями у людей.

В ходе специальных исследований токсичности для репродуктивной системы воздействие на крыс на ранних этапах беременности (то есть в период зависимости от лютеинизирующего гормона) приводило к увеличению показателя пред- и постимплантационной гибели плода, в том числе к полной резорбции плода. Ослабление всплеска лютеинизирующего гормона и последующее нарушение эстрального цикла (характеризующееся увеличением на несколько дней продолжительности эструса) наблюдались при дозах 3,65 мг/кг массы тела и выше при УНВВНИ 1,8 мг/кг массы тела в день. Воздействие на всплеск лютеинизирующего гормона и нарушение эстрального цикла были подтверждены в ходе нескольких краткосрочных исследований механизма действия. Дополнительные эксперименты дали основания полагать, что воздействие атразина на лютеинизирующий гормон и выработку пролактина оказывается через гипоталамус. ССОКП пришло к выводу, что атразин не обладает тератогенными свойствами.

Исследования, проводившиеся с применением различных тест-систем как в лабораторных, так и в естественных условиях, показали, что после воздействия атразина происходят изменения в иммунной системе. Вместе с тем последствия, позволяющие говорить о нарушении функций иммунной системы, имели место только при дозах, превышающих те, которые, как было доказано, влияют на функции нейроэндокринной системы, приводя к нарушениям эстрального цикла, или влияют на развитие плода.

Механизм действия хлор-*s*-триазиновых метаболитов схож с механизмом действия атразина; способность этих метаболитов вызывать нарушения в нейроэндокринной системе примерно такая же, что и у исходного вещества.

Метаболит гидроксиатразин имеет отличный от атразина и его хлор-*s*-триазиновых метаболитов механизм действия и характер токсического воздействия. Гидроксиатразин токсичен прежде всего для почек (из-за низкой растворимости в воде он образует кристаллы, которые затем вызывают воспалительную реакцию). Данные о негативном воздействии гидроксиатразина на нейроэндокринную систему отсутствуют. Также нет данных о его канцерогенности, и ряд отвечавших всем требованиям тестов, проводившихся как в лабораторных, так и в естественных условиях, не выявил у него генотоксичности.

Барий

Барий в микроскопических количествах присутствует как в вулканических, так и в осадочных породах, а соединения бария используются в ряде разнообразных промышленных процессов; вместе с тем в воде присутствует барий главным образом природного происхождения. Для тех, кто не сталкивается с барием по роду своей профессиональной деятельности, основным источником попадания бария в организм являются продукты питания. Однако при высоком уровне содержания бария в питьевой воде она может быть существенным источником его попадания в организм.

Нормативная величина	0,7 мг/л (700 мкг/л)
Присутствие в воде	Обычно присутствует в питьевой воде в концентрации ниже 100 мкг/л, хотя в питьевой воде из грунтовых источников отмечались уровни концентрации свыше 1 мг/л
УНВВНИ для людей	7,3 мг/л, по данным наиболее тщательного на сегодняшний день эпидемиологического исследования, в ходе которого не было выявлено значительных различий в уровнях кровяного давления и в показателях распространенности сердечно-сосудистых заболеваний между теми, кто потреблял питьевую воду со средним показателем концентрации бария 7,3 мг/л, и теми, кто потреблял воду с концентрацией бария 0,1 мг/л
Расчет нормативной величины	Для УНВВНИ для людей применяется фактор неопределенности 10, учитывающий внутривидовые вариации
Предел обнаружения	0,1 мкг/л посредством ИСП-МС; 2 мкг/л посредством ААС; 3 мкг/л посредством оптической эмиссионной спектроскопии с ИСП
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мг/л может быть обеспечен посредством ионного обмена либо смягчения воды путем осаждения; другие обычные методы неэффективны
Дополнительные замечания	Нормативная величина для бария рассчитана на основе эпидемиологического исследования, в ходе которого негативных последствий не наблюдалось, хотя участвовавшая в исследовании популяция была относительно небольшой, а потенциал исследования – ограниченным. Соответственно, к показателю содержания бария в потреблявшейся исследуемой популяцией питьевой воде применялся фактор неопределенности 10. Вместе с тем уровень, на котором могут наблюдаться последствия, может значительно превышать эту концентрацию и, соответственно, значение нормативной величины для бария, возможно, очень консервативно, а допустимый коэффициент безопасности может быть достаточно высок
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (2001) <i>Barium and barium compounds</i> WHO (2003) <i>Barium in drinking-water</i>

Данных о канцерогенных или мутагенных свойствах бария нет. Доказано, что барий вызывает нефропатию у лабораторных животных, однако, как представляется, в плане токсикологического воздействия на человека наибольшую обеспокоенность вызывает его способность повышать кровяное давление.

Бентазон

Бентазон (CAS № 25057-89-0) – это гербицид широкого спектра действия, применяемый в отношении различных сельскохозяйственных культур. В почве и в воде происходит фоторазложение; вместе с тем бентазон очень мобилен в почве и умеренно стоек в окружающей среде. Согласно имеющимся данным, концентрация, в которой бентазон встречается в поверхностной воде, грунтовых водах и питьевой воде, составляет несколько микрограммов на литр и менее. Хотя это вещество было обнаружено в грунтовых водах и имеет высокое сродство к воде, как представляется, в окружающей среде оно не накапливается. Степень воздействия через продукты питания, по-видимому, невелика.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1999) <i>Pesticide residues in food—1998 evaluations</i> WHO (2003) <i>Bentazone in drinking-water</i>

Долгосрочные исследования на крысах и мышах не выявили канцерогенных свойств, а различные тесты в лабораторных и естественных условиях показали, что бентазон не генотоксичен. Санитарная норма 300 мкг/л может быть рассчитана исходя из ПУСП величиной 0–0,1 мг/кг массы тела, установленного ССОКП с учетом последствий гематологического характера, наблюдавшихся в ходе двухгодичного исследования, в ходе которого бентазон добавлялся в рацион питания крыс. Вместе с тем, поскольку бентазон присутствует в концентрациях значительно ниже тех, которые представляют опасность для здоровья, было признано нецелесообразным устанавливать санитарную нормативную величину.

Бензол

Бензол используется главным образом в производстве других органических химических веществ. Он содержится в бензине, и автомобильные выхлопы являются основным источником, из которого бензол попадает в окружающую среду. В воду бензол может попадать с промышленными стоками и из загрязненного воздуха.

Нормативная величина	0,01 мг/л (10 мкг/л)
Присутствие в воде	При нахождении в питьевой воде уровень концентрации, как правило, гораздо ниже 5 мкг/л
Основания для установления нормативной величины	Модель жесткой линейной экстраполяции (ввиду того что некоторые данные статистически не согласовываются с линеаризованной многоэтапной моделью) применительно к лейкемии и лимфомам у самок мышей, а также плоскоклеточному раку полости рта у самцов мышей, выявленным в ходе двухгодичного исследования с применением кормления через желудочный зонд
Предел обнаружения	0,2 мкг/л посредством ГХ с фотоионизационным детектором и подтверждение посредством МС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,01 мг/л может быть обеспечен посредством ГАУ или отгонки воздухом

Дополнительные замечания	Нижний предел расчетного диапазона концентраций в питьевой воде, соответствующих верхнему пределу избыточного риска ракового заболевания на уровне 10^{-5} (10–80 мкг/л), соответствует оценкам, полученным на основании данных о лейкемии в рамках эпидемиологических исследований о воздействии через органы дыхания и взятым за основу при расчете предыдущего значения нормативной величины. Соответственно, прежняя нормативная величина оставлена без изменений
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Benzene in drinking-water</i>

Острое кратковременное воздействие высоких концентраций бензола на людей затрагивает прежде всего центральную нервную систему. При более низких концентрациях бензол токсичен для кроветворной системы – он вызывает ряд изменений в составе крови, в том числе лейкемию. Поскольку бензол является канцерогеном для человека, МАИР отнесло его к Группе 1. Отклонения в составе крови, аналогичные обнаруженным у людей, были также выявлены у различных подопытных животных, подвергавшихся воздействию бензола. Опыты на животных показали, что бензол является канцерогеном как при его вдыхании, так и при попадании в организм пероральным путем. Проводившееся в течение двух лет исследование развития рака при принудительном введении мышам и крысам через зонд подсолнечного масла с растворенным в нем бензолом показало, что это приводило к появлению опухолей различных типов. Бактериальный анализ мутагенных свойств у бензола не выявил, однако доказано, что в естественных условиях он вызывает хромосомные сбои у различных видов, в том числе у человека, а также что он дает положительный результат при проведении микроядерного теста на мышах.

Бериллий

Как представляется, соединения бериллия попадают в воду в основном в результате сжигания угля и применения бериллия в других отраслях промышленности. Другими путями попадания бериллия в поверхностную воду являются его осаждение из атмосферы и выветривание скальных пород и почв, содержащих бериллий. Поскольку оксиды и гидроксиды бериллия плохо растворяются в воде при ее нормальной жесткости, уровень содержания бериллия в естественных водоемах, как правило, очень незначителен.

Причина отсутствия нормативной величины	Редко встречается в питьевой воде в концентрациях, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2009 г.
Основные источники информации	IPCS (2001) <i>Beryllium and beryllium compounds</i> WHO (2009) <i>Beryllium in drinking-water</i>

Поскольку бериллий почти не встречается в питьевой воде в концентрациях, вызывающих беспокойство, устанавливать нормативную величину для него нецелесообразно.

Санитарная норма для бериллия, составляющая 12 мкг/л, может быть рассчитана исходя из расчетной доли в 20% от ДУСП в 2 мкг/кг массы тела, определенного в ходе долгосрочного исследования, когда у собак, потреблявших питьевую воду, были выявлены повреждения тонкого кишечника, и предполагая, что взрослый человек с массой тела 60 кг выпивает 2 литра воды в день. Подобная расчетная доля, возможно,

слишком консервативна, поскольку ограниченные данные о продуктах питания показывают, что воздействие из этого источника, по всей вероятности, гораздо ниже ДУСП.

Хотя бериллий, по-видимому, встречается в источниках питьевой воды и в питьевой воде в низких концентрациях, данных о его присутствии в воде недостаточно, и возможны ситуации, в которых уровень концентрации будет повышенным в природных источниках, рН воды в которых ниже 5 или выше 8 или же имеет место повышенная мутность.

Бор

Соединения бора применяются в производстве стекла, мыла и моющих средств, а также в качестве огнезащитных средств. Бор природного происхождения попадает в грунтовую воду прежде всего в стоках со скалистых пород и из почв, содержащих бораты и боросиликаты. Содержание борат-аниона в поверхностной воде может быть повышенным вследствие сбросов сточных вод, однако масштабы его применения существенно сократились, и уровень бора в сточных водах постоянно снижается.

Нормативная величина	2,4 мг/л (2400 мкг/л)
Присутствие в воде	Уровень концентрации может быть очень разным в зависимости от геологического строения окружающей местности и сбросов сточных вод; согласно имеющимся данным, в мире концентрация бора в питьевой воде по большей части находится на уровне ниже 0,5 мг/л
ДУСП	0,17 мг/кг массы тела, исходя из ОДНДП ₀₅ величиной 10,3 мг/кг массы тела в день, установленной на основании токсического влияния на развивающийся организм (снижение массы тела плода у крыс) и при факторе неопределенности 60 (10 – на межвидовые различия и 6 – на внутривидовые различия)
Предел обнаружения	0,15 мкг/л посредством ИСП-МС; 6–10 мкг/л посредством ИСП – атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС)
Эффективность обработки/очистки воды	Обычные методы обработки воды (коагуляция, осаждение, фильтрация) не обеспечивают существенного удаления бора, и для удаления бора из воды, в которой он содержится в высоких концентрациях, требуется применение специальных методов. Методы ионного обмена и обратного осмоса могут существенно снизить содержание бора, однако они слишком затратны. Единственный экономически целесообразный метод снижения концентрации бора в воде, в которой его содержание слишком высоко, заключается в разбавлении такой воды водой с низким содержанием бора
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	<p>40% ДУСП (поскольку уровень поступления в организм из других источников низок)</p> <p>60 кг – взрослый человек</p> <p>2 литра в день</p>
Дополнительные замечания	Поскольку при использовании для водоснабжения опресненной воды и в районах с высоким природным содержанием бора достижение нормативной величины 2,4 мг/л затруднительно, местным регуляторным органам и органам здравоохранения следует, оценив воздействие из других источников, решить вопрос об установлении показателя, превышающего 2,4 мг/л
Дата оценки	2009 г.
Основной источник информации	WHO (2009) <i>Boron in drinking-water</i>

Кратко- и долгосрочные эксперименты, в ходе которых изучалось воздействие борной кислоты или буры на лабораторных животных, показали, что токсическому

воздействию систематически подвергалась репродуктивная система самцов. У крыс, мышей и собак, получавших борную кислоту или буру с пищей или питьевой водой, наблюдались повреждения тестикул. В ходе экспериментов на крысах, мышах и кроликах было продемонстрировано токсическое воздействие на развивающиеся организмы. Негативные результаты многочисленных тестов на мутагенность свидетельствуют о том, что ни борная кислота, ни бура не генотоксичны. Долгосрочные исследования не выявили влияния борной кислоты и буры на увеличение частоты случаев опухолей у мышей и крыс.

Бромат-анион

Броматы натрия и калия являются мощными окислителями, применяемыми главным образом при химической завивке волос и при окраске тканей сернистыми красителями. Бромат калия также используется в качестве окислителя для доведения муки до готовности при помеле, обработки ячменя в пивоваренной промышленности и изготовления рыбной пасты, хотя ОКЭПД пришел к заключению о нецелесообразности применения бромата калия для обработки пищевых продуктов. Обычно бромат-анионов в воде нет, однако они могут там появиться в результате попадания в воду промышленных отходов, а иногда – из загрязненных почв. Однако основным источником появления бромат-анионов в питьевой воде является их формирование в процессе озонирования, если в воде присутствует бромид-ион. Кроме того, бромат-анионы могут образовываться в растворах, содержащих гипохлорит-анионы, являющихся продуктом электролиза солей, содержащих бромид-анион.

Условная нормативная величина	0,01 мг/л (10 мкг/л) Нормативная величина является условной ввиду несовершенства существующих методов анализа и обработки
Присутствие в воде	Обнаруживаются после озонирования в питьевой воде, полученной из источника воды разного качества, в концентрациях в диапазоне от менее чем 2 до 293 мкг/л, в зависимости от концентрации бромид-ионов, содержания озона, pH, щелочности и количества растворенного органического углерода; могут образовываться в процессе электрохимической генерации хлора и гипохлорита из соляного раствора с высоким уровнем загрязнения бромидами
Основания для установления нормативной величины	Верхний предел канцерогенности бромат-аниона – 0,19 на мг/кг массы тела в день, исходя из линейной экстраполяции небольшой дозы (основанная на распределении Вейбулла одностадийная модель канцерогенеза применялась в отношении мезотелиом, опухолей почечных канальцев и фолликулярных опухолей щитовидной железы у самцов крыс, получавших бромат калия с питьевой водой; использовались промежуточные данные о смертности за 12, 26, 52 и 77 недель). Санитарная норма 2 мкг/л соответствует верхнему пределу избыточного риска ракового заболевания на уровне 10^{-5} . Сходные значения можно получить, применяя другие методы экстраполяции, и расчетные величины при этом будут находиться в диапазоне от 2 до 6 мкг/л
Предел обнаружения	0,2 мкг/л посредством ионообменной хроматографии с детектированием поглощения в УФ и видимой области; 0,3 мкг/л посредством ионообменной хроматографии с детектированием посредством ИСП-МС; 1,5 мкг/л посредством ионной хроматографии с кондуктометрическим детектированием с подавлением фоновой электропроводности
Эффективность обработки/очистки воды	Образовавшиеся бромат-анионы с трудом поддаются удалению. Обеспечив необходимый контроль за условиями дезинфекции, можно поддерживать концентрацию бромат-анионов на уровне ниже 0,01 мг/л
Дата оценки	2003 г.

Основной источник информации

WHO (2003) *Bromate in drinking-water*

МАИР пришло к заключению, что, несмотря на недостаточные фактические данные о канцерогенности броматов для человека, надлежащая информация об их канцерогенности была получена в ходе изучения воздействия больших доз броматов на подопытных животных; МАИР отнесло броматы к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека). Броматы проявляют мутагенные свойства как в лабораторных, так и естественных условиях. В настоящее время нет достаточных данных, позволяющих делать выводы о механизме канцерогенного воздействия броматов. Наблюдение за опухолями на относительно ранних стадиях и позитивные реакции, которые броматы демонстрировали в ходе различных тестов на генотоксичность, позволяют предполагать, что основной механизм воздействия при низких дозах – это окислительное повреждение дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Хотя есть основания полагать, что реакция ДНК при опухолях почек характеризуется нелинейной зависимостью доза – реакция, нет данных, которые подтверждали бы, что такая же зависимость между реакцией и дозой имеет место при развитии мезотелиом или опухолей щитовидной железы. Оксидативный стресс может сыграть определенную роль при формировании опухолей почек, однако имеющихся данных недостаточно, чтобы утверждать, что перекисление липидов и образование свободных радикалов являются ключевыми факторами, определяющими появление таких опухолей. Вместе с тем вновь полученные данные свидетельствуют о быстром разложении бромат-анионов в желудочно-кишечном тракте, крови и печени, что является аргументом в пользу нелинейной зависимости доза – реакция при воздействии в низких дозах.

Бромид-анион

Бромиды обычно встречаются в природе вместе с хлоридом натрия, поскольку у этих веществ сходные физические и химические качества, однако количественно бромидов меньше. Уровень концентрации бромид-аниона в морской воде колеблется в диапазоне от 65 мг/л до значений, значительно превышающих 80 мг/л, в пресной воде – от остаточных количеств до 0,5 мг/л, в опресненной воде он составляет до 1 мг/л.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2009 г.
Основной источник информации	WHO (2009) <i>Bromide in drinking-water</i>

В 1966 году ССОКП провело оценку неорганических бромид-ионов и рекомендовал ПУСП в пределах от 0 до 1 мг/кг массы тела, с учетом того, что минимальная фармакологически эффективная доза для человека составляет примерно 900 мг бромида калия, что эквивалентно 600 мг бромид-иона. ПУСП, определенный ССОКП, был подтвержден в 1988 году на основании новых данных.

Результаты исследований на людях позволяют утверждать, что консервативное значение уровня ненаблюдаемого воздействия (УНВ) (с предельным эффектом в границах нормальных значений электроэнцефалограммы для женщин) составляет 4 мг/кг массы тела в день, что дает ПУСП в пределах от 0 до 0,4 мг/кг массы тела при коэффициенте безопасности 10 на неоднородность популяции.

Верхний предел ПУСП – 0–0,4 мг/кг массы тела – предполагает допустимую ежедневную дозу потребления величиной 24 мг на человека в расчете на человека с массой тела 60 кг. Если принять расчетную долю поступления из источника за 50%, то нормативная величина для питьевой воды для взрослого человека с массой тела 60 кг, потребляющего 2 литра воды в день, составит до 6 мг/л, а для ребенка весом 10 кг, потребляющего 1 литр воды в день, – до 2 мг/л. Вместе с тем для ребенка весом 10 кг доля бромидов, поступающих с едой, будет, вероятно, меньше, чем для взрослого. Эти значения достаточно консервативны, и подобные величины вряд ли присутствуют в системах питьевого водоснабжения.

Бромид-анион может участвовать в реакциях между хлором и органическими веществами природного происхождения в питьевой воде, образуя в результате бромированные и смешанные хлор-бромные вещества, например тригалогенметаны (ТГМ) и галогензамещенные уксусные кислоты (ГУК), или же образовывать бромат-анион в результате реакции с озоном. Для образования этих веществ бромид-анион требуется в концентрациях гораздо меньших, чем те санитарные нормы, о которых говорилось выше. В настоящем Руководстве речь идет непосредственно о неорганическом бромид-ионе, а не о бромат-ионе или галогенсодержащих органических соединениях, для которых установлены отдельные санитарные нормативные величины.

Бромированные уксусные кислоты

Бромированные уксусные кислоты образуются при дезинфекции воды, содержащей бромид-ионы и органические вещества. Бромид-ионы, содержащиеся в поверхностной и грунтовой воде, имеют естественное происхождение, и их уровень подвержен сезонным колебаниям. Содержание бромид-ионов может повышаться в результате притока соленой воды в условиях засухи или загрязнения. Средний уровень концентрации солей бромированных уксусных кислот в системах распределения поверхностных и грунтовых вод обычно ниже 5 мкг/л.

Причина отсутствия нормативной величины	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (2000) <i>Disinfectants and disinfectant by-products</i> WHO (2003) <i>Brominated acetic acids in drinking-water</i>

Имеющиеся данные по дибромуксусной кислоте считаются недостаточными для расчета нормативной величины. Систематические исследования токсичности при субхроническом или более продолжительном воздействии не проводились. В базе данных также отсутствуют сведения о соответствующих токсикокинетических исследованиях, исследованиях канцерогенности, изучении отдаленных эффектов токсичности на животных из второй группы и репродуктивной токсичности по методу нескольких поколений. Имеющиеся данные о мутагенности позволяют предполагать, что дибромуксусная кислота генотоксична.

Также ограничены данные о токсичности монобромуксусной и бромхлоруксусной кислот при пероральном воздействии. Ограниченные данные о мутагенности и генотоксичности неоднозначны в отношении монобромуксусной кислоты и, как правило, положительны в отношении бромхлоруксусной кислоты. Отсутствуют, в частности, данные об исследованиях токсичности при субхроническом или хроническом воздействии, исследованиях репродуктивной токсичности по методу нескольких поколений, стандартных исследованиях отдаленных эффектов токсичности

и исследованиях канцерогенности. Имеющиеся данные считаются недостаточными для расчета нормативных величин для этих химических веществ.

Кадмий

Кадмий – металл, применяемый в производстве стали и пластмасс. Соединения кадмия широко используются в батареях. Кадмий попадает в окружающую среду со сточными водами, а диффузное загрязнение происходит вследствие загрязнения удобрениями и загрязнения воздуха на местах. Кроме того, загрязнение питьевой воды может также вызываться примесями к цинку, применяемому в гальванизированных трубах, припоях и некоторых металлических деталях арматуры. Основным источником ежедневного воздействия кадмия являются продукты питания. Ежедневная доза поступления пероральным путем – 10–35 мкг. Важным дополнительным источником воздействия кадмия является курение.

Нормативная величина	0,003 мг/л (3 мкг/л)
Присутствие в воде	Обычный уровень концентрации в питьевой воде – менее 1 мкг/л
УПМП	25 мкг/кг массы тела, исходя из соотношения между выведением β_2 -микроглобулина и выведением кадмия с мочой у лиц в возрасте 50 лет и старше
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством ИСП-МС; 2 мкг/л посредством пламенной ААС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,002 мг/л может быть обеспечен посредством коагуляции или смягчения воды путем осаждения
Расчет нормативной величины	<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой 10% от условно переносимого месячного поступления (УПМП) вследствие больших объемов поступления с продуктами питания • масса тела 60 кг – взрослый человек • потребление 2 литра в день
Дополнительные замечания	<p>Хотя новые данные свидетельствуют о том, что при данном значении УПМП для части населения может иметь место повышенный риск почечной канальцевой дисфункции, возможные на данный момент оценки риска неточны</p> <p>Признано, что разница между УПМП и фактическим месячным поступлением кадмия для населения в целом невелика, а для курящих она может быть еще меньше</p>
Дата оценки	2011 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2011) <i>Evaluation of certain food additives and contaminants</i> WHO (2011) <i>Cadmium in drinking-water</i>

Степень абсорбции соединений кадмия зависит от их растворимости в воде. Кадмий накапливается, прежде всего, в почках, и период его полураспада в организме достаточно длителен – 10–35 лет. Есть данные, подтверждающие канцерогенность кадмия при его вдыхании, и МАИР отнесло кадмий и соединения кадмия к Группе 2А (вещества, весьма вероятно канцерогенные для человека). Вместе с тем данных о канцерогенности при пероральном потреблении и однозначных данных о генотоксичности кадмия нет. Основным органом-мишенью, подвергающимся токсическому воздействию кадмия, являются почки.

В ходе последней оценки кадмия ОКЭПД обнаружил, что наиболее надежный способ определения критического уровня содержания кадмия в моче основан на данных о соотношении между выведением β_2 -микроглобулина и выведением кадмия с мочой у лиц в возрасте 50 лет и старше. При выведении с мочой менее 5,24 мкг кадмия на грамм креатинина повышенного выведения β_2 -микроглобулина не наблюдалось, и,

согласно оценке, при концентрации кадмия в моче на уровне 5,24 мкг/г креатинина показатель воздействия кадмия через продукты питания составляет 0,8 мкг/кг массы тела в день, или примерно 25 мкг/кг массы тела в месяц. Ввиду чрезвычайно продолжительного периода полураспада кадмия в организме ранее принятое значение УПНП – 7 мкг/кг массы тела – было отменено и вместо него был установлен УПМП величиной 25 мкг/кг массы тела.

Карбарил

Карбарил (CAS № 63-25-2) – это карбаматный инсектицид широкого спектра действия, применяемый для борьбы с насекомыми – вредителями сельскохозяйственных культур, деревьев и декоративных растений. Кроме того, он применяется в медицине и ветеринарии. Данных об обнаружении карбарила в питьевой воде нет, однако он может попасть в нее при чрезмерном опрыскивании или проливе в поверхностную воду. Соответственно уровень воздействия через питьевую воду считается, за исключением особых обстоятельств, низким. Население в целом потребляет карбарил в основном с продуктами питания, и считается, что остаточные количества достаточно низки.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2006 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2002) <i>Pesticide residues in food—2001 evaluations</i> WHO (2008) <i>Carbaryl in drinking-water</i>

Карбарил подавляет холинэстеразу головного мозга, и в этом заключается его основное токсическое воздействие. Вместе с тем установлено, что карбарил не генотоксичен для мышей, у самцов которых он вызывает опухоли сосудов. Исходя из этого, ССОКП установило ПУСП в пределах от 0 до 0,008 мг/кг массы тела. Основанием для этого является показатель порогового уровня вредного воздействия (ПУВВ), составляющий 15 мг/кг массы тела в день, с применением коэффициента безопасности 2000 (10 – на межвидовую изменчивость, 10 – на внутривидовую изменчивость и 20 – для учета редких и злокачественных опухолей, для которых невозможно определить уровень, не оказывающий воздействия).

Санитарная норма 50 мкг/л (округленное значение) может быть рассчитана исходя из ПУСП, установленного ССОКП в пределах от 0 до 0,008 мг/кг массы тела для взрослого человека с массой тела 60 кг, выпивающего 2 литра воды в день, и при отнесении на питьевую воду 20% верхнего предела ПУСП. Вместе с тем карбарил в сколько-нибудь значительных концентрациях в питьевой воде не обнаруживается, и поэтому определение официальной нормативной величины считается нецелесообразным.

Карбофуран

Карбофуран (CAS № 1563-66-2) используется по всему миру в качестве пестицида для многих сельскохозяйственных культур. Остаточные количества в сельскохозяйственных культурах после их обработки, как правило, очень низки или не поддаются обнаружению. Физико-химические свойства карбофурана и незначительные данные о его обнаружении указывают на то, что основным каналом воздействия, по-видимому, является питьевая вода как из грунтовых, так и из поверхностных источников.

РУКОВОДСТВО ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Нормативная величина	0,007 мг/л (7 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживается в поверхностной, грунтовой и питьевой воде, как правило, в количестве нескольких микрограммов на литр и менее; наивысшая измеренная концентрация (30 мкг/л) отмечена в грунтовой воде
ПУСП	0–0,002 мг/кг массы тела исходя из УНВВНИ величиной 0,22 мг/кг массы тела в день, установленного на основании острых (обратимых) последствий у собак, которые были выявлены по результатам краткосрочного (4 недели) исследования, проводившегося в дополнение к 13-недельному исследованию, в ходе которого наблюдалось подавление ацетилхолинэстеразной активности эритроцитов, с применением фактора неопределенности 100
Предел обнаружения	0,1 мкг/л посредством ГХ с азотно-фосфорным детектором; 0,9 мкг/л посредством обращенно-фазовой ВЭЖХ с флуоресцентным детектором
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой 10% верхнего предела ПУСП • масса тела 60 кг – взрослый человек • потребление 2 литра в день
Дополнительные замечания	Применение данных 4-недельного исследования было сочтено целесообразным, поскольку УНВВНИ был рассчитан, исходя из обратимых острых последствий; УНВВНИ также обеспечивает защиту от хронических последствий
Дата оценки	1998 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1997) <i>Pesticide residues in food—1996 evaluations</i> WHO (2003) <i>Carbofuran in drinking-water</i>

Карбофуран очень токсичен при пероральном попадании в больших дозах. Как показывают данные кратко- и долгосрочных исследований токсичности, основной системный эффект отравления карбофураном – подавление холинэстеразы. В ходе исследований токсикологического воздействия на репродуктивную функцию данных о тератогенности не обнаружено. Судя по имеющимся данным исследований, карбофуран не оказывает канцерогенного или генотоксического воздействия.

Тетрахлорид углерода

Тетрахлорид углерода применяется в основном в производстве хладагентов, вспенивателей и растворителей на основе хлорфторуглеродов. Однако, после того как Монреальским протоколом по веществам, разрушающим озоновый слой (1987 г.), и поправками к нему (1990 и 1992 гг.) был определен график постепенного отказа от производства и потребления тетрахлорида углерода, объемы его производства и применения снизились и будут снижаться и далее. Тетрахлорид углерода попадает главным образом в атмосферу, но может также попадать в промышленные сточные воды. Хотя он без труда попадает в атмосферу из поверхностной воды, уровень его содержания в анаэробной грунтовой воде может оставаться повышенным в течение нескольких месяцев и даже лет. Хотя имеющиеся данные об уровнях его концентрации в продуктах питания ограничены, считается, что с воздухом в организм попадает значительно большее его количество, чем с продуктами питания или питьевой водой.

Нормативная величина	0,004 мг/л (4 мкг/л)
Присутствие в воде	Обычный уровень концентрации в питьевой воде – менее 5 мкг/л

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

ДУСП	1,4 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 1 мг/кг массы тела в день, установленного на основании воздействия на печень, которое было выявлено в ходе 12-недельного исследования на крысах, получавших питание принудительно через желудочный зонд, с корректировкой на размер дневной дозы и с применением фактора неопределенности 500 (100 на меж- и внутривидовую изменчивость, 10 – на продолжительность исследования и поправочный коэффициент 0,5, поскольку в ходе исследования применялось болюсное введение)
Предел обнаружения	0,1–0,3 мкг/л посредством ГХ-ЭЗД или ГХ-МС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,001 мг/л может быть обеспечен посредством отгонки воздухом
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Нормативная величина диапазона ниже значений, связанных с верхним пределом значений 10^{-4} , 10^{-5} и 10^{-6} избыточного риска ракового заболевания, рассчитанных путем линейной экстраполяции
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (1999) <i>Carbon tetrachloride</i> WHO (2003) <i>Carbon tetrachloride in drinking-water</i>

Основными объектами токсического воздействия тетрахлорида углерода являются печень и почки. В ходе экспериментов на мышах и крысах выяснилось, что тетрахлорид углерода может являться причиной возникновения гепатом и гепатоцеллюлярных карцином. Опухоли печени возникали при дозах выше тех, которые оказывали токсическое воздействие на клетки. Возможно, канцерогенное действие тетрахлорида углерода является вторичным по отношению к его гепатотоксическому воздействию. На основании имеющихся данных тетрахлорид углерода можно рассматривать как вещество, не оказывающее генотоксического воздействия. МАИР отнесло тетрахлорид углерода к категории веществ, вероятно канцерогенных для человека (Группа 2B): имеется достаточно данных, подтверждающих канцерогенность тетрахлорида углерода для лабораторных животных, однако достоверных фактов в отношении людей нет.

Хлоральгидрат

Хлоральгидрат, или трихлорацетальдегид, может образовываться в качестве побочного продукта хлорирования воды, содержащей органические вещества – прекурсоры, например фульвиновую и гуминовую кислоты. Хлоральгидрат обнаруживается в питьевой воде в концентрациях до 100 мкг/л, однако обычно уровень концентрации не превышает 10 мкг/л. В поверхностной воде уровень концентрации, как правило, выше, чем в грунтовой, а в ходе распределения воды концентрация, по-видимому, возрастает.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2004 г.
Основные источники информации	IPCS (2000) <i>Chloral hydrate</i> IPCS (2000) <i>Disinfectants and disinfectant by-products</i> WHO (2005) <i>Chloral hydrate in drinking-water</i>

Хлоральгидрат применяется в качестве промежуточного продукта при производстве инсектицидов, гербицидов и снотворных средств. Кроме того, он широко применяется в качестве седативного или снотворного лекарственного средства в пероральной дозировке примерно до 750–1000 мг/день. Хотя объемы поступления при использовании в клинических целях гораздо выше, чем объемы поступления с питьевой водой, клиническое воздействие является более краткосрочным.

Не обнаружено проводившихся на людях эпидемиологических исследований или исследований канцерогенности, которые связали бы воздействие хлоральгидрата с возникновением рака, хотя это вещество в течение многих десятилетий применялось (и по-прежнему применяется) в качестве седативного и снотворного лекарственного средства для взрослых и детей (особенно в стоматологии). Вследствие отсутствия достоверных данных по людям и ограниченности данных по экспериментальным животным МАИР отнесло хлоральгидрат к веществам, не классифицируемым как канцерогенные для человека (Группа 3). Имеются допускающие двоякое толкование сведения о генотоксичности хлоральгидрата.

Санитарная норма 0,1 мг/л (округленное значение) может быть рассчитана, исходя из ДУСП величиной 0,0045 мг/кг массы тела, установленного на основании увеличения частоты случаев гистопатологии печени у мышей, выявленного в ходе двухгодичного исследования поступления вещества с питьевой водой, с отнесением на питьевую воду 80% ДУСП (поскольку основное воздействие хлоральгидрат оказывает через питьевую воду) в расчете на взрослого человека с массой тела 60 кг, потребляющего 2 литра воды в день. Вместе с тем, поскольку хлоральгидрат обычно встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье, определение нормативной величины признано нецелесообразным.

Уровень хлоральгидрата в питьевой воде можно контролировать, внося изменения в процедуры дезинфекции (например, усиливая коагуляцию и умягчение воды для удаления органических веществ – прекурсоров, изменяя место проведения дезинфекции в целях ослабления реакции между хлором и веществами-прекурсорами, а также используя для остаточной дезинфекции хлорамины вместо хлора) или путем обработки ГАУ.

Хлорамины (монохлорамин, дихлорамин, трихлорамин)

Монохлорамин, дихлорамин и трихлорамин считаются побочными продуктами хлорирования воды, образующимися при добавлении в воду хлора и аммиака. Монохлорамин может также вноситься в качестве средства поддержания остаточной дезинфекции в системах распределения питьевой воды. Поскольку хлорамины более высокой устойчивости образуются лишь эпизодически и вызывают проблемы со вкусом и запахом в концентрациях более низких, чем те, в которых аналогичные проблемы вызывает монохлорамин, то на предмет установления санитарной нормативной величины изучался только монохлорамин. В желудке хлорамин быстро разлагается под воздействием желудочного сока. Применение для дезинфекции хлораминов вместо хлора снижает образование ТГМ в системах питьевого водоснабжения. Вместе с тем имеются данные об образовании других побочных продуктов, в том числе галогенкетонов, хлорпикрина, хлорциана, ГУК, галогенацетонитрилов, альдегидов и хлорфенолов. Монохлорамин – наиболее распространенный хлорамин – считается менее эффективным дезинфицирующим веществом, чем хлор, и применяется в качестве вторичного дезинфектанта для поддержания остаточной дезинфекции в системах распределения.

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Нормативная величина	<i>Монохлорамин</i> : 3 мг/л (3000 мкг/л)
Присутствие в воде	Обычно хлорамин в концентрации 0,5–2 мг/л встречается в системах распределения питьевой воды, где это вещество применяется в качестве основного дезинфектанта или для поддержания остаточного количества хлора в системе распределения
ДУСП	94 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 9,4 мг/кг массы тела в день, – максимальной дозы, которую самцы крыс получали с питьевой водой в ходе двухгодичного исследования, проводившегося в рамках Национальной программы по токсикологии Соединенных Штатов (НПТ) (хотя средняя масса тела крыс, получавших максимальную дозу, была ниже, чем у крыс в соответствующих контрольных группах, возможно, что более низкая масса тела была обусловлена неприятным вкусом питьевой воды)
Предел обнаружения	10 мкг/л посредством колориметрических методов
Эффективность обработки/очистки воды	Существует возможность снизить концентрацию хлорамина фактически до нуля (< 0,1 мг/л) посредством удаления; вместе с тем нормальной практикой считаются поставки воды, содержащей остаточные количества хлорамина в пределах нескольких десятых долей миллиграмма на литр, выступающего в качестве защитного средства при распределении воды
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	100% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Дополнительный фактор неопределенности, учитывающий возможную канцерогенность, не применялся, поскольку неоднозначные данные о возникновении рака, полученные в ходе исследования в рамках НПТ только для одного вида животных и только для одного пола, находятся в том же диапазоне, что и полученные в группах исторического контроля Большинство людей могут почувствовать хлорамины на вкус при их концентрации ниже 5 мг/л, а некоторые – при концентрации всего 0,3 мг/л
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (2000) <i>Disinfectants and disinfectant by-products</i> WHO (2003) <i>Monochloramine in drinking-water</i>
<hr/>	
Причины отсутствия нормативных величин	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины для <i>дихлорамина</i> и <i>трихлорамина</i>
Дата оценки	1993 г.
Основные источники информации	IPCS (2000) <i>Disinfectants and disinfectant by-products</i>

Монохлорамин

Хотя в ходе некоторых исследований в лабораторных условиях были получены данные о мутагенных свойствах монохлорамина, исследования в естественных условиях его генотоксичность не подтвердили. МАИР отнесло хлорамин к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека). Проведенный в рамках НПТ биоанализ на животных двух видов показал увеличение количества случаев лейкемии мононуклеарных клеток у самок крыс, однако увеличения числа других опухолей не наблюдалось. МПХБ не связывает увеличение количества случаев лейкемии мононуклеарных клеток с воздействием хлорамина.

Дихлорамин и трихлорамин

Углубленных исследований дихлорамина и трихлорамина не проводилось, и имеющихся данных недостаточно для того, чтобы на их основе определить нормативные величины для этих химических веществ. Вместе с тем при отсутствии должного контроля за образованием монохлорамина эти вещества могут создавать проблемы со вкусом и запахом (см. главу 10).

Хлордан

Хлордан (CAS № 57-47-9) – это инсектицид широкого спектра действия, применяемый с 1947 г. В последнее время все больше стран ограничивают его использование, и сегодня он применяется главным образом для уничтожения термитов путем впрыскивания в подземный слой почвы. При использовании путем впрыскивания хлордан может вызывать незначительное загрязнение грунтовой воды. Технический хлордан представляет собой смесь веществ, среди которых преобладают цис- и транс-формы этого вещества. Хлордан очень устойчив к разложению, крайне малоподвижен в почве и, по-видимому, не может мигрировать в грунтовые воды – в них он обнаруживается крайне редко. Он быстро высвобождается в атмосферу. Хотя уровни содержания хлордана в продуктах питания снижаются, он очень стоек и обладает большим потенциалом бионакопления.

Нормативная величина	0,0002 мг/л (0,2 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался в питьевой воде и в грунтовых водах, как правило, в концентрации ниже 0,1 мкг/л
УПСР	0,5 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 50 мкг/кг массы тела в день, установленного на основании увеличения печени, повышения уровня сывороточного билирубина и увеличения случаев появления гепатоцеллюлярных узлов, которые были выявлены по результатам долгосрочного исследования на крысах, получавших это вещество с пищей, с применением фактора неопределенности 100 (по 10 на меж- и внутривидовую неоднородность)
Предел обнаружения	0,014 мкг/л посредством ГХ с ЭЗД
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть обеспечен при использовании ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	1% УПСР
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Хлордан внесен в списки стойких органических загрязнителей согласно Стокгольмской конвенции. Соответственно, может проводиться мониторинг его содержания в дополнение к предусмотренному в Руководстве по питьевой воде
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1995) <i>Pesticide residues in food—1994 evaluations</i> WHO (2003) <i>Chlordane in drinking-water</i>

Продолжительное воздействие путем добавления в пищу приводит к повреждениям печени у лабораторных животных. Хлордан вызывает опухоли печени у мышей, однако совокупность имеющихся данных свидетельствует о том, что он не генотоксичен. В лабораторных условиях хлордан может влиять на клеточную коммуникацию, что характерно для многих факторов, способствующих возникновению рака. В 1991 году МАИР пересмотрело классификацию хлордана и

пришло к выводу об отсутствии достоверных данных, подтверждающих его канцерогенность для человека, а также об отсутствии достаточного количества данных относительно его канцерогенности для животных. В результате хлордан был отнесен к Группе 2В.

Хлорид-анион

Содержащийся в питьевой воде хлорид-анион попадает в нее из природных источников, из канализации и с промышленными стоками, а также с городскими сточными водами, содержащими соли для борьбы с гололедом, и в ходе вторжения соленых вод.

Основным источником воздействия хлорид-аниона на людей является соль, добавленная в пищу, и с ней обычно в организм человека поступает значительно больше хлорид-анионов, чем с питьевой водой.

Причина отсутствия нормативной величины	Не представляет угрозы для здоровья в количествах, встречающихся в питьевой воде
Дополнительные замечания	Может влиять на приемлемость питьевой воды
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Chloride in drinking-water</i>

Чрезмерная концентрация хлорид-аниона усиливает, в зависимости от щелочных свойств воды, коррозию металлов в системе распределения. В результате может повышаться содержание металлов в поставляемой воде.

Санитарная нормативная величина для хлорид-аниона в питьевой воде не установлена. Вместе с тем при уровне концентрации хлорида свыше 250 мг/л у воды может появиться неприятный привкус (см. главу 10).

Хлор

Хлор производится в больших количествах и находит широкое применение как в промышленности, так и в быту в качестве важного дезинфицирующего вещества и отбеливателя. В частности, его активно используют для дезинфекции плавательных бассейнов и он является наиболее распространенным дезинфектантом и оксидантом, применяемым для обработки питьевой воды. В воде хлор реагирует с образованием хлорноватистой кислоты и гипохлорит-анионов. Концентрация хлорат-аниона и некоторых перхлоратов в растворах, содержащих гипохлорит-анион, повышается при их хранении при высокой температуре окружающей среды и при добавлении новых гипохлоритов в раствор.

Нормативная величина	5 мг/л (5000 мкг/л)
Присутствие в воде	В большинстве случаев присутствует в питьевой воде, прошедшей дезинфекцию, в концентрации 0,2–1 мг/л
ДУСП	150 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ, рассчитанного на основании отсутствия токсического воздействия на грызунов, потреблявших хлор в питьевой воде в течение 2 лет
Предел обнаружения	0,01 мкг/л после предколонного получения производных 4-бромацетанилида посредством ВЭЖХ; 10 мкг/л в виде свободного хлора посредством колориметрического анализа; 200 мкг/л посредством ионообменной хроматографии

Эффективность обработки/ очистки воды	Существует возможность снизить концентрацию хлора фактически до нуля (< 0,1 мг/л) посредством удаления. Вместе с тем нормальной практикой считаются поставки воды, содержащей остаточные количества хлора в пределах нескольких десятых долей миллиграмма на литр, выступающего в качестве защитного средства при распределении воды
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	<p>100% ДУСП</p> <p>60 кг – взрослый человек</p> <p>2 литра в день</p>
Дополнительные замечания	<p>Нормативная величина является консервативной, поскольку в ходе исследования критических проблем уровень, вызывающий неблагоприятное воздействие, выявлен не был</p> <p>Большинство людей могут ощутить вкус хлора при его концентрации на уровне нормативной величины</p>
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Chlorine in drinking-water</i>

У людей и экспериментальных животных, подвергавшихся воздействию хлора, который содержится в питьевой воде, специфических неблагоприятных последствий, вызванных очисткой воды, не наблюдалось. МАИР отнесло гипохлорит к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека).

Хлорит-ион и хлорат-ион

Хлорит-ион и хлорат-ион – это побочные продукты дезинфекции, образующиеся в результате применения диоксида хлора в качестве дезинфицирующего вещества, а также для контроля запаха и вкуса воды. Диоксид хлора также используется в качестве отбеливателя целлюлозы, бумажной массы, муки и растительных масел. Как хлорит натрия, так и хлорат натрия используются в производстве диоксида хлора и в других коммерческих целях. В обработанной воде диоксид хлора быстро распадается на хлорит, хлорат и хлорид-ионы при количественном преобладании хлорит-иона; в щелочной среде эта реакция ускоряется. Основной путь воздействия диоксида хлора, хлорита натрия, и хлората натрия из окружающей среды – через питьевую воду. Хлорат-ион также образуется в растворах гипохлорита натрия при их длительном хранении, особенно при высокой температуре окружающей среды.

Условные нормативные величины	<p><i>Хлорит-ион</i>: 0,7 мг/л (700 мкг/л)</p> <p><i>Хлорат-ион</i>: 0,7 мг/л (700 мкг/л)</p> <p>Нормативные величины для хлорит-иона и хлорат-иона установлены как условные, поскольку применение диоксида хлора в качестве дезинфицирующего вещества может привести к превышению нормативных величин для хлорит-иона и хлорат-иона, а сложности с соблюдением нормативных величин никогда не должны являться основанием для отступления от требований к проведению надлежащей дезинфекции</p>
Присутствие в воде	По данным одного исследования, содержание хлорита в воде находилось в диапазоне от 3,2 до 7,0 мг/л; вместе с тем общее содержание хлорита и хлората не может быть больше внесенной дозы диоксида хлора. Хлорат-ион может также образовываться в содержащих гипохлорит-анион растворах, находящихся на хранении

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

ДУСП	<p><i>Хлорит-ион</i>: 30 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 2,9 мг/кг массы тела в день, установленного на основании сокращения амплитуды вздрагивания, снижения абсолютной массы мозга в двух поколениях и изменения массы печени в двух поколениях, которые были выявлены в ходе исследования, основанного на наблюдении двух поколений крыс, с применением фактора неопределенности 100 (по 10 на меж- и внутривидовую неоднородность)</p> <p><i>Хлорат-ион</i>: 30 мкг/кг массы тела исходя из УНВВНИ величиной 30 мг/кг массы тела в день, установленного на основании коллоидной деплеции щитовидной железы при внесении дозы следующего порядка, которая была выявлена в ходе тщательного 90-дневного исследования на крысах, с применением фактора неопределенности 1000 (по 10 на меж- и внутривидовую неоднородность и 10 – на краткосрочность исследования)</p>
Предел обнаружения	Для хлорат-иона – 5 мкг/л посредством ионообменной хроматографии с кондуктометрическим детектированием с подавлением фоновой электропроводности
Эффективность обработки/очистки воды	Существует возможность снизить концентрацию диоксида хлора фактически до нуля (< 0,1 мг/л) посредством удаления; вместе с тем нормальной практикой считаются поставки воды, содержащей остаточные количества диоксида хлора в пределах нескольких десятых долей миллиграмма на литр, выступающего в качестве защитного средства при распределении воды. Как правило, хлорат-ион, образовавшийся в результате применения гипохлорита натрия, находится в концентрации около 0,1 мг/л, хотя имеются данные и об уровнях концентрации свыше 1 мг/л. При дезинфекции с помощью диоксида хлора уровень концентрации хлорат-иона в значительной степени зависит от особенностей процесса (как в генераторе диоксида хлора, так и на водоочистой станции) и внесенной дозы диоксида хлора. Поскольку технически реализуемых способов снижения концентрации хлорат-иона не существует, меры контроля над его концентрацией должны основываться на предупреждении его добавочного внесения (из гипохлорита натрия) или образования (из диоксида хлора). Хлорит-ион является неизбежным побочным продуктом применения диоксида хлора. При применении диоксида хлора в обычных дозах на конечной стадии дезинфекции остаточная концентрация хлорит-иона должна составлять менее 0,2 мг/л. Если диоксид хлора применяется для предварительного окисления, возможно, что уровень концентрации образовавшихся в итоге хлорит-ионов необходимо будет снижать, применяя для этого оксид железа (II, III) или активированный уголь
Расчет нормативной величины	<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой 80% ДУСП • масса тела 60 кг – взрослый человек • потребление 2 литра в день
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (2000) <i>Disinfectants and disinfectant by-products</i> WHO (2005) <i>Chlorite and chlorate in drinking-water</i>

Диоксид хлора

Доказано, что диоксид хлора при его воздействии в перинатальный период замедляет нейроповеденческое и неврологическое развитие крыс. Кроме того, у крыс и обезьян, потреблявших в ходе исследования диоксид хлора с питьевой водой, наблюдалось существенное подавление гормонов щитовидной железы. Нормативная величина для диоксида хлора не устанавливалась, поскольку в результате гидролиза он быстро превращается в хлорит-ион и поскольку условная нормативная величина для хлорит-иона в достаточной степени защищает от потенциального токсического воздействия диоксида хлора. Пороговая величина по вкусу и запаху для этого вещества – 0,4 мг/л.

Хлорит-ион

МАИР пришло к выводу, что хлорит-ион не подлежит классификации как вещество, канцерогенное для человека. Основной и практически общий вывод по результатам исследований воздействия хлорит-иона – это то, что он вызывает оксидативный стресс, влекущий за собой изменения в красных кровяных тельцах. Эти результаты были получены в ходе экспериментов на животных в лабораторных условиях, а также, как и для хлорат-иона, у людей, подвергавшихся воздействию больших доз хлорат-иона в аварийных ситуациях, связанных с выбросами ядовитых веществ. Проводившиеся на добровольцах исследования продолжительностью до 12 недель не выявили каких-либо изменений параметров крови при максимально вносившейся в ходе экспериментов дозе – 36 мкг/кг массы тела в день.

Хлорат-ион

Как и в случае хлорит-иона, основной проблемой является вызываемое воздействием хлорат-иона окислительное повреждение красных кровяных телец. Равным образом, как и в случае хлорит-иона, хлорат-ион, принимавшийся добровольцами – участниками эксперимента в течение 12 недель в дозе величиной 36 мкг/кг массы тела в день, не вызвал у них каких-либо неблагоприятных последствий. Хотя база данных по хлорат-иону менее обширна, чем по хлорит-иону, имеются результаты тщательного 90-дневного исследования на крысах. Кроме того, большие дозы хлората могут влиять на функционирование щитовидной железы.

Хлорацетоны

1,1-дихлорацетон образуется в результате реакции между хлором и органическими веществами – прекурсорами; он обнаруживался в питьевой воде, прошедшей хлорирование. Судя по имеющимся данным, его концентрация не превышает 10 мкг/л и обычно находится на уровне менее 1 мкг/л.

Причина отсутствия нормативной величины	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины для любого хлорацетона
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Chloroacetones in drinking-water</i>

Токсикологические данные по 1,1-дихлорацетону имеются в очень ограниченном количестве, хотя изучение воздействия единичной дозы показывает, что это вещество влияет на печень.

В настоящее время нет достаточных данных, которые позволили бы установить нормативные величины для 1,1-дихлорацетона и любого другого хлорацетона.

Хлорфенолы (2-хлорфенол, 2,4-дихлорфенол, 2,4,6-трихлорфенол)

Хлорфенолы попадают в питьевую воду в результате хлорирования фенолов, как побочные продукты реакции гипохлорита с фенольными кислотами, как биоциды или продукты распада гербицидов на основе феноксисоединений. Чаще всего в качестве побочных продуктов хлорирования в питьевой воде образуются 2-хлорфенол, 2,4-дихлорфенол и 2,4,6-трихлорфенол. Пороги вкусового ощущения у хлорфенолов в питьевой воде низки.

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Нормативная величина	<i>2,4,6-трихлорфенол</i> : 0,2 мг/л (200 мкг/л)
Присутствие в воде	Уровень концентрации хлорфенолов в питьевой воде, как правило, ниже 1 мкг/л
Основания установления нормативной величины	Применение линеаризованной многоступенчатой модели к случаям лейкемии у самцов крыс, выявленным в ходе двухгодичного исследования с введением препарата с пищей (данные об опухолях печени, полученные в ходе этого исследования, для оценки риска не применялись из-за возможного воздействия загрязнителей на их образование)
Предел обнаружения	0,5–5 мкг/л посредством образования производных соединений пентафторбензилового эфира; 0,01 мкг/л посредством ГХ с ЭЗД
Эффективность обработки/очистки воды	Концентрацию 2,4,6-трихлорфенола можно снизить с помощью ГАУ
Дополнительные замечания	Нормативная величина для 2,4,6-трихлорфенола превышает самое низкое отмеченное пороговое значение вкусового ощущения
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Chlorophenols in drinking-water</i>
Причина отсутствия нормативной величины	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины для <i>2-хлорфенола</i> и <i>2,4-дихлорфенола</i>
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Chlorophenols in drinking-water</i>

2-хлорфенол

Данные о токсичности 2-хлорфенола ограничены. Соответственно, санитарная нормативная величина не рассчитывалась.

2,4-дихлорфенол

Данные о токсичности 2,4-дихлорфенола ограничены. Соответственно, санитарная нормативная величина не рассчитывалась.

2,4,6-трихлорфенол

Согласно имеющимся данным, 2,4,6-трихлорфенол вызывает лимфомы и лейкемию у самцов крыс и опухоли печени у самцов и самок мышей. Тест Эймса не выявил мутагенных свойств этого вещества, однако данные других исследований, проводившихся в лабораторных и естественных условиях, свидетельствуют о слабом мутагенном воздействии. МАИР отнесло 2,4,6-трихлорфенол к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека).

Хлорпикрин

Хлорпикрин, или трихлорнитрометан, образуется в результате реакции хлора с гуминовой кислотой и аминокислотами, а также с нитрофенолами. Присутствие нитратов ускоряет его образование. Полученные в США ограниченные данные свидетельствуют о том, что концентрация хлорпикрина в питьевой воде обычно ниже 5 мкг/л.

Причина отсутствия нормативной величины	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины
Дата оценки	1993 г.

Основной источник информации	WHO (2003) <i>Chloropicrin in drinking-water</i>
------------------------------	--

По результатам долгосрочных экспериментов, в ходе которых экспериментальные животные получали хлорпикрин перорально, у них наблюдалось снижение выживаемости и массы тела. Бактериальные тесты и анализы лимфоцитов в лабораторных условиях выявили мутагенные свойства хлорпикрина. Ввиду высокого уровня смертности в ходе теста на канцерогенность, а также с учетом ограниченного количества итоговых результатов, изученных в ходе 78-недельного исследования токсичности, имеющиеся данные считаются недостаточными для расчета нормативной величины для хлорпикрина.

Хлортолурун

Хлортолурун (CAS № 15545-48-9) – это доведходовой или ранний послевсходовой гербицид, плохо поддающийся биологическому разложению и мобильный в почве. Воздействие, которое это вещество оказывает через продукты питания, очень незначительно.

Нормативная величина	0,03 мг/л (30 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался в питьевой воде в концентрации ниже 1 мкг/л
ДУСП	11,3 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 11,3 мг/кг массы тела в день, установленного по результатам двухгодичного исследования препарата на мышах с введением его с пищей, выявившего системные последствия, с применением фактора неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую неоднородность и 10 – на данные о канцерогенности)
Предел обнаружения	0,1 мкг/л посредством разделения с применением обращенно-фазовой ВЭЖХ с последующим УФ- и электрохимическим детектированием
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть достигнут при применении ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Chlorotoluron in drinking-water</i>

Единичное, краткосрочное и долгосрочное воздействие хлортолуруна на подопытных животных выявило его слабую токсичность, однако доказано, что он вызывает увеличение числа аденом и карцином почек у самцов мышей, получавших высокие дозы этого вещества в течение 2 лет. Поскольку двухгодичное исследование на крысах канцерогенного воздействия не выявило, предполагается, что хлортолурун оказывает видо- и полосоцифичное канцерогенное воздействие. Данные о генотоксичности хлортолуруна и его метаболитов отсутствуют.

Хлорпирифос

Хлорпирифос (CAS № 2921-88-2) – фосфорорганический инсектицид широкого спектра действия, применяемый для борьбы с комарами, мухами и различными вредителями зерновых культур в почве и листе, с домашними паразитами и с

личинками в воде. Хотя Система Всемирной организации здравоохранения по оценке пестицидов (СВОЗОП), исходя из интересов защиты здоровья населения, не рекомендует вносить это вещество в воду, в некоторых странах оно, возможно, применяется как ларвицид для борьбы с личинками комаров путем обработки водной поверхности. Хлорпирифос хорошо абсорбируется почвой и долго задерживается в ней, постепенно разлагаясь под воздействием микробов. Он плохо растворяется в воде и в окружающей среде активно переходит из водной фазы в органическую.

Нормативная величина	0,03 мг/л (30 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался в поверхностной воде в США, как правило, в концентрациях ниже 0,1 мкг/л; кроме того, обнаружен в грунтовых водах менее чем в 1% изученных скважин, как правило, в концентрациях ниже 0,01 мкг/л
ПУСП	0–0,01 мг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 1 мг/кг массы тела в день, установленного по результатам исследований на мышах, крысах и собаках, выявивших подавление ацетилхолинэстеразной активности мозга, при 100-кратном факторе неопределенности, а также исходя из УНВВНИ величиной 0,1 мг/кг массы тела в день, установленного по результатам исследования, проводившегося в течение 9 дней на людях и выявившего нарушения ацетилхолинэстеразной активности эритроцитов, при 10-кратном факторе неопределенности
Предел обнаружения	1 мкг/л посредством ГХ с применением ЭЗД или пламенно-фотометрического детектирования
Эффективность обработки/очистки воды	Данные отсутствуют; эффективной может быть обработка путем коагуляции (удаление на 10–20%), адсорбции активированным углем и озонирования
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	10% верхнего предела ПУСП 60 кг – взрослый человек 2 литра в день
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2000) <i>Pesticide residues in food—1999 evaluations</i> WHO (2003) <i>Chlorpyrifos in drinking-water</i>

По заключению ССОКП, маловероятно, чтобы хлорпирифос представлял канцерогенный риск для людей. Было проведено надлежащее количество исследований в лабораторных и естественных условиях, которые не выявили у хлорпирифоса генотоксических свойств. Основной вывод по результатам долгосрочных токсикологических исследований на животных разных видов заключается в том, что хлорпирифос подавляет активность ацетилхолинэстеразы.

Хром

Хром широко распространен в земной коре. Его валентность может быть от +2 до +6. В целом основным источником поступления в организм являются, как представляется, продукты питания. Хром (III) является необходимым питательным веществом.

Условная нормативная величина	Общее содержание хрома: 0,05 мг/л (50 мкг/л) Нормативная величина установлена условно из-за неопределенности базы токсикологических данных
Присутствие в воде	Общее содержание хрома в питьевой воде обычно меньше 2 мкг/л, хотя имеются данные об уровнях концентрации 120 мкг/л

Основания для установления нормативной величины	Надлежащие токсикологические исследования, которые могли бы стать основой для определения УНВВНИ, не проводились. Впервые нормативная величина для шестивалентного хрома была предложена в 1958 г. по соображениям санитарной безопасности, однако позднее она была заменена на рекомендательную величину общего содержания хрома любой валентности ввиду трудностей, возникающих при попытке провести анализ на наличие только его шестивалентной формы.
Предел обнаружения	0,05–0,2 мкг/л для общего содержания хрома посредством ААС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,015 мг/л может быть достигнут посредством коагуляции
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Chromium in drinking-water</i>

В ходе долгосрочного исследования канцерогенности на крысах, которым перорально вводился хром (III), увеличения числа опухолей зафиксировано не было. Хром (VI) при вдыхании вызывает рак у крыс, хотя в исследовании НПТ приводятся факты, подтверждающие его канцерогенность при пероральном поступлении в организм в больших дозах. Вместе с тем имеются данные о том, что при низких дозах зависимость доза – ответ является нелинейной, поскольку в желудке и желудочно-кишечном тракте хром (VI) переходит в хром (III). В ходе эпидемиологических исследований была обнаружена связь между воздействием хрома (VI) путем вдыхания и раком легких. МАИР отнесло хром (VI) к Группе 1 (вещества, канцерогенные для человека), а хром (III) – к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека). В ходе многочисленных тестов на генотоксичность как в лабораторных, так и в естественных условиях соединения хрома (VI) давали реакцию, тогда как соединения хрома (III) – нет.

Медь

Медь одновременно является необходимым питательным веществом и загрязнителем питьевой воды. Она применяется в производстве труб, клапанов и соединительной арматуры и присутствует в лигатурах и защитных покрытиях. Пентагидрат сульфата меди иногда вносится в поверхностную воду для борьбы с водорослями. Уровень концентрации меди в питьевой воде может значительно различаться, а ее основным источником чаще всего является коррозия внутренней части медных водопроводных труб. Уровень меди в проточной или льющейся сильной струей воде, как правило, невысок, тогда как в пробах стоячей или частично стравленной воды он может быть разным, в том числе существенно более высоким (зачастую выше 1 мг/л). Концентрация меди в обработанной воде нередко повышается при ее распределении, особенно в системах с кислотным рН или в воде с высоким содержанием карбонатов и щелочным рН. В развитых странах основными источниками воздействия меди являются продукты питания и вода. Потребление стоячей или частично стравленной воды из системы распределения, в которой применяются медные трубы или фитинги, может существенно повысить общую ежедневную дозу меди, особенно в детских смесях, которые разводятся водой из-под крана.

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Нормативная величина	2 мг/л (2000 мкг/л)
Присутствие в воде	Присутствует в питьевой воде в концентрациях от $\leq 0,005$ до > 30 мг/л, прежде всего вследствие коррозии внутренней части медных водопроводных труб
Основания для установления нормативной величины	В целях защиты от острого воздействия меди на желудочно-кишечный тракт и в качестве разумного средства обеспечения безопасности людей с нормальным гомеостазом меди
Предел обнаружения	0,02–0,1 мкг/л посредством ИСП-МС; 0,3 мкг/л посредством ИСП – оптической эмиссионной спектроскопии; 0,5 мкг/л посредством пламенной ААС
Эффективность обработки/очистки воды	Медь не удаляется обычными методами очистки. Вместе с тем, как правило, медь не выступает в качестве загрязнителя питьевой воды
Дополнительные замечания	<p>Для взрослых с нормальным гомеостазом меди нормативная величина должна обеспечивать возможность выпивать 2–3 литра воды в день, потреблять пищевые добавки и медь в продуктах питания без превышения уровня максимального допустимого потребления 10 мг/день и без неприятных ощущений в желудочно-кишечном тракте</p> <p>Если концентрация меди превышает 1 мг/л, на выстиранном белье и сантехнической керамике могут появляться пятна. При уровне концентрации меди выше 2,5 мг/л вода приобретает нежелательный горький привкус, а при более высокой концентрации также изменяется цвет воды</p> <p>В большинстве случаев при использовании медных труб концентрация меди будет оставаться ниже нормативной величины. Вместе с тем в некоторых случаях, например если вода имеет повышенную кислотность или очень агрессивна, концентрации меди будут значительно более высокими, и в этих обстоятельствах использование медных труб может быть нецелесообразным</p>
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (1998) <i>Copper</i> WHO (2003) <i>Copper in drinking-water</i>

По заключению МПХБ, верхний предел допустимого диапазона перорального потребления для взрослых неясен, однако, по всей вероятности, для взрослых он находится в пределах нескольких миллиграммов (немногим более 2–3 мг) в день. За основу для этой оценки взяты только исследования воздействия содержащей медь воды на желудочно-кишечный тракт. Имеющиеся данные по токсичности, полученные в ходе экспериментов на животных, не были сочтены полезными для определения верхнего предела допустимого диапазона перорального потребления ввиду отсутствия ясности в отношении соответствующей модели для людей, однако эти данные помогли определить механизм принятия ответных мер. Данные о воздействии меди на желудочно-кишечный тракт следует использовать с осторожностью, поскольку на выявленные последствия концентрация потребленной меди влияла сильнее, чем общая величина дозы, употребленной в течение суток. В ходе недавних исследований был определен пороговый уровень воздействия содержащейся в питьевой воде меди на желудочно-кишечный тракт, однако по-прежнему сохраняется неясность относительно долгосрочных последствий воздействия меди на уязвимые категории населения, например на носителей гена, ответственного за болезнь Вильсона, а также людей, страдающих другими нарушениями обмена веществ, связанными с гомеостазом меди.

Цианазин

Цианазин (CAS № 21725-46-2) относится к гербицидам группы триазинов. Он применяется в качестве довсходового и послевсходового гербицида в целях борьбы с

однолетними травами и широколистными сорняками. В почвах и воде он может разлагаться под воздействием микроорганизмов и путем гидролиза.

Нормативная величина	0,0006 мг/л (0,6 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался в поверхностной воде и грунтовых водах, обычно в концентрации несколько микрограммов на литр, хотя в поверхностной воде и грунтовых водах также фиксировалась повышенная концентрация – соответственно 1,3 и 3,5 мг/л
ДУСП	0,198 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 0,198 мг/кг массы тела, установленного по результатам двухгодичного исследования токсичности/канцерогенности, выявившего гиперактивность у самцов крыс, с применением фактора неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую неоднородность и 10 – на ограниченность фактических данных о канцерогенности)
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством ГХ-МС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть достигнут посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1998 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Cyanazine in drinking-water</i>

С учетом имеющихся данных о мутагенности цианазина свидетельства канцерогенности допускают двоякое толкование. Цианазин вызывает опухоли молочной железы у крыс, но не у мышей. В настоящее время идет изучение механизма образования опухолей молочной железы у крыс, и, возможно, он имеет гормональную природу. Кроме того, при дозах 25 мг/кг массы тела в день и выше цианазин оказывает тератогенное воздействие на крыс.

Цианид-анион

Цианиды встречаются в некоторых продуктах питания, особенно в некоторых развивающихся странах, а иногда – и в питьевой воде, хотя обычно в очень низкой концентрации. Вместе с тем иногда происходят крупные утечки цианида из промышленных источников, и это может стать причиной появления цианида в очень высокой концентрации в источниках питьевой воды, особенно в поверхностной воде.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье, за исключением чрезвычайных ситуаций, возникающих после утечки в водный источник
Дата оценки	2009 г.
Основные источники информации	IPCS (2004) Hydrogen cyanide and cyanides WHO (2009) <i>Cyanide in drinking-water</i>

Цианид-анион высокотоксичен и вызывает острую токсическую реакцию. Попавшие в организм пероральным путем токсические вещества нейтрализуются в печени вследствие пресистемного метаболизма. Это означает, что воздействие одной дозы, растянутой на более продолжительное время, например на день, является менее

токсичным и легче переносимым, чем воздействие той же дозы, сразу полученной путем болюсного введения. Следствием воздействия в больших дозах может стать токсическое поражение щитовидной железы – вторичное следствие этого воздействия, связанное с угнетением функции усвоения йода тиоцианат-анионом, образовавшимся в результате антиоксидантного действия роданазы. Интерпретация данных о воздействии на людей сопряжена со сложностями ввиду проблем с оценкой величины дозы, реально полученной человеком и приведшей к острой интоксикации с летальным исходом, а также ввиду отсутствия подробных исследований случаев интоксикации с последствиями, близкими к летальным.

Существует потребность в выработке рекомендаций относительно уровней концентрации цианид-аниона, в которых его кратковременное воздействие не оказывало бы негативного воздействия на здоровье. Вместе с тем, поскольку появление цианид-аниона в питьевой воде в концентрации, опасной для здоровья, маловероятно, было сочтено нецелесообразным определять официальную нормативную величину для кратковременного воздействия цианид-аниона.

Данные об остром воздействии цианид-аниона неприменимы в целях расчета санитарной нормы для его кратковременного воздействия, поскольку в отношении этих данных существует большая неопределенность. Исходя из УНВВНИ, определенного по итогам 13-недельного исследования воздействия на репродуктивные органы самцов крыс, и при факторе неопределенности 100 можно рассчитать ДУСП, составляющий 0,045 мг/кг массы тела. Поскольку данная санитарная норма касается кратковременного воздействия длительностью не более 5 дней, считается допустимым принять расчетную дозу поступления ДУСП с водой за 40% с учетом воздействия содержащихся в продуктах питания цианогенных гликозидов. Соответственно, в расчете на взрослого человека с массой тела 60 кг, выпивающего 2 литра воды в день, и при расчетной доле поступления ДУСП с водой 40%, можно определить санитарную норму для кратковременного воздействия на уровне 0,5 мг/л (округленно).

Эта санитарная норма значительно ниже уровня, который обычно считается представляющим опасность для здоровья. Цианид-анион быстро нейтрализуется, а если воздействие растянуто в течение дня, это еще больше снижает его токсический эффект. Эта санитарная норма годится для применения в течение ограниченного периода – не более 5 дней, и это, как представляется, самый продолжительный срок, в течение которого в некоторых случаях, например при чрезвычайных ситуациях, может потребоваться допущение подобного воздействия. Вместе с тем весьма вероятно, что в большинстве случаев это значение для кратковременного воздействия будет весьма консервативным.

Следует отметить, что, судя по имеющимся данным, нижний порог восприятия запаха для цианид-аниона, содержащегося в питьевой воде, составляет 0,17 мг/л, что меньше санитарной нормы для краткосрочного воздействия. Соответственно, существует вероятность того, что при концентрации цианид-аниона на уровне ниже санитарной нормы некоторые люди смогут определить его присутствие по запаху.

Санитарная норма относится к общей концентрации цианид-аниона на уровне водоразборного крана, включая цианид-анионы, высвобождающиеся в питьевой воде из хлорциана в качестве побочного продукта дезинфекции хлором. В системе распределения или попав в организм хлорциан быстро превращается в цианид-анион. Поскольку цианид-анион, обычно содержащийся в питьевой воде в низкой концентрации, в большинстве случаев образуется в ней из хлорциана, определять нормативную величину для длительного воздействия цианид-аниона не считается необходимым.

Токсины, выделяемые цианобактериями: микроцистин-LR

Микроцистины – это наиболее изученная и, вероятно, чаще всего встречающаяся в пресной воде группа токсинов, выделяемых цианобактериями. Многие практические соображения по вопросам борьбы с микроцистинами применимы и к другим цианотоксинам (то есть цилиндроспермопсином, сакситоксином, анатоксину-а и анатоксину-а(s)), с одним существенным отличием, касающимся эффективности их удаления в процессе обработки питьевой воды: микроцистины обычно являются внутриклеточными и существенное их количество высвобождается в окружающую воду лишь в случае разрыва клетки (то есть лизиса), тогда как другие цианотоксины могут быть растворены в воде в больших объемах.

Хотя микроцистины могут присутствовать в рыбе, моллюсках и ракообразных, обитающих в водоемах, зараженных цианобактериями, на людей микроцистины воздействуют в основном через питьевую воду или при купании в водоемах, где обитают колонии цианобактерий.

Лишь немногие из более 80 известных на настоящий момент микроцистинов встречаются часто и в высоких концентрациях. Микроцистин-LR относится к числу наиболее распространенных и наиболее токсичных представителей микроцистинов. Только в его отношении имеются в достаточном количестве данные, на основе которых можно рассчитать условную нормативную величину. К числу наиболее распространенных родов цианобактерий, которые могут содержать микроцистины, относятся *Microcystis*, *Planktothrix* и *Anabaena* (см. также [раздел 11.5](#)).

Условная нормативная величина	Общее содержание микроцистина-LR (свободного и внутриклеточного): 0,001 мг/л (1 мкг/л) Нормативная величина является условной, поскольку она рассчитана только для микроцистина-LR, база данных ограничена, и в настоящий момент идет сбор новых данных о токсичности токсинов, выделяемых цианобактериями
ДУСП	0,04 мкг/кг массы тела, на основании печеночной патологии, выявленной в ходе 13-недельного исследования на мышах, и с применением фактора неопределенности 1000, с учетом неполноты базы данных, в частности отсутствия сведений о хронической токсичности и канцерогенности
Предел обнаружения	0,1–1 мкг/л посредством ВЭЖХ после экстракции клеток 75%-ным водным раствором метанола или после выпаривания микроцистинов из жидких образцов на С-18; при наличии стандартов возможно разграничение вариантов 0,1–0,5 мкг/л посредством имеющихся в свободной продаже наборов для иммунологических проб (иммуносорбентный анализ с ферментной меткой) – для микроцистинов, растворенных в воде или в водных вытяжках клеток; выявляет большинство микроцистинов; метод дает менее точные результаты, чем ВЭЖХ, но он полезен для скрининга 0,5–1,5 мкг/л посредством проб на протеинфосфатазу – для микроцистинов, растворенных в воде или в водных вытяжках клеток; этот тест менее точен в плане количественного анализа и идентификации, чем ВЭЖХ, но он полезен для скрининга
Мониторинг	Предпочтителен визуальный мониторинг источника воды (в том числе выявление возможных бактерий, содержащих микроцистины, посредством микроскопии) на предмет выявления роста плотности клеток цианобактерий (цветения) или возможного цветения и усиление надзора при обнаружении подобных явлений

Профилактика и обработка	К числу мер по снижению вероятности цветения относятся меры по регулированию водосборных бассейнов и источника воды, в том числе снижение нагрузки по питательным веществам или изменение системы резервуаров и смешивания. К числу методов обработки, эффективно удаляющих цианобактерии, относится фильтрация, позволяющая удалять интактные клетки. Свободные микроцистины в воде (равно как и большинство других цианотоксинов) эффективно удаляются оксидацией посредством озона или хлора в достаточных концентрациях и с достаточным временем контакта, а также ГАУ и некоторыми приложениями ПАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	80% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	Chorus & Bartram (1999) <i>Toxic cyanobacteria in water</i> WHO (2003) <i>Cyanobacterial toxins: Microcystin-LR in drinking-water</i>

Микроцистин-LR является мощным ингибитором серин-треониновых протеинкиназ эукариотического типа 1 и 2A. Основной мишенью токсического воздействия микроцистинов является печень, поскольку микроцистины проникают сквозь клеточные мембраны главным образом с транспортерами желчных кислот. В основу расчета нормативной величины были положены данные 13-недельного исследования на мышах, дополненные материалами 44-дневного исследования на свиньях, получавших микроцистины перорально. Имеются многочисленные данные о случаях отравления скота и диких животных. Опубликованы материалы о стимулирующем воздействии на опухоли. В 2006 г. МАИР отнесло микроцистин-LR к категории веществ, вероятно канцерогенных для человека (Группа 2B).

Практические соображения

Цианобактерии широко распространены в озерах, водоемах, прудах и реках с медленным течением. Там, где их чрезмерный рост приводит к увеличению количества клеток, явлению, иногда называемому цветением, концентрация выделяемых ими токсинов в необработанной воде может достигать уровней, потенциально опасных для здоровья человека. Цветение имеет место при повышенных концентрациях питательных веществ (фосфора и азота), особенно в водоемах со стоячей водой или с очень медленным течением. Клетки некоторых видов цианобактерий могут собираться на поверхности в виде пены или в слоях температурного скачка в термически неоднородных водоемах. Подобные явления могут развиваться очень быстро, а продолжительность их существования может быть очень разной (от нескольких часов до нескольких недель). Нередко цветение и аккумуляция клеток представляют собой сезонные явления.

Существует широкий спектр мер по защите природных ресурсов и управлению источниками, позволяющих снизить вероятность цветения. Наиболее устойчивый эффект дает снижение концентрации биогенных веществ (в первую очередь фосфора) в водоемах до уровней, достаточно низких, чтобы существенно ограничить объем биомассы цианобактерий, способной расти. Для этого необходимо контролировать нагрузку по биогенным веществам, поступающим с канализационными стоками и стоками с полей. В этих целях следует вести борьбу с эрозией, равно как и контролировать количество навоза и удобрений, вносимых в пределах водосборного бассейна. Кроме того, меры по регулированию гидрологического режима, например

перемешивание и смена воды в водоеме, могут сделать водно-физические условия менее пригодными для цианобактерий и, соответственно, добиться преобладания в составе планктона иных, нежели цианобактерии, видов (то есть планктонных водорослей, например диатомовых), в меньшей степени воздействующих на здоровье человека.

Поскольку микроцистины являются по большей части внутриклеточными, любые методы обработки питьевой воды, удаляющие твердые частицы, – например, почвенная фильтрация или береговая фильтрация, флокуляция и фильтрация или флотация растворенного воздуха – позволяют эффективно бороться с ними, при условии что процесс оптимизирован в целях их удаления. То же применимо в отношении внутриклеточных фракций других цианотоксинов. В ходе очистки следует избегать повреждения клеток и выброса токсина. Опасно высокие концентрации растворенных цианотоксинов, по-видимому, встречаются реже. Они успешно удаляются большинством сортов активированного угля. Хлорирование и озонирование в достаточных концентрациях и с достаточным временем контакта эффективны для удаления многих цианотоксинов, однако не слишком эффективны в отношении сакситоксинов. Марганцовоокислый калий эффективно воздействует на микроцистины, однако относительно его воздействия на другие токсины сведений мало или нет вообще. Диоксид хлора и хлорамин для удаления цианотоксинов неэффективны.

Мониторинг цианотоксинов наиболее эффективен, если основной является надзор за источником воды на предмет выявления цветения или возможного цветения (то есть содержания питательных веществ и видового состава фитопланктона) и предусматривается усиление надзора в случае возникновения подобных явлений. Напротив, мониторинг обработанной воды на предмет уровня концентрации тех или иных цианотоксинов не позволяет определить, насколько безопасна вода, из-за многообразия токсинов (в первую очередь микроцистинов), отсутствия нормативных величин, на основании которых можно вести мониторинг, за исключением одного микроцистина (то есть микроцистина-LR), а также отсутствия аналитических стандартов для многих микроцистинов. Анализ цианотоксинов особенно полезен в плане оценки и оптимизации мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению), таких как береговая фильтрация или очистка берегов. При анализе цианотоксинов следует помнить о необходимости извлечения внутриклеточной фракции из клеток; хотя это простая операция, особенно в отношении микроцистинов, ее игнорирование приведет к занижению оценки уровня концентрации.

Хлорциан

Хлорциан может образовываться в качестве побочного продукта обработки воды хлораминном или ее хлорирования. Кроме того, он образуется при хлорировании цианид-иона, присутствующего в необработанной воде.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2009 г.
Основные источники информации	IPCS (2004) <i>Hydrogen cyanide and cyanides</i> WHO (2009) <i>Cyanogen chloride in drinking-water</i>

В организме хлорциан быстро превращается в цианид-ион. Имеется небольшое количество данных о токсичности хлорциана при пероральном потреблении.

Поскольку хлорциан практически не обнаруживается в питьевой воде в концентрациях, опасных для здоровья, устанавливать официальную нормативную величину для него было признано нецелесообразным. Вместо этого в качестве рекомендательной была рассчитана санитарная норма на базе цианид-иона.

Исходя из УНВВНИ для цианида величиной 4,5 мг/кг массы тела в день, установленного на основании небольших изменений в яйчках, выявленных в ходе исследования субхронического воздействия на мышей, получавших цианид-ионы с питьевой водой, и при факторе неопределенности 100 можно рассчитать ДУСП для цианид-иона, составляющий 0,045 мг/кг массы тела (что соответствует дозе хлорциана 0,11 мг/кг массы тела). Принимая во внимание небольшие масштабы имевших место изменений и УНВВНИ, установленный по результатам предыдущего исследования хронического воздействия, не считается необходимым включать дополнительный фактор неопределенности с учетом продолжительности исследования. Кроме того, представляется, что доза, токсичная при остром отравлении, будет, вследствие эффективной нейтрализации, без сомнения, допустимой при хроническом воздействии. В расчете на взрослого человека с массой тела 60 кг, выпивающего 2 литра воды в день, и при расчетной доле поступления ДУСП с водой 20% вследствие потенциального воздействия цианогенных гликозидов, содержащихся в пищевых продуктах, можно определить санитарную норму для долгосрочного воздействия на уровне 0,3 мг/л для цианид-иона и 0,6 мг/л для хлорциана (округленно).

Хотя цианид-ион, присутствующий в небольших концентрациях в сырой воде, при хлорировании преобразуется в хлорциан, последний может также образовываться при производстве на местах хлораминов, применяемых в качестве средства остаточной дезинфекции для поддержания чистоты систем распределения. Важно оптимизировать процесс обработки, чтобы свести к минимуму образование хлорциана, поддерживая при этом необходимое остаточное количество хлорамина в тех случаях, когда это вещество применяется для дезинфекции.

2,4-D

В настоящем документе термин 2,4-D применяется в целях обозначения свободной кислоты, (2,4-дихлорфенокси)уксусной кислоты (CAS № 94-75-7). На рынке продукты 2,4-D фигурируют как свободная кислота, соли щелочных металлов и амина и в форме сложных эфиров. Сама по себе 2,4-D является химически стабильным веществом, но ее эфиры в результате гидролиза быстро превращаются в свободную кислоту. 2,4-D является системным гербицидом, применяемым для борьбы с широколиственными сорняками, в том числе обитающими в водоемах. В окружающей среде происходит быстрое биоразложение 2,4-D. Остаточное содержание 2,4-D в продуктах питания редко превышает несколько десятых доли микрограмма на килограмм.

Нормативная величина	0,03 мг/л (30 мкг/л)
Присутствие в воде	Концентрация в воде, как правило, ниже 0,5 мкг/л, хотя были зафиксированы концентрации до 30 мкг/л
ПУСП	0–0,01 мг/кг массы тела для совокупности 2,4-D и ее солей и эфиров, обозначаемых как 2,4-D, исходя из УНВВНИ величиной 1 мг/кг массы тела в день, рассчитанного по результатам годичного исследования токсичности на собаках (выявившего ряд последствий, в том числе гистопатологические повреждения в почках и печени) и двухгодичного исследования токсичности и канцерогенности на мышах (выявившего повреждения почек)
Предел обнаружения	0,1 мкг/л посредством газо-жидкостной хроматографии с детектором по электропроводности

Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 1 мкг/л может быть достигнут посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% верхнего предела ПУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Нормативная величина применяется в отношении 2,4-D, поскольку соли и эфиры 2,4-D в воде в результате гидролиза быстро преобразуются в свободную кислоту
Дата оценки	1998 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1997) <i>Pesticide residues in food—1996 evaluations</i> WHO (2003) <i>2,4-D in drinking-water</i>

По результатам эпидемиологических исследований, предположительно, обнаружена взаимосвязь между воздействием хлорфеноксигербицидов, в том числе 2,4-D, и двумя формами рака у людей – саркомы мягких тканей и неходжкинской лимфомы. Вместе с тем результаты этих исследований не всегда согласуются друг с другом, взаимосвязи прослеживаются слабо, а исследователи приходят к противоречивым выводам. В большинстве исследований нет данных о воздействии непосредственно 2,4-D, а риски отнесены на всю группу хлорфеноксигербицидов, в которую входит в числе прочего (2,4,5-трихлорфенокси)уксусная кислота (2,4,5-T), потенциально загрязненная диоксинами. По заключению ССОКП, оценить канцерогенный потенциал 2,4-D, исходя из имеющихся данных эпидемиологических исследований, не представляется возможным. Кроме того, ССОКП пришло к выводу, что ни 2,4-D, ни ее соли и эфиры не генотоксичны. Степень токсичности солей и эфиров 2,4-D сопоставима со степенью токсичности кислоты.

2,4-DB

Период полураспада хлорфеноксигербицидов, в том числе 2,4-DB, или 4-(2,4-дихлорфенокси)бутановой кислоты (CAS № 94-82-6), в окружающей среде составляет несколько дней. В продуктах питания хлорфеноксигербициды обнаруживаются нечасто.

Нормативная величина	0,09 мг/л (90 мкг/л)
Присутствие в воде	В питьевой воде хлорфеноксигербициды обнаруживаются нечасто; уровень их концентрации обычно не превышает нескольких микрограммов на литр
ДУСП	30 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 3 мг/кг массы тела в день, установленного по результатам двухгодичного исследования на крысах, выявившего воздействие на массу тела и внутренние органы, химический состав крови и гематологические параметры, при факторе неопределенности 100 (на меж- и внутривидовую изменчивость)
Предел обнаружения	От 1 мкг/л до 1 мг/л при применении разных методов, обычно используемых для обнаружения хлорфеноксигербицидов в воде, в том числе экстракции растворителем, разделения с применением ГХ, газожидкостной хроматографии, тонкослойной хроматографии или ВЭЖХ, с ЭЗД или УФ-детектированием
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	УНВВНИ, применявшийся для расчета нормативной величины, аналогичен УНВВНИ величиной 2,5 мг/кг массы тела в день, установленному в ходе краткосрочного исследования на собаках, и УНВВНИ величиной 5 мг/кг массы тела в день, установленному по итогам 3-месячного исследования на крысах, выявившего гипертрофию клеток печени
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Chlorophenoxy herbicides (excluding 2,4-D and MCPA) in drinking-water</i>

МАИР отнесло хлорфеноксигербициды как единую группу к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека). Вместе с тем данные по результатам исследований населения, подвергшегося воздействию, и экспериментов на животных не позволяют оценить канцерогенный потенциал каждого отдельного хлорфеноксигербицида для человека. Соответственно, рекомендации по питьевой воде в отношении данных веществ исходят из пороговых оценок других видов токсического воздействия.

ДДТ и его метаболиты

Структура дихлордифенилтрихлорэтана, или ДДТ (CAS № 107917-42-0), определяет существование нескольких его изомеров; основную часть коммерческой продукции составляет *p,p'*-ДДТ. Ряд стран ввели ограничения или запрет на применение этого вещества, хотя в других странах ДДТ все еще применяется для борьбы с переносчиками желтой лихорадки, сонной болезни, тифа, малярии и других болезней, переносимых насекомыми. ДДТ и его метаболиты устойчивы в окружающей среде и не поддаются полному разложению под воздействием микроорганизмов. Основным источником поступления ДДТ в организм для населения в целом являются продукты питания и другие аналогичные вещества, хотя после того, как применение ДДТ в любых целях, за исключением особых случаев, было ограничено, масштабы его воздействия существенно снизились.

Нормативная величина	0,001 мг/л (1 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался в поверхностной воде в концентрации ниже 1 мкг/л; кроме того, обнаруживался в питьевой воде в концентрациях в 100 раз ниже
УПСП	0,01 мг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 1 мг/кг массы тела в день, установленного по результатам изучения токсического влияния на развивающийся организм у крыс при факторе неопределенности 100 (на меж- и внутривидовую изменчивость)
Предел обнаружения	0,011 мкг/л посредством ГХ с применением ЭЗД
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть обеспечен посредством коагуляции или ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	1% УПСП
• масса тела	10 кг – ребенок
• потребление	1 литр в день

Дополнительные замечания	Согласно Стокгольмской конвенции, ДДТ внесен в списки стойких органических загрязнителей. Соответственно, может проводиться его мониторинг в дополнение к предусмотренному в Руководстве по питьевой воде
	Следует отметить, что содержание ДДТ и его метаболитов в продуктах питания неуклонно снижается, и расчетная доля УПСР в 1% может оказаться очень консервативной
	Нормативная величина установлена в расчете на ребенка с массой тела 10 кг, потребляющего 1 литр питьевой воды в день, поскольку воздействие химического вещества на грудных и малолетних детей может быть более высоким в сопоставлении с массой их тела, а также в связи с риском бионакопления ДДТ
	Следует подчеркнуть, что выгоды от применения ДДТ в рамках программ борьбы с переносчиками малярии и других болезней перевешивают любые риски для здоровья, возникающие в связи с присутствием ДДТ в питьевой воде
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2001) <i>Pesticide residues in food—2000 evaluations</i> WHO (2003) <i>DDT and its derivatives in drinking-water</i>

Созданная МАИР рабочая группа классифицировала комплекс ДДТ (в состав которого входят различные изомеры и молекулярные соединения ДДТ) как негенотоксический канцероген для грызунов и как мощный стимулятор опухолей печени. МАИР пришло к заключению, что для вывода относительно канцерогенности ДДТ (Группа 2В) имеется недостаточно фактических данных по людям, но достаточно данных по экспериментальным животным, поскольку у крыс и мышей наблюдались опухоли печени. Результаты эпидемиологических исследований рака поджелудочной железы, множественной миеломы, неходжкинской лимфомы и рака матки не подтверждают гипотезу об их связи с воздействием комплекса ДДТ из окружающей среды. Противоречивые результаты были также получены по итогам некоторых исследований генотоксичности. В большинстве исследований ДДТ не оказывал генотоксического воздействия на клеточную систему грызунов или людей, а также не выступал в качестве мутагена по отношению к грибам или бактериям. По заключению Агентства по токсическим веществам и реестру заболеваний США, комплекс ДДТ может оказывать негативное воздействие на репродукцию и развитие животных некоторых видов. Воздействие ДДТ на печень у крыс проявлялось в увеличении массы печени, ее гипертрофии, гиперплазии, индукции микросомальных ферментов, включая цитохром Р450, некрозе клеток, повышении активности сывороточных ферментов печени и митогенных явлениях, которые могут быть связаны с регенерационной реакцией печени на высокие дозы ДДТ.

Диалкилстаннаны

В группу химических веществ, известных как оловоорганические, входит большое количество веществ с разными свойствами и разными сферами применения. К числу наиболее распространенных оловоорганических соединений относятся дизамещенные, применяемые в качестве стабилизаторов в пластмассах, в том числе в трубах для воды из поливинилхлорида (ПВХ), а также тризамещенные соединения, широко используемые в качестве биоцидов.

Причина отсутствия нормативной величины	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины для всех диалкилстаннанов
Дата оценки	2003 г.

Основной источник информации	WHO (2003) <i>Dialkyltins in drinking-water</i>
------------------------------	---

Дизамещенные соединения, которые в небольших концентрациях могут вымываться из изготовленных из ПВХ водопроводных труб в течение короткого периода после их установки, – это прежде всего иммунотоксины, хотя, как представляется, степень их токсичности в целом низка. Имеющихся данных недостаточно для предварительного расчета нормативной величины для отдельных диалкилтинов.

1,2-дибром-3-хлорпропан

1,2-дибром-3-хлорпропан (CAS № 96-12-8), или ДБХП, – это почвенный фумигант, хорошо растворимый в воде. Пороговая величина для его обнаружения в воде по вкусу и запаху составляет 10 мкг/л. ДБХП был обнаружен в овощах, растущих на обработанных почвах, а в низкой концентрации – и в воздухе.

Нормативная величина	0,001 мг/л (1 мкг/л)
Присутствие в воде	В небольшом количестве исследований в питьевой воде были обнаружены уровни концентрации до нескольких микрограммов на литр
Основания для установления нормативной величины	Рассчитывается с применением линеаризованной многоступенчатой модели к данным о распространенности опухолей желудка, почек и печени у самцов крыс, полученным в ходе 104-недельного исследования, предусматривавшего добавление препарата в пищу
Предел обнаружения	0,02 мкг/л посредством ГХ с ЭЗД
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 1 мкг/л может быть обеспечен посредством отгонки воздухом с последующей обработкой ГАУ
Дополнительные замечания	Нормативная величина 1 мкг/л должна защищать от токсического воздействия ДБХП на репродуктивную функцию
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>1,2-Dibromo-3-chloropropane in drinking-water</i>

На основании данных, полученных в ходе экспериментов на крысах и мышах различных линий, было установлено, что ДБХП оказывает канцерогенное воздействие как на самцов, так и на самок при пероральном потреблении, вдыхании и проникновении через кожу. Установлено также, что ДБХП оказывает токсическое воздействие на репродуктивную функцию у людей и ряда лабораторных животных. Большинство анализов как в лабораторных, так и в естественных условиях показали, что ДБХП оказывает генотоксическое воздействие. На основании достаточных фактических данных о канцерогенности, полученных в ходе экспериментов на животных, МАИР отнесло ДБХП к Группе 2В. Последние эпидемиологические исследования свидетельствуют об увеличении смертности от рака среди людей, подвергшихся воздействию больших доз ДБХП.

1,2-дибромэтан

1,2-дибромэтан (CAS № 106-93-4), или этилендибромид, используется в качестве свинцовой присадки в бензине, содержащем тетраалкилсвинец, и в антидетонационных веществах, а также в качестве фумиганта для почв, зерна и фруктов. Вместе с тем по мере постепенного отказа многих стран от применения этилированного бензина и от

использования 1,2-дибромэтана в сельском хозяйстве масштабы применения этого вещества значительно сократились. Помимо того что в некоторых странах 1,2-дибромэтан по-прежнему применяется в качестве присадки к бензину, в настоящее время это вещество используется главным образом в качестве растворителя и промежуточного продукта в химической промышленности.

Условная нормативная величина	0,0004 мг/л (0,4 мкг/л) Нормативная величина является условной ввиду серьезной ограниченности критических исследований
Присутствие в воде	После применения в качестве почвенного фумиганта обнаруживался в грунтовых водах в концентрации примерно 100 мкг/л
Основания установления нормативной величины	Нижний предел (и соответственно более консервативная оценка) избыточного риска ракового заболевания, рассчитанного путем линейного многоступенчатого моделирования данных о распространенности случаев гемангиосаркомы и опухолей желудка, печени, легких и коры надпочечников у мышей и крыс, получавших кормление через желудочный зонд (скорректированных в случае необходимости на выявленные высокие показатели ранней смертности, а также на прогнозируемое увеличение случаев формирования опухолей у грызунов в рамках стандартного биоанализа продолжительностью 104 недели)
Предел обнаружения	0,01 мкг/л методами микроэкстракции и ГХ-МС; 0,03 мкг/л посредством ГХ (методика Purge and Trap) с галоген-специфичным детектором; 0,8 мкг/л посредством ГХ (методика Purge and Trap) с фотоионизационным детектором и детектором по электропроводности
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (1995) <i>Report of the 1994 meeting of the Core Assessment Group</i> IPCS (1996) <i>1,2-Dibromoethane</i> WHO (2003) <i>1,2-Dibromoethane in drinking-water</i>

1,2-дибромэтан приводил к увеличению количества случаев рака различных органов во всех известных биотестах на канцерогенность, в ходе которых крысы или мыши подвергались воздействию этого вещества путем кормления через желудочный зонд, потребления с питьевой водой, нанесения на кожу и вдыхания. Вместе с тем для многих этих исследований были характерны высокие показатели ранней смертности, недостаточные по масштабам гистопатологические исследования, небольшие размеры групп или воздействие только на одном уровне. Биооценка возникновения/развития заболевания показала, что это вещество инициировало рост пренеопластических очагов в печени, но не развитие опухолей кожи. Биоанализы в лабораторных условиях свидетельствовали о генотоксичности 1,2-дибромэтана, но биоанализы в естественных условиях давали неоднозначные результаты. Индукция опухолей, вероятно, связана с биотрансформацией в активные метаболиты, которые, как было доказано, связываются с ДНК. Имеющиеся данные не свидетельствуют о наличии негенотоксического механизма индукции опухолей. Соответственно, имеющиеся факты свидетельствуют о том, что 1,2-дибромэтан является генотоксическим канцерогеном для грызунов. Данные о возможном канцерогенном воздействии на человека недостаточны; вместе с тем вероятно, что метаболизм 1,2-дибромэтана у грызунов и у людей имеет сходные черты (хотя в силу генетического полиморфизма потенциал образования активных метаболитов у людей, возможно, несколько иной). МАИР отнесло 1,2-дибромэтан к Группе 2А (вещества, весьма вероятно канцерогенные для человека).

Дихлоруксусная кислота

Хлоруксусные кислоты, в том числе дихлоруксусная кислота (ДХУК), образуются из органических веществ в процессе хлорирования воды. ДХУК используется в терапевтических целях для лечения лактоацидоза, диабета и семейной гиперлипидемии у людей.

Условная нормативная величина	0,05 мг/л (50 мкг/л) Нормативная величина рассчитывается как условная на основании технической возможности расчета
Присутствие в воде	Обнаруживается в системах распределения подземных и поверхностных вод в концентрациях примерно до 100 мкг/л при средней концентрации ниже 20 мкг/л
Основания для установления нормативной величины	Рассчитывается с применением линеаризованной многоступенчатой модели к комбинированным данным о карциномах и аденомах у самцов мышей, подвергавшихся воздействию продолжительностью до 2 лет в дозах до 429 мг/кг массы тела
Предел обнаружения	< 0,1–0,4 мкг/л посредством ГХ с ЭЗД; практический предел для проведения количественного анализа – 1 мкг/л
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень концентрации можно снизить, применяя или оптимизируя коагуляцию в целях удаления прекурсоров либо контролируя уровень pH при хлорировании
Дополнительные замечания	Концентрация, вызывающая избыточный риск ракового заболевания с верхним пределом 10^{-5} , составляет 40 мкг/л. Вместе с тем в некоторых ситуациях не представляется возможным проводить адекватную дезинфекцию питьевой воды и поддерживать концентрацию ДХУК на уровне ниже 40 мкг/л, из-за чего сохраняется условная нормативная величина 50 мкг/л
Дата оценки	2004 г.
Основной источник информации	WHO (2005) <i>Dichloroacetic acid in drinking-water</i>

В 2002 г. МАИР перевело ДХУК в Группу 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека) ввиду отсутствия данных о канцерогенности для людей и недостаточности данных о ее канцерогенности для экспериментальных животных. Вещество отнесено к данной группе прежде всего на основании выводов об опухолях печени у крыс и мышей. Считается, что данные о генотоксичности, особенно при воздействии в малых дозах, не окончательны. При воздействии ДХУК наблюдались такие явления, как отложение гликогена, пролиферация пероксисом, изменения в маршрутах трансдукции сигналов и пониженный уровень метилирования ДНК, и была выдвинута гипотеза о том, что все они связаны с механизмом ее канцерогенного воздействия. Вместе с тем имеющихся данных недостаточно для установления с достаточной точностью механизма возникновения рака, особенно при очень низких уровнях воздействия, которому, как считается, подвергаются люди, потребляющие хлорированную питьевую воду. Последние данные дают основания предполагать наличие нескольких механизмов возникновения опухолей, поскольку, как выяснилось, в измененных пренеопластических очагах в печени у подвергавшихся воздействию мышей присутствовали три различных по характеристикам типа клеток.

Дихлорбензолы (1,2-дихлорбензол, 1,3-дихлорбензол, 1,4-дихлорбензол)

Дихлорбензолы (ДХБ) широко применяются в промышленности и в товарах широкого потребления, таких как ароматизаторы, химические красители и пестициды. Люди подвергаются воздействию преимущественно через воду и продукты питания.

Нормативная величина	<i>1,2-дихлорбензол</i> : 1 мг/л (1000 мкг/л) <i>1,4-дихлорбензол</i> : 0,3 мг/л (300 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживается в источниках сырой воды в концентрациях до 10 мкг/л и в питьевой воде в концентрациях до 3 мкг/л; в более высокой концентрации (до 7 мг/л) присутствует в загрязненных грунтовых водах
ДУСП	<i>1,2-дихлорбензол</i> : 429 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 60 мг/кг массы тела в день, установленного на основании данных о каналикулярной дегенерации почек, которые были выявлены в ходе двухгодичного исследования на мышах, получавших питание через желудочный зонд, с корректировкой на размер ежедневной дозы и с применением фактора неопределенности 100 (на меж- и внутривидовую изменчивость) <i>1,4-дихлорбензол</i> : 107 мкг/кг массы тела, исходя из ПУВВ величиной 150 мг/кг массы тела в день, установленного на основании данных о воздействии на почки, которые были получены в ходе двухгодичного исследования на крысах, с корректировкой на размер ежедневной дозы и с применением фактора неопределенности 1000 (100 на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 на применение ПУВВ вместо УНВВНИ и данных о канцерогенности)
Предел обнаружения	0,01–0,25 мкг/л посредством газо-жидкостной хроматографии с ЭЗД; 3,5 мкг/л посредством ГХ с применением фотоионизационного детектора
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,01 мг/л может быть обеспечен посредством отгонки воздухом
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Нормативные величины для 1,2-ДХБ и для 1,4-ДХБ намного выше минимальных значений порога вкусового ощущения в воде, составляющих соответственно 1 и 6 мкг/л
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Dichlorobenzenes in drinking-water</i>
Причина отсутствия нормативной величины	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарной нормативной величины для <i>1,3-дихлорбензола</i>
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Dichlorobenzenes in drinking-water</i>

1,2-дихлорбензол

Уровень острой токсичности 1,2-ДХБ при пероральном воздействии невысок. Большие дозы 1,2-ДХБ при пероральном поступлении воздействуют в основном на печень и почки. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что 1,2-ДХБ не генотоксичен, и данные о его канцерогенности для грызунов также отсутствуют.

1,3-дихлорбензол

Токсикологических данных, которые позволили бы рассчитать нормативную величину для этого вещества, в достаточном количестве не имеется, однако следует отметить, что оно редко присутствует в питьевой воде.

1,4-дихлорбензол

Уровень острой токсичности 1,4-ДХБ невысок, однако есть сведения о том, что долгосрочное воздействие этого вещества увеличивает количество случаев опухолей почек у крыс и печеночно-клеточных аденом и карцином у мышей. МАИР отнесло 1,4-ДХБ к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека); 1,4-ДХБ не считается генотоксическим веществом, а возможность появления у людей опухолей, выявленных у подопытных животных, сомнительна.

1,1-дихлорэтан

1,1-дихлорэтан применяется в качестве промежуточного химического продукта и растворителя. Судя по некоторым данным, он может присутствовать в питьевой воде в концентрациях до 10 мкг/л. Основную опасность он представляет для подземных вод.

Причина отсутствия нормативной величины	Имеющиеся данные не позволяют рассчитать санитарную нормативную величину
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>1,1-Dichloroethane in drinking-water</i>

В процессе обмена веществ у млекопитающих 1,1-дихлорэтан быстро преобразуется в уксусную кислоту и ряд хлорсодержащих соединений. Уровень его острой токсичности относительно невысок, а данные о его токсичности по результатам кратко- и долгосрочных исследований ограничены. Также ограничены полученные в лабораторных условиях сведения о его генотоксичности. Единственное исследование канцерогенных свойств, в ходе которого мыши и крысы получали кормление через желудочный зонд, не дало убедительных доказательств его канцерогенности, хотя были получены некоторые данные об увеличении количества случаев гемангиосарком у животных, подвергавшихся воздействию.

Ввиду крайней ограниченности базы данных о токсичности и канцерогенности этого вещества, предлагать нормативную величину для него было сочтено нецелесообразным.

1,2-дихлорэтан

1,2-дихлорэтан применяется в основном в качестве промежуточного химического продукта в производстве винилхлорида и других химических веществ, а также в меньшей степени в качестве растворителя. Он применялся в качестве противонагарной присадки в бензине, содержащем тетраэтилсвинец. Это вещество может попадать в поверхностные воды со стоками промышленных предприятий, производящих или применяющих его. Кроме того, со свалок оно может также попадать в подземные воды и оставаться в них в течение долгого времени. В городах это вещество обнаруживалось в воздухе.

Нормативная величина	0,03 мг/л (30 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживалось в питьевой воде в концентрациях до нескольких микрограммов на литр
Основания для установления нормативной величины	Применение линеаризованной многоступенчатой модели к гемангиосаркомам, обнаруженным у самцов крыс в ходе 78-недельного исследования с кормлением через желудочный зонд

Предел обнаружения	0,03 мкг/л посредством ГХ с фотоионизационным детектором; 0,03–0,2 мкг/л посредством ГХ с детектором по электропроводности; 0,06–2,8 мкг/л посредством ГХ-МС; 5 мкг/л посредством ГХ с пламенно-ионизационным детектором (ПИД)
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,0001 мг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Дополнительные замечания	Нормативная величина 0,03 мг/л соответствует значению, рассчитанному МПХБ (1998 г.), при уровне риска 10^{-5}
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (1995) <i>1,2-Dichloroethane</i> , 2nd ed. IPCS (1998) <i>1,2-Dichloroethane</i> WHO (2003) <i>1,2-Dichloroethane in drinking-water</i>

МАИР отнесло 1,2-дихлорэтан к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека). Доказано, что у лабораторных животных он приводит к статистически значимому увеличению случаев опухолей разных видов, в том числе относительно редкой гемангиосаркомы, и собранные данные свидетельствуют о его потенциальной генотоксичности. 1,2-дихлорэтан, потребляемый животными перорально, оказывал токсическое воздействие в числе прочего на иммунную систему, центральную нервную систему, печень и почки. Собранные данные показывают, что при вдыхании 1,2-дихлорэтан оказывает менее сильное воздействие.

1,1-дихлорэтен

1,1-дихлорэтен, или хлористый винилиден, применяется главным образом в качестве мономера в производстве сополимеров поливинилиденхлорида, а также как промежуточный химический продукт при синтезе других органических веществ. Он является эпизодическим загрязнителем питьевой воды и обычно обнаруживается в ней вместе с другими хлорированными углеводородами. Данные об уровнях его содержания в продуктах питания отсутствуют, однако его концентрация в воздухе, за исключением некоторых промышленных территорий, составляет, как правило, менее 40 нг/м³. 1,1-дихлорэтен обнаруживается в обработанной питьевой воде из подземных источников в средних концентрациях 0,28–1,2 мкг/л, а в системах общественного водоснабжения – в концентрациях до 0,5 мкг/л.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2004 г.
Основные источники информации	IPCS (2003) <i>1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride)</i> WHO (2005) <i>1,1-Dichloroethene in drinking-water</i>

1,1-дихлорэтен угнетающе воздействует на центральную нервную систему и может оказывать токсическое воздействие на печень и почки у людей, имеющих дело с этим веществом в силу своей профессии. Он приводит к поражению печени и почек у лабораторных животных. МАИР отнесло 1,1-дихлорэтен к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека). Ряд систем тестирования в лабораторных условиях обнаружил у него генотоксические свойства, однако анализы по доминантным леталам и микроядерные тесты в естественных условиях его активности не зафиксировали. По результатам одного исследования, он вызывал опухоли почек у мышей при вдыхании, однако ряд других исследований, в том числе тех, в которых он поступал с питьевой водой, канцерогенных свойств у него не выявил.

Санитарная нормативная величина 140 мкг/л (округленно) может быть рассчитана, исходя из ДУСП величиной 0,046 мг/кг массы тела, определенной с использованием ориентировочной дозы (ОД) в ходе исследования, которое обнаружило в качестве основного последствия минимальное жировое перерождение клеток центральной зоны печени у самок крыс. Вместе с тем эта величина значительно превышает концентрацию, в которой 1,1-дихлорэтен обычно присутствует в питьевой воде. Поэтому было сочтено нецелесообразным устанавливать официальную нормативную величину для 1,1-дихлорэтена в питьевой воде.

1,2-дихлорэтен

1,2-дихлорэтен существует в *цис*- и *транс*-формах. В качестве загрязнителя воды чаще встречается *цис*-форма. Присутствие в сточных водах и анаэробных подземных водах этих двух изомеров, представляющих собой метаболиты ненасыщенных галогензамещенных углеводородов, может свидетельствовать об одновременном присутствии других хлорорганических химических веществ, например винилхлорида. Соответственно, их присутствие говорит о необходимости проведения более интенсивного мониторинга. Данные о воздействии через продукты питания отсутствуют. Уровень концентрации в воздухе низок; он может повышаться примерно до нескольких микрограммов на кубический метр вблизи промышленных объектов. *Цис*-изомер ранее применялся в качестве анестезирующего средства.

Нормативная величина	0,05 мг/л (50 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался в питьевой воде, поступающей из подземных источников, в концентрации до 120 мкг/л
ДУСП	17 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 17 мг/кг массы тела, рассчитанного в ходе 90-дневного исследования на мышах, получавших <i>транс</i> -изомер 1,2-дихлорэтена с питьевой водой (и выявившего повышение уровня щелочной фосфатазы в сыворотке крови и увеличение массы зубной железы), при факторе неопределенности 1000 (100 на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – на краткосрочность исследования)
Предел обнаружения	0,17 мкг/л посредством ГХ-МС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,01 мг/л может быть обеспечен посредством ГАУ или отгонки воздухом
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Данные по <i>транс</i> -изомеру использовались в целях расчета общей нормативной величины для обоих изомеров, поскольку <i>транс</i> -изомер оказывал токсическое воздействие в более низкой дозе, чем <i>цис</i> -изомер, и поскольку имеющиеся данные дают основания полагать, что мыши обладают большей восприимчивостью по сравнению с крысами
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>1,2-Dichloroethene in drinking-water</i>

Данных об абсорбции, распределении и выведении 1,2-дихлорэтена из организма имеется мало. Вместе с тем по аналогии с 1,1-дихлорэтенем следует ожидать, что 1,2-дихлорэтен будет без труда поглощаться организмом, поступать главным образом в печень, почки и легкие и быстро выводиться из организма. В лабораторных условиях

метаболизация *цис*-изомера проходит быстрее, чем *транс*-изомера. Согласно имеющимся данным, оба изомера повышают уровень щелочной фосфатазы в сыворотке крови у грызунов. Трехмесячное исследование на мышах, которые получали *транс*-изомер с питьевой водой, показало, что у них повышался уровень щелочной фосфатазы в сыворотке крови и снижалась масса зубной железы и легких. Имеются также сведения о кратковременных изменениях иммунологического статуса, однако их значимость в плане токсикологического воздействия неясна. Кроме того, *транс*-изомер 1,2-дихлорэтена, однако в более высоких дозах, также вызывал снижение массы почек у крыс. Известно только одно исследование воздействия *цис*-изомера на крыс, показавшее, что он оказывает на крыс токсическое воздействие, сходное по последствиям с тем, которое *транс*-изомер оказывал на мышей, однако в более высоких дозах. Судя по некоторым данным, есть основания полагать, что оба изомера могут быть в некоторой степени генотоксичны. Сведения о канцерогенности отсутствуют.

Дихлорметан

Дихлорметан, или хлористый метилен, широко применяется в качестве растворителя, в том числе в процессе удаления кофеина из кофе и снятия лакокрасочных покрытий. По всей вероятности, его воздействие через питьевую воду крайне незначительно по сравнению с воздействием через другие источники.

Нормативная величина	0,02 мг/л (20 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаружен в образцах поверхностной воды в концентрациях от 0,1 до 743 мкг/л; в подземных водах из-за ограниченных возможностей испарения уровень концентрации обычно выше, достигая, по некоторым данным, 3600 мкг/л; средний уровень концентрации в питьевой воде – менее 1 мкг/л
ДУСП	6 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 6 мг/кг массы тела в день, установленного на основании гепатотоксического воздействия, которое было выявлено в ходе двухгодичного исследования на крысах, получавших вещество с питьевой водой, при факторе неопределенности 1000 (100 на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – на возможность канцерогенного воздействия)
Предел обнаружения	0,3 мкг/л посредством ГХ (методика Purge and Trap) с МС-детектированием (следует отметить, что в ходе процедуры пары дихлорметана легко проникают сквозь трубы)
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 20 мкг/л может быть обеспечен посредством отгонки воздухом
Расчет нормативной величины	<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой 10% ДУСП • масса тела 60 кг – взрослый человек • потребление 2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Dichloromethane in drinking-water</i>

Уровень острой токсичности дихлорметана невысок. Исследование его вдыхания, проведенное на мышах, позволило получить убедительные данные о его канцерогенности, тогда как исследования, в ходе которых крысы и мыши получали дихлорметан с водой, не позволили сделать однозначных выводов. МАИР отнесло дихлорметан к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека); вместе с тем, судя по имеющимся данным, он не является генотоксическим канцерогеном и его

генотоксические метаболиты в соответствующих количествах в естественных условиях не образуются.

1,2-дихлорпропан

1,2-дихлорпропан (CAS № 78-87-5), или 1,2-ДХП, применяется в качестве фумиганта для уничтожения насекомых в зерне и почве, а также для борьбы с древоточцами на персиковых деревьях. Кроме того, он используется и как промежуточное химическое вещество в производстве тетрахлорэтена и других хлорсодержащих продуктов, и как растворитель. 1,2-ДХП относительно устойчив к гидролизу, плохо поглощается почвой и может мигрировать в подземные воды.

Условная нормативная величина	0,04 мг/л (40 мкг/л) Нормативная величина является условной в связи с ограниченностью базы данных о токсикологическом воздействии
Присутствие в воде	Обнаруживается в подземных водах и в питьевой воде, как правило, в концентрации ниже 20 мкг/л, хотя в артезианской воде обнаруживался и в концентрации 440 мкг/л
ДУСП	14 мкг/кг массы тела, исходя из ПУВВ в размере 71,4 мг/кг массы тела в день (100 мг/кг массы тела в день с учетом ежедневной дозы), установленного на основании изменений в параметрах крови, которые были выявлены в ходе 13-недельного исследования на самцах крыс, при факторе неопределенности 5000 (100 на меж- и внутривидовую изменчивость, 10 – на применение ПУВВ и 5 – в целях учета неполноты базы данных, в том числе ограниченности данных о генотоксичности в естественных условиях и применения данных субхронического исследования)
Предел обнаружения	0,02 мкг/л посредством ГХ (методика Purge and Trap) с детектором по электропроводности или ГХ-МС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	10% ДУСП 60 кг – взрослый человек 2 литра в день
Дата оценки	1998 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>1,2-Dichloropropane (1,2-DCP) in drinking-water</i>

МАИР проводило оценку 1,2-ДХП в 1986 и 1987 гг. Вещество было отнесено к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека), исходя из ограниченности данных о его канцерогенности для подопытных животных и отсутствия сведений, достаточных для оценки его канцерогенности для людей. Данные лабораторных анализов его мутагенного воздействия были неоднозначными. Исследования в естественных условиях, ограниченные по количеству и методике, дали отрицательные результаты. Согласно оценке МАИР, сведения, полученные в ходе долгосрочных исследований канцерогенности на мышах и крысах, были признаны ограниченными, и был сделан вывод о целесообразности применения порогового метода для оценки токсикологического воздействия 1,2-ДХП.

1,3-дихлорпропан

1,3-дихлорпропан (CAS № 142-28-9) применяется в разных целях в промышленности и обнаруживается в составе загрязняющих почву фумигаторов, содержащих 1,3-дихлорпропен. В воде обнаруживается редко.

Причина отсутствия нормативной величины	Имеющиеся данные не позволяют рассчитать санитарную нормативную величину
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>1,3-Dichloropropane in drinking-water</i>

Уровень острой токсичности 1,3-дихлорпропана невысок. Имеются некоторые данные о его возможной генотоксичности в бактериальных системах. В литературе не удалось найти сведений о его краткосрочном, долгосрочном воздействии, воздействии на репродуктивную функцию или о токсическом воздействии на развивающийся организм при поступлении в организм с питьевой водой. Имеющиеся данные были сочтены недостаточными для выработки рекомендаций относительно нормативной величины.

1,3-дихлорпропен

1,3-дихлорпропен (CAS № 542-75-6 – смесь изомеров; 10061-01-5 – *цис*-изомер; 10061-02-6 – *транс*-изомер) – это фумигатор почвы, в товарном виде представляющий собой смесь *цис*- и *транс*-изомеров. Он применяется для борьбы с различными насекомыми-вредителями в почвах, прежде всего нематодами в песчаных почвах. Несмотря на высокую упругость своих паров, он растворяется в воде на уровне одного грамма на литр и может считаться потенциальным загрязнителем воды.

Нормативная величина	0,02 мг/л (20 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался в поверхностных и подземных водах в концентрации несколько микрограммов на литр
Основания для установления нормативной величины	Рассчитывается с применением линеаризованной многоступенчатой модели к данным наблюдений за развитием опухолей легких и мочевого пузыря у самок мышей в рамках двухгодичного исследования с кормлением через желудочный зонд
Предел обнаружения	0,34 и 0,20 мкг/л посредством ГХ (методика Purge and Trap) с применением детектора по электропроводности или микрокулонометрического детектора соответственно для <i>цис</i> - и <i>транс</i> -изомеров
Эффективность обработки/очистки воды	Информация об удалении из воды не найдена
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>1,3-Dichloropropene in drinking-water</i>

1,3-дихлорпропен представляет собой мутаген прямого действия, который, как было доказано, в результате длительного принудительного перорального введения через желудочный зонд вызывает опухоли кардиального отдела желудка у крыс и мышей. Кроме того, опухоли были выявлены в мочевом пузыре и легких у самок мышей и в печени у самцов крыс. Долгосрочные исследования вдыхания на крысах дали отрицательный результат, тогда как по результатам исследований вдыхания на мышцах сообщается об обнаружении у них ряда доброкачественных опухолей. МАИР

отнесло 1,3-дихлорпропен к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека).

Дихлорпроп

Период полураспада хлорфеноксигербицидов, в том числе дихлорпропа (CAS № 120-36-5), или 2,4-ДП, в окружающей среде составляет порядка нескольких дней. В продуктах питания хлорфеноксигербициды обнаруживаются нечасто.

Нормативная величина	0,1 мг/л (100 мкг/л)
Присутствие в воде	В питьевой воде хлорфеноксигербициды обнаруживаются нечасто; при обнаружении уровень их концентрации обычно не превышает нескольких микрограммов на литр
ДУСП	36,4 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 3,64 мг/кг массы тела в день, установленного на основании токсичности для почек, которая была выявлена в ходе двухгодичного исследования вещества путем его добавления в рацион питания крыс, при факторе неопределенности 100 (на внутри- и межвидовую изменчивость)
Предел обнаружения	От 1 мкг/л до 1 мг/л посредством различных методов, обычно применяемых для выявления хлорфеноксигербицидов в воде, в том числе экстракции растворителем, разделения посредством ГХ, газожидкостной хроматографии, тонкослойной хроматографии или ВЭЖХ, с ЭЗД или УФ-детектированием.
Эффективность обработки/очистки воды	Информация об удалении из воды не найдена
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	10% ДУСП 60 кг – взрослый человек 2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Chlorophenoxy herbicides (excluding 2,4-D and MCPA) in drinking-water</i>

МАИР отнесло всю группу хлорфеноксигербицидов к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека). Вместе с тем имеющиеся данные исследований людей, подвергшихся воздействию, и экспериментальных животных не позволяют оценить каждый конкретный хлорфеноксигербицид в плане возможного канцерогенного воздействия на человека. Соответственно, нормативные величины содержания в питьевой воде для этих веществ рассчитываются с применением метода определения порогового уровня для других видов токсического воздействия. В ходе трехмесячного исследования была выявлена небольшая гипертрофия печени у крыс при добавлении этого вещества в рацион их питания, а двухгодичного исследования – увеличение в объеме клеток печени, слабая анемия, увеличение количества коричневого пигмента в почках (что, возможно, свидетельствует о слабых дегенеративных изменениях тубулоэпителиальной системы) и снижение удельной плотности мочи и содержания белка.

Ди-(2-этилгексил)-адипинат

Ди-(2-этилгексил)-адипинат (ДЭГА) применяется главным образом как пластификатор синтетических смол, например ПВХ. Данных о присутствии ДЭГА в поверхностной воде и питьевой воде очень немного, однако в отдельных случаях ДЭГА обнаруживался в питьевой воде в концентрации несколько микрограммов на литр.

Поскольку это вещество присутствует в ПВХ-пленке, основным источником его воздействия на людей являются продукты питания (до 20 мг/день).

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Di(2-ethylhexyl)adipate in drinking-water</i>

Уровень токсичности ДЭГА при краткосрочном воздействии невысок; вместе с тем при содержании в пище на уровне выше 6000 мг/кг он вызывал пролиферацию пероксисом в печени у грызунов. Это явление нередко свидетельствует о развитии опухолей печени. В очень высоких дозах ДЭГА вызывал карциному печени у самок мышей, но не у самцов мышей и крыс. Это вещество не генотоксично. МАИР отнесло ДЭГА к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека).

Санитарную норму величиной 80 мкг/л для ДЭГА можно рассчитать, исходя из ДУСП 280 мкг/кг массы тела, установленного на основании фетотоксичности этого вещества для крыс, и при расчетной доле поступления ДУСП с водой 1%. Вместе с тем, поскольку ДЭГА присутствует в концентрациях значительно ниже представляющих опасность для здоровья, расчет официальной нормативной величины признан нецелесообразным.

Ди-(2-этилгексил)-фталат

Ди-(2-этилгексил)-фталат (ДЭГФ) применяется главным образом как пластификатор. Уровень воздействия на людей может различаться, поскольку ДЭГФ содержится в самых разных продуктах. В целом основным источником воздействия являются продукты питания.

Нормативная величина	0,008 мг/л (8 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживается в поверхностной воде, подземной воде и питьевой воде в концентрации несколько микрограммов на литр; сообщается о концентрации в сотни микрограммов на литр в загрязненных поверхностных и подземных водах
ДУСП	25 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 2,5 мг/кг массы тела в день на основании пролиферации пероксисом в печени у крыс, при факторе неопределенности 100 на меж- и внутривидовую изменчивость
Предел обнаружения	0,1 мкг/л посредством ГХ-МС
Эффективность обработки/очистки воды	Информация об удалении из воды не найдена
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	1% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Достоверность некоторых данных относительно проб, взятых в природных водах, вызывает сомнения ввиду вторичного загрязнения при отборе и обработке проб. Имеются данные о концентрациях, более чем в 10 раз превосходящих коэффициент растворимости
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Di(2-ethylhexyl)phthalate in drinking-water</i>

У крыс ДЭГФ быстро абсорбируется из желудочно-кишечного тракта. У приматов (в том числе у людей) процесс абсорбции после поступления в организм идет медленнее. У разных видов прослеживаются различия в характере обменных процессов. У большинства видов с мочой выводится преимущественно конъюгированный моноэфир. Вместе с тем у крыс выводятся в основном продукты конечного окисления. ДЭГФ распространяется по всему организму, присутствуя в самых больших дозах в печени и жировой ткани, однако при этом значительного накопления не происходит. Уровень острой токсичности при пероральном поступлении невысок. Наиболее заметным последствием, выявленным в ходе исследований краткосрочного токсического воздействия, является пролиферация печеночных пероксисом, о которой свидетельствуют повышение активности пероксисомального энзима и изменения гистопатологического характера. Судя по имеющейся информации, приматы, в том числе люди, в гораздо меньшей степени восприимчивы к такого рода последствиям, чем грызуны. В ходе долгосрочных исследований канцерогенности при пероральном введении у крыс и мышей были обнаружены злокачественные гепатомы. МАИР пришло к выводу, что ДЭГФ является веществом, вероятно канцерогенным для человека (Группа 2В). В 1988 г. ОКЭПД провел оценку ДЭГФ и рекомендовал свести воздействие этого вещества на человека через продукты питания до минимально возможного уровня. По мнению ОКЭПД, эту проблему можно решить, применяя другие пластификаторы или найдя альтернативу пластмассам, содержащим ДЭГФ. В ходе ряда исследований как в лабораторных, так и в естественных условиях не обнаружено свидетельств, подтверждающих канцерогенность ДЭГФ и его метаболитов, хотя они вызывают анеуплоидию и трансформацию клеток.

Диметоат

Диметоат (CAS № 60-51-5) – это фосфорорганический инсектицид, применяемый для борьбы со многими видами насекомых в сельском хозяйстве, а также с комнатными мухами. Период его полураспада составляет от 18 часов до 8 недель, и он, согласно расчетам, не задерживается в воде, хотя при pH 2–7 является относительно стойким. Допустимый уровень суточного потребления с продуктами питания рассчитан как 0,001 мкг/кг массы тела.

Нормативная величина	0,006 мг/л (6 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаружен в остаточном количестве в частном колодце в Канаде, однако не обнаруживался в ходе проводившейся в Канаде проверки поверхностных вод или систем питьевого водоснабжения
ПУСП	0–0,002 мг/кг массы тела, исходя из предполагаемого УНВВНИ величиной 1,2 мг/кг массы тела в день, установленного на основании воздействия на репродуктивную систему, которое было выявлено в ходе исследования токсического воздействия на репродуктивную функцию у крыс, при факторе неопределенности 500 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость, 5 – для учета неясности относительно того, насколько УНВВНИ может представлять собой ПУВВ)
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1997) <i>Pesticide residues in food—1996 evaluations</i> WHO (2003) <i>Dimethoate in drinking-water</i>

Исследования с участием добровольцев показали, что диметоат может являться ингибитором холинэстеразы и вызывать раздражение кожи. Диметоат не оказывает канцерогенного воздействия на крыс. По заключению ССОКП, хотя исследования в лабораторных условиях свидетельствуют о возможных мутагенных свойствах

диметоата, в естественных условиях эти свойства не проявляются. В ходе исследования токсического воздействия диметоата на репродуктивную функцию у крыс нескольких поколений УНВВНИ был рассчитан как 1,2 мг/кг массы тела в день, однако также имелись некоторые факты, свидетельствовавшие о возможном воздействии на репродуктивную функцию и в меньших дозах. Нет данных, которые позволяли бы оценить, насколько воздействие на репродуктивную функцию является вторичным по отношению к подавлению холинэстеразы. ССОКП пришло к выводу о нецелесообразности расчета ПУСП на основании результатов исследований на добровольцах, поскольку важнейший показатель (детородная функция) на людях не изучался. Было высказано предложение о возможном пересмотре оценки токсичности диметоата по завершении периодической проверки его остаточных веществ и рассмотрения некоторых аналитических вопросов в том случае, если будет установлено, что его основным остаточным веществом является ометоат.

1,4-диоксан

1,4-диоксан применяется в качестве стабилизатора в хлорсодержащих растворителях и как растворитель каучука, масел и парафинов, промежуточных веществ сельскохозяйственного и биохимического назначения, клеящих материалов, герметиков, косметических и фармацевтических продуктов, каучуковых изделий и защитных покрытий.

Нормативная величина	0,05 мг/л (50 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаружен в поверхностных водах в концентрации до 40 мкг/л и в подземных водах в концентрации до 80 мкг/л
ДУСП	16 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 16 мг/кг массы тела в день, установленного на основании печеночно-клеточных опухолей, которые были выявлены в ходе долгосрочного исследования на крысах, получавших вещество с питьевой водой, при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – на негенотоксическое канцерогенное воздействие)
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Основания для установления нормативной величины исходя из канцерогенного воздействия	Линеаризованная многоступенчатая модель, примененная к данным об опухолях печени, собранным в ходе исследований на крысах, которые получали вещество с питьевой водой
Предел обнаружения	0,1–50 мкг/л посредством ГХ-МС
Эффективность обработки/очистки воды	Не удаляется посредством обычных процессов обработки воды; эффективно удаляется при обработке биологически активированным углем
Дополнительные замечания	Сходные нормативные величины были рассчитаны с применением методики ДУСП (исходя из предположения о том, что 1,4-диоксан не генотоксичен для людей при воздействии в малых дозах) и линеаризованного многоэтапного моделирования (поскольку очевидно, что вещество вызывает множественные опухоли различных органов)
Дата оценки	2004 г.
Основной источник информации	WHO (2005) <i>1,4-Dioxane in drinking-water</i>

В большинстве долгосрочных исследований 1,4-диоксан, вводимый перорально, вызывал опухоли печени и полости носа у грызунов. У крыс, получавших это вещество в больших дозах, наблюдались также опухоли брюшины, кожи и молочных желез. После инъекций вещества в брюшину выявлялись, в частности, опухоли легких. Хотя обследования группы рабочих не выявили увеличения распространенности смертности от рака, в ходе сравнительного изучения смертности был выявлен рост количества случаев рака печени. Вместе с тем этих фактических данных недостаточно для оценки канцерогенности вещества для людей из-за малых размеров выборки или отсутствия данных о воздействии. Предполагается, что, возможно, 1,4-диоксан обладает слабым генотоксическим потенциалом. МАИР отнесло 1,4-диоксан к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека).

Дикват

Дикват (CAS № 2764-72-9) является контактным гербицидом неизбирательного действия и десиккантом для зерна. Кроме того, дикват (в концентрации 1 мг/л и ниже) может применяться в качестве водного гербицида для борьбы с плавающими и погруженными в воду сорными растениями в прудах, озерах и ирригационных водоемах. Из-за быстрого распада в воде и значительного поглощения осадочными отложениями дикват редко обнаруживается в питьевой воде.

Причина отсутствия нормативной величины	Может применяться в качестве водного гербицида для борьбы с плавающими и погруженными в воду сорными растениями в прудах, озерах и ирригационных водоемах, однако редко обнаруживается в питьевой воде
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1994) <i>Pesticide residues in food—1993 evaluations</i> WHO (2003) <i>Diquat in drinking-water</i>

Как представляется, дикват не обладает ни канцерогенными, ни генотоксическими свойствами. Основной вывод относительно токсикологического воздействия по итогам работы с экспериментальными животными состоит в том, что он способствует образованию катаракты. Санитарная норма 6 мкг/л для дикват-иона может быть рассчитана, исходя из ПУСП величиной 0–0,002 мг дикват-ионов на килограмм массы тела, на том основании, что, по результатам двухгодичного исследования на крысах, следующая по величине доза вызывает образование катаракты. Вместе с тем, поскольку дикват редко обнаруживается в питьевой воде, устанавливать официальную нормативную величину считается нецелесообразным. Следует также отметить, что предел обнаружения диквата в воде составляет 1 мкг/л, а практический предел для проведения количественного анализа – около 10 мкг/л.

Эдетовая кислота

Воздействие на человека эдетовой кислоты, известной также как этилендиаминтетрауксусная кислота, или ЭДТУ, непосредственно связано с ее присутствием в пищевых добавках, лекарствах и средствах личной гигиены. Степень воздействия ЭДТУ через питьевую воду обычно очень низка в сравнении с ее воздействием через другие источники. Если ЭДТУ присутствует в водной среде, то ее состав определяется качеством воды и наличием следов металлов, с которыми кислота взаимодействует. Содержащаяся в бытовых сточных водах ЭДТУ плохо поддается удалению путем биоразложения на станциях очистки сточных вод.

Нормативная величина	ЭДТУ (как свободная кислота): 0,6 мг/л (600 мкг/л)
Присутствие в воде	Присутствует в поверхностных водах в концентрации, как правило, ниже 70 мкг/л, хотя фиксировались и более высокие концентрации (900 мкг/л); обнаруживалась в питьевой воде, полученной из поверхностных вод, в концентрации 10–30 мкг/л
ПУСП	0–1,9 мг/кг массы тела для свободной кислоты (ОКЭПД предлагает ПУСП величиной 0–2,5 мг/кг массы тела для натрия кальция эдетата, применяемого в качестве пищевой добавки)
Предел обнаружения	1 мкг/л посредством инверсионной вольтамперометрии
Эффективность обработки/очистки воды	0,01 мг/л посредством ГАУ и озонирования
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	<ul style="list-style-type: none"> 1% верхнего предела ПУСП 60 кг – взрослый человек 2 литра в день
Дополнительные замечания	Выражалась обеспокоенность в связи со способностью ЭДТУ связывать цинк и, соответственно, снижать его количество. Однако это имеет значение лишь при повышенных дозах, существенно превышающих те, в которых ЭДТУ присутствует в окружающей среде.
Дата оценки	1998 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Edetic acid (EDTA) in drinking-water</i>

Кальция динатрия эдетат плохо абсорбируется из кишечника. Долгосрочное токсическое воздействие ЭДТУ усугубляется ее способностью связывать основные и токсичные металлы. Судя по данным токсикологических исследований, предполагаемое токсическое воздействие ЭДТУ фактически обусловлено дефицитом цинка вследствие его связывания. Опыты на животных не выявили у ЭДТУ тератогенных или канцерогенных свойств. Обширный клинический опыт применения ЭДТУ в лечении случаев отравления металлами продемонстрировал ее безвредность для людей.

Эндосульфан

Эндосульфан (CAS № 115-29-7) – это инсектицид, применяемый для борьбы с насекомыми – вредителями фруктов, овощей и чая, а также непродовольственных культур, например табака или хлопка. Помимо использования в сельском хозяйстве, он применяется для борьбы с мухой цеце, в качестве антисептика для древесины и для борьбы с насекомыми-вредителями на приусадебных участках. Как представляется, загрязнения водной среды эндосульфаном в широких масштабах не происходит, но это химическое вещество было обнаружено в сельскохозяйственных стоках и реках, протекающих по промышленным зонам, где оно производится или синтезируется, а также в образцах поверхностных и подземных вод, собранных на полигонах для опасных отходов в США. Уровень концентрации эндосульфана в собранных в США пробах поверхностных вод, как правило, ниже 1 мкг/л. Основным источником воздействия на население являются продукты питания, однако обнаруженные остаточные количества эндосульфана обычно значительно ниже установленного ФАО/ВОЗ максимально допустимого остаточного уровня. Еще одним важным каналом воздействия эндосульфана на население является потребление табачных изделий.

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1999) <i>Pesticide residues in food—1998 evaluations</i> WHO (2003) <i>Endosulfan in drinking-water</i>

ССОКП пришло к выводу, что эндосульфан не генотоксичен, и в ходе долгосрочных исследований на мышах и крысах канцерогенного воздействия выявлено не было. Мишенью токсического воздействия являются почки. Ряд недавних исследований продемонстрировал, что эндосульфан – отдельно или в сочетании с другими пестицидами – может связываться с рецепторами эстрогенов и нарушать работу эндокринной системы. Санитарную норму 20 мкг/л для эндосульфана можно рассчитать, исходя из ПУСП величиной 0–0,006 мг/кг массы тела, на основании данных двухгодичного исследования токсичности на крысах, получавших эндосульфан с пищей, и с привлечением данных 78-недельного исследования на мышах, одногодичного исследования на собаках и исследования отдаленных эффектов токсичности на крысах. Вместе с тем, поскольку эндосульфан присутствует в концентрациях значительно ниже тех, которые представляют опасность для здоровья, установление официальной нормативной величины признано нецелесообразным.

Эндрин

Эндрин (CAS № 72-20-8) – это листовный инсектицид широкого спектра действия, применяемый для борьбы с различными сельскохозяйственными насекомыми-вредителями. Он также применяется для борьбы с грызунами. В настоящее время эндрин почти вышел из употребления. В малых количествах эндрин присутствует в некоторых продуктах питания, однако общий уровень потребления с пищей существенно снизился.

Нормативная величина	0,0006 мг/л (0,6 мкг/л)
Присутствие в воде	Следы эндрина обнаружены в системах питьевого водоснабжения в некоторых странах
УПСР	0,2 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 0,025 мг/кг массы тела в день, установленного на основании результатов двухгодичного исследования на собаках и при факторе неопределенности 100 на меж- и внутривидовую изменчивость
Предел обнаружения	0,002 мкг/л посредством ГХ с ЭЗД
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,2 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	<p>10% УПСР</p> <p>60 кг – взрослый человек</p> <p>2 литра в день</p>
Дополнительные замечания	Эндрин внесен в списки стойких органических загрязнителей согласно Стокгольмской конвенции. Соответственно, может проводиться мониторинг в дополнение к предусмотренному в Руководстве по питьевой воде мониторингу.
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1995) <i>Pesticide residues in food—1994 evaluations</i> IPCS (1992) <i>Endrin</i> WHO (2003) <i>Endrin in drinking-water</i>

Имеющихся токсикологических данных недостаточно для определения возможного канцерогенного воздействия эндрина на людей. Основное воздействие эндрин оказывает на центральную нервную систему.

Эпихлоргидрин

Эпихлоргидрин применяется в производстве глицерина, немодифицированных эпоксидных смол и коагулирующих полимеров, используемых в обработке воды, а также некоторых ионообменных смол. Количественных данных относительно его присутствия в продуктах питания или в воде нет. В водной среде эпихлоргидрин медленно гидролизуется.

Условная нормативная величина	0,0004 мг/л (0,4 мкг/л) Нормативная величина считается условной ввиду отсутствия определенности в данных о токсичности эпихлоргидрина, а также из-за применения большого фактора неопределенности при установлении нормативной величины
Присутствие в воде	Количественные данные отсутствуют
ДУСП	0,14 мкг/кг массы тела, исходя из ПУВВ величиной 2 мг/кг массы тела в день, установленного на основании гиперплазии кардиального отдела желудка, которая была выявлена в ходе двухгодичного исследования на крысах, получавших принудительное питание через зонд, с коррекцией на ежедневную дозу и при факторе неопределенности 10 000, учитывающем меж- и внутривидовую изменчивость (100), применение ПУВВ вместо УНВВНИ (10) и канцерогенность (10)
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством ГХ с ЭЗД; 0,1 и 0,5 мкг/л посредством ГХ-МС; 10 мкг/л посредством ГХ с ПИД
Эффективность обработки/очистки воды	Обычная обработка воды не позволяет удалить эпихлоргидрин. Содержание эпихлоргидрина в питьевой воде контролируется путем ограничения либо содержания эпихлоргидрина в полиаминных флокулянтах, либо применяемой дозы, либо обоими методами одновременно
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Хотя эпихлоргидрин является генотоксическим канцерогеном, применение линейаризованной многоступенчатой модели для оценки риска возникновения рака было признано нецелесообразным, поскольку опухоли появлялись только в точке введения, где эпихлоргидрин оказывает сильное раздражающее воздействие
Дата оценки	2003 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Epichlorohydrin in drinking-water</i>

Эпихлоргидрин, поступивший в организм перорально, при вдыхании или через кожу, всасывается быстро и в больших объемах. Он легко связывается с клеточными компонентами. Основные проявления токсического воздействия – это местное раздражение и повреждение центральной нервной системы. Эпихлоргидрин вызывает плоскоклеточную карциному носовой полости при вдыхании и опухоли кардиального отдела желудка при пероральном поступлении. Генотоксичность эпихлоргидрина была продемонстрирована как в лабораторных, так и в естественных условиях. МАИР

отнесло эпихлоргидрин к Группе 2А (вещества, весьма вероятно канцерогенные для человека).

Этилбензол

Основным источником, откуда этилбензол попадает в окружающую среду, является нефтяная промышленность и использование нефтепродуктов. В силу физико-химических свойств этилбензола считается, что более 96% этого вещества в окружающей среде находится в воздухе. Сообщается о случаях его концентрации в воздухе на уровнях до 26 мкг/м³. В остаточных количествах этилбензол обнаруживается в поверхностной воде, подземной воде, питьевой воде и продуктах питания.

Нормативная величина	0,3 мг/л (300 мкг/л)
Присутствие в воде	Присутствует в питьевой воде в концентрации, как правило, ниже 1 мкг/л; поступали сообщения о его содержании в концентрации до 300 мкг/л в подземной воде, загрязненной в результате точечных выбросов
ДУСП	97,1 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 136 мг/кг массы тела в день, установленного на основании токсического воздействия на печень и почки, которое было выявлено в ходе ограниченного шестимесячного исследования на крысах, с коррекцией на ежедневную дозу и при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – на неполноту базы данных и краткосрочность исследования)
Предел обнаружения	0,002–0,005 мкг/л посредством ГХ с фотоионизационным детектором; 0,03–0,06 мкг/л посредством ГХ-МС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,001 мг/л может быть обеспечен посредством отгонки воздухом
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Нормативная величина превышает нижний порог восприятия запаха этилбензола в питьевой воде (0,002 мг/л)
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Ethylbenzene in drinking-water</i>

Поступивший в организм перорально, при вдыхании или через кожу этилбензол быстро абсорбируется. Сообщается о его накоплении в жировой прослойке у людей. Этилбензол почти полностью преобразуется в растворимые метаболиты, которые быстро выводятся с мочой. Уровень острой токсичности при пероральном поступлении не высок. Ограниченные данные относительно тератогенных свойств не позволяют сделать определенных выводов. Данные о воздействии на репродуктивные свойства, токсичности при долгосрочном воздействии или канцерогенности отсутствуют. При исследованиях как в лабораторных, так и в естественных условиях генотоксических свойств у этилбензола не выявлено.

Фенитропион

Фенитропион (CAS № 122-14-5) применяется главным образом в сельском хозяйстве для борьбы с насекомыми на рисе, зерновых культурах, фруктах, овощах, в убранным

зерне и хлопке, а также в лесах. Кроме того, он используется для борьбы с мухами, комарами и тараканами в рамках программ общественного здравоохранения и в помещениях. Фенитротрион стабилен в воде лишь при отсутствии солнечного света или микробного загрязнения. В почвах основным способом его разложения является биodeградация, хотя определенную роль может также сыграть фотолиз. В воде фенитротрион обнаруживался в очень малых остаточных количествах (не более 1,30 мкг/л) после опрыскиваний в рамках программы борьбы с листоверткой еловой. В пробах воды, взятых при опрыскивании лесов в целях борьбы с листоверткой еловой, фенитротрион в поддающихся выявлению количествах обнаружен не был; в собранных после опрыскивания пробах его содержание составляло менее 0,01 мкг/л. Остаточное содержание фенитротриона в фруктах, овощах и зерне после обработки быстро снижается – период полураспада составляет 1–2 дня. В организм фенитротрион поступает, как представляется, прежде всего с пищей (95%).

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2001) <i>Pesticide residues in food—2000 evaluations</i> WHO (2003) <i>Fenitrothion in drinking-water</i>

По результатам тестирования в рамках достаточного количества исследований, проводившихся как в лабораторных, так и естественных условиях, ССОКП пришло к выводу о том, что фенитротрион вряд ли генотоксичен. Кроме того, был сделан вывод о том, что он не представляет риска для людей в качестве канцерогена. В ходе долгосрочных исследований токсического воздействия основным следствием такого воздействия, выявленным у всех видов, являлось угнетение активности холинэстеразы. Санитарная норма для фенитротриона – 8 мкг/л – может быть рассчитана, исходя из ПУСП величиной 0–0,005 мг/кг массы тела на основании УНВВНИ величиной 0,5 мг/кг массы тела в день, установленного на основании угнетения активности холинэстеразы мозга и эритроцитов, которое было выявлено в ходе двухгодичного исследования токсического воздействия на крысах, и с привлечением УНВВНИ величиной 0,57 мг/кг массы тела в день, рассчитанного на основании угнетения активности холинэстеразы мозга и эритроцитов, выявленного по результатам трехмесячного исследования офтальмологической токсичности на крысах, и УНВВНИ величиной 0,65 мг/кг массы тела в день на основании сокращения объемов потребляемой пищи и увеличения массы тела, выявленных в ходе исследования токсического воздействия на репродуктивную функцию у крыс, при расчетной доле поступления с питьевой водой для верхнего порогового значения ПУСП – 5%. Вместе с тем, поскольку фенитротрион выявляется в концентрациях значительно ниже тех, которые представляют опасность для здоровья, установление официальной нормативной величины для него было сочтено нецелесообразным.

Фенопроп

Период полураспада хлорфеноксигербицидов, в том числе фенопропа (CAS № 93-72-1), известного также как 2,4,5-трихлорфеноксипропионовая кислота, или 2,4,5-ТР, в окружающей среде составляет порядка нескольких дней. Хлорфеноксигербициды обнаруживаются в продуктах питания редко.

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Нормативная величина	0,009 мг/л (9 мкг/л)
Присутствие в воде	Хлорфеноксигербициды обнаруживаются в питьевой воде редко; в случае обнаружения их концентрация обычно составляет не более нескольких микрограммов на литр
ДУСП	3 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 0,9 мг/кг массы тела, установленного на основании негативного воздействия на печень, которое было выявлено в ходе исследования, в рамках которого собаки получали фенопроп с пищей в течение 2 лет, при факторе неопределенности 300 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 3 – на неполноту базы данных)
Предел обнаружения	0,2 мкг/л посредством наполненной или капиллярной ГХ с ЭЗД
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,001 мг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Chlorophenoxy herbicides (excluding 2,4-D and MCPA) in drinking-water</i>

МАИР отнесло хлорфеноксигербициды как единую группу к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека). Вместе с тем данные по результатам обследований населения, подвергнувшегося воздействию, и экспериментов на животных не позволяют оценить канцерогенный потенциал каждого отдельного хлорфеноксигербицида для человека. Соответственно, рекомендации по питьевой воде в отношении данных веществ исходят из пороговых оценок других видов токсического воздействия. К числу последствий, выявленных в ходе долгосрочных исследований на собаках, получавших фенопроп, относятся слабые дегенеративные изменения и некроз клеток печени, а также фибробластическая пролиферация, обнаруженные в ходе одного исследования, и сильная патология печени, выявленная в ходе другого. Два долгосрочных исследования на крысах, получавших фенопроп с едой, обнаружили у них увеличение массы почек.

Фторид-ион¹

Фтор – это распространенный элемент, в больших количествах присутствующий в земной коре и представленный в форме фторидов в ряде минералов, в том числе в плавленом шпате, криолите и фторапатите. Остаточные количества фторидов присутствуют в разных видах вод, причем в более высоких концентрациях они нередко встречаются в подземных водах. В некоторых районах, где широко распространены фторсодержащие минералы, в артезианских водах содержание фторид-аниона может достигать 10 мг на литр, хотя встречаются и более высокие уровни концентрации. Фторид-анион в высоких концентрациях присутствует во многих регионах мира, и прежде всего в Индии, Китае, Центральной Африке и Южной Америке, однако на местном уровне высокие концентрации этого вещества могут иметь место в большинстве частей мира. Практически во всех продуктах питания присутствуют, по крайней мере, остаточные количества фтора. Некоторое количество фторидов

¹ Поскольку фторид-ион относится к тем химическим элементам, присутствие которых в природных водах вызывает наибольшую обеспокоенность в области здоровья, фактические данные по нему приводятся в расширенном виде.

присутствует во всех растениях, которые поглощают его из почвы и воды. В особенно больших концентрациях фториды содержатся в чае – их уровень в сухом чайном листе составляет в среднем 100 мг/кг.

Фторид-ион активно применяется в средствах ухода за зубами для борьбы с кариесом, особенно в регионах, где потребляется много сахара. Эти средства могут быть в форме таблеток, полосканий, зубных паст, лаков или гелей для местного применения. В некоторых странах фториды также добавляют в пищевую соль или питьевую воду, обеспечивая тем самым защиту от кариеса. В питьевую воду они добавляются в таких количествах, чтобы итоговая концентрация составляла от 0,5 до 1 мг/л. В обработанной воде, независимо от того, как он в нее поступает – из природных водных источников или в ходе искусственного фторирования, – фтор всегда присутствует в форме фторид-ионов.

Суммарная ежедневная доза фторид-ионов может существенно различаться в разных регионах. Она определяется концентрацией фторид-ионов в питьевой воде, количеством выпитой воды, содержанием фтора в продуктах питания и применением фторсодержащих средств ухода за зубами. Кроме того, уровень воздействия фторид-иона может быть значительно выше в силу ряда других причин, в том числе традиции потребления плиточного чая или практики приготовления и высушивания пищи на угле с высоким содержанием фторидов.

Нормативная величина	1,5 мг/л (1500 мкг/л)
Присутствие в воде	В подземных водах уровень концентрации может быть очень разным, в зависимости от типа скальных пород, через которые проходит вода, однако обычно он не превышает 10 мг/л; наиболее высокий уровень, о котором имеется информация, составляет 2800 мг/л
Основания для установления нормативной величины	Данные эпидемиологических исследований свидетельствуют о том, что концентрации, превышающие эту величину, чреваты риском возникновения флюороза зубов, а более высокие концентрации соответственно повышают риск флюороза скелета. Эта величина выше рекомендованной для искусственного фторирования воды в системах питьевого водоснабжения, составляющей обычно 0,5–1,0 мг/л
Предел обнаружения	0,01 мг/л посредством ионообменной хроматографии; 0,1 мг/л посредством ион-селективных электродов или колориметрического метода с использованием 2-(парасульфобензилазо)-1,8-дигидрокси-3,6-нафталин-дисульфоновой кислоты
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 1 мг/л может быть обеспечен посредством применения активированного оксида алюминия (данный метод обработки не относится к числу "традиционных", однако он позволяет относительно просто устанавливать фильтры)
Дополнительные замечания	Разработано руководство по применению фторид-аниона При определении национальных стандартов для фтор-аниона или оценке возможных последствий воздействия фтор-иона для здоровья важно учитывать количество воды, потребляемой соответствующей группой населения, а также поступление фтора в организм из других источников (например, продуктов питания, воздуха и средств ухода за зубами). В случае если уровень поступления из других источников приближается к 6 мг/день или превышает этот показатель, целесообразно задуматься об установлении стандартов концентрации на уровне ниже нормативной величины В районах с высоким содержанием природного фтора в питьевой воде достижение нормативной величины с применением доступных технологий обработки в некоторых случаях может оказаться сложной задачей
Дата оценки	2003 г.

Основные источники информации	Fawell et al. (2006) <i>Fluoride in drinking-water</i> IPCS (2002) <i>Fluorides</i> USNRC (2006) <i>Fluoride in drinking water</i> WHO (2003) <i>Fluoride in drinking-water</i>
-------------------------------	--

Поступив в организм пероральным путем, растворимые в воде фториды быстро и практически полностью абсорбируются из желудочно-кишечного тракта, хотя масштабы этого процесса могут сокращаться в случае образования соединений с алюминием, фосфором, магнием или кальцием. И природный, и добавленный в питьевую воду фторид-ионы абсорбируются одинаково. Фториды, содержащиеся в частицах, которые попадают в организм при вдыхании, например в частицах угля с высоким содержанием фторидов, также абсорбируются в зависимости от размера частиц и растворимости данного фторида. Абсорбированный фторид-ион быстро распространяется по организму, накапливаясь в зубах и костях и практически не откладываясь в мягких тканях. Содержащийся в зубах и костях фтор может мобилизоваться в случае прекращения внешнего воздействия или снижения его уровня. Фторид-анион выводится из организма с мочой, фекалиями и потом.

Фторид-ион может являться жизненно важным элементом для людей; вместе с тем подобная его роль однозначно не подтверждена. Пока же есть данные, свидетельствующие о его благотворной роли как средства профилактики кариеса.

Признаки острого отравления фторидами проявляются в случае, если минимальная доза поступающего перорально фторид-иона составляет около 1 мг на килограмм массы тела. Проведено множество эпидемиологических исследований, предметом изучения которых являлись возможные негативные последствия долгосрочного потребления фторид-аниона с питьевой водой. Эти исследования четко показали, что поступление фторид-иона в высоких дозах воздействует прежде всего на ткани скелета (кости и зубы). Фторид-ион в низких концентрациях защищает от кариеса как детей, так и взрослых. Эффективность защитного действия фторид-иона возрастает при его концентрации на уровне до 2 мг на литр питьевой воды; минимальный уровень, при котором содержащийся в питьевой воде фторид-анион оказывает защитное действие, составляет около 0,5 мг/л. Однако фторид-ион, присутствуя в питьевой воде в концентрации от 0,9 до 1,2 мг/л, может также оказывать негативное воздействие на зубную эмаль и вызывать, в зависимости от объема потребляемой воды и воздействия фтора из других источников, флюороз зубов в мягкой форме (уровень распространенности – 12–33%). Флюороз зубов в мягкой форме может быть обнаружен только при осмотре врачом-специалистом. Риск возникновения флюороза зубов зависит от совокупного поступления фтора из всех источников, а не только от его концентрации в питьевой воде.

Повышенное поступление фтора может оказывать более серьезное воздействие на ткани скелета. Флюороз скелета (оказывающий негативное воздействие на структуру костей) может иметь место в случаях, если концентрация фторид-иона в питьевой воде составляет 3–6 мг на литр, особенно если при этом вода потребляется в больших объемах. Калечащий флюороз скелета обычно развивается лишь в случаях, если концентрация фторид-иона в питьевой воде превышает 10 мг на литр. По заключению МПХБ, собранные в Индии и Китае четкие фактические данные свидетельствуют о том, что развитие флюороза скелета и повышение риска переломов костей имеют место лишь в случае, если суммарное потребление фтора составляет 14 мг в день. Этот вывод был подтвержден исследованием, которое провел в 2006 г. Национальный научно-исследовательский совет Соединенных Штатов. Нередко взаимосвязь между воздействием и реакцией в форме негативного влияния на кости

удается проследить с трудом из-за недостаточно высокого качества многих эпидемиологических исследований. На основании оценок, полученных по данным проведенных в Китае и Индии исследований, МПХБ пришла к выводу, что при суммарном потреблении на уровне 14 мг/день существует очевидный повышенный риск неблагоприятного воздействия на скелет; при этом имеются некоторые фактические сведения, дающие основание полагать, что риск неблагоприятного воздействия на скелет возрастает при суммарном потреблении фтора на уровне примерно 6 мг/день.

Предметом ряда эпидемиологических исследований также была возможная связь между присутствием фторид-иона в питьевой воде и раком. МПХБ проанализировала эти исследования и пришла к выводу о том, что в целом данные о канцерогенности, полученные в ходе экспериментов над животными, не являются достаточными и имеющиеся данные не подтверждают гипотезу о том, что фторид-ион вызывает онкологические заболевания у людей; вместе с тем данные о раке костей ограничены. Результаты ряда эпидемиологических исследований, касающихся возможного негативного воздействия фторид-иона, содержащегося в питьевой воде, на исход беременности, свидетельствуют об отсутствии взаимосвязи между частотой проявления синдрома Дауна или врожденных пороков развития и потреблением питьевой воды, обработанной фторидами.

Нет оснований полагать, что нормативная величина 1,5 мг/л, установленная в 1984 г. и вновь подтвержденная в 1993 г., требует пересмотра. Уровни концентрации, превышающие эту величину, чреваты повышенным риском возникновения флюороза зубов, а гораздо более высокие концентрации вызывают флюороз скелета. Данная величина выше, чем рекомендованная для искусственного фторирования систем питьевого водоснабжения; последняя составляет обычно 0,5–1,0 мг/л.

При определении национальных стандартов или местных рекомендаций для фторид-аниона или при оценке возможных последствий воздействия фтор-иона для здоровья важно учитывать среднее количество воды, ежедневно потребляемой соответствующей группой населения, а также поступление фтора в организм из других источников (например, продуктов питания и воздуха). В случае если уровень поступления из других источников приближается к 6 мг/день или превышает этот показатель, целесообразно задуматься об установлении стандартов или местных рекомендаций на уровне ниже 1,5 мг/л.

Соображения практического порядка

Присутствие фторид-иона обычно определяется с помощью ионоизбирательных электродов, что позволяет измерить общее количество свободного и входящего в состав комплексных соединений фторид-иона, растворенного в воде. Этот метод позволяет выявлять фторид-ион в питьевой воде в концентрациях значительно ниже нормативной величины. Вместе с тем соответствующая подготовка проб является важным условием для точной оценки количества фтора, особенно если объектом измерения является свободный фторид-ион.

Существует ряд методик обработки воды, пригодных как для крупных, так и маломасштабных водоочистных станций. На маломасштабных станциях в разных странах предпочтение отдается разным методам, в том числе с применением костяного угля, контактного осаждения, активированного оксида алюминия и глинозема. Вместе с тем в некоторых районах с высоким содержанием природного фтора в питьевой воде достижение нормативной величины посредством доступных технологий обработки в ряде случаев может оказаться сложной задачей. На крупных предприятиях, как

правило, применяются активированный оксид алюминия или новейшие процессы обработки, например обратный осмос.

Формальдегид

Формальдегид содержится в промышленных стоках и попадает в воздух из пластмасс и смоляных клеев. В питьевую воду формальдегид попадает прежде всего в результате окисления природных органических веществ в ходе озонирования и хлорирования. В озонированной питьевой воде формальдегид встречается в концентрациях до 30 мкг/л. Кроме того, формальдегид высвобождается в питьевую воду из сантехнической арматуры, изготовленной из полиацетальных пластмасс. Судя по физико-химическим свойствам формальдегида, он не улетучивается из воды, и поэтому уровень воздействия в результате вдыхания при приеме душа не может быть высоким.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2004 г.
Основные источники информации	IPCS (2002) <i>Formaldehyde</i> WHO (2005) <i>Formaldehyde in drinking-water</i>

У крыс и мышей, вдыхавших формальдегид, отмечалось увеличение количества случаев карциномы носовой полости, если воздействие оказывалось в дозах, вызывавших раздражение носового эпителия. Потребление в течение 2 лет формальдегида с питьевой водой вызывало раздражение желудка у крыс. В ходе одного из исследований наблюдались папилломы желудка, свидетельствующие о сильном раздражении тканей. МАИР отнесло формальдегид к Группе 1 (вещества, канцерогенные для человека). Собранные данные свидетельствуют о том, что формальдегид не вызывает онкологических заболеваний при попадании в организм пероральным путем.

Поскольку формальдегид обладает высокой химической активностью, воздействие на ткани в месте первого контакта после поступления в организм определяется, по-видимому, скорее концентрацией потребленного формальдегида, чем совокупной величиной полученной дозы. Допустимая концентрация формальдегида, поступающего в организм, на уровне 2,6 мг/л была установлена, исходя из УНВ величиной 260 мг/л на основании гистопатологических явлений в слизистой оболочке полости рта и желудка, которые были обнаружены у крыс, получавших в течение 2 лет формальдегид с питьевой водой, при факторе неопределенности 100 (на меж- и внутривидовую изменчивость). С учетом существенной разницы между расчетной концентрацией формальдегида в питьевой воде и допустимой концентрацией определение официальной нормативной величины для формальдегида признано нецелесообразным.

Глифосат и АМРА

Глифосат (CAS № 1071-83-6) – это гербицид широкого спектра действия, применяемый в сельском и лесном хозяйстве, а также для борьбы с водными сорными растениями. Микробиологическое биоразложение глифосата происходит в почве, осадочных отложениях и воде, а основным его метаболитом является аминотетилфосфоновая кислота (АМФК) (CAS № 1066-51-9). Глифосат в воде химически стабилен, и его фотохимического разложения не происходит. Низкая

мобильность глифосата в почвах свидетельствует о минимальной угрозе загрязнения подземных вод. Вместе с тем глифосат может попадать в поверхностные и подповерхностные воды в случае его применения непосредственно вблизи водных объектов или со стоками или случайными утечками при применении на суше.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1998) <i>Pesticide residues in food—1997 evaluations</i> IPCS (1994) <i>Glyphosate</i> WHO (2003) <i>Glyphosate and AMPA in drinking-water</i>

Глифосат и АМРА обладают сходными токсикологическими характеристиками, и оба эти вещества считаются низкотоксичными. Санитарная норма 0,9 мг/л может быть рассчитана, исходя из ПУСП для АМРА отдельно или в сочетании с глифосатом величиной 0–0,3 мг/кг массы тела, на основании УНВВНИ величиной 32 мг/кг массы тела в день – наивысшей протестированной дозы, которая была установлена в ходе 26-месячного исследования токсичности на крысах, получавших технический глифосат с пищей, при факторе неопределенности 100 (на меж- и внутривидовую изменчивость).

В силу низкой токсичности АМРА и глифосата санитарная норма, рассчитанная для АМРА отдельно или в сочетании с глифосатом, на несколько порядков выше концентраций, в которых глифосат или АМРА обычно присутствуют в питьевой воде. Соответственно, при обычных условиях присутствие глифосата или АМРА в питьевой воде не представляет угрозы для здоровья людей. По этой причине устанавливать официальную нормативную величину для глифосата и АМРА не считается необходимым.

Галогензамещенные ацетонитрилы (дихлорацетонитрил, дибромацетонитрил, бромхлорацетонитрил, трихлорацетонитрил)

Галогензамещенные ацетонитрилы образуются при хлорировании или хлораминировании воды из природных органических веществ, в том числе водорослей, фульвиновой кислоты и белковоподобных веществ. В целом концентрация галогензамещенных ацетонитрилов повышается при повышении температуры или снижении рН. Как представляется, на состав галогензамещенных ацетонитрилов до определенной степени влияет уровень содержания брома в окружающей среде. Из всех галогензамещенных ацетонитрилов на данный момент в питьевой воде чаще всего обнаруживается дихлорацетонитрил.

Условная нормативная величина	<i>Дихлорацетонитрил</i> : 0,02 мг/л (20 мкг/л) Нормативная величина для дихлорацетонитрила является условной ввиду неполноты базы данных о токсикологическом воздействии
Нормативная величина	<i>Дибромацетонитрил</i> : 0,07 мг/л (70 мкг/л)
Присутствие в воде	Уровни концентрации отдельных галогензамещенных ацетонитрилов могут превышать 0,01 мг/л, хотя в концентрации 0,002 мг/л и менее они встречаются чаще
ДУСП	<i>Дихлорацетонитрил</i> : 2,7 мкг/кг массы тела, исходя из ПУВВ величиной 8 мг/кг массы тела в день, установленного на основании увеличения относительной массы печени у самцов и самок крыс, выявленного в ходе 90-дневного исследования, при факторе неопределенности 3000 (с учетом внутри- и межвидовой изменчивости, краткосрочности исследования, применения минимального ПУВВ и недостатков базы данных)

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

	<i>Дибромацетонитрил</i> : 11 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 11,3 мг/кг массы тела в день, установленного на основании снижения массы тела у самцов крыс, выявленного в ходе 90-дневного исследования питьевой воды, при факторе неопределенности 1000 (с учетом меж- и внутривидовой изменчивости, экстраполяции субхронического воздействия на хроническое и неполноты базы данных)
Предел обнаружения	0,03 мкг/л посредством ГХ с ЭЗД
Эффективность обработки/очистки воды	Удаление органических прекурсоров позволяет сокращать количество образующихся галогензамещенных ацетонитрилов
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	20% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (2000) <i>Disinfectants and disinfectant by-products</i> WHO (2003) <i>Halogenated acetonitriles in drinking-water</i>
Причина отсутствия нормативных величин	Имеющихся данных недостаточно для расчета санитарных нормативных величин для <i>бромхлорацетонитрила</i> и <i>трихлорацетонитрила</i>
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (2000) <i>Disinfectants and disinfectant by-products</i> WHO (2003) <i>Halogenated acetonitriles in drinking-water</i>

МАИР пришло к выводу о том, что дихлорацетонитрил, дибромацетонитрил, бромхлорацетонитрил и трихлорацетонитрил не классифицируются как канцерогенные для человека вещества. Бактериальные тесты подтвердили мутагенные свойства дихлорацетонитрила и бромхлорацетонитрила, но дали отрицательный результат по дибромацетонитрилу и трихлорацетонитрилу. Все четыре галогензамещенных ацетонитрила вызывали сестринский хроматидный обмен и разрывы нитей ДНК и аддуктов в клетках млекопитающих в лабораторных условиях, однако результаты микроядерного теста оказались отрицательными.

В большинстве исследований токсического влияния галогензамещенных ацетонитрилов на репродуктивную функцию и развивающийся организм изучаемое вещество при кормлении через желудочный зонд вводилось с трикаприлином. Позднее выяснилось, что трикаприлин оказывает токсическое воздействие на развивающиеся организмы, усиливающее воздействие трихлорацетонитрила и, вероятно, других галогензамещенных ацетонитрилов, а значит, показатели токсического воздействия этих галогензамещенных ацетонитрилов на развивающиеся организмы в результатах исследований воздействия на развивающийся организм, в которых трикаприлин применялся при кормлении через желудочный зонд, по всей видимости, были завышены.

Дихлорацетонитрил

Краткосрочные исследования показали, что дихлорацетонитрил вызывает снижение массы тела и увеличение относительной массы печени. Хотя токсическое воздействие на развивающиеся организмы было продемонстрировано, в этих исследованиях изучаемое вещество вводилось через зонд с трикаприлином.

Дибромацетонитрил

В настоящее время дибромацетонитрил изучается на предмет хронического токсического воздействия на мышцах и крысах. Данные всех имеющихся исследований воздействия на репродуктивную функцию и развивающийся организм оказались непригодными для проведения количественного анализа соотношения между дозой и реакцией. Проблема пробелов в данных может стоять особенно остро, поскольку цианид-ион, являющийся метаболитом дибромацетонитрила, оказывает токсическое воздействие на репродуктивную систему самцов, а также ввиду неопределенности в части значимости воздействия на семенники, наблюдавшегося в ходе 14-дневного исследования, которое НПТ проводила на крысах.

Бромхлорацетонитрил

Имеющихся данных недостаточно в целях определения нормативной величины для бромхлорацетонитрила.

Трихлорацетонитрил

Имеющихся данных также недостаточно для расчета на их основе нормативной величины для трихлорацетонитрила. Используемая ранее условная нормативная величина 1 мкг/л была основана на данных исследования воздействия на развивающийся организм, в ходе которого трихлорацетонитрил вводился через желудочный зонд с трикаприлином, и в процессе пересмотра этой оценки данные этого исследования были сочтены ненадежными в свете выводов по итогам более позднего исследования о том, что трикаприлин усиливает воздействие галогензамещенных ацетонитрилов на развивающийся организм и их тератогенное действие, а также вызывает ряд дефектов развития эмбрионов животных, подвергавшихся воздействию.

Жесткость

Жесткость воды обусловлена наличием в ней ряда растворенных ионов поливалентных металлов, прежде всего катионов кальция и магния. Обычно жесткость рассчитывается в миллиграммах карбоната кальция на литр. Жесткость является традиционным показателем способности воды реагировать с мылом; для образования мыльной пены в жесткой воде требуется значительно больше мыла.

Причина отсутствия нормативной величины	Не представляет угрозы для здоровья в количествах, встречающихся в питьевой воде
Дополнительные замечания	Может влиять на приемлемость питьевой воды
Дата оценки	1993 г., пересмотрена в 2011 г.
Основной источник информации	WHO (2011) <i>Hardness in drinking-water</i>

В природной и обработанной воде минералы присутствуют в очень разных количествах – от очень низких концентраций в дождевой, мягкой от природы и смягченной воде до более высоких в воде, жесткой от природы. Бутилированная вода и вода в упаковках может быть минерализованной или мягкой от природы либо очищенной от минеральных примесей. Соответственно, количество минералов, потребляемых с питьевой водой и водой, в которой готовилась пища, будет очень разным в зависимости от места, способа обработки и источника воды.

Степень жесткости питьевой воды важна в плане ее эстетической приемлемости для потребителей (см. главу 10), а также по экономическим причинам и с точки зрения

эксплуатации оборудования. Из-за этого жесткая вода нередко подвергается умягчению разными методами. Выбор наиболее подходящей технологии умягчения определяется особенностями ситуации на местах (которые включают, например, качество воды, материалы, из которых изготовлены водопроводные трубы, коррозию), и эти технологии применяются либо централизованно, либо, по желанию потребителей, непосредственно в их домах.

Потребителей следует информировать о минералогическом составе получаемой ими воды, независимо от того, подвергалась она обработке или нет. Там, где планируется внести изменения в систему водоснабжения или где для получения питьевой воды используются ее менее традиционные источники, например оборотная, морская или солоноватая вода, следует изучить вопрос о роли содержащихся в питьевой воде минералов в минеральном питании. В результате обработки большинство минералов удаляется, и перед распределением воды всегда необходимо проводить стабилизацию ее состава.

Питьевая вода может быть одним из источников поступления кальция и магния в организм, значимым для тех, кто испытывает дефицит этих веществ. Если деминерализованная и требующая нормализации состава вода поставляется в дополнение к обычной питьевой воде или вместо нее, следует задуматься о добавлении в нее солей кальция и магния, доведя их концентрацию до близкой к той, в которой населения получало их с питьевой водой ранее. Изменяя концентрации кальция и магния в питьевой воде в интересах охраны здоровья, следует придерживаться технических требований в целях обеспечения пригодности воды для распределения.

Хотя эпидемиологические исследования свидетельствуют о том, что магний и жесткость снижают показатели смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, эти фактические данные являются объектами обсуждения и не доказывают наличия причинно-следственной связи. Исследования в этой области продолжаются. В настоящее время нет достаточных данных для того, чтобы предлагать минимально или максимально допустимые уровни концентрации минералов, поскольку их поступление в организм в должных количествах определяется рядом других факторов. Исходя из этого, нормативная величина не предлагается.

Гептахлор и гептахлор эпоксид

Гептахлор (CAS № 76-44-8) – это инсектицид широкого спектра действия, применение которого во многих странах запрещается или ограничивается. В настоящее время гептахлор чаще всего используется для борьбы с термитами путем впрыскивания в почву. Гептахлор достаточно стоек в почве, где он преобразуется главным образом в чрезвычайно устойчивый к дальнейшему разложению гептахлор эпоксид (CAS № 1024-57-3). Гептахлор и гептахлор эпоксид связываются с частицами почвы и мигрируют очень медленно. Эти вещества обнаруживались в питьевой воде в концентрации порядка одного нанограмма на литр. Считается, что основной источник, через который гептахлор оказывает воздействие, – это пища, однако поступление гептахлора в организм быстро снижается ввиду существенного сокращения масштабов его применения.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1992) <i>Pesticide residues in food—1991 evaluations</i> FAO/WHO (1995) <i>Pesticide residues in food—1994 evaluations</i> WHO (2003) <i>Heptachlor and heptachlor epoxide in drinking-water</i>

Продолжительное воздействие гептахлора, по некоторым данным, имеет негативные последствия для печени и центральной нервной системы. В 1991 г. МАИР пересмотрело фактические данные по гептахлору и, придя к выводу о том, что подтверждения его канцерогенности достаточны для животных и недостаточны для человека, отнесло это вещество к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека). Санитарная норма 0,03 мкг/л для гептахлора и эпоксида гептахлора рассчитывается, исходя из УПСП величиной 0,1 мкг/кг массы тела на основании УНВВНИ для гептахлора величиной 0,025 мг/кг массы тела в день, который был определен по итогам двух исследований на собаках, с учетом неполноты базы данных и при расчетной доле УПСП в питьевой воде 1%. Вместе с тем, поскольку гептахлор и эпоксид гептахлора присутствуют в концентрациях значительно ниже представляющих опасность для здоровья, устанавливать официальную нормативную величину признано нецелесообразным. Следует также отметить, что обычные технологии обработки воды, как правило, не позволяют обеспечить концентрацию ниже 0,1 мкг/л.

Гексахлорбензол

В сельском хозяйстве гексахлорбензол (CAS № 118-74-1), или ГХБ, применяется главным образом для дезинфекции семян, чтобы предупредить грибковые образования на них, однако в настоящее время он применяется редко. Сегодня гексахлорбензол обнаруживается в основном в виде побочного продукта ряда химических процессов или в виде загрязняющей примеси в некоторых гербицидах. ГХБ распространяется в окружающей среде благодаря своей мобильности и устойчивости к разложению. В силу своих физико-химических свойств он накапливается в организме и медленно выводится из него. Обычно ГХБ обнаруживается в продуктах питания в небольших количествах и, как правило, присутствует в низких концентрациях в окружающем воздухе. В системах питьевого водоснабжения он обнаруживался редко и в крайне низких концентрациях (менее 0,1 мкг/л).

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (1997) <i>Hexachlorobenzene</i> WHO (2003) <i>Hexachlorobenzene in drinking-water</i>

МАИР изучило данные о канцерогенности ГХБ для животных и людей и отнесло это вещество к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека). Доказано, что ГХБ вызывал опухоли у животных трех видов и во многих местах. Санитарную норму 1 мкг/л для ГХБ можно рассчитать, применяя линеаризованную многоступенчатую модель экстраполяции малых доз к опухолям печени, выявленным в ходе двухгодичного исследования у самок крыс, получавших это вещество с пищей. Применение альтернативного подхода (туморогенной дозы₀₅, или ТД₀₅) позволяет рассчитать ДУСП величиной 0,16 мкг/кг массы тела, что соответствует санитарной норме приблизительно 0,05 мкг/л, если принять расчетную долю ДУСП в питьевой воде за 1%. Следует отметить, что концентрация ГХБ в продуктах питания постоянно снижается, и подобная расчетная доля может считаться очень консервативной.

Поскольку рассчитанные на основе обоих этих подходов санитарные нормы значительно выше концентраций, в которых ГХБ обнаруживается в питьевой воде (то есть доли нанограмма на литр), если обнаруживается вообще, устанавливать официальную нормативную величину для него в питьевой воде признано

нецелесообразным. ГХБ внесен в списки стойких органических загрязнителей согласно Стокгольмской конвенции.

Гексахлорбутадиен

Гексахлорбутадиен, или ГХБД, применяется в качестве растворителя в производстве газообразного хлора, как пестицид, как промежуточный продукт в производстве резиновых смесей и как смазочный материал. Сообщается, что в сточных водах предприятий химической промышленности он обнаруживался в концентрациях до 6 мкг/л. Кроме того, ГХБД обнаруживался также в воздухе и продуктах питания.

Нормативная величина	0,0006 мг/л (0,6 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался в поверхностных водах в концентрациях несколько микрограммов на литр и в питьевой воде в концентрациях ниже 0,5 мкг/л
ДУСП	0,2 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 0,2 мг/кг массы тела в день, установленного на основании токсического воздействия на почки, выявленного в ходе двухгодичного исследования на крысах, получавших ГХБД с пищей, при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – на ограниченные данные о канцерогенных и генотоксических свойствах некоторых метаболитов)
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством ГХ-МС; 0,18 мкг/л посредством ГХ с ЭЗД
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,001 мг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Практический предел для проведения количественного анализа ГХБД составляет порядка 2 мкг/л, однако уровень содержания в питьевой воде можно контролировать, регулируя содержание ГХБД в продуктах, контактирующих с ним
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (1994) <i>Hexachlorobutadiene</i> WHO (2003) <i>Hexachlorobutadiene in drinking-water</i>

ГХБД легко абсорбируется и метаболизируется в процессе обмена веществ, образуя парное соединение с глутатионом. Это парное соединение может далее трансформироваться в нефротоксическое производное соединение. В ходе долгосрочного исследования у крыс, получавших ГХБД перорально, наблюдались опухоли почек. Канцерогенные свойства ГХБД при его воздействии другими путями выявлены не были. МАИР отнесло ГХБД к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека). Бактериальное тестирование ГХБД на точечную мутацию дало как положительные, так и отрицательные результаты; вместе с тем результаты тестирования ряда его метаболитов были положительными.

Сероводород

Сероводород – это газ с неприятным запахом "тухлых яиц", который может быть выявлен при нахождении в воздухе в очень низких концентрациях – ниже 0,8 мкг/м³. Он образуется при гидролизе сульфидов в воде. Вместе с тем в питьевой воде он обычно содержится в низких концентрациях, поскольку в хорошо аэрированной или хлорированной воде сульфиды быстро окисляются.

Причина отсутствия нормативной величины	Не представляет угрозы для здоровья в количествах, встречающихся в питьевой воде
Дополнительные замечания	Может влиять на приемлемость питьевой воды
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Hydrogen sulfide in drinking-water</i>

Сероводород оказывает на человека, вдохнувшего газ, сильное и острое токсическое воздействие; раздражение глаз наблюдается при концентрациях 15–30 мг/м³. Хотя данные о токсичности при пероральном потреблении отсутствуют, маловероятно, чтобы человек получил опасную дозу сероводорода с питьевой водой. Соответственно, нормативная величина не предлагается. Вместе с тем сероводород легко выявить в питьевой воде по вкусу или запаху (см. главу 10).

Неорганическое олово

Олово используется главным образом в производстве упаковочных материалов для пищевой промышленности. Соответственно, основным источником воздействия олова на людей являются продукты питания, прежде всего баночные консервы. Для населения в целом питьевая вода не является значимым источником олова, и в концентрациях свыше 1–2 мкг/л оно встречается в воде лишь в исключительных случаях. Вместе с тем олово все активнее применяется в припоях, которые могут использоваться в бытовых водопроводных системах, и олово предлагается использовать в качестве ингибитора коррозии.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Inorganic tin in drinking-water</i>

Олово и соединения, в состав которых входит неорганическое олово, плохо абсорбируются в желудочно-кишечном тракте, не накапливаются в тканях и быстро выводятся главным образом с фекалиями.

В ходе долгосрочных исследований на мышах и крысах, получавших хлорид олова (II) с пищей, увеличения количества опухолей у них зафиксировано не было. Опыты на мышах, крысах и хомяках не подтвердили наличия у олова тератогенных или фетотоксических свойств. УНВВНИ для крыс, установленный в ходе долгосрочного исследования с добавлением олова в пищу, составил 20 мг/кг массы тела в день.

Основным негативным последствием воздействия на людей чрезмерных доз олова из разлитых в жестяную тару напитков (свыше 150 мг/кг) или из других баночных консервов (свыше 250 мг/кг) является острое раздражение желудка. Данные о негативных последствиях для людей, подвергавшихся хроническому воздействию олова, отсутствуют.

В 1989 г. ОКЭПД установил УПНП величиной 14 мг/кг массы тела на основании ДУСП величиной 2 мг/кг массы тела, исходя из того что олово при пороговом содержании в продуктах питания примерно 200 мг/кг вызывает острое раздражение

желудка. ОКЭПД подтвердил эти данные в 2000 г. Соответственно, учитывая низкую токсичность олова, его присутствие в питьевой воде не представляет угрозы для здоровья людей. По этой причине устанавливать нормативную величину для неорганического олова было сочтено нецелесообразным.

Йод

В естественных условиях йод присутствует в воде в форме йодид-иона. Остаточные количества йода образуются в воде в процессе окисления йодид-иона при обработке воды. Иногда – в полевых условиях или в чрезвычайных ситуациях – йод применяют для дезинфекции воды.

Причина отсутствия нормативной величины	Имеющиеся данные не позволяют рассчитать санитарную нормативную величину, воздействие йода в течение жизни из-за дезинфекции воды маловероятно
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Iodine in drinking-water</i>

Йод является важным элементом синтеза гормонов щитовидной железы. Считается, что взрослому человеку требуется получать с пищей от 80 до 150 мкг йода в день; во многих районах мира йода в продуктах питания недостаточно, и это оказывает серьезное негативное воздействие на неврологическое развитие. В 1988 г. ОКЭПД установил условно переносимое максимальное суточное поступление (УПМСП) йода из всех источников на уровне 1 мг/день (17 мкг/кг массы тела в день), исходя прежде всего из данных о последствиях воздействия йодид-иона. Вместе с тем данные последних исследований на крысах свидетельствуют о том, что воздействие йода, содержащегося в питьевой воде, на концентрацию гормонов щитовидной железы в крови отличается от того воздействия, которое оказывает на них йодид-ион.

Соответственно, судя по имеющимся данным, расчет нормативной величины для йода на основании сведений о воздействиях йодид-иона неправомерен, а соответствующих данных о воздействии йода собрано мало. С учетом того что йод не рекомендуется применять для долгосрочной дезинфекции, воздействие в течение жизни йода в концентрациях, образующихся вследствие дезинфекции воды, маловероятно. По этим причинам нормативная величина для йода в настоящее время не устанавливается. Вместе с тем необходимо разработать руководство по использованию йода в качестве дезинфицирующего средства при чрезвычайных ситуациях и для лиц, совершающих поездку.

Железо

Железо является одним из самых распространенных металлов в земной коре. В природных пресных водах железо присутствует в концентрациях от 0,5 до 50 мг/л. Железо может также попадать в питьевую воду в результате использования коагулирующих веществ на базе железа или коррозии стальных и чугунных труб в системах водоснабжения.

Причина отсутствия нормативной величины	Не представляет угрозы для здоровья в количествах, встречающихся в питьевой воде
Дополнительные замечания	Может влиять на приемлемость питьевой воды

Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Iron in drinking-water</i>

Железо и особенно оксид железа (II) – один из важнейших элементов питания человека. Минимально необходимая доза, в зависимости от возраста, пола, физиологического состояния и биологической доступности железа, колеблется в пределах от 10 до 50 мг в день.

В качестве меры предосторожности против накопления избытка железа в организме в 1983 г. ОКЭПД установил УПМСП на уровне 0,8 мг/кг массы тела для железа, поступающего из всех источников, за исключением оксидов железа, применяемых в качестве красителей, и биологически активных добавок, содержащих железо и принимаемых в период беременности и кормления грудью или по особым медицинским показаниям. При расчетной доле поступления с водой в 10% УПМСП получаем величину примерно 2 мг/л, не представляющую угрозы для здоровья. Обычно железо влияет на вкус и внешний вид питьевой воды, находясь в более низкой концентрации (см. главу 10).

Нормативная величина для железа не предлагается.

Изопротурон

Изопротурон (CAS № 34123-59-6) – это системный гербицид избирательного действия, применяемый для борьбы с однолетними травами и широколистными сорняками в растительных культурах. Он поддается фоторазложению, гидролизу и биоразложению, и период его существования варьируется от нескольких дней до нескольких недель. В почве изопротурон мобилен. Имеются фактические данные о том, что воздействие этого вещества через продукты питания невелико.

Нормативная величина	0,009 мг/л (9 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался в поверхностной и подземной воде, обычно в концентрациях ниже 0,1 мкг/л; в отдельных случаях обнаруживался в питьевой воде в концентрациях выше 0,1 мкг/л
ДУСП	3 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной примерно 3 мг/кг массы тела, установленного на основании 90-дневного исследования на собаках и двухгодичного исследования на крысах, получавших изопротурон с пищей, при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – на фактические данные о негенотоксическом канцерогенном воздействии на крыс)
Предел обнаружения	10–100 нг/л посредством обращенно-фазовой ВЭЖХ с последующим УФ- или электрохимическим детектированием
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть обеспечен посредством озонирования
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Isoproturon in drinking-water</i>

Степень острой токсичности изопротурона невысока, а степень его токсичности при кратко- и долгосрочном воздействии колеблется в пределах от низкой до умеренной. В генотоксическом отношении изопротурон не слишком активен, однако он вызывает заметное индуцирование ферментов и увеличение печени. Изопротурон вызывал увеличение количества случаев печеночно-клеточных опухолей у самцов и самок крыс, однако, как представляется, лишь в дозах, оказывавших также токсическое воздействие на печень. Очевидно, изопротурон можно отнести скорее к стимуляторам роста опухолей, чем к "полным" канцерогенам.

Свинец

Свинец используется главным образом в производстве свинцово-кислотных аккумуляторов, в составе припоя и лигатур. Свинцеорганические соединения тетраэтилсвинец и тетраметилсвинец также активно применялись в качестве антидетонаторов и смазывающих присадок к бензину, однако во многих странах от этого уже почти отказались. Из-за сокращения масштабов использования содержащих свинец присадок к бензину и свинцовых припоев в пищевой промышленности содержание свинца в воздухе и продуктах питания в большинстве стран снижается, и уровень содержания свинца в крови также уменьшается, если только речь не идет о таких источниках свинца, как пыль от свинцовых красок или переработка в домашних условиях материалов, содержащих свинец. Свинец редко попадает в водопроводную воду из природных источников; его присутствие в воде связано в первую очередь с коррозионным воздействием воды на системы бытового водоснабжения, в которых свинец присутствует в трубах, припоях, соединительной арматуре или в домовых вводах. Количество свинца, растворяющегося в системах водоснабжения, определяется рядом факторов, в том числе рН, температурой, жесткостью воды и продолжительностью пребывания воды в неподвижном состоянии, причем лучше всего свинец растворяется в мягкой и кислой воде. Остаточные количества хлора в воде, как правило, формируют менее растворимые отложения, содержащие свинец, тогда как остаточные количества хлорамина могут формировать в свинцовых трубах отложения с более высокой растворимостью.

Условная нормативная величина	0,01 мг/л (10 мкг/л) Нормативная величина является условной с учетом эффективности очистки воды и аналитической достижимости
Присутствие в воде	Концентрация в питьевой воде составляет, как правило, менее 5 мкг/л, однако при наличии свинцовой соединительной арматуры наблюдались и гораздо более высокие уровни (свыше 100 мкг/л). Основным источником свинца являются домовые вводы и водопроводные системы внутри зданий; соответственно, содержание свинца следует измерять на уровне водопроводного крана. Уровни концентрации свинца могут также варьироваться в зависимости от времени, в течение которого вода контактировала с материалами, содержащими свинец
Основания для установления нормативной величины	Ранее в основу нормативной величины был положен установленный ОКЭПД УПНП, однако этот показатель был отозван, а новый УПНП не устанавливался, поскольку, как представляется, порогового уровня для ключевых проявлений воздействия не существует. В то же время были приложены значительные усилия в целях снижения воздействия свинца из ряда источников, и в том числе из питьевой воды. Поскольку снизить концентрацию посредством централизованной обработки, например с дозированным внесением фосфата, крайне сложно, нормативная величина установлена на уровне 10 мкг/л, однако она считается условной с учетом эффективности очистки воды и аналитической достижимости

Предел обнаружения	1 мкг/л посредством ААС; практический предел для проведения количественного анализа составляет примерно 1–10 мкг/л
Эффективность обработки/очистки воды	Не является загрязнителем сырой воды; обработка не применяется
Дополнительные замечания	Наиболее восприимчивой к воздействию группой населения считаются дети грудного возраста и малолетние дети Свинец занимает особое место в ряду химических опасных факторов, поскольку основное количество содержащегося в питьевой воде свинца попадает в нее из водопроводных систем внутри зданий, и средство защиты в данном случае состоит в замене труб и соединительной арматуры, содержащих свинец. Это сопряжено с большими затратами времени и денег, и признается, что не всегда вода будет немедленно приведена в соответствие с нормативной величиной. Пока же следует применять все другие возможные меры для снижения совокупного воздействия свинца, в том числе путем борьбы с коррозией
Дата оценки	2011 г.
Основной источник информации	FAO/WHO (2011) <i>Evaluation of certain food additives and contaminants</i> WHO (2011) <i>Lead in drinking-water</i>

К числу многообразных последствий воздействия свинца относятся различные проблемы, в том числе в области неврологического развития, смертность (в основном вследствие сердечно-сосудистых заболеваний), нарушение функций почек, гипертония, нарушения детородной функции и неблагоприятный исход беременности. Неврологические нарушения у детей вызываются, как правило, более низкими концентрациями свинца, чем другие последствия, по неврологическим последствиям собрана более обширная база фактических данных, чем по другим последствиям воздействия свинца. У взрослых негативным следствием воздействия свинца, содержащегося в крови в минимальных концентрациях, является повышение систолического давления крови – именно по данному вопросу собрано наибольшее количество непротиворечивых данных. ОКЭПД пришел к заключению, что последствия для неврологического развития и систолического давления крови могут быть приняты за основу при проведении анализа соотношения между дозой и реакцией.

По результатам анализа дозозависимого эффекта ОКЭПД пришел к выводу, что ранее установленный УПНП величиной 25 мкг/кг массы тела ассоциируется со снижением коэффициента умственного развития детей (IQ) по меньшей мере на 3 пункта и с возрастанием систолического давления крови у взрослых приблизительно на 3 мм рт. ст. (0,4 кПа). Эти изменения важны, если рассматривать их как сдвиг в распределении показателей IQ или кровяного давления в той или иной группе населения. Исходя из этого, ОКЭПД заключил, что впредь данный УПНП не может считаться обеспечивающим защиту здоровья, и показатель был отозван.

Исходя из того, что анализ дозозависимого эффекта не дает представления о пороговых уровнях для ключевых проявлений воздействия свинца, ОКЭПД счел невозможным определить новый УПНП, который мог бы считаться обеспечивающим охрану здоровья. ОКЭПД вновь подчеркнул, что ввиду воздействия на неврологическое развитие наиболее восприимчивой к свинцу подгруппой являются эмбрионы, младенцы и дети.

Необходимо признать, что свинец занимает особое место в ряду опасных химических факторов, поскольку основное количество содержащегося в питьевой воде свинца попадает в нее из водопроводных систем внутри зданий, и средство защиты в

данном случае состоит в замене содержащих свинец труб и соединительной арматуры, что сопряжено с большими затратами времени и денег. Поэтому подчеркивается, что следует применять все другие возможные меры для снижения совокупного воздействия свинца, в том числе путем борьбы с коррозией.

Линдан

Линдан (γ -гексахлорциклогексан; γ -ГХЦГ) (CAS № 58-89-9) применяется в качестве пестицида при выращивании фруктов и овощей, для обработки семян и в лесном хозяйстве. Кроме того, он применяется как пестицид для терапевтической обработки людей и животных. Ряд стран наложили ограничения на использование линдана. Линдан может разлагаться в почве и в отдельных случаях проникает в подземные воды. Из поверхностных вод он может удаляться путем испарения. Воздействие на людей происходит в основном через продукты питания, однако уровень такого воздействия снижается. Кроме того, воздействие может оказываться при использовании линдана в общественном здравоохранении и в качестве средства защиты лесов.

Нормативная величина	0,002 мг/л (2 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался как в поверхностных, так и в подземных водах, обычно в концентрации менее 0,1 мкг/л, хотя в реках, загрязненных сточными водами, был также обнаружен в концентрациях до 12 мкг/л
ПУСП	0–0,005 мг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 0,47 мг/кг массы тела в день, установленного на основании двухгодичного исследования токсического/канцерогенного воздействия на крысах, в ходе которого при повышенных дозах наблюдалось увеличение частоты случаев перипортальной гепатоцеллюлярной гипертрофии, увеличения массы печени и селезенки и повышение смертности, при факторе неопределенности 100 (на меж- и внутривидовую изменчивость)
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством ГХ
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	1% верхнего предела ПУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Следует отметить, что уровень содержания в продуктах питания постепенно снижается, и расчетную долю поступления с водой 1% можно считать очень консервативной
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2003) <i>Pesticide residues in food—2002 evaluations</i> WHO (2003) <i>Lindane in drinking-water</i>

Кратко- и долгосрочные исследования токсичности линдана и его токсического воздействия на репродуктивную функцию показали, что при попадании в организм пероральным путем, через кожу и путем вдыхания он оказывал токсическое воздействие на почки и печень у крыс. Токсическое воздействие линдана на почки проявлялось только у самцов крыс, и эти данные было сочтено нецелесообразным применять в целях оценки риска для людей, поскольку это воздействие является следствием накопления α_2 -глобулина – белка, который у людей не обнаружен. Гепатоцеллюлярная гипертрофия наблюдалась в ходе ряда исследований на мышах, крысах и кроликах, и ее удавалось подавить лишь частично, прекратив введение

вещества на период до 6 недель. При изучении влияния генетического фона на формирование опухолей и частоту их возникновения линдан не давал канцерогенной реакции у крыс и собак, но приводил к увеличению количества случаев аденомы и карциномы печени у мышей с окрасом агути и псевдоагути, в отличие от мышей черного и других цветов. ССОКП пришло к выводу, что подтверждения генотоксичности отсутствуют. При отсутствии генотоксического воздействия и на основании фактических данных, полученных в ходе исследований канцерогенности, ССОКП заключило, что линдан, по всей видимости, не представляет канцерогенного риска для людей. Позднее эпидемиологическое исследование, проводившееся для выявления возможной взаимосвязи между раком молочной железы и воздействием хлорсодержащих пестицидов, корреляции с линданом не обнаружило.

Малатион

Малатион (CAS № 121-75-5) широко применяется для борьбы с комарами и различными насекомыми – вредителями фруктов, овощей, декоративных растений и кустарников. Он также входит в состав других пестицидов, применяемых в закрытых помещениях, для борьбы с клещами и насекомыми у домашних животных и со вшами на голове и теле человека. При наименее благоприятных условиях (то есть низком pH и низком содержании органических веществ) период полураспада малатиона в воде может составлять месяцы и даже годы. Вместе с тем в большинстве случаев период его полураспада составляет примерно 7–14 дней. Малатион обнаруживался в поверхностных водах и питьевой воде в концентрациях ниже 2 мкг/л.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1998) <i>Pesticide residues in food—1997 evaluations</i> WHO (2003) <i>Malathion in drinking-water</i>

Малатион подавляет активность холинэстеразы у мышей, крыс и людей-добровольцев, участвовавших в исследованиях. При попадании в организм с пищей малатион приводил к увеличению количества случаев аденомы печени у мышей. Большинство фактических данных свидетельствует о том, что малатион не генотоксичен, хотя некоторые исследования показали, что в лабораторных условиях он может вызывать хромосомные aberrации и сестринский хроматидный обмен. ССОКП пришло к выводу, что малатион не генотоксичен.

Санитарная норма 0,9 мг/л может быть определена для малатиона в питьевой воде на основании отнесения на счет поступления с водой 10% от верхнего предела ПУСП, рассчитанного ССОКП, исходя из УНВВНИ величиной 29 мг/кг массы тела в день, по результатам двухгодичного исследования токсичности и канцерогенности на крысах, при факторе неопределенности 100 на меж- и внутривидовую изменчивость, и с опорой на УНВВНИ величиной 25 мг/кг массы тела в день, рассчитанного по результатам исследования токсического влияния на развивающийся организм, которое проводилось на кроликах, получавших вещество с питьевой водой. Вместе с тем совокупное количество малатиона, поступающего в организм из всех источников, обычно невелико – оно значительно ниже верхнего предела ПУСП. Поскольку данное химическое вещество присутствует в питьевой воде в концентрациях значительно ниже санитарной нормы, то в обычных условиях малатион в питьевой воде вряд ли представляет угрозу для здоровья человека. По этой причине устанавливать

официальную нормативную величину для малатиона в питьевой воде было признано нецелесообразным.

Марганец

Марганец является одним из самых распространенных металлов в земной коре, обычно сопутствует железу. Он применяется главным образом в производстве сплавов железа и стали, а также в качестве окислителя при очистке, отбеливании и дезинфекции (в форме марганцовокислого калия), а также входит в состав различных продуктов. В последнее время он применяется в Северной Америке в составе органического соединения метилциклопентадиенила марганца трикарбонил, или ММТ, – присадки, повышающей октановое число бензина. Марганцевый глауконитовый песок используется в некоторых местах для обработки питьевой воды. Марганец природного происхождения присутствует во многих источниках поверхностных и подземных вод, особенно в анаэробной среде или при низкой степени окисления, и это основной источник, из которого марганец попадает в питьевую воду. Марганец природного происхождения также присутствует во многих источниках пищи, и основное воздействие марганец оказывает, как правило, через продукты питания.

Причина отсутствия нормативной величины	Не представляет угрозы для здоровья в количествах, встречающихся в питьевой воде
Дополнительные замечания	Может влиять на приемлемость питьевой воды
Дата оценки	2003 г., пересмотрена в 2011 г.
Основные источники информации	IPCS (1999) <i>Manganese and its compounds</i> WHO (2011) <i>Manganese in drinking-water</i>

Марганец – один из элементов, жизненно необходимых человеку и животным. Хотя, по данным некоторых эпидемиологических исследований, при длительном воздействии марганца, содержащегося в питьевой воде в очень высоких концентрациях, наблюдались неблагоприятные неврологические явления, в этих исследованиях присутствовали ряд факторов, способных исказить результаты, а в ряде других исследований неблагоприятные последствия воздействия через питьевую воду зафиксированы не были. Данные, полученные в ходе опытов на животных, прежде всего на грызунах, не подходят для оценки риска для человека, поскольку физиологическая потребность в марганце у разных видов неодинакова. Кроме того, данные по грызунам имеют лишь ограниченную ценность для оценки нейроповеденческих проявлений, поскольку неврологические эффекты, наблюдаемые у приматов (например, дрожание, нарушение походки), нередко проявляются после появления психологических симптомов (например, раздражительности, эмоциональной неустойчивости) или сопровождают их, тогда как у грызунов подобных симптомов не бывает. Единственное исследование на приматах лишь ограниченно пригодно для количественной оценки рисков, поскольку только одна дозовая группа изучалась на небольшом числе животных, а содержание марганца в составе базовой диеты не указывалось.

Санитарная норма 0,4 мг/л для марганца может быть рассчитана, исходя из верхней границы диапазона поступления марганца в организм в 11 мг/день, определенной на основании изучения рационов питания, не выявившего негативных последствий, при факторе неопределенности 3 для учета возможного повышения степени биологической доступности марганца, содержащегося в воде, с расчетной долей поступления ДУСП с водой 20% и в расчете на взрослого человека с массой тела 60 кг, потребляющего 2 литра воды в день. Вместе с тем, поскольку данная санитарная

норма значительно превышает концентрацию, в которой марганец обычно присутствует в питьевой воде, установление официальной нормативной величины признано нецелесообразным.

Отмечается также, что марганец в концентрации ниже санитарной нормы может являться причиной появления и сохранения в течение длительного времени отложений черного цвета в магистральных водоводах (см. главу 10).

МХФУК

МХФУК, или (2-метил-4-хлорфенокси)уксусная кислота (CAS № 94-74-6), – это послевсходный хлорфеноксигербицид, обладающий высокой растворимостью, очень мобильный и способный выделяться из почвы. Он метаболизируется под воздействием бактерий и поддается фотохимическому разложению. Устойчивость МХФУК в воде ограничена.

Нормативная величина	0,002 мг/л (2 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался в питьевой воде редко; в поверхностной воде и подземной воде обнаруживался соответственно в концентрациях 0,54 и 5,5 мкг/л
ДУСП	0,5 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 0,15 мг/кг массы тела, установленного на основании токсического воздействия на почки и печень, которое было выявлено при получении повышенных доз вещества в ходе одногодичного исследования на собаках, получавших МХФУК с пищей, при факторе неопределенности 300 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 3 – на недостатки базы данных)
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством ГХ-МС и ГХ с ЭЗД
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ или озонирования
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>MCPA in drinking-water</i>

Данные о генотоксичности МХФУК ограничены и не носят окончательного характера. МАИР проводило оценку МХФУК в 1983 г. и пришло к выводу, что имеющиеся данные по людям и экспериментальным животным не могут быть использованы для оценки канцерогенности. Дальнейшие оценки хлорфеноксигербицидов, которые МАИР проводило в 1986 и 1987 гг., показали, что данные об их канцерогенности, полученные на людях, ограничены, а данные, полученные на животных, не соответствуют требованиям (Группа 2В). Недавние исследования канцерогенности на крысах и мышах не выявили канцерогенных свойств МХФУК. Надлежащие эпидемиологические данные о воздействии, которое оказывает исключительно МХФУК, отсутствуют.

Мекопроп

Период полураспада хлорфеноксигербицидов, в том числе мекопропа (CAS № 93-65-2; рацемическая смесь 7085-19-0), известного также как 2(2-метил-4-

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

хлорфенокси)пропионовая кислота, или МХФП, в окружающей среде составляет несколько дней. В продуктах питания хлорфеноксигербициды обнаруживаются редко.

Нормативная величина	0,01 мг/л (10 мкг/л)
Присутствие в воде	В питьевой воде хлорфеноксигербициды обнаруживаются редко; при обнаружении – в концентрации, обычно не превышающей нескольких микрограммов на литр
ДУСП	3,33 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 1 мг/кг массы тела, установленного на основании воздействия на массу почек, которое было выявлено в ходе одно- и двухгодичных исследований на крысах, при факторе неопределенности 300 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 3 – на неполноту базы данных)
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством ГХ-МС; 0,01–0,02 мкг/л посредством ГХ с ЭЗД
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ или озонирования
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Chlorophenoxy herbicides (excluding 2,4-D and MCPA) in drinking-water</i>

МАИР отнесло всю группу хлорфеноксигербицидов к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека). Вместе с тем данные по результатам исследований подвергнутого воздействию населения и экспериментов на животных не позволяют оценить канцерогенный потенциал каждого отдельного хлорфеноксигербицида для человека. Соответственно рекомендации по питьевой воде в отношении данных веществ основаны на пороговых оценках других видов токсического воздействия. К числу выявленных в ходе кратко- и долгосрочных исследований последствий приема мекопропа относятся снижение относительной массы почек (крысы и собаки), увеличение относительной массы печени (крысы), изменение параметров крови (крысы и собаки) и замедление темпов увеличения массы тела (собаки).

Ртуть

Ртуть используется в производстве хлора путем электролиза, в электроприборах, в амальгамах для зубных пломб и в качестве сырья для производства различных содержащих ртуть соединений. Доказано, что метилирование неорганической ртути происходит как в пресной, так и в морской воде, хотя считается, что в незагрязненной питьевой воде практически вся ртуть присутствует в форме Hg^{2+} . Таким образом, непосредственный риск поступления в организм с питьевой водой органических соединений, содержащих ртуть, прежде всего алкил-ртутных, практически отсутствует. Вместе с тем существует вероятность трансформации метилртути в неорганическую ртуть. Основным источником воздействия ртути для групп населения, не имеющих с ней контакта в силу профессиональной деятельности, являются продукты питания; средняя доза ртути, поступающей с пищей, варьируется в разных странах в диапазоне от 2 до 20 мкг/день на человека.

Нормативная величина	0,006 мг/л (6 мкг/л) для неорганической ртути
Присутствие в воде	Ртуть в неорганической форме присутствует в поверхностных водах и в подземной воде, как правило, в концентрациях ниже 0,5 мкг/л, хотя местные отложения минералов могут повышать уровни содержания ртути в подземной воде
ДУСП	2 мкг/кг массы тела для неорганической ртути, исходя из УНВВНИ величиной 0,23 мг/кг массы тела в день, установленного на основании воздействия на почки, выявленного в ходе 26-недельного исследования на крысах и с применением фактора неопределенности 100 (на меж- и внутривидовую изменчивость) после коррекции на размер ежедневной дозы
Предел обнаружения	0,05 мкг/л посредством ААС холодного пара; 0,6 мкг/л посредством ИСП; 5 мкг/л посредством пламенной ААС
Эффективность обработки/очистки воды	Необходимо иметь возможность обеспечить концентрацию ниже 1 мкг/л посредством обработки сырой воды, не загрязненной большими количествами ртути, методами, к числу которых относятся коагуляция/осаждение/фильтрация, ПАУ и ионный обмен
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Аналогичный ДУСП можно рассчитать, применяя фактор неопределенности 1000 (дополнительный фактор неопределенности 10 на перерасчет с ПУВВ на УНВВНИ) к ПУВВ величиной 1,9 мг/кг массы тела в день, установленному на основании воздействия на почки, которое было выявлено в ходе двухгодичного исследования на крысах, проводившегося НПТ Ныне действующая нормативная величина относится к неорганической ртути – форме, в которой ртуть присутствует в питьевой воде, тогда как предыдущая нормативная величина относилась ко всей (неорганической и органической) ртути
Дата оценки	2004 г.
Основные источники информации	IPCS (2003) <i>Elemental mercury and inorganic mercury compounds</i> WHO (2005) <i>Mercury in drinking-water</i>

Кратко- и долгосрочное токсическое воздействие соединений неорганической ртути как на людей, так и на лабораторных животных прослеживается прежде всего в почках. В результате такого воздействия у крыс повышалась абсолютная и относительная масса почек, увеличивалась частота возникновения тубулярного некроза, протеинурии и гипоальбуминемии. У людей острое пероральное отравление вызывает прежде всего геморрагические гастриты и колиты, от которых в конечном счете страдали почки. Накопленные данные свидетельствуют о том, что хлорид ртути (II) может увеличивать частоту образования некоторых доброкачественных опухолей в точках, где имеются явные повреждения тканей, а также что он слабо генотоксичен, однако точечных мутаций не вызывает.

Метоксихлор

Метоксихлор (CAS № 72-43-5) – это инсектицид, применяемый на овощах, фруктах, деревьях, в фураже и для обработки скота на фермах. Он плохо растворяется в воде и практически немобилен в большинстве типов сельскохозяйственных почв. При нормальных условиях применения метоксихлор, насколько известно, не представляет угрозы для окружающей среды. Согласно расчетам, ежедневное поступление из продуктов питания и воздуха составляет менее 1 мкг на человека. Метаболиты, прежде

всего дехлорированные и деметилированные соединения, в окружающей среде образуются преимущественно в анаэробных, чем аэробных условиях. Существуют определенные возможности для накопления исходного соединения и его метаболитов в отложениях в поверхностных водах.

Нормативная величина	0,02 мг/л (20 мкг/л)
Присутствие в воде	В отдельных случаях обнаруживался в питьевой воде; в сельских районах – в концентрациях до 300 мкг/л
ДУСП	5 мкг/кг массы тела, исходя из системного УНВВНИ величиной 5 мг/кг массы тела, установленного на основании данных исследования тератогенности на кроликах, при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – для учета возможной пороговой канцерогенности и неполноты базы данных)
Предел обнаружения	0,001–0,01 мкг/л посредством ГХ
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Methoxychlor in drinking-water</i>

Генотоксический потенциал метоксихлора, по-видимому, пренебрежимо мал. В 1979 г. МАИР отнесло метоксихлор к Группе 3. Собранные в дальнейшем данные свидетельствуют о возможном канцерогенном воздействии метоксихлора на печень и тестикулы у мышей. Это может быть связано с гормональной активностью метаболитов метоксихлора, оказывающих проэстрогенное воздействие на млекопитающих, и поэтому в данном случае может существовать пороговая величина. Вместе с тем исследование не соответствовало требованиям, поскольку применялась только одна доза, которая, возможно, превышала максимально допустимую. Также не отвечает требованиям база данных по долго- и краткосрочным исследованиям и исследованиям воздействия на репродуктивную функцию. Исследование тератогенности на кроликах позволило рассчитать системный УНВВНИ величиной 5 мг/кг массы тела в день, что ниже значений ПУВВ и УНВВНИ, полученных в ходе других исследований. Соответственно для расчета ДУСП было решено использовать данный УНВВНИ.

Метилпаратион

Метилпаратион (CAS № 298-00-0) – это инсектицид и акарицид несистемного действия, производимый по всему миру и зарегистрированный для применения на многих сельскохозяйственных культурах, прежде всего хлопке. В окружающей среде он выделяется преимущественно в воздух и почву. В почве он практически неподвижен, и в подземные воды не попадают ни исходное соединение, ни продукты его распада. Насколько известно на данный момент, основным способом разложения метилпаратиона в окружающей среде является микробиологическое разложение. Период полураспада метилпаратиона в воде колеблется в пределах от нескольких недель до нескольких месяцев. Уровни концентрации метилпаратиона в природных водах в сельскохозяйственных регионах США достигали 0,46 мкг/л, причем

наивысшие показатели были зафиксированы летом. Население в целом может контактировать с метилпаратионом через воздух, воду или продукты питания.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1996) <i>Pesticide residues in food—1995 evaluations</i> IPCS (1992) <i>Methyl parathion</i> WHO (2003) <i>Methyl parathion in drinking-water</i>

УНВВНИ величиной 0,3 мг/кг массы тела в день был рассчитан на основании сводных результатов ряда исследований, проводившихся на людях и выявивших случаи подавления активности эритроцитов и холинэстеразы плазмы. Долгосрочные исследования на мышах и крысах показали, что метилпаратион снижает активность холинэстеразы, однако не оказывает канцерогенного воздействия. Метилпаратион оказывал мутагенное воздействие на бактерии, однако небольшое количество исследований систем млекопитающих не обнаружило подтверждений его генотоксичности.

Санитарная норма 9 мкг/л для метилпаратиона может быть рассчитана, исходя из ПУСП величиной 0–0,003 мг/кг массы тела, который был установлен на основании УНВВНИ величиной 0,25 мг/кг массы тела в день по результатам двухгодичного исследования на крысах, выявившего дегенеративные изменения сетчатки, демиелинизацию седалищного нерва, снижение массы тела, анемию и снижение активности мозговой ацетилхолинэстеразы, при факторе неопределенности 100 на меж- и внутривидовую изменчивость. Поскольку по результатам токсикологических исследований на лабораторных животных подавления активности ацетилхолинэстеразы выявлено не было, было сочтено более целесообразным использовать эти данные, чем УНВВНИ, рассчитанный на основании данных о подавлении активности холинэстеразы у людей.

Уровень поступления в организм метилпаратиона из всех источников обычно низок – существенно ниже верхнего предела ПУСП. Поскольку санитарная норма значительно превышает уровни концентрации, в которых метилпаратион может встречаться в питьевой воде, присутствие метилпаратиона в ней вряд ли представляет угрозу для здоровья людей. Исходя из этого, было признано, что нет необходимости устанавливать официальную нормативную величину для метилпаратиона.

Метил-трет-бутиловый эфир

Метил-трет-бутиловый эфир, или МТБЭ, применяется главным образом в качестве присадки к бензину. Поверхностные воды могут быть загрязнены бензином, однако, поскольку МТБЭ очень летуч, большая его часть испаряется. Разливы и протечки в резервуарах для хранения могут создавать более серьезные проблемы для подземной воды, в которой МТБЭ более стоек. МТБЭ обнаруживался в подземных водах и питьевой воде в концентрациях в диапазоне от нескольких нанограммов до нескольких микрограммов на литр.

Причина отсутствия нормативной величины	Любые нормативные величины, если они будут рассчитаны, будут значительно превышать концентрации, в которых МТБЭ может быть опознан по запаху
Дата оценки	2004 г.

Основные источники информации	IPCS (1998) <i>Methyl tertiary-butyl ether</i> WHO (2005) <i>Methyl tertiary-butyl ether (MTBE) in drinking-water</i>
-------------------------------	--

Не удалось обнаружить исследований, в которых изучались бы онкологические заболевания, вызываемые воздействием МТБЭ, среди населения в целом и в группах, соприкасающихся с этим веществом в рамках профессиональной деятельности. Несколько исследований, в которых изучались неврологические и клинические последствия воздействия МТБЭ на людей через органы дыхания, дали неоднозначные результаты. В целом реальные изменения при воздействии МТБЭ в тех концентрациях, в которых это вещество обычно выявляется, даже в такой микросреде, как бензоаправочные станции, не прослеживаются.

Имеющиеся фактические данные позволяют утверждать, что МТБЭ не генотоксичен. Для оценки мутагенных свойств МТБЭ было проведено большое количество исследований млекопитающих и других видов как в лабораторных, так и в естественных условиях, и почти все эти исследования дали отрицательный результат. Это дает основания утверждать, что механизм воздействия МТБЭ является, скорее, негенотоксическим, чем генотоксическим, хотя ни тот, ни другой механизм не позволяет объяснить все наблюдавшиеся последствия.

Был сделан вывод о том, что МТБЭ следует рассматривать как канцероген для грызунов, но что это вещество не генотоксично и канцерогенные проявления имеют место только при воздействии высоких доз, которое вызывает и другие негативные последствия. Соответственно, имеющиеся данные считаются неокончательными и не позволяют использовать их для оценки риска онкологических заболеваний у человека. Санитарная нормативная величина для МТБЭ не устанавливалась в связи с тем, что любая расчетная нормативная величина будет значительно выше концентраций, в которых МТБЭ может быть выявлен по запаху (15 мкг/л – это нижний уровень, вызывавший реакцию у участников исследования, в котором изучалось восприятие МТБЭ на вкус и запах).

Метолахлор

Метолахлор (CAS № 51218-45-2) – это довсходовый гербицид избирательного действия, применяемый в отношении ряда сельскохозяйственных культур. Он может высвободиться из почвы путем биоразложения, фоторазложения и испарения. Это вещество достаточно мобильно и при определенных условиях может загрязнять подземные воды, однако обычно оно встречается в поверхностных водах.

Нормативная величина	0,01 мг/л (10 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался в поверхностных водах и подземных водах в концентрациях, которые могут превышать 10 мкг/л
ДУСП	3,5 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 3,5 мг/кг массы тела, установленного на основании явного снижения массы почек при воздействии в дозах двух самых высоких уровней, которое было выявлено в ходе одногодичного исследования на собаках, при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – с учетом определенных сомнений относительно канцерогенности)
Предел обнаружения	0,75–0,01 мкг/л посредством ГХ с азотно-фосфорным детектированием
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ

Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Metolachlor in drinking-water</i>

В ходе одногодичного исследования на собаках получение ими метолахлора вызывало снижение массы почек при воздействии в дозах двух самых высоких уровней. Единственное токсикологическое последствие, наблюдавшееся у мышей в рамках двухгодичного исследования, в ходе которого грызуны получали метолахлор с пищей, – это замедленное увеличение массы тела и количества потребляемой пищи при получении максимальной дозы метолахлора. В исследованиях не приводится данных о канцерогенности метолахлора для мышей. У крыс наблюдались случаи увеличения опухолей печени у самок, а также небольшое количество случаев опухоли носовой полости у самцов. Метолахлор не генотоксичен.

Молинат

Молинат (CAS № 2212-67-1) – это гербицид, применяемый для борьбы с широколистными и травянистыми сорняками на рисовых плантациях. Судя по имеющимся данным, загрязнение молинатом подземных вод имеет место только в некоторых регионах, где выращивается рис. Данные о присутствии молината в окружающей среде ограничены. Молинат малоустойчив в воде и почве, период его полураспада в них составляет около 5 дней.

Нормативная величина	0,006 мг/л (6 мкг/л)
Присутствие в воде	Уровень концентрации в воде редко превышает 1 мкг/л
ДУСП	2 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 0,2 мг/кг массы тела, установленного на основании токсического воздействия на репродуктивную функцию у крыс, при факторе неопределенности 100 (на меж- и внутривидовую изменчивость)
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством ГХ-МС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,001 мг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Molinate in drinking-water</i>

Судя по имеющейся ограниченной информации, эксперименты на животных не выявили канцерогенных или мутагенных свойств молината. Фактические данные свидетельствуют о том, что наиболее явным проявлением воздействия молината является нарушение репродуктивных функций у самцов крыс. Вместе с тем данные эпидемиологических исследований рабочих, занятых на производстве молината, не выявили какого-либо воздействия на фертильность у людей.

Молибден

Молибден природного происхождения присутствует в почвах; он применяется в производстве специальных сталей, вольфрама и пигментов, а соединения молибдена применяются в качестве присадок к смазочным маслам, а также в сельском хозяйстве для предупреждения дефицита молибдена в растительных культурах. Уровень содержания в питьевой воде обычно ниже 0,01 мг/л, хотя есть данные о концентрации до 200 мкг/л вблизи горнорудных разработок.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	1993 г., пересмотрена в 2011 г.
Основные источники информации	WHO (2011) <i>Molybdenum in drinking-water</i>

Молибден отнесен к числу жизненно необходимых элементов; по оценкам, ежедневно взрослому человеку требуется 0,1–0,3 мг молибдена.

Поскольку в питьевой воде молибден присутствует в очень низких концентрациях, устанавливать официальную нормативную величину для него не считается необходимым. В информационных целях можно рассчитать санитарную норму.

В ходе двухгодичного исследования на людях, получавших молибден с питьевой водой, величина УНВВНИ была рассчитана как 0,2 мг/л, однако качество этого исследования вызывает определенные сомнения. Поскольку молибден является жизненно необходимым элементом, для учета внутривидовой изменчивости достаточным признан фактор неопределенности 3. Соответственно санитарная норма будет составлять 0,07 мг/л (округленно), оставаясь в том же диапазоне, что и величина, рассчитанная по результатам токсикологических исследований на экспериментальных животных, и соответствуя величине ежедневной дозы молибдена, необходимой для человека.

Монохлоруксусная кислота

Хлорсодержащие уксусные кислоты образуются из органических веществ в процессе хлорирования воды.

Нормативная величина	0,02 мг/л (20 мкг/л)
Присутствие в воде	Присутствует в питьевой воде, полученной из поверхностных вод, в концентрациях до 82 мкг/л (средняя величина – 2,1 мкг/л)
ДУСП	3,5 мкг/кг массы тела, исходя из ПУВВ величиной 3,5 мг/кг массы тела в день, установленного на основании увеличения абсолютной и относительной массы селезенки, которое наблюдалось в ходе исследования у крыс, получавших в течение 2 лет монохлоруксусную кислоту с питьевой водой, при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – на использование минимального ПУВВ вместо УНВВНИ и на недостатки базы данных, в том числе отсутствие исследования токсического воздействия на репродуктивную функцию в нескольких поколениях)
Предел обнаружения	2 мкг/л посредством ГХ с ЭЗД; 5 мкг/л посредством ГХ-МС
Эффективность обработки/очистки воды	Информация отсутствует
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	20% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек

• потребление	2 литра в день
Дата оценки	2003 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Monochloroacetic acid in drinking-water</i>

Фактических данных о канцерогенности монохлоруксусной кислоты в ходе двухгодичных биотестов на крысах и мышах, получавших вещество через желудочный зонд, выявлено не было. Немногочисленные биотесты на мутагенность монохлоруксусной кислоты дали неоднозначные результаты, а исследования генотоксичности не подтвердили ее кластогенных свойств. МАИР не классифицировало монохлоруксусную кислоту по степени канцерогенности.

Монохлорбензол

Выбросы монохлорбензола (МХБ) в окружающую среду связаны, как представляется, в основном с его улетучиванием при использовании в качестве растворителя в производстве пестицидов, обезжиривателя или в других промышленных целях. МХБ обнаруживался в поверхностных водах, подземных водах и в питьевой воде; его средняя концентрация в некоторых источниках питьевой воды в Канаде составляла менее 1 мкг/л (максимальная – 5 мкг/л). Основным источником воздействия на человека является, по всей видимости, воздух.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье, санитарная норма будет значительно превышать зафиксированный нижний порог восприятия вкуса и запаха
Дата оценки	2003 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Monochlorobenzene in drinking-water</i>

Уровень острой токсичности МХБ низок. При пероральном поступлении в организм высокие дозы МХБ воздействуют прежде всего на печень, почки и кроветворную систему. Имеются ограниченные фактические данные о его канцерогенном воздействии на самцов крыс – высокие дозы МХБ увеличивают количество опухолевых узелков в печени. Большинство имеющихся данных не подтверждают мутагенных свойств МХБ; хотя в естественных условиях он связывается с ДНК, уровень связи невысок.

Санитарная норма 300 мкг/л для МХБ может быть рассчитана, исходя из ДУСП величиной 85,7 мкг/кг массы тела, установленного на основании опухолевых узелков, которые были обнаружены в ходе двухгодичного исследования на крысах, получавших дозы через желудочный зонд, и при учете ограниченности данных о канцерогенности. Вместе с тем, поскольку МХБ встречается в концентрациях значительно ниже представляющих угрозу для здоровья, необходимость устанавливать официальную нормативную величину отсутствует. Следует также отметить, что санитарная норма значительно превышает зафиксированный нижний порог восприятия вкуса и запаха МХБ в воде.

МХ

МХ – обычное название 3-хлор-4-дихлорметил-5-гидрокси-(5Н)-фуран-2-она – образуется при реакции хлора с комплексом органических веществ в питьевой воде. Он был выявлен в хлорированных растворах гуминовой кислоты и в питьевой воде в Финляндии, Соединенном Королевстве и США и обнаружен в 37 водных источниках в

концентрации 2–67 нг/л. МХ был также обнаружен в пяти образцах питьевой воды из различных крупных городов Японии в концентрации от менее чем 3 до 9 нг/л.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (2000) <i>Disinfectants and disinfectant by-products</i> WHO (2003) <i>MX in drinking-water</i>

В лабораторных условиях МХ оказывает мощное мутагенное воздействие на бактерии и клетки; он стал объектом исследования на крысах в течение их жизненного цикла, в ходе которого наблюдались определенные онкогенные реакции. Эти данные свидетельствуют о том, что МХ вызывает опухоли щитовидной железы и желчных протоков. МАИР, на основании способности МХ вызывать опухоли у крыс и сильной мутагенности, отнесло его к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека).

Санитарная норма 1,8 мкг/л для МХ может быть рассчитана на основании увеличения частоты случаев аденомы и карциномы желчных путей у самок крыс и с применением линеаризованной многоступенчатой модели (без коррекции на площадь поверхности тела). Вместе с тем это значительно выше концентраций, в которых МХ встречается в питьевой воде, и ввиду аналитической сложности, которую представляет измерение этого вещества в столь малых концентрациях, предлагать официальную нормативную величину для МХ в питьевой воде нет необходимости.

Никель

Никель применяется в основном в производстве коррозионностойких сталей и никелевых сплавов. Для некурящих и тех, кто не имеет дела с никелем в силу своей профессиональной деятельности, основным источником его воздействия являются продукты питания; с водой, как правило, поступает лишь малая часть общей ежедневной дозы, попадающей в организм перорально. Вместе с тем в сильно загрязненных районах, в местах, где в подземных водах содержится никель природного происхождения, или там, где используется металлическая посуда определенного вида, где в колодцах применяются нестойкие материалы или где вода проходит через никелированные или хромированные краны, доля никеля, поступающего с водой, может быть достаточно значительной.

Нормативная величина	0,07 мг/л (70 мкг/л)
Присутствие в воде	Обычно уровень концентрации в питьевой воде ниже 0,02 мг/л, хотя никель, высвобождающийся из кранов или соединительной арматуры, может повысить этот уровень до 1 мг/л; в особых случаях, когда никель из природных или промышленных отложений проникает в грунт, уровень концентрации в питьевой воде может быть выше
ДУСП	12 мкг/кг массы тела, исходя из ПУВВ, рассчитанного по результатам провокационной пероральной пробы на голодных пациентах с пустым желудком
Предел обнаружения	0,1 мкг/л посредством ИСП-МС; 0,5 мкг/л посредством пламенной ААС; 10 мкг/л посредством ИСКП-АЭС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 20 мкг/л может быть обеспечен обычными методами обработки (например, коагуляцией). Никель природного происхождения в подземных водах удаляется путем ионного обмена или адсорбции. В случае утечек никеля из контактирующих с питьевой водой сплавов или из хромированных или никелированных кранов необходимо,

	прежде чем приступить к использованию воды, обеспечить должную проверку материалов, контактирующих с питьевой водой, и промывку кранов
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	20% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Хотя нормативная величина близка к ПУВВ при остром воздействии, в основе ПУВВ лежит совокупное воздействие через питьевую воду, а абсорбция из питьевой воды в пустом желудке происходит в 10-40 раз активнее, чем абсорбция из продуктов питания. Соответственно, ориентацию на совокупный допустимый уровень потребления, рассчитанный по результатам исследований на голодных пациентах с пустым желудком, можно рассматривать как самый неблагоприятный сценарий
	Общую величину токсичности 130 мкг/л можно рассчитать на основании тщательно проведенного исследования на двух поколениях крыс. Вместе с тем эта общая величина токсичности может не обеспечивать достаточной защиты лиц, чувствительных к никелю, у которых, как было доказано, пероральный провокационный тест вызывал экзематозную реакцию
Дата оценки	2004 г.
Основной источник информации	WHO (2005) <i>Nickel in drinking-water</i>

МАИР пришло к выводу, что соединения никеля, поступившие в организм через дыхательные пути, канцерогенны для человека (Группа 1), а металлический никель, вероятно, канцерогенен (Группа 2В). Вместе с тем отсутствуют фактические данные о канцерогенном риске при пероральном воздействии никеля. В ходе тщательно проведенного исследования воздействия на репродуктивную функцию двух поколений крыс, получавших никель через желудочный зонд, для взрослых крыс и их потомства был рассчитан четкий УНВ по всем изученным конечным показателям, включая целостность и функционирование репродуктивных систем самцов и самок, рост и развитие потомства и постимплантационную/перинатальную смертность. Наиболее частой реакцией населения в целом на воздействие никеля является аллергический контактный дерматит.

Нитрат-ион и нитрит-ион¹

Нитрат-анион (NO_3^-) в окружающей среде имеет естественное происхождение и является важным питательным веществом для растений. Он присутствует в разных концентрациях во всех растениях и является частью азотного цикла. Нитрит-анион (NO_2^-) обычно в значительных концентрациях не присутствует, за исключением восстановительной среды, поскольку нитрат-ион является более стабильной окисленной формой. Нитрит-ион может образовываться в результате микробного разложения нитрат-иона, а в живых организмах – при разложении поступившего в организм нитрат-иона. Кроме того, в водопроводных системах нитрит-анион может образовываться химическим путем за счет деятельности бактерий *Nitrosomonas* при застое содержащей нитрат-анионы и бедной кислородом питьевой воды в

¹ Поскольку нитрат-ион и нитрит-ион относятся к тем химическим соединениям, присутствие которых в некоторых природных водных объектах представляет значительную опасность для здоровья, фактические данные по ним приводятся в расширенном виде.

гальванизированных стальных трубах или при проведении хлораминирования для обеспечения остаточного содержания дезинфектанта.

Нитрат-ион может попадать как в поверхностные, так и в подземные воды в ходе сельскохозяйственных работ (в том числе при чрезмерном внесении неорганических азотных удобрений и навоза), со сточными водами и при окислении азотсодержащих продуктов жизнедеятельности в экскрементах человека и животных, в том числе в септиках. Уровень концентрации нитрат-иона в поверхностных водах может быстро изменяться вследствие поверхностных стоков удобрений, абсорбции фитопланктоном и бактериальной денитрификации, однако концентрация в подземных водах, как правило, изменяется относительно медленно. Некоторые подземные воды могут быть загрязнены нитратами из природной растительной среды.

В целом основным источником воздействия нитрат-иона и нитрит-иона на человека являются овощи (нитрит-ион и нитрат-ион), а также мясо в пище (нитрит-ион применяется в качестве консервирующего вещества для разных видов вяленого мяса). Вместе с тем в некоторых ситуациях питьевая вода может являться важным источником поступления в организм нитрат-иона, а иногда – и нитрит-иона. Для находящихся на искусственном вскармливании детей грудного возраста питьевая вода может стать основным внешним источником воздействия нитрат-иона и нитрит-иона.

Нормативные величины	<i>Нитрат</i> : 50 мг/л для нитрат-иона (или 11 мг/л для нитратного азота) в целях защиты находящихся на искусственном вскармливании детей грудного возраста от метгемоглобинемии (кратковременное воздействие)
	<i>Нитрит</i> : 3 мг/л для нитрит-иона (или 0,9 мг/л для нитритного азота) в целях защиты находящихся на искусственном вскармливании детей грудного возраста от метгемоглобинемии (кратковременное воздействие)
	<i>Совместно нитрат-ион и нитрит-ион</i> : сумма отношений уровня концентрации каждого вещества, заявленного или замеренного в пробе, к его нормативной величине не должна превышать 1
Присутствие в воде	В большинстве стран содержание нитрат-аниона в питьевой воде, полученной из поверхностной воды, не превышает 10 мг/л, хотя уровни нитрат-иона в колодезной воде нередко превышают 50 мг/л; уровни нитрит-иона, как правило, ниже – менее нескольких миллиграммов на литр
Основания для установления нормативной величины	<i>Нитрат-ион (находящиеся на искусственном вскармливании дети грудного возраста)</i> : в ходе эпидемиологических исследований не было зафиксировано случаев метгемоглобинемии у детей грудного возраста в районах, где содержание нитрат-иона в питьевой воде постоянно находилось на уровне ниже 50 мг на литр
	<i>Нитрит-анион (находящиеся на искусственном вскармливании дети грудного возраста)</i> : применение показателей для ребенка грудного возраста – массы тела 5 кг и потребления питьевой воды в объеме 0,75 л – в отношении низшего уровня диапазона дозы, вызывающей метгемоглобинемию, дает 0,4 мг/кг массы тела. При этом относительная активность воздействия нитрит-аниона и нитрат-аниона на образование метгемоглобина принимается за 10:1 (на молярной основе)
Предел обнаружения	0,005–0,01 мг/л (нитрит-ион) посредством молекулярно-абсорбционной спектрометрии; 0,01–1 мг/л (нитрат-ион) посредством различных методов спектрометрии; 0,022 мг/л (нитрат-анион) и 0,035 мг/л (нитрит-анион) посредством ионообменной хроматографии; 0,1 мг/л (нитрат-ион) и 0,05 мг/л (нитрит-ион) посредством ЖФХ
Эффективность обработки/очистки воды	<i>Нитрат-ион</i> : уровень 5 мг/л или ниже может быть обеспечен посредством биологической денитрификации (поверхностные воды) или ионного обмена (подземные воды)
	<i>Нитрит-ион</i> : уровень 0,1 мг/л может быть обеспечен посредством хлорирования (с образованием нитрат-иона)

Дополнительные замечания	<p>Концентрация нитрит-иона в водораспределительных системах может быть выше в случае хлорирования, однако его присутствие в воде практически всегда носит спорадический характер. Соответственно, наиболее важным фактором, который в данном случае следует учитывать, является метгемоглобинемия, и в данном случае уместнее всего руководствоваться рекомендациями по профилактике метгемоглобинемии, применяя их и в отношении возможных нитратов</p> <p>Метгемоглобинемия у детей грудного возраста, по-видимому, развивается одновременно с диареей. Соответственно, органам власти следует проявлять максимальную бдительность, обеспечивая микробиологическую безопасность воды, используемой для искусственного вскармливания детей грудного возраста в случае, если концентрация нитрат-иона близка к нормативной величине или если имеются случаи эндемичной диареи у детей грудного возраста. Воду нельзя использовать для искусственного вскармливания детей грудного возраста, если концентрация нитрата превышает 100 мг/л, но можно, если его концентрация находится в диапазоне от 50 до 100 мг/л, вода безопасна в плане микробиологического содержания и органы здравоохранения обеспечивают усиленный надзор</p> <p>Все водопроводные компании, проводящие хлорирование, обязаны обеспечивать пристальный и регулярный мониторинг состояния своих систем в плане содержания дезинфицирующих веществ, микробиологических аспектов качества воды и содержания нитрит-иона. При обнаружении нитрификации (например, снижения остаточного уровня дезинфектанта или повышения содержания нитрит-иона) следует принять меры к изменению порядка очистки или химического состава воды в целях минимизации образования нитрит-иона. При этом уровень эффективности дезинфекции нельзя снижать ни при каких условиях</p> <p>Присутствие нитрит-иона в водораспределительной системе вследствие применения хлорамина будет спорадическим, и средний уровень воздействия в любое время не должен превышать примерно 0,2 мг/л</p>
Дата оценки	1998 г., пересмотрена в 2007 и 2010 гг.
Основные источники информации	<p>FAO/WHO (2002) <i>Evaluation of certain food additives</i></p> <p>FAO/WHO (2003) Nitrite (and potential endogenous formation of <i>N</i>-nitroso compounds)</p> <p>Schmoll et al. (2006) <i>Protecting groundwater for health</i></p> <p>WHO (2011) <i>Nitrate and nitrite in drinking-water</i></p>

Поступающие в организм с овощами, мясом или водой нитраты абсорбируются быстро и более чем на 90%, а выводятся из организма с мочой. У людей около 25% поступивших перорально нитратов подвергаются рециркуляции в слюне, из них 20% под воздействием находящихся во рту бактерий преобразуется в нитриты. Кроме того, в ходе нормального процесса обмена веществ происходит эндогенное образование нитрата из оксида азота и расщепленного белка. У нормальных здоровых взрослых при таком эндогенном синтезе примерно 62 мг нитрат-иона ежедневно выводятся с мочой. Эндогенное образование нитрат-иона или нитрит-иона может существенно повыситься в случае инфекций, прежде всего желудочно-кишечного тракта. Если количество поступающего в организм нитрат-иона невелико, то эндогенное образование может стать основным источником нитрат-аниона в организме. Метаболизм нитрат-иона у людей и крыс протекает по-разному, поскольку крысы не могут активно выделять нитрат со слюной.

Возможно, нитрат-ион играет определенную роль в защите желудочно-кишечного тракта от различных возбудителей заболеваний желудочно-кишечного тракта, поскольку как закись азота, так и подкисленный нитрит-ион обладают антибактериальными свойствами. Нитрат-ион может также играть благотворную физиологическую роль в других отношениях. Это означает, что поступление

экзогенного нитрат-иона в организм может быть благотворно, и необходимо найти баланс между потенциальными рисками и потенциальными выгодами.

Обычно в желудке превращения нитрат-иона в нитрит-ион под воздействием бактерий в существенных масштабах не происходит, за исключением людей с низкой кислотностью желудка или инфекциями желудочно-кишечного тракта. К последней категории могут также относиться люди, принимающие антацидные средства, прежде всего блокирующие выделение кислоты.

Метгемоглобинемия у людей является следствием реакции нитрит-иона с гемоглобином в красных кровяных клетках, приводящей к образованию метгемоглобина, который прочно связывает кислород и не высвобождает его, блокируя таким образом его перенос. Хотя большая часть абсорбированного нитрит-иона в крови окисляется до нитрат-иона, остаточные количества нитрит-иона могут вступать в реакцию с гемоглобином. Образование большого количества метгемоглобина (более 10%) у детей грудного возраста может вызвать цианоз, известный как "синдром голубого младенца". Хотя клинически значимые проявления метгемоглобинемии в результате потребления нитрат-иона в очень больших количествах могут иметь место как у взрослых, так и у детей, чаще всего это заболевание встречается у младенцев, находящихся на искусственном вскармливании. Считается, что это прежде всего следствие высокого содержания нитрат-аниона в воде, хотя были случаи, когда метгемоглобинемией заболели отнятые от груди дети, получавшие большие дозы нитрат-иона с овощами. Считается, что дети грудного возраста, находящиеся на искусственном вскармливании, подвергаются наиболее высокому риску, поскольку они потребляют много воды в сопоставлении с массой тела, а также поскольку у младенцев образуется мало репаративных ферментов. Эпидемиологические исследования клинических случаев метгемоглобинемии и субклинического повышения содержания метгемоглобина, связанных с нитрат-ионом, поступавшим из питьевой воды, показали, что 97% случаев имели место при концентрации выше 44,3 мг/л, причем клинические симптомы имели место при более высоких концентрациях. Почти все пострадавшие были младше 3 месяцев.

Хотя содержащийся в питьевой воде нитрат-ион может являться важным фактором риска возникновения метгемоглобинемии у детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании, существуют весоные доказательства того, что риск метгемоглобинемии возрастает прежде всего при одновременном наличии инфекций желудочно-кишечного тракта, которые активизируют эндогенное образование нитрит-иона, могут ускорять превращение нитрат-иона в нитрит-ион, а также заставляют пить больше воды для борьбы с обезвоживанием. В литературе описаны случаи, когда инфекции желудочно-кишечного тракта являлись, по-видимому, основной причиной возникновения метгемоглобинемии. В большинстве описанных в литературе случаев метгемоглобинемии фигурируют загрязненные частные колодцы, в которых с высокой степенью вероятности также имело место микробное загрязнение, а вода была чаще всего анаэробной, чего не может быть при правильной дезинфекции.

Нитрит-ион может вступать в реакцию с веществами, преобразуемыми в теле в нитрозамины, прежде всего во вторичные амины и образующие соединения, содержащие нитрозогруппу. Ряд подобных соединений считаются веществами, канцерогенными для человека, тогда как другие, например *N*-нитрозопролин, – нет. Для изучения зависимости образования соединений, содержащих нитрозогруппу, от потребления нитрат-иона у человека был проведен ряд исследований, однако уровни потребления веществ, преобразуемых в нитрозамины, и параметры физиологии желудка очень различаются. Более высокие средние уровни содержания веществ,

преобразуемых в нитрозамины, при высоком содержании нитрат-иона были обнаружены в желудочном соке у лиц, страдающих ахлоргидрией (имеющих крайне низкий уровень соляной кислоты в желудке). Вместе с тем многие другие исследования не давали однозначных заключений, и, как представляется, четкой связи с потреблением нитрат-иона с питьевой водой, а не с суммарным потреблением нитрат-иона выявлено не было. Умеренное потребление ряда пищевых антиоксидантов, например аскорбиновой кислоты и зеленого чая, способно, как представляется, снижать активность формирования *N*-нитрозамина.

Значительное количество эпидемиологических исследований были посвящены вопросу о взаимосвязи между потреблением нитрат-иона и онкологическими заболеваниями, прежде всего желудка. Хотя считается, что эпидемиологические данные не позволяют сделать окончательных выводов в отношении всех типов рака, не было получено убедительных свидетельств причинно-следственной связи с раком любой локализации. Совокупность имеющихся данных говорит о малой вероятности наличия причинно-следственной связи между раком желудка и поступлением нитрат-аниона с питьевой водой.

Выдвигались предположения о том, что содержащийся в питьевой воде нитрат-анион может вызывать врожденные пороки развития, однако имеющиеся фактические данные этого не подтверждают.

Нитрат-ион, как представляется, конкурентно подавляет поступление йода, что может оказывать неблагоприятное воздействие на щитовидную железу; однако проблему это может представлять лишь в ситуации, когда одновременно имеют место высокое поступление нитрат-иона и дефицит йода. Вместе с тем неясно, при каком уровне поступления нитрат-аниона возникает проблема.

Высказывались предположения о взаимосвязи между поступлением нитрат-иона с питьевой водой и частотой возникновения сахарного диабета у детей. Однако последующие исследования не обнаружили значимой взаимосвязи, и механизм не был выявлен.

В некоторых исследованиях на крысах, получавших нитрит-ион в больших дозах, наблюдалась обусловленная величиной дозы гипертрофия клубочковой зоны надпочечников; одна линия крыс оказалась, по-видимому, более восприимчивой, чем другие. Вместе с тем минимальная степень гиперплазии была обусловлена, как полагают, физиологической адаптацией к небольшим колебаниям кровяного давления при поступлении высоких доз нитрит-иона.

Для лабораторных животных нитрат-ион не является канцерогеном. Нитрит-ион был объектом многочисленных исследований, и высказывались предположения о его канцерогенном воздействии, но лишь в очень больших дозах. В ходе последних долгосрочных исследований были получены неоднозначные фактические данные о канцерогенном воздействии на преджелудок у самок мышей, но не у крыс и не у самцов мышей. С учетом отсутствия данных о генотоксичности это позволило сделать вывод о том, что азотистокислый натрий не канцерогенен для мышей и крыс. Кроме того, поскольку преджелудок у людей отсутствует, а доза была очень высокой, значимость этих данных для людей вызывает большие сомнения.

Нормативная величина для нитрат-аниона 50 мг/л в форме нитрат-иона (или 11 мг/л, если в отчетах фигурирует азот в форме нитрат-иона) исходит из данных эпидемиологических исследований метгемоглобинемии у детей грудного возраста, возникающей в результате кратковременного воздействия; эта величина обеспечивает защиту детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании, и, соответственно, всех других категорий населения. Обеспечение подобной защитной функции осложняется при наличии микробного загрязнения и вызываемой им

инфекции желудочно-кишечного тракта, что может значительно повысить риск для этой группы. Соответственно, органам власти следует проявлять максимальную бдительность, обеспечивая микробиологическую безопасность воды для искусственного вскармливания детей грудного возраста в случае, если концентрация нитрат-аниона близка к нормативной величине.

Нормативная величина для нитрит-иона 3 мг/л в форме нитрит-иона (или 0,9 мг/л, если в отчетах фигурирует азот в форме нитрит-иона) исходит из данных обследования людей, свидетельствующих о том, что дозы нитрит-аниона, вызывающие метгемоглобинемию у детей грудного возраста, колеблются в диапазоне от 0,4 мг/кг массы тела до более чем 200 мг/кг массы тела. Применяя нижнюю границу диапазона (0,4 мг/кг массы тела) и приняв массу тела ребенка грудного возраста за 5 кг, а количество потребляемой питьевой воды за 0,75 л, можно рассчитать нормативную величину 3 мг/л (округленно).

Поскольку нитрат-ион и нитрит-ион могут присутствовать в воде одновременно, сумма соотношений концентрации каждого вещества (К) к его нормативной величине (НВ) не должна превышать 1:

$$\frac{K_{\text{нитрат-иона}}}{\text{НВ}_{\text{нитрат-иона}}} + \frac{K_{\text{нитрит-иона}}}{\text{НВ}_{\text{нитрит-иона}}} \leq 1$$

Для случаев хронического воздействия ОКЭПД предложил ПУСП величиной 0-3,7 мг/кг массы тела для нитрат-иона и ПУСП величиной 0-0,07 мг/кг массы тела для нитрит-иона в форме нитрит-иона. Величина для нитрат-аниона исходит из УНВ величиной 370 мг/кг массы тела в день, установленного по результатам лабораторных исследований на животных; при этом, с учетом известной межвидовой изменчивости для метаболизма нитрат-иона/нитрит-иона, в тот момент было сочтено нецелесообразным использовать этот показатель в целях оценки риска для людей. Установленный ОКЭПД ПУСП для нитрит-иона исходил из последствий для сердца и легких, выявленных в ходе двухгодичного исследования на крысах, при факторе неопределенности 100. Вместе с тем, ввиду неопределенности в части восприимчивости человека в сравнении с подопытными животными, эта величина была признана условной, и в настоящее время она отменена и пересматривается с учетом накопленных данных о различиях в метаболизме нитрит-иона между лабораторными грызунами и человеком.

Соображения практического характера

Наиболее разумный способ контроля за концентрацией нитрат-иона, особенно в подземной воде, состоит в предупреждении загрязнения. Для этого, возможно, понадобится, обеспечить рациональное ведение сельскохозяйственных работ, внимательнее подходить к выбору мест для выгребных ям и септиков, следить за протечками в канализации, равно как и заботиться о правильном внесении удобрений и навоза и хранении последнего. Возможно, необходимо будет также проводить денитрификацию сточных вод.

Заболевания метгемоглобинемией чаще всего связаны с частными колодцами. Крайне важно следить за тем, чтобы выгребные ямы и септики не располагались вблизи колодца или там, где колодец предполагается вырыть, а также за тем, чтобы навоз складировался на достаточном расстоянии, так чтобы стоки от него не могли попасть в колодец или подземные воды рядом с ним. Очень важно соблюдать осторожность при внесении навоза и удобрений на небольших участках в

домохозяйствах вблизи колодцев в целях недопущения их возможного загрязнения. Колодцы должны иметь достаточную защиту, препятствующую попаданию в них сточных вод. Там, где нитрат-ион содержится в повышенной концентрации или где при проверке колодца вблизи от него были обнаружены способные вызвать загрязнение источники нитрат-иона, особенно если при этом есть также данные о возможном плохом качестве воды в плане микробиологического содержания, можно принять ряд мер. Перед употреблением воду следует кипятить или дезинфицировать соответствующими средствами. Там, где для искусственного вскармливания детей грудного возраста имеются альтернативные источники воды, их можно использовать, предварительно убедившись в безопасности их микробиологического содержания. Следует принять меры по защите колодца и обеспечить удаление из непосредственной близости от него источников как нитрат-иона, так и микробного загрязнения.

Там, где колодцы в домохозяйствах распространены, органам здравоохранения, возможно, придется принять ряд мер в целях исключения проблем в связи с загрязнением нитрат-анионом как в настоящее время, так и в будущем. В числе таких мер может быть обеспечение матерей, и прежде всего беременных женщин, соответствующей информацией по проблемам безопасности воды, осмотры колодцев в целях выявления возможных проблем, обеспечение возможностей для проведения анализов в случае подозрения на наличие проблемы, предоставление рекомендаций по дезинфекции воды или, там где уровень нитратов особенно высок, снабжение бутилированной водой из безопасных источников или информирование о том, где такую воду можно взять.

Что касается трубопроводного водоснабжения, то в случае присутствия нитратов, если заменить источник воды не представляется возможным, первый способ обработки систем водоснабжения состоит в разбавлении загрязненной воды водой из источника с низким содержанием нитрат-иона. Если такой возможности нет, то для обработки воды можно применить широкий спектр существующих технологий. Первый из них – это дезинфекция, посредством которой нитрит-ион можно окислить до менее токсичного нитрат-иона, снизив при этом до минимума патогенную и непатогенную бактериальную флору в воде. К числу методов удаления нитрат-иона относятся ионный обмен (обычно применяется в отношении подземных вод) и денитрификация биологическими методами (обычно применяется в отношении поверхностных вод). Вместе с тем оба эти метода сопряжены с определенными неудобствами, в числе которых – необходимость проводить регенерацию и удаление использованного регенерационного раствора в случае ионного обмена, сложность операции и возможное загрязнение очищенной воды микроорганизмами и углеродным питанием при денитрификации биологическими методами.

При применении хлораминирования для обеспечения остаточного содержания дезинфектанта в водораспределительной системе следует проявлять осторожность. Важно проводить эту операцию так, чтобы свести к минимуму образование нитрит-иона как в основной водораспределительной системе, так и в водопроводных сетях внутри зданий, где хлорамины применяются для борьбы с *Legionella*.

Нитрилотриуксусная кислота

Нитрилотриуксусная кислота, или НТУК, используется главным образом в стиральных порошках вместо фосфатов, а также для обработки кипяченой воды в целях предупреждения отложения накипи.

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Нормативная величина	0,2 мг/л (200 мкг/л)
Присутствие в воде	Уровень концентрации в питьевой воде обычно не превышает нескольких микрограммов на литр, хотя были обнаружены и концентрации до 35 мкг/л
ДУСП	10 мкг/кг массы, на основании случаев нефрита и нефроза, выявленных у крыс в рамках двухгодичного исследования, при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – на возможное канцерогенное воздействие высоких доз)
Предел обнаружения	0,2 мкг/л посредством ГХ с азот-селективным детектором
Эффективность обработки/очистки воды	Информация об удалении из воды не найдена
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	50% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Nitritotriacetic acid in drinking-water</i>

У подопытных животных метаболизации НТУК не происходит, и кислота быстро выводится, хотя некоторое ее количество может на короткое время задерживаться в костях. Степень острого токсического воздействия на подопытных животных низка, однако установлено, что НТУК вызывает у грызунов опухоли почек при долговременном воздействии в дозах, превышающих те, которые являются токсичными для почек. МАИР отнесло НТУК к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека). НТУК не генотоксична, и ее свойство вызывать опухоли, как считается, обусловлено цитотоксичностью, являющейся следствием хелатирования двухвалентных катионов, например цинка или кальция, в мочевых путях, вызывающего гиперплазию, а затем – неоплазию.

Нитробензол

Нитробензол применяется главным образом в производстве анилина, но он также используется в качестве растворителя, компонента составов для полировки металла и мыла, а также в синтезе других органических веществ, в том числе ацетаминофена. В ходе соответствующих производственных процессов нитробензол может попадать в воду.

Уровень концентрации нитробензола в пробах из природных объектов, в том числе из поверхностной воды, подземных вод и воздуха, обычно не высок, за исключением зон промышленных загрязнений. Судя по имеющимся неполным данным, возможность загрязнения подземных вод выше, чем поверхностной воды. Воздействие на население в целом может оказывать нитробензол, содержащийся в разных концентрациях в воздухе и, возможно, в питьевой воде. Существенное воздействие нитробензола могут ощутить на себе, по-видимому, лишь те, кто живет вблизи промышленных предприятий и нефтеперерабатывающих заводов; вместе с тем воздействие на тех, кто проживает на территориях бывших свалок опасных отходов и рядом с ними, также может быть более высоким из-за возможного загрязнения подземных вод и почвы, а также усвоения нитробензола растениями.

Причина отсутствия нормативной величины	Редко встречается в питьевой воде в концентрациях, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2009 г.
Основной источник информации	WHO (2009) <i>Nitrobenzene in drinking-water</i>

Нитробензол оказывает токсическое воздействие на людей при вдыхании, контакте с кожей и пероральном поступлении. Основным системным следствием воздействия нитробензола на человека является метгемоглобинемия. Хотя несколько недавних исследований мутагенных свойств дали положительные результаты, нельзя исключать, что нитробензол является негенотоксическим веществом. Данных об исследованиях долгосрочного поступления в организм пероральным путем нет. По результатам исследований поступления через органы дыхания МАИР пришло к выводу, что достоверные данные о канцерогенности нитробензола по людям отсутствуют, но при этом имеется достаточно фактических данных о его канцерогенности для подопытных животных, и на этом основании отнесло нитробензол к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека).

Поскольку нитробензол редко присутствует в питьевой воде в концентрациях выше остаточного уровня, устанавливать официальную нормативную величину не представляется необходимым. Вместе с тем можно рассчитать санитарные нормы в качестве ориентиров на случай утечек нитробензола и при его повышенной концентрации в промышленных зонах. На основании имеющейся ограниченной информации были рассчитаны две санитарные нормы: одна – для кратковременного воздействия (30 мкг/л), а другая – для долгосрочного воздействия (8–63 мкг/л, в зависимости от конечного результата и применяемого метода). Следует подчеркнуть, что при расчете санитарных норм для долгосрочного воздействия существует значительная степень неопределенности в связи с переводом в метрическую систему доз, рассчитанных на основании исследований поступления через органы дыхания, а также ввиду возможного повышения активности превращения нитробензола в анилин в желудочно-кишечном тракте.

Следует отметить, что нитробензол является мощным фактором, вызывающим метгемоглобинемию у людей, что представляет особую угрозу для детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании. Имеющихся на настоящий момент данных пока недостаточно для расчета отдельной санитарной нормы для этого вида воздействия.

Следует также отметить, что, судя по отчетам, пороговый уровень восприятия запаха нитробензола в питьевой воде составляет 30–110 мкг/л.

***N*-нитрозодиметиламин**

N-нитрозодиметиламин, или NDMA, может появляться в питьевой воде в результате разложения диметилгидразина (компонента ракетного топлива), а также вследствие ряда других производственных процессов. Кроме того, он является загрязнителем некоторых пестицидов. В последнее время было установлено, что NDMA является побочным продуктом дезинфекции путем хлораминирования (вследствие реакции монохлорамина с диметиламином – компонентом, постоянно присутствующим в воде, в которую сбрасываются сточные воды), а также, до некоторой степени, хлорирования. NDMA может образовываться также в качестве побочного продукта обработки воды посредством анионного обмена.

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Нормативная величина	0,0001 мг/л (0,1 мкг/л)
Присутствие в воде	При проведении хлораминирования в пробах, взятых в водораспределительных системах, уровень NDMA может быть значительно выше, чем в обработанной воде на водоочистных станциях; зафиксированный в водораспределительных системах уровень достигал 0,16 мкг/л, тогда как содержание в воде на водоочистных станциях, как правило, составляет менее 0,01 мкг/л
Основания для установления нормативной величины	Наиболее показательным свидетельством канцерогенности являются билиарные кистозные аденомы печени у самок крыс, выявленные при использовании многоэтапной модели в ходе исследования поступления NDMA с питьевой водой
Предел обнаружения	0,028 нг/л посредством ГХ на капиллярных колонках и тандемной МС с химической ионизацией; 0,4 нг/л посредством ГХ на капиллярных колонках и МС высокого разрешения; 0,7–1,6 нг/л посредством ГХ-МС и детектирования аммиака посредством химической ионизации
Эффективность обработки/очистки воды	Наиболее распространенным методом удаления NDMA является УФ-облучение. Уровень концентрации ниже 0,005 мкг/л может быть обеспечен посредством УФ-облучения, при условии что вода загрязнена не сильно. NDMA не удаляется отгонкой воздухом, абсорбцией активированным углем, обратным осмосом или биоразложением
Дополнительные замечания	К числу возможных способов снижения масштабов образования NDMA при дезинфекции относятся отказ от хлорирования с аммонизацией, применение хлорирования до точки перелома и удаление аммиака перед хлорированием
Дата оценки	2006 г.
Основные источники информации	IPCS (2002) <i>N-Nitrosodimethylamine</i> WHO (2008) <i>N-Nitrosodimethylamine in drinking-water</i>

Имеются убедительные доказательства того, что NDMA является мощным канцерогеном для подопытных животных при разных путях воздействия, в том числе при поступлении с питьевой водой. МАИР отнесло NDMA к числу веществ, весьма вероятно канцерогенных для человека. Механизм, посредством которого NDMA вызывает онкологические заболевания, хорошо изучен: он включает биотрансформацию под воздействием микросомальных ферментов печени, в результате которой образуется ион метилдiazония. Этот активный метаболит образует ДНК-аддукты, и большинство данных свидетельствуют о том, что, вероятнее всего, проксимальным канцерогеном является O⁶-метилгуанин. Ввиду наличия четких подтверждений канцерогенности проводилось мало исследований других возможных проявлений токсичности.

Имеется множество подтверждений генотоксичности NDMA как в естественных, так и в лабораторных условиях. Для получения положительного результата в лабораторных условиях необходима активация под воздействием фракции S9 микросом печени. Недавно сделанный вывод о том, что в тесте Эймса фракции S9 человека вызывают токсичность гораздо активнее, чем фракции S9 крыс, дает основание полагать, что люди могут быть особенно восприимчивы к канцерогенному воздействию NDMA.

Хотя на людях было проведено несколько исследований типа "случай-контроль" и одно когортное исследование NDMA, ни в одном из них количественной оценки риска онкологического заболевания дано не было. Результаты подтверждают предположение о том, что потребление NDMA имеет положительную связь с раком желудка или ободочной и прямой кишки. Вместе с тем ни в одном из этих исследований не изучалась вода как путь воздействия; вместо этого в исследованиях использовались оценки совокупного поступления NDMA с пищей.

Паратион

Паратион (CAS № 56-38-2) – это применяемый во многих странах мира инсектицид несистемного действия. Он применяется в качестве фумиганта и акарицида, а также для обработки почв и листьев перед уборкой урожая самых разных сельскохозяйственных культур как на открытом воздухе, так и в теплицах. Попадающий в окружающую среду паратион активно впитывается в верхний слой почвы и, по-видимому, далее в больших количествах не проникает. Из поверхностных вод паратион исчезает примерно за неделю. Обычно паратион не воздействует на население через воздух или воду. Основным источником воздействия являются остаточные количества паратиона в продуктах питания.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1996) <i>Pesticide residues in food—1995 evaluations</i> WHO (2003) <i>Parathion in drinking-water</i>

Паратион подавляет активность холинэстеразы у всех животных, на которых проводились тесты. Двухгодичное исследование на крысах данных о канцерогенности не выявило. По заключению ССОКП, паратион не генотоксичен.

Санитарная норма 10 мкг/л для паратиона может быть рассчитана на основании ПУСП величиной 0–0,004 мг/кг массы тела, определенного исходя из УНВВНИ величиной 0,4 мг/кг массы тела в день, который был рассчитан по результатам двухгодичного исследования на крысах на основании данных об атрофии сетчатки глаз и подавлении ацетилхолинэстеразы мозга при получении последующей более высокой дозы, при факторе неопределенности 100 на меж- и внутривидовую изменчивость. Более низкие УНВВНИ, рассчитанные для подопытных животных только на основании данных о подавлении ацетилхолинэстеразы эритроцитов или мозга, для расчета не привлекались ввиду наличия УНВВНИ для подавления ацетилхолинэстеразы эритроцитов у людей, составляющего 0,1 мг/кг массы тела в день.

Объем поступления паратиона из всех источников, как правило, невелик и находится значительно ниже верхнего предела ПУСП. Поскольку санитарная норма значительно превышает те уровни концентрации, в которых паратион обычно присутствует в питьевой воде, то его присутствие в ней при обычных условиях, по всей видимости, не представляет угрозы для здоровья людей. По этой причине считается, что определять официальную нормативную величину для паратиона нет необходимости.

Пендиметалин

Пендиметалин (CAS № 40487-42-1) – это довсходовый гербицид, отличающийся крайне низкой мобильностью и очень стойкий в почве. В больших количествах (5000 тонн в год) он применяется в Японии. Пендиметалин разрушается в процессе фоторазложения, биоразложения и испарения. Риск его попадания в воду, как представляется, очень низок, однако о последующих продуктах его разложения известно мало.

Нормативная величина	0,02 мг/л (20 мкг/л)
Присутствие в воде	Судя по небольшому числу имеющихся исследований, в питьевой воде обнаруживается редко

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

ДУСП	5 мкг/кг массы тела, на основании данных о небольшом токсическом воздействии на печень даже при минимальной протестированной дозе (5 мг/кг массы тела), выявленном в рамках долгосрочного исследования на крысах, получавших пендиметалин с пищей, при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – совместно на использование ПУВВ вместо УНВВНИ и ограниченность базы данных)
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством ГХ-МС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Pendimethalin in drinking-water</i>

В ходе краткосрочного исследования на крысах, получавших пендиметалин с пищей, был выявлен ряд признаков токсического воздействия на печень, а также увеличение массы почек у самцов, получавших максимальную дозу. По результатам долгосрочного исследования поступления пендиметалина с пищей, некоторые последствия токсического воздействия (гипергликемия у мышей и гепатотоксичность у крыс) имели место даже при минимальной дозе. Судя по имеющимся данным, пендиметалин, как представляется, не оказывает значительного мутагенного воздействия. Долгосрочные исследования на мышьях и крысах не обнаружили подтверждений канцерогенности; вместе с тем эти исследования имели определенные методологические недостатки.

Пентахлорфенол

Пентахлорфенол (CAS № 87-86-5), или ПХФ, как и другие хлорфенолы, применяется главным образом для защиты древесины от грибка. Обычно основным источником воздействия пентахлорфенола являются продукты питания, если только речь не идет о конкретном загрязнении питьевой воды в данном месте ПХФ или о воздействии, которое оказывают дома из дерева, обработанного ПХФ.

Условная нормативная величина	0,009 мг/л (9 мкг/л) Нормативная величина считается условной из-за различий в процессах обмена веществ у экспериментальных животных и человека
Присутствие в воде	Уровень концентрации в пробах воды обычно ниже 10 мкг/л, хотя при определенных условиях концентрация в подземной воде может быть значительно выше
Основания для установления нормативной величины	Многоступенчатое моделирование возникновения опухоли в рамках проводившегося НПТ биотеста без коррекции на площадь поверхности тела и при учете межвидовых различий в процессах обмена веществ у экспериментальных животных и человека, когда образующийся у крыс важный метаболит является лишь второстепенным у людей
Предел обнаружения	0,005–0,01 мкг/л посредством ГХ с ЭЗД
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,4 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ

Дополнительные замечания	Концентрация ПХФ, ассоциирующаяся с верхним пороговым значением 10^{-5} избыточного риска ракового заболевания, близка к нормативной величине, установленной во втором издании, и поэтому эта нормативная величина оставлена без изменений
Дата оценки	1998 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Pentachlorophenol in drinking-water</i>

МАИР отнесло ПХФ к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека) на том основании, что фактические данные о его канцерогенности для человека не отвечают требованиям, но при этом имеется достаточно фактических данных о канцерогенности для экспериментальных животных. Эпидемиологические исследования групп населения, подвергавшихся воздействию смесей, в состав которых входил ПХФ, дали предположительные, однако неокончательные данные относительно его канцерогенности. Убедительные доказательства канцерогенности получены только для животных одного вида (мышей). Хотя в процессах обмена веществ у экспериментальных животных и человека имеются значительные различия, было признано благоразумным относиться к ПХФ как к потенциальному канцерогену.

Нефтепродукты

Нефтепродукты применяются в больших количествах, в первую очередь в качестве горючих материалов. Они представляют собой сложные смеси химических продуктов, получаемых из сырой нефти путем возгонки или разделения на фракции. Нефтепродукты состоят в основном из многочисленных алифатических и ароматических углеводородов, многие из которых крайне плохо растворяются в воде. Нефтепродукты хранятся и используются в больших количествах, и нередко происходят их утечки. Основную угрозу для питьевой воды представляют возможные утечки в воды источников, попадание в системы распределения и загрязнение в процессе очистки питьевой воды.

Причина отсутствия нормативной величины	Вкус и запах в большинстве случаев могут быть обнаружены при концентрациях ниже тех, которые представляют угрозу для здоровья, особенно при кратковременном воздействии
Дата оценки	2004 г.
Основной источник информации	WHO (2005) <i>Petroleum products in drinking-water</i>

Воздействие компонентов нефтепродуктов, содержащихся в питьевой воде, носит, как правило, кратковременный характер и происходит в результате случайных утечек или непродолжительных аварий. В результате подобных аварий общая концентрация углеводородов нефти может быть очень высокой. Вместе с тем ряд ароматических углеводородов с самой высокой растворимостью может быть выявлен по вкусу или запаху при концентрациях ниже тех, которые представляют угрозу для здоровья, особенно при кратковременном воздействии. У таких веществ, как алкилбензолы и алкилнафталины, порог восприятия вкуса и запаха составляет всего несколько микрограммов на литр. С учетом всего вышесказанного устанавливать официальную санитарную нормативную величину для нефтепродуктов в питьевой воде признано нецелесообразным.

В случае утечки, возможно, появится необходимость провести оценку риска для здоровья с учетом конкретных обстоятельств. Тот факт, что нефтепродукты представляют собой сложные смеси многих отдельных углеводородов, затрудняет

оценку потенциального риска для потребителей. Соответственно, традиционный метод, предусматривающий оценку каждого отдельного химического вещества на предмет риска в связи с его присутствием в питьевой воде, в данном случае крайне неэффективен. В целях решения этой проблемы имеет смысл рассмотреть отдельные группы углеводородных фракций и определить соответствующие приемлемые уровни концентрации для этих фракций. Наиболее широко распространенным является метод, разработанный Группой по разработке общих критериев для углеводородов нефти в США и предусматривающий разделение всех углеводородов нефти на серии алифатических и ароматических фракций, исходя из количества атомов углерода и точек кипения, в целях получения эквивалентных углеродных чисел.

Подобный прагматичный подход создает надлежащую основу для оценки потенциальных рисков для здоровья в случаях крупномасштабного загрязнения питьевой воды нефтепродуктами. Расчетная доля поступления с питьевой водой для различных фракций, составляющая 10% от референсной дозы для каждой из них, эквивалентной ДУСП, позволяет получить консервативную оценку риска. Хотя в основе этого подхода лежит анализ углеводородных фракций, большинство из них малорастворимо и наиболее растворимые фракции, состоящие в значительной части из ароматических углеводородов с меньшей молекулярной массой, будут присутствовать в более высокой концентрации.

pH

Санитарная нормативная величина для pH не предлагается. Хотя pH обычно не оказывает непосредственного воздействия на потребителей, это один из важнейших эксплуатационных параметров качества воды (см. главу 10).

Причина отсутствия нормативной величины	Не представляет угрозы для здоровья в количествах, встречающихся в питьевой воде
Дополнительные замечания	Важный эксплуатационный параметр качества воды
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2007) <i>pH in drinking-water</i>

2-фенилфенол и его натриевая соль

2-фенилфенол (CAS № 90-43-7) применяется в качестве дезинфицирующего, антибактериального и противовирусного средства. В сельском хозяйстве он используется для дезинфекции фруктов, овощей и яиц. Кроме того, он применяется для общей дезинфекции поверхностей в больницах, домах престарелых, ветеринарных клиниках, птицефермах, животноводческих фермах, прачечных, парикмахерских и на предприятиях пищевой промышленности. В поверхностных водах 2-фенилфенол быстро распадается – период его полураспада в речной воде составляет примерно одну неделю.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2000) <i>Pesticide residues in food—1999 evaluations</i> WHO (2003) <i>2-Phenylphenol and its sodium salt in drinking-water</i>

Степень токсичности 2-фенилфенола определена как низкая. Как 2-фенилфенол, так и его натриевая соль канцерогенны для самцов крыс, а 2-фенилфенол канцерогенен

для самцов мышей. Вместе с тем опухоли мочевого пузыря, наблюдавшиеся у самцов крыс, и опухоли печени, наблюдавшиеся у самцов мышей, подвергавшихся воздействию 2-фенилфенола, являются, по-видимому, пороговыми явлениями, определяемыми видом и полом. По заключению ССОКП, 2-фенилфенол вряд ли является канцерогеном, представляющим угрозу для человека. Хотя сформированная МАИР рабочая группа отнесла натриевую соль 2-фенилфенола к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека), а 2-фенилфенол к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека), ССОКП отметило, что в основу применяемой МАИР классификации положено выявление опасных факторов, а не оценка риска и эта классификация, соответственно, исходит из опубликованных материалов без учета данных неопубликованных исследований токсичности и канцерогенности. ССОКП также пришлось к выводу, что некоторые проблемы генотоксического потенциала 2-фенилфенола пока остаются нерешенными.

Санитарная норма 1 мг/л для 2-фенилфенола может быть рассчитана, исходя из ПУСП величиной 0–0,4 мг/кг массы тела, определенного на основании УНВВНИ величиной 39 мг/кг массы тела в день, который был установлен по результатам двухгодичного исследования токсичности, выявившего случаи замедленного увеличения массы тела, гиперплазии мочевого пузыря и канцерогенного воздействия на мочевой пузырь у самцов крыс, при факторе неопределенности 100 на меж- и внутривидовую изменчивость. Вместе с тем, ввиду низкой степени токсичности 2-фенилфенола, определенная для него санитарная норма намного выше, чем те концентрации, в которых 2-фенилфенол обычно присутствует в питьевой воде. Соответственно, присутствие 2-фенилфенола в питьевой воде при обычных условиях вряд ли представляет угрозу для здоровья людей. Исходя из этого, было признано, что устанавливать нормативную величину для 2-фенилфенола нет необходимости.

Полициклические ароматические углеводороды

Полициклические ароматические углеводороды, или ПАУ, образуют класс различных органических веществ, каждое из которых содержит два или более сочлененных ароматических кольца атомов углерода и водорода. Большинство ПАУ поступают в окружающую среду через атмосферу в результате различных процессов сжигания и из источников пиролиза. Вследствие своей низкой растворимости и высокого сродства с твердыми частицами эти вещества обычно не встречаются в воде в сколько-нибудь заметных концентрациях. Основным источником загрязнения питьевой воды ПАУ является обычно битумное покрытие водопроводных труб, применяемое для их защиты от коррозии. ПАУ, чаще всего обнаруживаемым в воде, является флуорантен, содержащийся прежде всего в битумной обшивке чугунных или кованых водопроводных труб. ПАУ обнаруживались в различных продуктах питания, попадая в них воздушно-капельным путем, а также в рыбе, выловленной в загрязненных водах. ПАУ также образуются при применении определенных способов приготовления пищи, например при ее жарке на углях, на гриле, на шампурах, на сковороде или при запекании. Основным источником воздействия ПАУ на население являются продукты питания, а также атмосферный воздух и воздух внутри помещений. Степень воздействия ПАУ может повышаться при использовании открытого огня для обогрева и приготовления пищи, что распространено прежде всего в развивающихся странах. В случае повышенного уровня загрязнения ПАУ из битумного покрытия водопроводных труб объемы поступления ПАУ с питьевой водой могут быть такими же, что и с продуктами питания, и даже превосходить их.

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Нормативная величина	<i>Бензапирен</i> : 0,0007 мг/л (0,7 мкг/л)
Присутствие в воде	Содержание ПАУ в незагрязненных почвенных водах обычно находится в диапазоне 0–5 нг/л; уровень концентрации в загрязненной подземной воде может превышать 10 мкг/л; обычный диапазон суммарной концентрации отдельных ПАУ в питьевой воде составляет от примерно 1 нг/л до 11 мкг/л
Основания для установления нормативной величины	На основании данных о канцерогенном воздействии при пероральном введении у мышей; рассчитан с применением двухступенчатой модели мутаций при рождении и гибели, которая предполагает различные варианты дозирования и времени умерщвления; точность этой величины подтвердил количественный анализ дозозависимой реакции на опухоли, проведенный по результатам новых исследований на мышах канцерогенного воздействия бензапирена при его пероральном потреблении, в ходе которых использовалось меньшее количество дозовых групп
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством ГХ-МС и обращенно-фазовой ВЭЖХ с флуоресцентным детектором
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,05 мкг/л может быть обеспечен посредством коагуляции
Дополнительные замечания	Присутствие бензапирена в значительных концентрациях в питьевой воде при отсутствии очень высоких концентраций флуорантена свидетельствует о наличии частиц битумного покрытия, что может быть следствием серьезного повреждения битумной обшивки труб Рекомендуется в дальнейшем отказаться от применения битумных и аналогичных им материалов для обшивки труб и покрытия резервуаров для хранения воды
Дата оценки	1998 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Polynuclear aromatic hydrocarbons in drinking-water</i>
Причина отсутствия нормативной величины	<i>Флуорантен</i> : встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	1998 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Polynuclear aromatic hydrocarbons in drinking-water</i>

Данные о том, что смеси ПАУ являются канцерогенными для человека веществами, получены в основном из исследований, изучавших их воздействие на работников при вдыхании и контакте с кожей. Данных о воздействии на людей при пероральном поступлении нет. Имеется небольшое количество данных о токсичности других, помимо бензапирена, ПАУ при их пероральном поступлении, прежде всего с питьевой водой. Относительная активность ПАУ, оказывающих канцерогенное воздействие, была установлена путем сопоставления данных исследований воздействия при попадании в организм через кожу и других видов воздействия. Порядок активности различных ПАУ примерно одинаков, и поэтому данная схема позволяет получить полезную информацию об активности ПАУ в сравнении с активностью бензапирена.

Санитарная норма 4 мкг/л для флуорантена может быть рассчитана, исходя из УНВВНИ величиной 125 мг/кг массы тела в день, определенного на основании повышения уровней глутамат-пируват-трансаминазы сыворотки крови, патологии почек и печени и клинических и гематологических изменений, которые были выявлены в ходе 13-недельного исследования на мышах, получавших вещество перорально через желудочный зонд, при факторе неопределенности 10 000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость, 10 – на применение данных исследования субхронического воздействия и недостатка базы данных и 10 – на наличие

убедительных доказательств совместного с бензапиреном канцерогенного воздействия, полученных в ходе исследований кожных аппликационных проб у мышей). Вместе с тем эта санитарная норма значительно превышает обычный уровень концентрации в питьевой воде. Соответственно, при нормальных условиях присутствие флуорантена не представляет угрозы для здоровья людей. Исходя из этого, было признано, что устанавливать нормативную величину для флуорантена нет необходимости.

Калий

Калий является жизненно важным для человека элементом, крайне редко присутствующим в питьевой воде в концентрации, которая могла бы представлять угрозу для здоровья людей. Рекомендуемая ежедневная доза калия превышает 3000 мг. Калий широко распространен в окружающей среде, в том числе во всех естественных водоемах. Он может также присутствовать в питьевой воде, попадая в нее в результате применения перманганата калия в качестве окислителя при обработке воды. В некоторых странах хлорид калия используется в процессе ионного обмена, смягчающего воду для бытовых нужд, вместо хлорида натрия или в смеси с ним, и в результате происходит обмен ионов калия с ионами кальция и магния. Поступали предложения о полной или частичной замене солей натрия солями калия при обработке опресненной воды. Однако на данный момент это вряд ли возможно из-за стоимостной разницы.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2009 г.
Основной источник информации	WHO (2009) <i>Potassium in drinking-water</i>

На текущий момент нет данных о том, что уровень содержания калия в обработанной коммунальными службами питьевой воде может представлять какой-либо риск для потребителей, даже если такая обработка проводилась перманганатом калия. Считается, что устанавливать санитарную нормативную величину для калия в питьевой воде нет необходимости.

Хотя калий может оказать некоторое воздействие на здоровье лиц, особо чувствительных к его воздействию, количество поступающего с питьевой водой калия значительно ниже уровня, на котором могут проявляться негативные последствия для здоровья. Опасения в плане воздействия на здоровье могут возникать лишь относительно потребления питьевой воды, обработанной методами на основе калия (прежде всего хлоридом калия для восстановления составов, смягчающих воду путем ионного обмена), однако такая вода может оказывать влияние лишь на людей, относящихся к группам высокого риска (например, на лиц, страдающих нарушениями функций почек или другими заболеваниями, в том числе болезнями сердца, болезнями коронарной артерии, гипертонией, диабетом, недостаточностью надпочечников, предшествующей гиперкалиемией, на лиц, которые принимают лекарства, влияющие на обычные калийзависимые функции организма, а также на пожилых людей и детей грудного возраста). Таким людям рекомендуется в индивидуальном порядке обращаться к врачам за консультацией по поводу необходимости отказаться от потребления (для питья или приготовления пищи) воды, обработанной смягчителями с хлоридом калия.

Если лицам, относящимся к группам высокого риска, врачи советуют избегать слишком большого количества калия в питьевой воде, им рекомендуется ограничивать

количество калия, добавляемого в предназначенную для потребления воду, или избегать употребления такой воды. Для этого можно отказаться от обработки части воды смягчителем – подобный метод рекомендуется в ряде стран. Хотя технологии удаления калия существуют, они обычно более дорогостоящи, а в сочетании со смягчением воды – излишни.

Пропанил

Пропанил (CAS № 709-98-8) – это контактный послевсходовый гербицид, применяемый для борьбы с широколистными и травянистыми сорняками, прежде всего на рисовых плантациях. Это мобильное вещество, которое способно проникать в резервуары для воды. Вместе с тем пропанил неустоек и при обычных условиях легко трансформируется в ряд метаболитов. Два из этих метаболитов – 3,4-дихлоранилин и 3,3',4,4'-тетрахлороазобензол – более токсичны и более стойки, чем исходное соединение. Пропанил, хотя он и применяется в ряде стран, в подземных водах обнаруживается редко.

Причина отсутствия нормативной величины	Легко трансформируется в более токсичные метаболиты; нормативная величина для исходного соединения считается нецелесообразной; отсутствуют данные, позволяющие определить нормативную величину для метаболитов
Дата оценки	2003 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Propanil in drinking-water</i>

Хотя санитарную норму для пропанила рассчитать можно, это не было сделано, поскольку пропанил легко трансформируется в более токсичные метаболиты. Поэтому нормативная величина для исходного соединения считается нецелесообразной, а необходимые данные по метаболитам, которые позволили бы определить нормативную величину для них, отсутствуют. Органам власти следует изучить вопрос о возможном присутствии в воде более токсичных метаболитов, образующихся в окружающей среде.

Селен

Селен присутствует в земной коре, нередко сопутствуя серосодержащим минералам. Селен – это жизненно важный микроэлемент, и основным его источником для населения в целом являются такие продукты, как зерновые, мясо и рыба. Уровень содержания селена в продуктах питания также значительно варьируется в зависимости от района их производства. Вместе с тем даже в районах с высокой концентрацией селена доля его поступления с питьевой водой относительно невелика в сравнении с поступлением с произведенными в этих районах продуктами питания.

Условная нормативная величина	0,04 мг/л (40 мкг/л) Нормативная величина рассчитана как условная из-за неточности сведений в базе научных данных
Присутствие в воде	В большинстве случаев селен содержится в питьевой воде в концентрации значительно ниже 10 мкг/л, за исключением некоторых районов с повышенным содержанием селена

РУКОВОДСТВО ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Основания для установления нормативной величины	Расчетная доля потребления с водой в размере 20% от верхнего предела допустимого потребления 400 мкг/день обеспечивает разумный баланс, который может помочь регулирующим органам и поставщикам воды в принятии решений относительно возможной необходимости принимать дальнейшие меры
Предел обнаружения	0,5 мкг/л посредством ААС с генерацией гидридов
Эффективность обработки/очистки воды	Селен не удаляется обычными методами обработки; имеются данные об удалении селена из воды в значительных количествах методами абсорбции активированным алюминием, ионного обмена, обратного осмоса и нанофльтрации
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • потребление 	<p>20% от верхнего предела допустимого потребления</p> <p>2 литра в день</p>
Дополнительные замечания	<p>При расчете соответствующей нормативной величины для селена в питьевой воде важно обеспечить необходимый баланс между рекомендуемой дозой потребления и уровнем нежелательного потребления. Если в большинстве районов мира уровень концентрации селена в питьевой воде не превышает 10 мкг/л, при некоторых условиях содержание селена может значительно превышать обычные концентрации, и в данном случае может возникнуть необходимость в разработке рекомендаций. Если уровень поступления селена с пищей известен, эти данные следует использовать для расчета концентрации, обеспечивающей безопасное и достаточное поступление селена. Если уровень поступления селена с пищей неизвестен, то может возникнуть необходимость в разработке рекомендаций</p> <p>Большинству государств-членов рекомендации относительно селена, содержащегося в питьевой воде, не требуются. Государствам-членам, в которых есть районы с высоким уровнем поступления селена из различных источников, в том числе, возможно, из питьевой воды, следует при определении мер снижения воздействия учитывать воздействие из всех источников. Что касается питьевой воды, то к числу таких мер может относиться использование альтернативных источников, смешивание воды из источников с низким содержанием селена с водой из источников с высоким содержанием селена, а также изучение вопроса об удалении селена</p>
Дата оценки	2010 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2004) <i>Vitamin and mineral requirements in human nutrition</i> WHO (2011) <i>Selenium in drinking-water</i>

Селен является жизненно важным элементом для людей, и есть свидетельства того, что поступление селена в организм во многих странах мира, в том числе в странах Западной Европы, может находиться на предельно низком уровне. Возможные негативные последствия дефицита селена зависят, как представляется, от ряда факторов, в число которых входит общее состояние здоровья и питания. Крайне низкий уровень селена в организме человека может быть причиной юношеского многоочагового миокардита – так называемой кэшаньской болезни, а также хондродистрофии, известной как болезнь Кашина–Бека. Ряд исследований также показали, что уровень селена в крови обратно пропорционален частоте случаев различных видов раковых заболеваний.

Поступление высоких доз селена в организм также связано с рядом заболеваний и может вызывать негативные последствия для здоровья, однако и в этом случае, как представляется, большую роль также играют другие факторы. К числу симптомов у людей с высоким содержанием селена в моче относились расстройства пищеварительного тракта, обесцвечивание кожи, разрушение зубов и ногтей, выпадение волос, деформация ногтей и изменения в периферической нервной системе. Имели место и небольшие изменения биохимического состава крови. Сообщается об

одном случае токсического воздействия селена, напрямую связанного с источником воды (когда концентрация селена в колодезной воде составляла 9 мг/л). Установлено, что средняя доза селена в пище, вызывающая отравление селеном, превышает 900 мкг/день.

Поскольку селен является жизненно важным элементом, ряд национальных и международных организаций приняли рекомендуемую дозу ежедневного поступления селена. Совместная экспертиза ФАО/ВОЗ рекомендовала для детей грудного и более старшего возраста дозу селена 6–21 мкг в день в зависимости от возраста, для подростков – девушек и юношей соответственно 26 и 30 мкг, а для взрослых женщин и мужчин соответственно 26 и 35 мкг селена в день.

Из-за риска неблагоприятных последствий воздействия чрезмерных доз селена ряд национальных и международных организаций установили верхние предельные уровни воздействия. ФАО и ВОЗ определили верхний для селена допустимый уровень потребления селена как 400 мкг/день.

Серебро

Серебро имеет природное происхождение, присутствуя в основном в форме крайне малорастворимых и немобильных оксидов, сульфидов и некоторых солей. В отдельных случаях оно обнаруживается в подземных водах, поверхностных водах и питьевой воде в концентрациях свыше 5 мкг/л. Уровень содержания в питьевой воде, обработанной серебром в целях дезинфекции, может быть более 50 мкг/л. По последним оценкам, ежедневная доза составляет около 7 мкг на человека.

Причина отсутствия нормативной величины	Имеющиеся данные не позволяют рассчитать санитарную нормативную величину
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Silver in drinking-water</i>

Лишь небольшая часть серебра абсорбируется. Уровень удержания у людей и лабораторных животных колеблется в диапазоне от 0 до 10%.

Единственный очевидный признак передозировки серебра – это аргириоз, при котором кожа и волосы сильно обесцвечиваются под воздействием накапливающегося в тканях серебра. УНВВНИ для аргириоза, составляющий для людей 10 г серебра при пероральном потреблении в течение жизни, был рассчитан на основании сообщений о случаях заболеваний людей и долгосрочных экспериментов на лабораторных животных.

Низкое содержание серебра в питьевой воде, как правило на уровне менее 5 мкг/л, не влияет на здоровье человека и не вызывает аргириоза. Вместе с тем в особых ситуациях соли серебра могут использоваться для поддержания бактериологического качества питьевой воды. В этих случаях приемлемыми и не представляющими риска для здоровья являются более высокие уровни содержания серебра – до 0,1 мг/л (при этой концентрации совокупная доза в течение 70 лет составит половину от рассчитанного для человека УНВВНИ величиной 10 г).

Надлежащие данные, которые позволили бы рассчитать санитарную нормативную величину для серебра в питьевой воде, отсутствуют.

Симазин

Симазин (CAS № 122-34-9) – это доксодовый гербицид, применяемый как в отношении ряда сельскохозяйственных культур, так и на незасеваемых территориях.

Симазин крайне устойчив к процессам физического и химического разложения в почве. В окружающей среде он стоек и мобилен.

Нормативная величина	0,002 мг/л (2 мкг/л)
Присутствие в воде	Часто обнаруживается в подземной воде и поверхностной воде в концентрации до нескольких микрограммов на литр
ДУСП	0,52 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 0,52 мг/кг массы тела, рассчитанного по результатам долгосрочного исследования на крысах (на основании изменения веса, воздействия на параметры крови и увеличения количества случаев рака молочной железы), при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – на возможное негенотоксическое канцерогенное воздействие)
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством ГХ-МС; 0,1–0,2 мкг/л посредством ГХ с пламенно-термоионным детектором
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Simazine in drinking-water</i>

Как представляется, симазин не генотоксичен для млекопитающих. Недавние исследования зафиксировали рост количества случаев рака молочной железы у самок крыс, но не выявили никаких последствий для мышей. МАИР отнесло симазин к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека).

Натрий

Соли натрия (например, хлорид натрия) присутствуют практически во всех продуктах питания (выступающих в качестве основного источника ежедневного воздействия) и в питьевой воде. Хотя концентрация натрия в питьевой воде обычно составляет менее 20 мг/л, в некоторых странах этот уровень может значительно превышать. Содержание солей натрия в воздухе обычно низко в сравнении с их содержанием в пище или воде. Следует отметить, что некоторые вещества – смягчители воды могут существенно увеличивать содержание натрия в питьевой воде.

Причина отсутствия нормативной величины	Не представляет угрозы для здоровья в количествах, встречающихся в питьевой воде
Дополнительные замечания	Может влиять на приемлемость питьевой воды
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Sodium in drinking-water</i>

Однозначные выводы о возможной связи между натрием в питьевой воде и распространенностью гипертонической болезни сделать невозможно. Соответственно, санитарная нормативная величина не предлагается. Вместе с тем концентрация на уровне свыше 200 мг/л может сделать вкус воды неприемлемым (см. главу 10).

Дихлоризоцианурат натрия

Дихлоризоцианурат натрия – это натриевая соль хлорсодержащего гидрокситриазина, применяемая в качестве источника свободного активного хлора в форме хлорноватистой кислоты для дезинфекции воды. Он находит широкое применение как стабильный источник хлора для дезинфекции бассейнов и в пищевой промышленности. Кроме того, он применяется как средство дезинфекции питьевой воды, прежде всего, в чрезвычайных ситуациях, когда он выступает в качестве удобного в использовании источника свободного хлора, а с недавнего времени – и как хлорсодержащего вещества для обработки воды в точках ее использования в домохозяйствах.

Нормативные величины	<i>Дихлоризоцианурат натрия</i> : 50 мг/л (50 000 мкг/л) <i>Циануровая кислота</i> : 40 мг/л (40 000 мкг/л)
Присутствие в воде	В случае применения дихлоризоцианурата натрия для дезинфекции питьевой воды воздействие будут оказывать как хлорсодержащие вещества, так и остаточные количества циануровой кислоты. Уровень концентрации будет напрямую определяться количеством вещества, вносимым в воду для обеспечения необходимой дезинфекции
ДУСП	2,2 мг/кг массы тела для безводного дихлоризоцианурата натрия и 1,54 мг/кг массы тела для циануровой кислоты, исходя из УНВ величиной 154 мг/кг массы тела в день (что эквивалентно величине 220 мг/кг массы тела в день для безводного дихлоризоцианурата), установленного на основании случаев поражения мочевых путей и сердца, которые были выявлены в ходе двухгодичного исследования на крысах, подвергавшихся воздействию цианурата натрия, при факторе неопределенности 100 на меж- и внутривидовую изменчивость
Предел обнаружения	0,001 мг/л посредством ГХ с селективным пламенно-термоионным детектором; 0,05 мг/л посредством обращенно-фазовой ЖФХ с УФ-детектированием; 0,09 мг/л посредством ГХ с МС с выборочным ионным мониторингом
Эффективность обработки/очистки воды	При очень больших дозах хлора (до 10 мг/л) концентрация цианурата натрия будет меньше 11 мг/л. В чрезвычайных ситуациях возможно "пополнение" для поддержания остаточного содержания свободного хлора, однако поощрять подобную практику не следует. В случае ее применения концентрация цианурата натрия может подняться до нежелательного уровня. В подобных ситуациях рекомендуется отслеживать уровень концентрации цианурата натрия
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	<ul style="list-style-type: none"> 80% ДУСП 60 кг – взрослый человек 2 литра в день
Дополнительные замечания	<p>Основными факторами являются уровень свободного хлора и остаточное содержание циануровой кислоты, особенно в ситуации, когда в чрезвычайных обстоятельствах в статическую систему вносится дополнительное количество хлора. При нормальных условиях свободный хлор должен быть в концентрации, не придающей воде неприемлемого вкуса и не превышающей нормативной величины для свободного хлора – 5 мг/л</p> <p>Применяемый для дезинфекции питьевой воды дихлоризоцианурат натрия должен быть соответствующей степени очистки, чтобы не допустить увеличения содержания каких бы то ни было неорганических или органических загрязнителей в питьевой воде. Это вещество следует вносить в количествах, минимально необходимых для надлежащей дезинфекции, и необходимо регулировать содержание циануровой кислоты, поддерживая его на минимально допустимом уровне</p>

Дата оценки	2007 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2004) <i>Evaluation of certain food additives and contaminants</i> WHO (2008) <i>Sodium dichloroisocyanurate in drinking-water</i>

Исследования токсического воздействия цианурата натрия могут использоваться для оценки безопасности дихлоризоцианурата натрия, поскольку оставшиеся в питьевой воде в неизменном виде любые количества дихлоризоцианурата натрия в результате контакта со слюной быстро превращаются в циануровую кислоту. Уровень острого токсического воздействия как дихлоризоцианурата натрия, так и цианурата натрия при пероральном введении низок. Цианурат натрия не оказывает генотоксического, канцерогенного или тератогенного воздействия. УНВ, на базе которого рассчитывалась нормативная величина, был установлен на основании многочисленных случаев поражения мочевых путей (камни и гиперплазия, кровоточивость и воспаление эпителия мочевого пузыря, расширение и воспаление мочеточника и нефроз почечных канальцев) и сердца (острый миокардит, некроз и обызвествление сосудов), которые были выявлены у самцов крыс, получавших следующую более высокую дозу.

Стирол

Стирол, применяемый прежде всего для производства пластмасс и смол, обнаруживается в остаточных количествах в поверхностной воде, питьевой воде и продуктах питания. В промышленных зонах результатом воздействия через воздух может стать поступление в организм нескольких сотен микрограммов в день. Курение может почти в 10 раз увеличивать дозу суточного воздействия.

Нормативная величина	0,02 мг/л (20 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживался в питьевой воде и поверхностной воде в концентрациях ниже 1 мкг/л
ДУСП	7,7 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 7,7 мг/кг массы тела в день, установленного на основании снижения массы тела, которое было выявлено в ходе двухгодичного исследования на крысах, получавших стирол с питьевой водой, при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – на канцерогенность и генотоксичность промежуточного вещества реакции – стирол-7,8-оксида)
Предел обнаружения	0,3 мкг/л посредством ГХ с фотоионизационным детектором и подтверждением посредством МС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,02 мг/л может быть обеспечен посредством применения ГАУ
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	<p>10% ДУСП</p> <p>60 кг – взрослый человек</p> <p>2 литра в день</p>
Дополнительные замечания	В концентрации, соответствующей нормативной величине, может влиять на приемлемость питьевой воды
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Styrene in drinking-water</i>

Стирол, попавший в организм пероральным путем или через органы дыхания, быстро абсорбируется и распространяется по всему организму, активнее всего – в

жировых отложениях. Он трансформируется в активное промежуточное вещество – стирол-7,8-оксид, который соединяется с глутатионом или подвергается дальнейшей метаболизации. Метаболиты быстро и практически полностью выводятся с мочой. Уровень острой токсичности стирола не высок. В ходе краткосрочных исследований токсического воздействия на крысах наблюдались подавление активности глутатионтрансферазы и снижение концентрации глутатиона. В ходе тестов, проводившихся в лабораторных условиях, стирол проявлял мутагенные свойства только в условиях метаболической активации. Тестирование как в лабораторных, так и в естественных условиях выявило хромосомные aberrации, в основном при больших дозах стирола. Промежуточное вещество реакции – стирол-7,8-оксид – является мутагеном прямого действия. В ходе долгосрочных исследований поступающий в организм перорально стирол увеличивал при больших дозах частоту случаев опухоли легких у мышей, но не оказывал канцерогенного воздействия на крыс. Стирол-7,8-оксид, введенный крысам перорально, оказывал на них канцерогенное воздействие. МАИР отнесло стирол к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека). По имеющимся данным, канцерогенное воздействие стирола связано с перегрузкой механизма устранения токсического действия стирол-7,8-оксида (например, истощения глутатиона).

Сульфат-ион

Сульфаты являются природным компонентом многих минералов и имеют хозяйственное применение, прежде всего в химической промышленности. Они попадают в воду с промышленными отходами, а также осаждаются из атмосферы; вместе с тем в самых высоких концентрациях они обычно присутствуют в подземных водах, попадая в них из природных источников. В целом средняя суточная доза поступления сульфат-аниона с питьевой водой, воздухом и продуктами питания составляет около 500 мг, причем основным источником поступления является пища. Однако там, где источники питьевой воды содержат сульфаты в высокой концентрации, питьевая вода может стать основным источником их поступления в организм.

Причина отсутствия нормативной величины	Не представляет угрозы для здоровья в количествах, встречающихся в питьевой воде
Дополнительные замечания	Может влиять на приемлемость питьевой воды
Дата оценки	2003 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Sulfate in drinking-water</i>

В имеющейся литературе нет указаний относительно того, какое содержание сульфат-иона в питьевой воде может вызывать неблагоприятные последствия для здоровья человека. По данным исследования, в ходе которого поросята получали сульфат-ион с жидкой пищей, а также исследования водопроводной воды на волонтерах, послабляющее действие сульфат-анион оказывал в концентрациях 1000–1200 мг/л, однако при этом не было зафиксировано диареи, обезвоживания или потери веса.

Санитарная норма для сульфат-иона не предлагается. Вместе с тем поскольку потребление питьевой воды с высоким содержанием сульфатов оказывает воздействие на желудочно-кишечную систему, рекомендуется информировать органы здравоохранения об источниках питьевой воды, концентрация сульфат-иона в которых

превышает 500 мг/л. Присутствие сульфат-иона в питьевой воде может также заметно изменять ее вкус (см. главу 10) и усиливать коррозию в системах распределения воды.

2,4,5-Т

Период полураспада хлорфеноксигербицидов, в том числе 2,4,5-Т (CAS № 93-76-5), известного также как (2,4,5-трихлорфенокси)уксусная кислота, составляет в окружающей среде порядка нескольких дней. В продуктах питания хлорфеноксигербициды обнаруживаются редко.

Нормативная величина	0,009 мг/л (9 мкг/л)
Присутствие в воде	В питьевой воде хлорфеноксигербициды обнаруживаются редко; в случае обнаружения их концентрация не превышает нескольких микрограммов на литр
ДУСП	3 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 3 мг/кг массы тела, установленного на основании снижения темпов увеличения массы тела, увеличения массы печени и почек и почечной токсичности, которые были выявлены в ходе двухгодичного исследования на крысах, при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – для учета взаимосвязи между 2,4,5-Т и саркомой мягких тканей и неходжкинской лимфомой, предположительно обнаруженной в ходе эпидемиологических исследований)
Предел обнаружения	0,02 мкг/л посредством ГХ с ЭЗД
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Chlorophenoxy herbicides (excluding 2,4-D and MCPA) in drinking-water</i>

Как единую группу МАИР отнесло хлорфеноксигербициды к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека). Вместе с тем имеющиеся данные по результатам исследований подвергшихся воздействию населения и экспериментальных животных не позволяют оценить канцерогенный потенциал каждого отдельного хлорфеноксигербицида для человека. Соответственно, рекомендации по питьевой воде в отношении данных веществ исходят из пороговых оценок других видов токсического воздействия. УНВВНИ 2,4,5-Т, не содержащего диоксина (< 0,03 мкг/кг), для воздействия на репродуктивную систему (снижение показателей выживаемости новорожденных, снижение репродуктивных способностей, относительной массы печени и зубной железы у детенышей в помете), определенный на основании исследования репродуктивной функции на трех поколениях крыс, такой же, как УНВВНИ, рассчитанный на основании снижения темпов увеличения массы тела, массы печени и почек и почечной токсичности, которые были выявлены в ходе исследования токсического воздействия, в рамках которого крысы в течение 2 лет получали 2,4,5-Т (практически без загрязнения диоксином) с пищей.

Тербутилазин

Тербутилазин (CAS № 5915-41-3), или ТБА, является гербицидом, относящимся к семейству хлортриазинов и применяемый для довсходовой и послевсходовой обработки различных сельскохозяйственных культур, а также в лесном хозяйстве. На разложение ТБА в природной воде влияет наличие осадка и биологическая активность.

Нормативная величина	0,007 мг/л (7 мкг/л)
Присутствие в воде	Уровень концентрации в воде редко превышает 0,2 мкг/л, хотя вещество обнаруживалось и в более высоких концентрациях
ДУСП	2,2 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 0,22 мг/кг массы тела, установленного на основании замедления темпов увеличения массы тела при воздействии следующей более высокой дозы, которое было выявлено в ходе двухгодичного исследования токсичности/канцерогенности на крысах, при факторе неопределенности 100 (на меж- и внутривидовую изменчивость)
Предел обнаружения	0,1 мкг/л посредством ВЭЖХ с УФ-детектированием
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дата оценки	1998 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Terbutylazine in drinking-water</i>

Фактические данные о канцерогенности или мутагенности ТБА отсутствуют. В ходе долгосрочного исследования на крысах, получавших ТБА с пищей, наблюдались изменение параметров красных кровяных телец у самок, повышение частоты случаев нераковых поражений печени, легких, щитовидной железы и тестикул, а также небольшое замедления темпов увеличения массы тела.

Тетрахлорэтен

Тетрахлорэтен используется, прежде всего, в качестве растворителя на предприятиях сухой химической чистки, а также, в меньших масштабах, как обезжиривающий растворитель. Тетрахлорэтен широко распространен в окружающей среде и в остаточных количествах обнаруживается в воде, водных организмах, воздухе, продуктах питания и тканях человеческого организма. Наиболее высокие фоновые уровни тетрахлорэтена были обнаружены на предприятиях, занимающихся химической чисткой и обезжириванием металлов. Выбросы могут в отдельных случаях становиться причиной высокой концентрации тетрахлорэтена в подземной воде. В анаэробной подземной воде тетрахлорэтен может распадаться на более токсичные вещества, в том числе винилхлорид.

Нормативная величина	0,04 мг/л (40 мкг/л)
Присутствие в воде	Обычные уровни концентрации в питьевой воде ниже 3 мкг/л, хотя гораздо более высокое содержание обнаруживалось в колодезной воде (23 мг/л) и в загрязненной подземной воде (1 мг/л)

ДУСП	14 мкг/кг массы тела, на основании токсического воздействия на печень, выявленного в ходе шестинедельного исследования на самцах мышей, получавших вещество через пищевой зонд, и 90-дневного исследования на самцах и самках крыс, получавших вещество с питьевой водой, с учетом канцерогенного потенциала (но не кратковременности исследования, принимая во внимание базу данных и соображения относительно введения дозы с питьевой водой в рамках одного из двух исследований критических факторов)
Предел обнаружения	0,2 мкг/л посредством ГХ с ЭЗД; 4,1 мкг/л посредством ГХ-МС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,001 мг/л может быть обеспечен посредством отгонки воздухом
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	<p>10% ДУСП</p> <p>60 кг – взрослый человек</p> <p>2 литра в день</p>
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Tetrachloroethene in drinking-water</i>

В высоких концентрациях тетрахлорэтен подавляет деятельность центральной нервной системы. По имеющимся данным, более низкие концентрации тетрахлорэтена оказывают негативное воздействие на печень и почки. МАИР отнесло тетрахлорэтен к Группе 2А (вещества, весьма вероятно канцерогенные для человека). Имеется информация о том, что тетрахлорэтен вызывает опухоли печени у самцов и самок мышей, а также некоторые данные о случаях мононуклеарного клеточного лейкоза у самцов и самок крыс и об опухолях почек у самцов крыс. Судя по общим данным исследований, проводившихся в целях оценки генотоксичности тетрахлорэтена и в том числе его способности вызывать как в лабораторных, так и в естественных условиях поломки одноцепочечной ДНК, мутации половых клеток и хромосомные aberrации, тетрахлорэтен не генотоксичен.

Толуол

Толуол в основном применяется при изготовлении смесей бензинов (в составе бензолотолуоло-этилбензоло-ксилоловых смесей). Кроме того, он используется в качестве растворителя и сырья для химической промышленности. Основное воздействие толуол оказывает через воздух. Степень воздействия повышается при курении и в потоке автотранспорта.

Нормативная величина	0,7 мг/л (700 мкг/л)
Присутствие в воде	Уровень концентрации, выявленный в поверхностных водах, подземных водах и питьевой воде, составляет несколько микрограммов на литр; точечные выбросы могут увеличивать концентрацию в подземной воде (до 1 мг/л); кроме того, толуол может проникать из загрязненной почвы внутрь пластиковых труб
ДУСП	223 мкг/кг массы тела, исходя из ПУВВ величиной 312 мг/кг массы тела в день, установленного на основании небольшого токсического воздействия на печень, которое было выявлено в ходе 13-недельного исследования на крысах, получавших вещество через желудочный зонд, с коррекцией на размер суточной дозы и при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – на кратковременность исследования и применение ПУВВ вместо УНВНИ)
Предел обнаружения	0,13 мкг/л посредством ГХ с ПИД; 6 мкг/л посредством ГХ-МС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,001 мг/л может быть обеспечен посредством отгонки воздухом

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Нормативная величина превышает приводимый в литературе нижний порог восприятия запаха толуола в воде
Дата оценки	2003 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Toluene in drinking-water</i>

Толуол полностью абсорбируется из желудочно-кишечного тракта и быстро распространяется по организму, откладываясь преимущественно в жировой ткани. Толуол быстро трансформируется и после конъюгации выводится преимущественно с мочой. При воздействии толуола через органы дыхания на лиц, сталкивающихся с ним по роду профессиональной деятельности, у них отмечались случаи нарушения функций центральной нервной системы и раздражения слизистых оболочек. Уровень острого токсического воздействия низок. Толуол оказывает эмбриотоксическое и фетотоксическое действие, однако убедительных доказательств тератогенного воздействия на лабораторных животных и людей получено не было. Долгосрочные исследования воздействия толуола через органы дыхания на крысах и мышях свидетельств канцерогенности не выявили. Результаты тестирования на генотоксичность в лабораторных условиях были отрицательными, тогда как тесты в естественных условиях дали неоднозначные результаты в плане хромосомных aberrаций. МАИР пришло к выводу об отсутствии достоверных фактических данных о канцерогенности толуола как для экспериментальных животных, так и для человека и отнесло его к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека).

Общее содержание растворенных твердых веществ

Общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) включает неорганические соли (прежде всего соли кальция, магния, калия, натрия, бикарбонаты, хлориды и сульфаты), а также небольшие количества органических веществ, растворенных в воде. РТВ в питьевую воду попадают из природных источников, канализации, городских и промышленных стоков. Повышению ОСРТВ в питьевой воде могут также способствовать соли, применяемые в некоторых странах для борьбы с обледенением на дорогах. Уровень ОСРТВ в воде в разных географических регионах значительно различается из-за неодинаковой растворимости минералов.

Причина отсутствия нормативной величины	Не представляет угрозы для здоровья в количествах, встречающихся в питьевой воде
Дополнительные замечания	Может влиять на приемлемость питьевой воды
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Total dissolved solids in drinking-water</i>

Достоверные данные о возможных последствиях потребления РТВ с питьевой водой для здоровья отсутствуют, и санитарная нормативная величина не предлагается. Вместе с тем присутствие РТВ в воде в высоких концентрациях может быть неприемлемым для потребителей (см. главу 10).

Трихлоруксусная кислота

Хлорсодержащие уксусные кислоты образуются из органических веществ в процессе хлорирования воды.

Нормативная величина	0,2 мг/л (200 мкг/л)
Присутствие в воде	Обнаруживалась в подземных водах и системах распределения поверхностной воды в США в средних концентрациях соответственно 5,3 мкг/л (до 80 мкг/л максимально) и 16 мкг/л (до 174 мкг/л максимально); максимальный уровень концентрации (200 мкг/л) был выявлен в хлорированной воде в Австралии
ДУСП	32,5 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 32,5 мг/кг массы тела в день, установленного на основании исследования, в рамках которого были выявлены замедление прибавки в весе, повышение активности сывороточных ферментов печени и гистопатология печени у крыс, подвергавшихся в течение двух лет воздействию содержащейся в питьевой воде трихлоруксусной кислоты, при факторе неопределенности 1000 (100 – на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 – на недостатки базы данных, в том числе отсутствие репродуктивного исследования на нескольких поколениях, исследования развития на втором виде животных, а также полных гистопатологических данных для второго вида животных)
Предел обнаружения	1 мкг/л посредством ГХ-МС или ГХ-ЭЗД
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень концентрации можно снизить путем внедрения или оптимизации коагуляции в целях удаления прекурсоров или путем контроля за рН во время хлорирования
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	<p>20% ДУСП</p> <p>60 кг – взрослый человек</p> <p>2 литра в день</p>
Дополнительные замечания	МПХБ определила аналогичную ДУСП для трихлоруксусной кислоты, исходя из УНВВНИ для токсического воздействия на печень, выявленного в ходе длительного исследования на мышах
Дата оценки	2003 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Trichloroacetic acid in drinking-water</i>

Доказано, что трихлоруксусная кислота вызывает опухоли печени у мышей. Результаты проводившихся в лабораторных условиях тестов на мутации и хромосомные aberrации не дали однозначных результатов, а по результатам исследований в естественных условиях сообщается о выявленных хромосомных aberrациях. МАИР отнесло трихлоруксусную кислоту к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека). Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что трихлоруксусная кислота не является генотоксическим канцерогеном.

Трихлорбензолы (общее содержание)

Выбросы трихлорбензолов (ТХБ) в окружающую среду происходят в процессе их производства и применения в качестве промышленных химикатов, промежуточных химических продуктов и растворителей. ТХБ присутствуют в питьевой воде, но редко в концентрации выше 1 мкг/л. Основным источником их воздействия на население в целом являются воздух и продукты питания.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут негативно воздействовать на здоровье, санитарная норма будет выше низшего значения порога восприятия запаха
Дата оценки	2003 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Trichlorobenzenes in drinking-water</i>

Степень острой токсичности ТХБ умеренная. Кратковременное пероральное воздействие всех трех изомеров сходно по своим последствиям в основном для печени. Долгосрочные исследования токсичности и канцерогенности при пероральном введении не проводились, однако, по имеющимся данным, все три изомера негеноотоксичны.

Санитарная норма 20 мкг/л для совокупности ТХБ может быть рассчитана, исходя из ДУСП величиной 7,7 мкг/кг массы тела, установленного на основании токсического воздействия на печень, которое было выявлено в ходе 13-недельного исследования на крысах, с учетом малой продолжительности исследования. Вместе с тем, поскольку ТХБ присутствуют в концентрациях значительно ниже представляющих угрозу для здоровья, считается, что в расчете нормативной величины необходимости нет. Следует отметить, что санитарная норма будет выше низшего значения порога восприятия запаха ТХБ в воде.

1,1,1-трихлорэтан

1,1,1-трихлорэтан широко применяется в качестве чистящего растворителя электрооборудования, растворителя клеящих материалов, покрытий и текстильных красителей, а также как охлаждающее вещество и смазочный материал. Он обнаруживается главным образом в атмосфере, хотя в почвах он мобилен и быстро проникает в подземные воды. 1,1,1-трихлорэтан обнаруживался лишь в небольшой части поверхностных и подземных вод, как правило, в концентрации менее 20 мкг/л; более высокие концентрации (до 150 мкг/л) были выявлены лишь в нескольких случаях. Как представляется, постепенно повышается уровень воздействия 1,1,1-трихлорэтана из других источников.

Причина отсутствия нормативной величины	Встречается в питьевой воде в концентрациях значительно ниже тех, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье
Дата оценки	2003 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>1,1,1-Trichloroethane in drinking-water</i>

1,1,1-трихлорэтан быстро абсорбируется из легких и желудочно-кишечного тракта, однако метаболизации подвергается лишь небольшая его часть – около 6% в организме людей и 3% в организме экспериментальных животных. Воздействие в более высоких концентрациях может вызывать стеатоз (жировую инфильтрацию) печени как у людей, так и у экспериментальных животных. В ходе тщательно проведенного исследования на мышах и крысах, получавших вещество перорально, были выявлены снижение массы печени и изменения в почках, характерные для гиалиново-капельной невропатии. МАИР отнесло 1,1,1-трихлорэтан к Группе 3. Как представляется, мутагенными свойствами 1,1,1-трихлорэтан не обладает.

Санитарная норма 2 мг/л для 1,1,1-трихлорэтана может быть рассчитана, исходя из ДУСП величиной 0,6 мг/кг массы тела, установленной на основании изменений в почках, характерных для гиалиново-капельной невропатии и выявленных в ходе

13-недельного исследования на самцах крыс, получавших вещество перорально, при учете малой продолжительности исследования. Вместе с тем, поскольку 1,1,1-трихлорэтан присутствует в концентрациях значительно ниже представляющих угрозу для здоровья, считается, что в расчете официальной нормативной величины необходимости нет.

Трихлорэтен

Трихлорэтен применяется главным образом для обезжиривания металла. Он выбрасывается преимущественно в атмосферу, но может также проникать с промышленными стоками в подземные и в меньшей степени в поверхностные воды. К числу основных причин загрязнения подземных вод относятся нарушение правил работы с веществом и правил его утилизации на полигонах. Считается, что воздух является более значимым источником воздействия трихлорэтена, чем продукты питания и питьевая вода, если только уровень концентрации трихлорэтена в питьевой воде не превышает примерно 10 мкг/л.

Условная нормативная величина	0,02 мг/л (20 мкг/л) Нормативная величина является условной из-за неполноты базы данных о токсикологическом воздействии
Присутствие в воде	Из-за сильной летучести трихлорэтена уровень его концентрации в поверхностной воде обычно низок (< 1 мкг/л); в системах подземных вод, где процессы испарения и биоразложения проходят в ограниченных масштабах, уровень концентрации может быть выше (обычно менее 100 мкг/л)
ДУСП	1,46 мкг/кг массы тела в день, на основании исследования отдаленных эффектов токсичности на крысах, исходя из ОДНДП ₁₀ (нижний доверительный предел 95% соответствует увеличению на 10% особого риска развития пороков сердца эмбриона по отношению к базовому уровню) величиной 0,146 мг/кг массы тела в день, при факторе неопределенности 100 на меж- и внутривидовую изменчивость
Предел обнаружения	0,01–3,0 мкг/л посредством капиллярной ГХ по методике Purge and Trap с фотоионизационными детекторами или связкой фотоионизационных детекторов и ЭЗД; 0,5 мкг/л посредством капиллярной ГХ по методике Purge and Trap с МС; 0,01 мкг/л посредством жидкость-жидкостной экстракции и ГХ-ЭЗД; считается, что практический предел для проведения количественного анализа, который может быть обеспечен в большинстве хорошо оборудованных лабораторий, составляет 5 мкг/л
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,002 мг/л может быть обеспечен посредством отгонки воздухом, возможно, в сочетании с абсорбцией посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	<p>50% ДУСП</p> <p>60 кг – взрослый человек</p> <p>2 литра в день</p>
Дополнительные замечания	<p>Нормативная величина обеспечивает защиту от конечных последствий как онкологического, так и неонкологического характера</p> <p>В странах, где вентиляция домов налажена плохо и жители часто принимают душ и ванну, при разработке национальных стандартов на основе условной нормативной величины органам власти, возможно, потребуется учесть дополнительные факторы воздействия, а именно через кожу и органы дыхания</p>
Дата оценки	2004 г.
Основной источник информации	WHO (2005) <i>Trichloroethene in drinking-water</i>

Хотя, по данным тестирования как в лабораторных, так и в естественных условиях, генотоксические свойства трихлорэтена выражены слабо, ряд его метаболитов генотоксичны, а относительно некоторых есть уверенность или основания полагать, что они канцерогенны для человека. С учетом достаточно убедительных доказательств его канцерогенности, полученных на экспериментальных животных двух видов, и подкрепляющих эту уверенность данных по людям МАИР отнесло трихлорэтен к Группе 2А (вещества, весьма вероятно канцерогенные для человека). На основании низкого порога проявления негативных последствий, тяжести конечных результатов (сердечных аномалий) и наличия полученных в ходе эпидемиологических исследований фактических данных об аналогичных последствиях (например, о пороках сердца) считается, что токсическое влияние на развивающийся организм является значительным, но не вызывающим раковых заболеваний.

Трифторалин

Трифторалин (CAS № 1582-09-8) является доксидовым гербицидом, применяемым в отношении ряда сельскохозяйственных культур. Он плохо растворим в воде и имеет высокое сродство с почвой. Вместе с тем в процессе био- и фоторазложения могут образовываться полярные метаболиты, способные загрязнять источники питьевой воды. Хотя это вещество применяется во многих странах, имеется сравнительно немного данных относительно загрязнения им питьевой воды.

Нормативная величина	0,02 мг/л (20 мкг/л)
Присутствие в воде	Не выявлен в небольшом числе проанализированных проб питьевой воды; выявлялся в поверхностной воде в концентрациях свыше 0,5 мкг/л и в отдельных случаях – в подземных водах
ДУСП	7,5 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 0,75 мг/кг массы тела, установленного на основании слабовыраженных последствий для печени, которые были выявлены в ходе одногодичного исследования на собаках, получавших вещество с кормом, при факторе неопределенности 100 (на меж- и внутривидовую изменчивость)
Предел обнаружения	0,05 мкг/л посредством ГХ с азотно-фосфорным детектором
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 1 мкг/л может быть обеспечен посредством ГАУ
Расчет нормативной величины	
• расчетная доля поступления с водой	10% ДУСП
• масса тела	60 кг – взрослый человек
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Органам власти следует иметь в виду, что некоторые виды неочищенного технического трифторалина могут содержать мощные канцерогенные вещества и поэтому их не следует использовать
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Trifluralin in drinking-water</i>

Трифторалин высокой степени очистки мутагенными свойствами не обладает. В техническом трифторалине, содержащем большое количество загрязнений, могут присутствовать нитрозные загрязнители, и установлено, что в этом случае трифторалин является мутагеном. В ходе многочисленных исследований токсичности/канцерогенности на чистом (99%) материале подтверждений

канцерогенных свойств найдено не было. МАИР отнесло технический трифторалин к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека).

Тригалогенметаны (бромформ, бромдихлорметан, хлороформ, дибромхлорметан)

ТГМ образуются в питьевой воде прежде всего в результате хлорирования органических веществ, присутствующих в природных источниках сырой воды. Скорость образования и количество образующихся ТГМ зависят от концентрации хлора и гуминовой кислоты, температуры, рН и концентрации бромид-иона. Наиболее распространенным ТГМ и основным побочным продуктом дезинфекции в обработанной хлором питьевой воде является хлороформ. В присутствии бромидов образуются преимущественно бромсодержащие ТГМ, а концентрация хлороформа при этом пропорционально снижается. Считается, что большинство присутствующих в воде ТГМ в конечном счете из-за своей высокой летучести попадают в воздух. Так, например, люди, принимая душ, могут подвергаться воздействию повышенных концентраций хлороформа из хлорированной водопроводной воды. Летучие ТГМ оказывают воздействие в приблизительно равных соотношениях четырьмя путями: при потреблении питьевой воды, при вдыхании воздуха в помещениях из-за улетучивания ТГМ из питьевой воды, при вдыхании и контакте с кожей при принятии душа или ванны и через пищу. Однако среди всех этих случаев, кроме потребления пищи, источником воздействия является прежде всего питьевая вода. Воздействие летучих ТГМ через воздух в помещениях оказывается особенно значимым в странах, где вентиляция домов налажена плохо и где люди часто принимают душ или ванну.

Нормативные величины	<i>Хлороформ</i> : 0,3 мг/л (300 мкг/л)
	<i>Бромформ</i> : 0,1 мг/л (100 мкг/л)
	<i>Дибромхлорметан (ДБХМ)</i> : 0,1 мг/л (100 мкг/л)
	<i>Бромдихлорметан (БДХМ)</i> : 0,06 мг/л (60 мкг/л)
Присутствие в воде	ТГМ практически не присутствуют в необработанной воде (за исключением случаев, когда рядом находится источник загрязнения), однако они обычно присутствуют в обработанной или хлорированной воде; уровень концентрации обычно составляет менее 100 мкг/л; в большинстве случаев преобладающим компонентом является хлороформ
ДУСП	<i>Хлороформ</i> : 15 мкг/кг массы тела, на основании нижнего доверительного предела 95% для рассчитанного с применением физиологически обоснованной фармакокинетической модели коэффициента распространенности кисты печени в 5% у собак, получавших хлороформ в зубной пасте в течение 7,5 года, при факторе неопределенности 25 (10 – на внутривидовые различия в токсикокинетике и токсикодинамике и 2,5 – на межвидовые различия в токсикодинамике)
	<i>Бромформ</i> : 17,9 мкг/кг массы тела, исходя из отсутствия гистопатологических поражений печени, выявленного в ходе тщательно проведенного и задокументированного 90-дневного исследования на крысах, при факторе неопределенности 1000 (100 – на внутри- и межвидовую изменчивость и 10 – на возможную канцерогенность и кратковременность воздействия)

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

	<p><i>ДБХМ</i>: 21,4 мкг/кг массы тела, исходя из отсутствия гистопатологических поражений печени, выявленного в ходе тщательно проведенного и задокументированного 90-дневного исследования на крысах, при факторе неопределенности 1000 (100 – на внутри- и межвидовую изменчивость и 10 – на кратковременность исследования); дополнительный фактор неопределенности на возможную канцерогенность не применялся из-за проблем, касающихся возможного возникновения опухолей печени у мышей под воздействием кукурузного масла, с которым поступало вещество, а также из-за отсутствия убедительных доказательств генотоксичности</p>
Основания для установления нормативной величины	<i>БДХМ</i> : применение линеаризованной многоступенчатой модели к данным об увеличении частоты случаев опухолей почек у самцов мышей, выявленной в ходе биотестирования, которое проводила НПТ
Предел обнаружения	0,1–0,2 мкг/л (пределы детектирования метода) посредством методики Purge and Trap и жидкость-жидкостной экстракции и прямого впрыскивания воды в сочетании с хроматографической системой; 0,1 мкг/л посредством ГХ-ЭЗД; 2,2 мкг/л посредством ГХ-МС
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень концентрации можно снизить путем изменения методов дезинфекции (например, удаления органических веществ – прекурсоров ТГМ) или применения отгонки воздухом
Расчет нормативной величины	<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой 20% ДУСП для бромформа и ДБХМ 75% ДУСП для хлороформа • масса тела 60 кг – взрослый человек • потребления 2 литра в день
Дополнительные замечания относительно ТГМ	<p>Органы власти, которые хотели бы принять общий стандарт для ТГМ, учитывающий аддитивную токсичность, могут использовать следующий метод фракционирования:</p> $\frac{K_{\text{бромформ}}}{\text{НВ}_{\text{бромформ}}} + \frac{K_{\text{ДБХМ}}}{\text{НВ}_{\text{ДБХМ}}} + \frac{K_{\text{БДХМ}}}{\text{НВ}_{\text{БДХМ}}} + \frac{K_{\text{хлороформ}}}{\text{НВ}_{\text{хлороформ}}} \leq 1$ <p style="text-align: center;">м</p> <p>где K = концентрация, а НВ = нормативная величина.</p> <p>Если органы власти хотят применять нормативную величину для всей совокупности ТГМ, то для расчета стандарта им не следует просто суммировать нормативные величины для отдельных веществ</p> <p>Подчеркивается, что попытки следовать рекомендациям относительно ТГМ никогда не должны предприниматься в ущерб надлежащей дезинфекции. Вместе с тем, ввиду возможной взаимосвязи между негативными последствиями для репродуктивной функции и ТГМ, прежде всего бромсодержащими ТГМ, рекомендуется поддерживать уровень ТГМ в питьевой воде на практически возможном низком уровне</p>
Дополнительные замечания относительно хлороформа	<p>В странах, где вентиляция домов налажена плохо и где люди часто принимают душ или ванну, нормативная величина может быть снижена в целях учета дополнительного воздействия при вдыхании или через воздух внутри помещений, обусловленного в значительной мере улетучиванием веществ из питьевой воды и вдыханием и контактом с кожей при приеме душа или ванны</p> <p>В основу расчета нормативной величины положены данные того же исследования, которое использовалось при подготовке третьего издания; повышение величины связано прежде всего с увеличением расчетной доли поступления с водой с 50 до 75%, отражающим тот факт, что в настоящее время хлороформ используется менее активно, чем в 1993 г., когда было подготовлено первоначальное Руководство</p>

Дополнительные замечания относительно БДХМ	<p>Хотя применяется санитарная норма 21 мкг/л, предыдущая нормативная величина 60 мкг/л сохраняется по двум причинам: 1) в обоих случаях расчет базировался на данных одного и того же исследования, и единственное различие состояло в том, какая именно модель и принятые за основу для нее предположения применялись для расчета нормативной величины; соответственно, нет научных данных, которые обосновывали бы изменение нормативной величины; и 2) концентрацию БДХМ ниже 50 мкг/л сложно обеспечить, применяя существующие на сегодняшний день методы и не снижая при этом эффективности дезинфекции</p> <p>Как и в случае хлороформа, страны, где вентиляция домов налажена плохо и где люди часто принимают душ или ванну, могут испытывать желание снизить нормативную величину в целях учета воздействия через кожу и органы дыхания, хотя, как было отмечено выше, уровень концентрации ниже 50 мкг/л сложно обеспечить, применяя существующие на сегодняшний день методы и не снижая при этом эффективности дезинфекции</p> <p>Поскольку в ходе последнего проведенного НПТ биотеста, в котором БДХМ поступал с питьевой водой, подтверждений его канцерогенности обнаружено не было, превышение нормативной величины, по всей видимости, не ведет к повышению риска онкологического заболевания</p>
Дата оценки	2004 г.
Основные источники информации	<p>IPCS (2000) <i>Disinfectants and disinfectant by-products</i> IPCS (2004) <i>Chloroform</i> WHO (2005) <i>Trihalomethanes in drinking-water</i></p>

Хлороформ

Совокупность имеющихся данных генотоксичность хлороформа не подтверждает. МАИР классифицировало хлороформ как вещество, вероятно канцерогенное для человека (Группа 2В), в связи с ограниченностью данных о канцерогенности для человека, но наличием при этом достаточных доказательств его канцерогенности для подопытных животных. Совокупные фактические данные об опухолях печени у мышей подтверждают пороговый механизм индуцирования заболевания. Хотя весьма вероятно, что опухоли почек у крыс также могут быть связаны с пороговым механизмом, база данных в этом отношении является неполной. Наиболее часто наблюдавшимся следствием токсического воздействия хлороформа является поражение центрилобулярной части печени. Тяжесть таких последствий после введения единичной дозы зависит от вида животного, наполнителя, с которым хлороформ вводился, и метода его введения.

Бромформ

В ходе проведенного биотеста НПТ, бромформ вызывал небольшое увеличение количества случаев относительно редкой опухоли толстой кишки у самцов и самок крыс, но не вызывал опухолей у мышей. Данные различных тестов на генотоксичность бромформа неоднозначны. МАИР отнесло бромформ к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека).

Дибромхлорметан

В ходе проведенного НПТ биотеста дибромхлорметан вызывал опухоли печени у самок мышей и, возможно, у самцов мышей, но не у крыс. Генотоксичность ДБХМ была предметом исследования в ряде тестов, однако имеющиеся данные не позволяют сделать однозначный вывод. МАИР отнесло ДБХМ к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека).

Бромдихлорметан

МАИР отнесло БДХМ к Группе 2В (вещества, вероятно канцерогенные для человека). Ряд тестов на генотоксичность БДХМ в лабораторных и естественных условиях дал как позитивные, так и негативные результаты. В ходе проведенного НПТ биотеста БДХМ вызывал аденому и аденокарциному почек у самцов и самок крыс и у самцов мышей, а также, в редких случаях, опухоли толстой кишки (аденоматозные полипы и аденокарциномы) у самцов и самок крыс и гепатоцеллюлярную аденому и аденокарциному у самок мышей. Вместе с тем в ходе недавно проведенного НПТ биотеста, в котором БДХМ вводился с питьевой водой, его канцерогенность не нашла подтверждения. Воздействием БДХМ, возможно, также объясняются последствия для репродуктивной системы (увеличение риска самопроизвольного аборта или рождения мертвого плода).

Уран

Уран является широко распространенным в природе веществом, встречающимся в гранитных породах и различных других минеральных отложениях. Он используется в основном в качестве топлива на атомных электростанциях. Уран попадает в окружающую среду со стоками из природных отложений, с хвостами обогащения, с выбросами предприятий атомной промышленности, в результате сжигания угля и других видов топлива и использования фосфорных удобрений, содержащих уран. Уровень поступления урана в организм с воздухом низок, уровень поступления урана с продуктами питания составляет от 1 до 4 мкг/день. Уровень поступления урана с питьевой водой, как правило, чрезвычайно низок, однако в случае, если уран присутствует в источнике питьевой воды, последняя может стать основным источником поступления урана в организм.

Условная нормативная величина	0,03 мг/л (30 мкг/л) Нормативная величина рассчитывается как условная из-за неопределенности научных данных относительно токсичности урана
Присутствие в воде	Уровни концентрации урана в питьевой воде обычно ниже 1 мкг/л, хотя в некоторых частных системах водоснабжения была обнаружена концентрация урана до 700 мкг/л
ДУСП	60 мкг, рассчитан на основании нижнего доверительного предела 95% для 95-го перцентиля распределения воздействия урана в рамках исследования, проведенного в Финляндии, при факторе неопределенности 10 на внутривидовую изменчивость
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством ИСП-МС; 0,1 мкг/л посредством флуориметрии твердого вещества с возбуждением лазером или ультрафиолетовым излучением; 0,2 мкг/л посредством ИСП с адсорбцией посредством хелатных смол
Эффективность обработки/ очистки воды	Уровень 1 мкг/л может быть обеспечен посредством обычной обработки (например, коагуляции или ионного обмена)
Расчет нормативной величины	
• потребление	2 литра в день
Дополнительные замечания	Если уровни концентрации превышают 30 мкг/л, очень важно избегать поспешных действий. Прежде всего следует учесть воздействие из всех источников и наличие альтернативных безопасных источников Здесь рассматриваются только химические аспекты токсичности урана; о радиологических аспектах его токсичности см. в главе 9
Дата оценки	2003 г., пересмотрена в 2011 г.
Основной источник информации	WHO (2011) <i>Uranium in drinking-water</i>

Достаточных данных о канцерогенности урана для людей и экспериментальных животных нет. Основным последствием химического воздействия урана на людей является нефрит. Данных о хронических последствиях воздействия природного урана на здоровье людей очень мало. В ходе нескольких эпидемиологических исследований популяций, подвергающихся воздействию урана в питьевой воде, была выявлена корреляция между присутствием щелочной фосфатазы и β -микроглобулина в моче и небольшими изменениями функции проксимальных почечных канальцев. Вместе с тем данные измерений не выходили за пределы физиологической нормы, а результаты разных исследований не давали однозначных результатов.

До сих пор в ходе проведения исследований на людях не удалось четко определить, в какой концентрации уран не оказывает вредного воздействия. В этом нет ничего удивительного, поскольку входящие в исследования популяции чаще всего являются относительно небольшими, и в измеряемых параметрах человеческой популяции присутствует значительная нормальная вариация. Тем не менее в целом можно утверждать, что четкие данные о последствиях воздействия урана в концентрации ниже 30 мкг/л отсутствуют. Фактические данные о воздействии на почки, которые, по-видимому, являются наиболее восприимчивым органом, становятся однозначными только при воздействии урана в значительно более высоких концентрациях.

Условная нормативная величина, составляющая 30 мкг/л и полученная на основании новых эпидемиологических исследований популяций, подверженных воздействию высоких концентраций урана, пришла на смену условной нормативной величине 15 мкг/л, полученной в ходе исследований на экспериментальных животных и признанной условной на основании отсутствия определенности в отношении токсикологии и эпидемиологии урана, а также вследствие технических трудностей с проведением таких исследований в маломасштабных системах водоснабжения. Как отмечается, исследования человеческих популяций, если они доступны и качественны, являются предпочтительным источником медико-санитарной информации, которую следует использовать при расчете нормативных величин.

Винилхлорид

Винилхлорид используют главным образом для производства ПВХ. Ввиду своей высокой летучести винилхлорид редко обнаруживается в поверхностных водах, за исключением загрязненных районов. Некоторые страны все чаще используют в водопроводных системах непластифицированный ПВХ. Высвобождение мономера винилхлорида из непластифицированного ПВХ может приводить к попаданию винилхлорида в питьевую воду. По имеющимся данным, основным каналом попадания винилхлорида в организм являются органы дыхания, однако значительная часть ежедневной дозы может поступать в организм с питьевой водой там, где в сетях распределения воды используют трубы из ПВХ с высоким содержанием остаточного мономера винилхлорида. Поступали сообщения о присутствии в подземной воде винилхлорида как продукта распада хлорсодержащих растворителей трихлорэтена и тетрахлорэтена.

Нормативная величина	0,0003 мг/л (0,3 мкг/л)
Присутствие в воде	Редко обнаруживается в поверхностных водах, уровни концентрации обычно не превышают 10 мкг/л; гораздо более высокие уровни концентрации обнаруживаются в подземной воде и в колодезной воде в загрязненных районах; в питьевой воде обнаруживаются уровни концентрации до 10 мкг/л

12. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Основания для установления нормативной величины	Применение линейной экстраполяции путем четкого разграничения доз послужило основанием для использования фармакокинетической модели и в результате выявило злокачественные опухоли у 10% крыс в ходе биологического тестирования, которое включало пероральное воздействие и воздействие нулевой дозы, позволив определить величину, связанную с верхней границей риска, равной 10^{-5} , и предположить, что риск возрастает вдвое при воздействии с момента рождения
Предел обнаружения	0,01 мкг/л посредством ГХ-ЭЗД или посредством ГХ-ПИД с применением МС для получения подтверждения
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,001 мг/л может быть обеспечен посредством отгонки воздухом
Дополнительные замечания	<p>Результаты линейной экстраполяции почти полностью совпадают с результатами, полученными при применении линеаризованной многоступенчатой модели</p> <p>Поскольку известно, что винилхлорид канцерогенен для людей, следует по мере возможности избегать воздействия этого вещества и поддерживать его концентрацию на минимально возможном в техническом плане уровне</p> <p>Основную опасность в качестве потенциального загрязнителя представляет винилхлорид, содержащийся в некоторых видах труб из ПВХ; оптимальным способом его контроля является контроль качества используемых материалов</p>
Дата оценки	2003 г.
Основные источники информации	IPCS (1999) <i>Vinyl chloride</i> WHO (2003) <i>Vinyl chloride in drinking-water</i>

Имеется достаточно данных о канцерогенности винилхлорида для человека, полученных в результате наблюдений за населением промышленных регионов, подверженным воздействию высоких концентраций винилхлорида путем вдыхания, и МАИР отнесло винилхлорид к Группе 1 (вещества, канцерогенные для человека). У работников, занятых в отраслях, где применяется винилхлорид, была выявлена очевидная взаимосвязь между воздействием и реакцией в отношении всех видов онкологических заболеваний печени, ангиобластом и гепатоцеллюлярного рака, но не было обнаружено четкой связи между совокупным воздействием винилхлорида и другими видами онкологических заболеваний. Данные по экспериментальным животным свидетельствуют о том, что винилхлорид является многосторонним канцерогеном. У мышей, крыс и хомяков, получавших винилхлорид пероральным путем или через органы дыхания, развивались злокачественные опухоли молочных желез, легких, желез Зимбала и кожных покровов, а также ангиобластомы печени и других органов. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что метаболиты винилхлорида являются генотоксическими и непосредственно взаимодействуют с ДНК. Кроме того, было обнаружено, что при реакции ДНК с метаболитами винилхлорида образуются аддукты ДНК. Воздействие винилхлорида на рабочих местах также вызывает хромосомные абберрации, микроядерный и сестринский хроматидный обмен; уровни реакции соответствуют уровням воздействия.

Ксилолы

Ксилолы используются при смешивании бензинов, а также применяются в качестве растворителя или промежуточного химического продукта. Они попадают в окружающую среду в значительной степени из атмосферы. Ксилолы в основном оказывают воздействие через воздух, и степень такого воздействия возрастает при курении.

Нормативная величина	0,5 мг/л (500 мкг/л)
Присутствие в воде	Имеются данные об уровнях концентрации до 8 мкг/л в поверхностных водах, подземной воде и питьевой воде; поступали сообщения об их содержании в концентрации несколько миллиграммов на литр в подземной воде, загрязненной в результате точечных выбросов; ксилолы могут также проникать в пластмассовые трубы из загрязненной почвы
ДУСП	179 мкг/кг массы тела, исходя из УНВВНИ величиной 250 мг/кг массы тела в день, установленного на основании снижения массы тела, выявленного в ходе 103-недельного исследования на крысах, получавших питание через желудочный зонд, с коррекцией на ежедневную дозу и при факторе неопределенности 1000 (100 на меж- и внутривидовую изменчивость и 10 на ограниченные токсикологические эффекты)
Предел обнаружения	0,1 мкг/л посредством ГХ-МС; 1 мкг/л посредством ГХ-ПИД
Эффективность обработки/очистки воды	Уровень 0,005 мг/л может быть обеспечен посредством ГАУ или отгонкой воздухом
Расчет нормативной величины	
<ul style="list-style-type: none"> • расчетная доля поступления с водой • масса тела • потребление 	<p>10% ДУСП</p> <p>60 кг – взрослый человек</p> <p>2 литра в день</p>
Дополнительные замечания	Нормативная величина превышает нижний порог восприятия запаха ксилолов в питьевой воде
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Xylenes in drinking-water</i>

Ксилолы быстро абсорбируются при вдыхании. Данные о пероральном воздействии ксилолов отсутствуют. Ксилолы быстро распространяются по организму, преимущественно в жировой ткани. В процессе обмена веществ они почти полностью превращаются в метаболиты, выводимые с мочой. Уровень острой токсичности ксилолов при пероральном поступлении невысок. Убедительных доказательств тератогенности ксилолов не обнаружено. В ходе долгосрочных исследований канцерогенности не было обнаружено данных о канцерогенности ксилолов. Тестирование ксилолов на мутагенность в лабораторных и естественных условиях дало отрицательные результаты.

Цинк

Цинк является важным микроэлементом, присутствующим практически во всех продуктах питания и в питьевой воде в виде солей или органических соединений. Основным источником цинка обычно являются продукты питания. Хотя уровни содержания цинка в поверхностных водах и подземной воде обычно не превышают соответственно 0,01 и 0,05 мг/л, концентрация цинка в водопроводной воде может оказаться намного выше в результате высвобождения цинка из труб.

Причина отсутствия нормативной величины	Не представляет угрозы для здоровья в количествах, встречающихся в питьевой воде
Дополнительные замечания	Может влиять на приемлемость питьевой воды
Дата оценки	1993 г.
Основной источник информации	WHO (2003) <i>Zinc in drinking-water</i>

В 1982 г. ОКЭПД предложил для цинка УПМСП величиной 1 мг/кг массы тела. Ежедневная доза для взрослого мужчины составляет 15–20 мг/день. С учетом последних проводившихся на людях исследований определение официальной нормативной величины в настоящее время было признано нецелесообразным. Тем не менее питьевая вода с уровнем содержания цинка более 3 мг/л может быть неприемлема для потребителей (см. главу 10).

12.2 Пестициды, применяемые для борьбы с переносчиками инфекции в источниках питьевой воды и емкостях для воды

Разрабатывая местные рекомендации или стандарты в контексте применяемых на местах методов хранения воды и практически осуществимых режимов применения инсектицидов, органы здравоохранения должны учитывать вероятность того, что показатели потребления воды в данном районе или регионе могут быть выше обычных. Вместе с тем превышение ПУСП необязательно приведет к каким-либо неблагоприятным последствиям. Заболевания, распространяемые переносчиками инфекции, являются существенными причинами заболеваемости и смертности. Поэтому очень важно обеспечивать надлежащее равновесие между поступлением пестицидов с питьевой водой и борьбой с насекомыми – переносчиками заболеваний. Разумнее не определять нормативные величины, а разрабатывать и осуществлять всеобъемлющий план организации хранения воды в домохозяйствах и утилизации бытовых сточных вод, который предусматривал бы не только уничтожение личинок при помощи инсектицидов, но и другие меры по регулированию природопользования, а также изменение моделей социального поведения.

Применять пестицидные препараты для борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде следует в строгом соответствии с рекомендациями на упаковке и использовать только препараты, разрешенные к использованию национальными органами власти, с учетом ингредиентов и компонентов, применяемых для изготовления конечного продукта. Национальным органам власти следует помнить о том, что данные оценки относятся только к активным ингредиентам и не касаются вносимых в различные препараты добавок.

Bacillus thuringiensis israelensis

Два продукта *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) (штамм AM65-52) (растворимые в воде гранулы и готовые к использованию таблетки) прошли оценку СВОЗОП и были рекомендованы к использованию для уничтожения личинок комаров, в том числе для борьбы с комарами, размножающимися в емкостях для воды. В отношении диспергируемых в воде гранул Bti были опубликованы инструкции по контролю качества и оценки эффективности. Рекомендации ВОЗ относительно применения пестицидов в здравоохранении имеют силу лишь в том случае, если они опираются на инструкции ВОЗ по контролю качества пестицидов.

Причина отсутствия нормативной величины	Определение нормативной величины для пестицидов, применяемых для борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде, считается нецелесообразным
Дата оценки	2009 г.
Основные источники информации	IPCS (1999) <i>Bacillus thuringiensis</i> WHO (2004) <i>Report of the seventh WHOPES working group meeting</i> WHO (2006) <i>Report of the ninth WHOPES working group meeting</i> WHO (2007) <i>WHO specifications and evaluations for public health pesticides</i> WHO (2009) <i>Bacillus thuringiensis israelensis (Bti) in drinking-water</i>

Препараты Вті широко применяются для борьбы с комарами, звонцами и мошкой, и их способность уничтожать переносчиков инфекции обусловила применение Вті в воде. СВОЗОП рекомендует применять Вті для борьбы с переносчиками инфекции, в том числе для борьбы с комарами, размножающимися в емкостях для воды. Кроме того, Вті можно использовать для борьбы с *Aedes aegypti* в питьевой воде, не подвергающейся дальнейшей обработке или подвергающейся ей в незначительной степени. При приготовлении Вті, предназначенных для уничтожения личинок, очень важно тщательно соблюдать надлежащие требования и перед применением должным образом тестировать Вті на присутствие активных веществ, на повышенные уровни токсичных составляющих или метаболитов Вті и на загрязнение другими нежелательными микробами.

Сами по себе Вті в питьевой воде, как считается, не представляют угрозы для людей. Поэтому было признано ненужным и нецелесообразным устанавливать санитарную нормативную величину для использования Вті в целях борьбы с личинками переносчиков инфекции в питьевой воде. Тем не менее органам власти крайне важно иметь полную уверенность в том, что Вті были приготовлены в соответствии со стандартами наивысшего качества и гигиены в надлежащих условиях, соответствующих инструкциям СВОЗОП. Необходимо соотносить возможные риски с рисками возникновения болезней, распространяемых переносчиками инфекции, таких как лихорадка денге.

Применять Вті должны лишь работники, прошедшие специальную подготовку; использовать Вті следует в комплексе с другими методами борьбы с переносчиками инфекции, в том числе с недопущением попадания комаров в емкости для воды и другими вариантами контроля.

Дифторбензурон

Дифторбензурон является инсектицидом прямого действия, обычно применяемым непосредственно к растениям или воде. Его используют в сфере общественного здравоохранения для борьбы с личинками комаров и вредных мух. По мнению ВОЗ, дифторбензурон следует применять в качестве средства для уничтожения личинок комаров в питьевой воде в емкостях прежде всего в целях борьбы с лихорадкой денге. Согласно рекомендации СВОЗОП, доза дифторбензурана в питьевой воде в емкостях не должна превышать 0,25 мг/л.

Согласно имеющимся данным, через продукты питания и питьевую воду дифторбензурон оказывает на население пренебрежимо малое воздействие. Тем не менее существует вероятность прямого воздействия через питьевую воду при внесении дифторбензурана непосредственно в емкости для хранения питьевой воды.

Причина отсутствия нормативной величины	Определение нормативной величины для пестицидов, применяемых в целях борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде, считается нецелесообразным
Дата оценки	2007 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2002) <i>Pesticide residues in food—2001 evaluations</i> WHO (2008) <i>Diflubenzuron in drinking-water</i>

Степень острой токсичности дифторбензурана признана невысокой. Основной мишенью токсического воздействия дифторбензурана являются эритроциты, однако механизм гематотоксичности дифторбензурана остается неизученным. Нет фактических данных, свидетельствующих о том, что дифторбензурон является генотоксическим или канцерогенным веществом. Судя по всему, он также не обладает

фетотоксическими или тератогенными свойствами. Нет заметных признаков того, что дифторбензурон является веществом, оказывающим токсическое воздействие на развивающиеся организмы. Согласно имеющимся фактическим данным, молодые животные не обладают существенно большей восприимчивостью к воздействию дифторбензурана по сравнению с взрослыми животными.

Определение официальной нормативной величины для дифторбензурана, применяемого в качестве средства борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде, считается нецелесообразным. При применении дифторбензурана для борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде его воздействие будет по продолжительности далеко от воздействия в течение жизни. В 2001 году ССОКП определило ПУСП для дифторбензурана, составивший 0–0,02 мг/кг массы тела. Максимальная доза дифторбензурана в питьевой воде, составляющая 0,25 мг/л, будет эквивалентна приблизительно 40% от верхнего предела ПУСП для взрослого человека с массой тела 60 кг, потребляющего 2 литра воды ежедневно. Воздействие на ребенка с массой тела 10 кг, выпивающего 1 литр воды, составит 0,25 мг, в то время как воздействие на верхнем пределе ПУСП составит 0,2 мг. Воздействие на ребенка грудного возраста с массой тела 5 кг, находящегося на искусственном вскармливании и выпивающего 0,75 литра в день, составит 0,19 мг, в то время как воздействие на верхнем пределе ПУСП составит 0,1 мг. Вероятность сохранения рекомендуемой максимально допустимой дозы дифторбензурана в растворе невысока, и действительные уровни воздействия, скорее всего, окажутся намного ниже расчетных.

Следует рассмотреть возможность обеспечения детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании, водой из альтернативных источников в течение определенного времени после применения дифторбензурана, если это практически осуществимо. Тем не менее превышение ПУСП не обязательно приведет к каким-либо неблагоприятным последствиям.

Метопрен

ВОЗ провела экспертную оценку метопрена в плане его применения для уничтожения личинок комаров в питьевой воде в емкостях, прежде всего в рамках борьбы с лихорадкой денге. Согласно рекомендации СВОЗОП, доза метопрена в питьевой воде в емкостях не должна превышать 1 мг/л.

Причина отсутствия нормативной величины	Определение нормативной величины для пестицидов, применяемых в целях борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде, считается нецелесообразным
Дата оценки	2007 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2002) <i>Pesticide residues in food—2001 evaluations</i> WHO (2008) <i>Methoprene in drinking-water</i>

В 2001 г. ССОКП вновь подтвердило утвержденные в 1987 г. основания для расчета ПУСП для рацемического метопрена, однако снизило показатель до 0–0,09 мг/кг массы тела, чтобы сделать поправку на чистоту тестируемого рацемата. Основанием для расчета ПУСП послужил УНВВНИ, составляющий 500 мг/кг пищи, эквивалентный 8,6 мг/кг массы тела в день (с поправкой на чистоту), который был получен по итогам 90-дневного исследования на собаках (основным последствием стало увеличение относительного веса печени), с применением коэффициента безопасности 100. Молодые животные, по-видимому, не обладают существенно большей восприимчивостью к метопрену по сравнению с взрослыми животными. Поскольку вспомогательные исследования с применением многократных доз

(S)-метопрена не проводились, ССОКП сделало консервативное допущение, согласно которому, ввиду отсутствия опровергающей это утверждение информации, причиной токсичности рацемата следует считать S-энантиомер. На этом основании ССОКП установило для (S)-метопрена ПУСП величиной 0–0,05 мг/кг массы тела, что соответствует половине ПУСП для рацемата (являющегося смесью R-энантиомера и S-энантиомера в пропорции 1:1).

Определение официальной нормативной величины для метопрена, применяемого в качестве средства борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде, считается нецелесообразным. При применении метопрена для борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде его воздействие не будет продолжаться в течение всей жизни. Максимальная доза метопрена в питьевой воде, составляющая 1 мг/л, будет эквивалентна приблизительно 66% верхнего предела ПУСП (0,033 мг/кг массы тела) для взрослого человека с массой тела 60 кг, потребляющего 2 литра воды ежедневно. Воздействие на ребенка с массой тела 10 кг, выпивающего 1 литр воды, составит приблизительно 0,1 мг/кг массы тела; воздействие на ребенка грудного возраста с массой тела 5 кг, находящегося на искусственном вскармливании, составит приблизительно 0,15 мг/кг массы тела, в то время как верхний предел ПУСП составляет 0,05 мг/кг массы тела. Вместе с тем низкая растворимость метопрена в воде и высокий коэффициент распределения частиц метопрена в системе "октанол–вода" свидетельствуют о невысокой вероятности сохранения рекомендуемой максимально допустимой дозы этого ларвицида в растворе, а также о том, что реальные уровни воздействия, скорее всего, окажутся гораздо ниже расчетных. Степень воздействия через продукты питания считается невысокой.

Следует рассмотреть возможность обеспечения малолетних детей и детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании, водой из альтернативных источников в течение определенного времени после применения метопрена, если это практически осуществимо. Однако превышение ПУСП не обязательно приведет к каким-либо неблагоприятным последствиям.

Новалурон

Новалурон зарегистрирован в ряде стран как инсектицид для обработки продовольственных сельскохозяйственных культур и декоративных растений. ВОЗ провела экспертную оценку новалурона в плане его применения для уничтожения личинок комаров в питьевой воде в емкостях, прежде всего в рамках борьбы с лихорадкой денге. Согласно рекомендации СВОЗОП, доза новалурона в питьевой воде в емкостях не должна превышать 0,05 мг/л.

Причина отсутствия нормативной величины	Определение нормативной величины для пестицидов, применяемых в целях борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде, считается нецелесообразным
Дата оценки	2007 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2006) <i>Pesticide residues in food—2005 evaluations</i> WHO (2008) <i>Novaluron in drinking-water</i>

С учетом того что новалурон не оказывает канцерогенного воздействия на грызунов и не проявил генотоксических свойств ни в лабораторных, ни в естественных условиях, ССОКП пришло к выводу о том, что это вещество, по всей видимости, не представляет опасности для людей как возможный возбудитель онкологических заболеваний. ССОКП также пришло к выводу о том, что новалурон не является веществом, оказывающим токсическое воздействие на развивающиеся организмы.

ССОКП установило ПУСП 0–0,01 мг/кг массы тела исходя из УНВВНИ величиной 1,1 мг/кг массы тела в день, установленного на основании повреждения эритроцитов и вторичных изменений в селезенке и печени у крыс, которые были выявлены в рамках двухгодичного исследования на крысах, получавших вещество с пищей, с применением коэффициента безопасности 100.

Определение официальной нормативной величины для новалурона, применяемого в целях борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде, считается нецелесообразным. При максимальной рекомендованной дозе новалурона в питьевой воде, составляющей 0,05 мг/л, уровень поступления новалурона для взрослого человека с массой тела 60 кг, выпивающего 2 литра воды в день, составит всего 17% верхнего предела ПУСП. Аналогичным образом уровень поступления новалурона для ребенка с массой тела 10 кг, выпивающего 1 литр воды в день, составит 50% верхнего предела ПУСП, а уровень поступления новалурона для ребенка с массой тела 5 кг, находящегося на искусственном вскармливании и выпивающего 0,75 литра воды в день, составит 75% верхнего предела ПУСП.

Высокий коэффициент распределения частиц новалурона в системе "октанол–вода", составляющий 4,3, свидетельствует о том, что новалурон, скорее всего, будет оседать на стенках емкости, и поэтому реальная концентрация новалурона, вероятно, окажется ниже рекомендованной дозы. Степень воздействия новалурона через продукты питания считается незначительной.

Перметрин

Перметрин (CAS № 52645-53-1) – это контактный инсектицид, применяемый для борьбы с широким спектром насекомых-вредителей в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве и здравоохранении. Перметрин используют для борьбы с личинками водных беспозвоночных в магистральных водопроводах. Перметрин подвергается фоторазложению как в воде, так и на поверхности почв. Перметрин, содержащийся в почве, в анаэробной среде быстро разлагается путем гидролиза и под воздействием микробов. Население подвергается воздействию перметрина в основном через продукты питания.

Причина отсутствия нормативной величины	В соответствии с политикой ВОЗ, направленной на отказ от использования любых пиретроидов в качестве ларвицидов для уничтожения комаров – переносчиков человеческих заболеваний, вносить перметрин непосредственно в питьевую воду не рекомендуется
Дата оценки	2011 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2000) <i>Pesticide residues in food—1999 evaluations</i> WHO (2011) <i>Permethrin in drinking-water</i>

Степень острой токсичности технического перметрина невысока. *Цис*-изомер намного более токсичен, чем *транс*-изомер. МАИР отнесло перметрин к Группе 3 (вещества, не классифицируемые как канцерогенные для человека) на основании отсутствия данных о воздействии перметрина на людей и наличия ограниченных данных исследований на экспериментальных животных. Перметрин не является генотоксическим веществом. ССОКП пришло к выводу, что технический перметрин не является веществом, оказывающим токсическое воздействие на репродуктивную систему или на развивающиеся организмы.

В качестве рекомендательной можно рассчитать санитарную норму на базе ПУСП величиной 0–0,05 мг/кг массы тела, вычисленного для технического перметрина с соотношением *цис*- и *транс*-изомеров от 25:75 до 40:60, исходя из УНВВНИ

величиной 5 мг/кг массы тела в день, установленного на основании клинических признаков и изменения массы тела и органов, а также химического состава крови, которые имели место при получении следующей, более высокой дозы и были выявлены в ходе двухгодичного исследования на крысах, получавших вещество с пищей, а также исходя из УНВВНИ величиной 5 мг/кг массы тела в день, установленного по результатам одногодичного исследования на собаках, в рамках которого доза 100 мг/кг массы тела в день вызывала снижение массы тела, с применением фактора неопределенности 100 на меж- и внутривидовую изменчивость. Исходя из предположения о том, что взрослый человек с массой тела 60 кг потребляет 2 литра воды в день и получает 20% верхнего предела ПУСП с питьевой водой, можно рассчитать санитарную норму, равную 0,3 мг/л.

В соответствии с политикой отказа от использования любых пиретроидов для уничтожения личинок комаров – переносчиков человеческих заболеваний ВОЗ не рекомендует вносить перметрин непосредственно в питьевую воду. Основой этой политики является обеспокоенность в связи с вероятностью ускоренного формирования у переносчиков инфекции устойчивости к синтетическим пиретроидам, которые, будучи применяемыми в качестве средства для инсектицидной обработки противокмаринных сеток, играют значительную роль в современной глобальной стратегии борьбы с малярией.

Пиримифос-метил

Пиримифос-метил – это органофосфорное соединение, имеющее широкое применение в качестве пестицида. ВОЗ рассматривает возможность внесения пиримифос-метила в питьевую воду в емкостях как средства уничтожения личинок комаров, прежде всего в целях борьбы с лихорадкой денге. Производитель советует вносить пиримифос-метил непосредственно в воду в дозировке 1 мг/л.

Причина отсутствия нормативной величины	Не рекомендуется вносить пиримифос-метил непосредственно в питьевую воду, за исключением случаев, когда нет возможности использовать другие эффективные и безопасные методы обработки воды
Дата оценки	2007 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (1993) <i>Pesticide residues in food—1992 evaluations</i> FAO/WHO (2008) <i>Pesticide residues in food—2006 evaluations</i> WHO (2008) <i>Pirimiphos-methyl in drinking-water</i>

Единственным биохимическим эффектом воздействия пиримифос-метила, регулярно наблюдаемым в ходе изучения его острого воздействия, а также в ходе краткосрочных или долгосрочных исследований, является подавление холинэстеразы. Исследования на мышцах, крысах и собаках позволили определить УНВВНИ величиной 0,5 мг/кг массы тела в день и выше. Молодые животные, по-видимому, не обладают существенно большей восприимчивостью к пиримифос-метилу по сравнению с взрослыми животными. Результаты исследований на людях показали отсутствие подавления холинэстеразы при уровне воздействия пиримифос-метила, составлявшем 0,25 мг/кг массы тела в день (самая высокая протестированная доза). На основании этих фактов ССОКП пересмотрело ПУСП, установив его в диапазоне 0–0,03 мг/кг массы тела и применив 10-кратный коэффициент безопасности к УНВВНИ для исследований на людях.

При максимальной рекомендованной дозе пиримифос-метила в питьевой воде, составляющей 1 мг/л, уровень поступления пиримифос-метила для взрослого человека с массой тела 60 кг, выпивающего 2 литра воды в день, составит 0,033 мг/кг массы

тела, в то время как верхний предел ПУСП составляет 0,03 мг/кг массы тела. Уровень поступления пиримифос-метила для ребенка с массой тела 10 кг, выпивающего 1 литр воды в день, составит 0,1 мг/кг массы тела; уровень поступления для ребенка грудного возраста с массой тела 5 кг, находящегося на искусственном вскармливании и выпивающего 0,75 литра воды в день, составит 0,15 мг/кг массы тела. Существует неопределенность в отношении уровня, на котором будут проявляться последствия для человека, так как УНВВНИ, на основе которого рассчитывался ПУСП, был получен исходя из самой высокой проанализированной дозы, поэтому ПУСП может оказаться более консервативным, чем кажется на первый взгляд. Все указанные уровни поступления ниже острой референсной дозы, составляющей 0,2 мг/кг массы тела; они не приведут к возникновению риска острого воздействия при первоначальном внесении рекомендованной дозы пиримифос-метила в емкости для питьевой воды. Кроме того, низкая растворимость пиримифос-метила в воде и высокий коэффициент распределения частиц пиримифос-метила в системе "октанол-вода" свидетельствуют о невысокой вероятности сохранения рекомендуемой максимально допустимой дозы этого ларвицида в растворе, а также о том, что реальные уровни воздействия, по всей вероятности, окажутся ниже расчетных. Степень воздействия через продукты питания в целом признана невысокой, однако в отдельных случаях может иметь место высокая степень воздействия.

Исходя из проведенных выше расчетов, не рекомендуется вносить пиримифос-метил непосредственно в питьевую воду, за исключением случаев, когда нет возможности использовать другие эффективные и безопасные методы обработки воды. В случае внесения пиримифос-метила непосредственно в питьевую воду следует рассмотреть возможность обеспечения малолетних детей и детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании, водой из альтернативных источников в течение определенного времени после применения пиримифос-метила, если это практически осуществимо. Тем не менее отмечается, что превышение ПУСП не обязательно приведет к каким-либо неблагоприятным последствиям.

Пирипроксифен

Пирипроксифен является регулятором роста насекомых широкого спектра, обладающим инсектицидным действием в отношении насекомых-вредителей, представляющих опасность для здоровья населения, в том числе комаров. ВОЗ провела экспертную оценку пирипроксифена в плане его применения для уничтожения личинок комаров в питьевой воде в емкостях, особенно в рамках борьбы с лихорадкой денге. Согласно рекомендации СВОЗОП, доза пирипроксифена в питьевой воде в емкостях не должна превышать 0,01 мг/л.

Причина отсутствия нормативной величины	Определение нормативной величины для пестицидов, применяемых в целях борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде, считается нецелесообразным
Дата оценки	2007 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2000) <i>Pesticide residues in food—1999 evaluations</i> WHO (2010) <i>Pyriproxyfen in drinking-water</i>

ССОКП провело оценку пирипроксифена и пришло к выводу, что пирипроксифен не является генотоксическим веществом и не представляет риска в плане возникновения онкологических заболеваний у людей. Молодые животные, по видимому, не обладают существенно большей восприимчивостью к пирипроксифену по сравнению с взрослыми животными.

ССОКП установило ПУСП величиной 0–0,1 мг/кг массы тела, исходя из общего УНВВНИ величиной 10 мг/кг массы тела в день, рассчитанного на основании относительного увеличения печени и повышения общей концентрации холестерина в плазме, которые наблюдались в ходе двух одногодичных исследований токсичности, проводившихся на самцах собак, с применением коэффициента безопасности 100.

Определение официальной нормативной величины для пирипроксифена, применяемого в качестве средства борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде, считается нецелесообразным. Максимальная рекомендуемая доза пирипроксифена в питьевой воде, составляющая 0,01 мг/л, будет эквивалентна менее чем 1% верхнего предела ПУСП в питьевой воде для взрослого человека массой 60 кг, выпивающего 2 литра воды в день. Норма воздействия для ребенка массой 10 кг, выпивающего 1 литр воды в день, составит 0,01 мг, в то время как норма воздействия на верхнем пределе ПУСП составит 1 мг. Норма воздействия для ребенка грудного возраста массой 5 кг, находящегося на искусственном вскармливании и выпивающего 0,75 литра воды в день, составит 0,0075 мг, в то время как норма воздействия на верхнем пределе ПУСП составит 0,5 мг. Низкая растворимость пирипроксифена в воде и высокий коэффициент распределения частиц пирипроксифена в системе "октанол–вода" свидетельствуют о невысокой вероятности сохранения рекомендуемой максимально допустимой дозы пирипроксифена в растворе, а также о том, что реальные уровни воздействия, по всей видимости, окажутся ниже расчетных.

Спиносад

Спиносад является натуральным продуктом, извлекаемым из бактерии *Saccharopolyspora spinosa*. Спиносад ДТ – это смесь спиносина А и спиносина Д, применяемая в целях борьбы с комарами в емкостях для питьевой воды.

В соответствии с указаниями СВОЗОП, ВОЗ определила спиносад ДТ концентрацией 7,48% в качестве средства борьбы с *Aedes aegypti* в источниках питьевой воды. Согласно инструкциям ВОЗ, для борьбы с переносчиками инфекции следует использовать составы с содержанием спиносада 0,25–0,5 мг/л. Ожидаемый период действия в полевых условиях составляет 4–6 недель.

СВОЗОП провел оценку трех составов для уничтожения личинок комаров, в состав которых входит спиносад. ВОЗ опубликовала инструкции по контролю качества и международной торговле в отношении трех веществ – гранулированного спиносада (636/ГР), концентрата водной суспензии (636/КС) и таблеток прямого действия (636/ТПД). Для уничтожения личинок комаров в питьевой воде используются только таблетки с концентрацией активного вещества 0,25–0,5 мг/л.

В рамках проводившегося производителем 14-дневного исследования одна таблетка спиносада была добавлена в 200-литровую емкость с водой. Ежедневно в емкость доливали 10% воды. В итоге концентрация спиносада составила 26,5–51,7 мкг/л.

Причина отсутствия нормативной величины	Определение нормативной величины для пестицидов, применяемых в целях борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде, считается нецелесообразным
Дата оценки	2009 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2002) <i>Pesticide residues in food—2001 evaluations</i> WHO (2010) <i>Spinosad in drinking-water</i>

Определение официальной нормативной величины для спиносада ПД, применяемого в качестве средства борьбы с переносчиками инфекции,

размножающимися в емкостях для питьевой воды, считается нецелесообразным; тем не менее можно провести сравнение возможного уровня поступления с ПУСП величиной 0–0,02 мг/кг массы тела, не устанавливая размера острой референсной дозы ввиду низкого уровня острой токсичности спиносада. Реально достигнутая максимальная концентрация спиносада при использовании препарата медленного высвобождения, составила приблизительно 52 мкг/л. В этом случае уровень поступления составляет:

- 39 мкг для ребенка грудного возраста с массой тела 5 кг, находящегося на искусственном вскармливании и, предположительно, употребляющего 0,75 л воды в день, = 7,8 мкг/кг массы тела;
- 52 мкг для ребенка с массой тела 10 кг, предположительно употребляющего 1 л воды в день, = 5,2 мкг/кг массы тела;
- 104 мкг для взрослого человека с массой тела 60 кг, предположительно употребляющего 2 литра воды в день, = 1,7 мкг/кг массы тела.

Вместе с тем этот показатель может повышаться по мере увеличения потребления воды.

Это значит, что воздействие для всех групп населения будет на уровне гораздо ниже верхнего предела ПУСП. Даже при применении двойной дозы уровень воздействия окажется ниже верхнего предела ПУСП.

Разумеется, ПУСП рассчитан для воздействия в течение жизни, и средний уровень воздействия на протяжении определенного времени окажется ниже уровня, указанного выше.

Темефос

Темефос – это фосфорорганический инсектицид, применяемый в общественном здравоохранении в основном в качестве ларвицида для борьбы с комарами в прудах, болотах и трясинах, с мошкой, черной тлей и другими насекомыми. Его также применяют в целях борьбы с комарами в емкостях для питьевой воды. В соответствии с указаниями СВОЗОП ВОЗ определила темефос в качестве средства борьбы с переносчиками инфекции в источниках питьевой воды. ВОЗ определяет составы, которые могут применяться для борьбы с переносчиками инфекции, и в этих целях следует применять только составы, утвержденные СВОЗОП. Согласно рекомендациям, при внесении темефоса в питьевую воду его доза в ней не должна превышать 1 мг/л.

Причина отсутствия нормативной величины	Определение нормативной величины для пестицидов, применяемых в целях борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде, считается нецелесообразным
Дата оценки	2009 г.
Основные источники информации	FAO/WHO (2008) <i>Pesticide residues in food—2006 evaluations</i> WHO (2009) <i>Temephos in drinking-water</i>

УНВВНИ темефоса, рассчитываемый в целях оценки риска для человека, составляет 2,3 мг/кг массы тела в день. Он был установлен ССОКП в 2006 г. на основании исследований на крысах, выявивших нарушения ацетилхолинэстеразной активности мозга. Хотя ССОКП сочло, что недостаточная полнота базы данных препятствует ее использованию в качестве основы для расчета ПУСП, для целей настоящего Руководства на основании данного УНВВНИ при факторе неопределенности 100 можно рассчитать ДУСП, составляющий 0,023 мг/кг массы тела.

Молодые животные, по-видимому, не обладают большей восприимчивостью по сравнению с взрослыми животными, и степень воздействия через продукты питания считается невысокой.

Определение нормативной величины для темефоса, применяемого в качестве средства борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде, считается нецелесообразным. При применении темефоса для борьбы с переносчиками инфекции в питьевой воде его воздействие не будет продолжаться в течение всей жизни. Для взрослого человека с массой тела 60 кг, потребляющего 2 литра воды ежедневно, максимальная доза темефоса в питьевой воде, составляющая 1 мг/л, будет эквивалентна приблизительно 0,033 мг/кг массы тела, в то время как ДУСП составляет 0,023 мг/кг массы тела. Уровень воздействия на ребенка с массой тела 10 кг, выпивающего 1 литр воды, составит приблизительно 0,1 мг/кг массы тела; уровень воздействия на ребенка грудного возраста с массой тела 5 кг, находящегося на искусственном вскармливании, составит приблизительно 0,15 мг/кг массы тела, в то время как ДУСП составляет 0,023 мг/кг массы тела.

Следует рассмотреть возможность обеспечения малолетних детей и детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании, водой из альтернативных источников в течение определенного времени после применения темефоса, если это практически осуществимо.

Вместе с тем превышение ДУСП не обязательно приведет к каким-либо неблагоприятным последствиям. Собственно говоря, низкая растворимость темефоса в воде и высокий коэффициент распределения частиц темефоса в системе "октанол-вода" свидетельствуют о невысокой вероятности сохранения рекомендуемой максимально допустимой дозы темефоса в растворе. При использовании препарата медленного высвобождения концентрация темефоса окажется намного ниже допустимой дозы 1 мг/л и реальный уровень воздействия окажется гораздо ниже теоретического уровня, рассчитанного выше.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Вспомогательная документация к Руководству

К *Руководству по обеспечению качества питьевой воды* отдельно приложены материалы, в которых содержится справочная информация, обосновывающая создание этого Руководства, а также рекомендации по надлежащей практике его эффективного осуществления. Эти материалы можно получить в виде печатных текстов через сеть Интернет (http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/ru/) или на CD-ROM. Их можно заказать по адресу: <http://www.who.int/bookorders>.

Опубликованные вспомогательные документы

Assessing microbial safety of drinking water: Improving approaches and methods

Edited by A. Dufour et al.

Published in 2003 by IWA Publishing on behalf of the World Health Organization and the Organisation for Economic Co-operation and Development

Обзор современных подходов и методов, используемых при оценке микробной безопасности питьевой воды.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/assessing-microbial-safety-of-drinking-water/en/

Calcium and magnesium in drinking-water: Public health significance

Edited by J. Cotruvo and J. Bartram

Published in 2009 by the World Health Organization

Обзор вклада питьевой воды в общее суточное потребление кальция и магния, а также оценка возможной пользы для здоровья, включая сокращение остеопороза и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/publication_9789241563550/en/

Chemical safety of drinking-water: Assessing priorities for risk management

T. Thompson et al.

Published in 2007 by the World Health Organization

Пособие по проведению систематической оценки систем водоснабжения в целях определения приоритетности, контроля или удаления химических веществ, содержащихся в питьевой воде.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/dwchem_safety/en/

Domestic water quantity, service level and health

G. Howard and J. Bartram

Published in 2003 by the World Health Organization

Требования в отношении воды для лечебно-оздоровительных целей для определения допустимых минимальных потребностей в области потребления (гидратация и приготовление пищи) и элементарной гигиены.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wsh0302/en/

Evaluating household water treatment options: Health-based targets and microbiological performance specifications

J. Brown and M. Sobsey

Published in 2011 by the World Health Organization

Целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья, и протоколы испытаний методов обработки воды в месте ее использования, в том числе для обоснования разработки национальных программ сертификации.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/household_water/en/

Evaluation of the H₂S method for detection of fecal contamination of drinking water

M. Sobsey and F. Pfaender

Published in 2002 by the World Health Organization

Представлены научная основа, обоснованность, фактические данные и прочая информация относительно использования тестов H₂S в качестве показателей или индикаторов фекального загрязнения питьевой воды.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/h2s-method-for-detection-of-fecal-contamination/en/

Fluoride in drinking-water

J.K. Fawell et al.

Published in 2006 by IWA Publishing on behalf of the World Health Organization

Представлена информация о распространенности фтора в питьевой воде, его воздействии на здоровье, способах снижения избыточных уровней и методах анализа содержания фтора в воде.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/fluoride-in-drinking-water/en/

Руководство по гигиене и санитарии в авиации. Третье издание. Модуль 1: Вода; Модуль 2: Уборка и дезинфекция помещений

Опубликовано Всемирной организацией здравоохранения в 2009 г.

Рассмотрены вопросы, связанные с водоснабжением и уборкой и дезинфекцией помещений с конечной целью оказания содействия операторам аэропортов и эксплуатантам воздушных судов всех видов и другим ответственным органам в достижении высоких стандартов гигиены и санитарии для обеспечения защиты для лиц, совершающих поездку.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/aviation_guide/en/

Guide to ship sanitation, 3rd edition

Published in 2011 by the World Health Organization

Отражено значение судов для общественного здравоохранения с точки зрения болезней и подчеркнута важность принятия надлежащих мер контроля (барьерных или защитных мер, препятствующих загрязнению).

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/ship_sanitation_guide/en/

Hazard characterization for pathogens in food and water: Guidelines

Published in 2003 by the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization

Представлены практическая основа и структурированный подход к описанию характеристик опасных микробных факторов в продуктах питания и воде в помощь правительствам и исследователям.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/hazard-characterization-for-pathogens/en/

Health aspects of plumbing

Published in 2006 by the World Health Organization and the World Plumbing Council

Описаны процессы, связанные с проектированием, установкой и техническим обслуживанием эффективных водопроводных систем, с учетом микробиологических, химических, физических и финансовых проблем, связанных с водопроводными системами.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/plumbing-health-aspects/en/

Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: The significance of HPCs for water quality and human health

Edited by J. Bartram et al.

Published in 2003 by IWA Publishing on behalf of the World Health Organization

Оценка роли чашечного метода определения количества микроорганизмов в процессе обеспечения безопасности питьевой воды.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/hpc/en/

Legionella and the prevention of legionellosis

Edited by J. Bartram et al.

Published in 2007 by the World Health Organization

Обзор источников, экологических и лабораторных методов выявления бактерии *Legionella*, оценка риска и управление рисками в нестабильных условиях, необходимые меры профилактики или надлежащего контроля рисков, а также стратегии и практика борьбы со вспышками.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/legionella/en/

Managing water in the home: Accelerated health gains from improved water supply

M. Sobsey

Published in 2002 by the World Health Organization

Обзор различных методов и систем сбора, очистки и хранения воды в домохозяйствах.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wsh0207/en/

Pathogenic mycobacteria in water: A guide to public health consequences, monitoring and management

Edited by J. Bartram et al.

Published in 2004 by IWA Publishing on behalf of the World Health Organization

Представлены описание распространения, маршрутов передачи и инфицирования, а также рекомендации по борьбе с патогенными микобактериями в воде и других частями окружающей среды.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/pathogenic-mycobacteria-in-water/en/

Protecting groundwater for health: Managing the quality of drinking-water sources

Edited by O. Schmoll et al.

Published in 2006 by the World Health Organization

Анализ угроз для качества подземных вод и риска таких угроз для конкретных источников водоснабжения. Данный документ представляет собой пособие по разработке стратегий защиты подземных вод в целях обеспечения здоровья посредством управления качеством источников питьевой воды.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/protecting_groundwater/en/

Quantifying public health risk in the WHO Guidelines for drinking-water quality: A burden of disease approach

A.H. Havelaar and J.M. Melse

Published in 2003 by the National Institute for Public Health and the Environment of the Netherlands

Дискуссионный документ по вопросам концепций и методологии определения такого показателя, как количество лет жизни, скорректированных на инвалидность (DALY), в качестве единого показателя в области общественного здравоохранения и его применимость к качеству питьевой воды.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/quantifyinghealthrisks/en/

Rapid assessment of drinking-water quality: A handbook for implementation

Published in 2011 by the World Health Organization and the United Nations Children's Fund

Практическое руководство по экспресс-оценке качества и безопасности воды с использованием статистических и полевых методов и обследований санитарного состояния.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/rapid_assessment/en/

and <http://www.wssinfo.org>

Review of latest available evidence on potential transmission of avian influenza (H5N1) through water and sewage and ways to reduce the risks to human health

Published in 2006 by the World Health Organization

Обзор последних имеющихся исследований и данных о птичьей гриппе (H5N1), касающихся водных ресурсов, водоснабжения, санитарии (отходы жизнедеятельности человека, системы канализации и отходы медико-санитарных учреждений) и гигиены.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/potential-transmission-of-avian-influenza/en/

Risk assessment of Cryptosporidium in drinking water

G. Medema et al.

Published in 2009 by the World Health Organization

Вспомогательный документ к *Руководству по обеспечению качества питьевой воды*, в котором представлена дополнительная информация о *Cryptosporidium* в помощь национальным органам при установлении целевых показателей исходя из требований охраны здоровья и в помощь поставщикам воды при определении необходимых показателей эффективности процессов очистки воды в рамках разработанных для этих систем планов обеспечения безопасности воды.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/cryptosporidRA/en/

Safe drinking-water from desalination

Published in 2011 by the World Health Organization

Определены основные риски для здоровья, связанные с различными опреснительными процессами, а также приведены рекомендации касательно соответствующих процедур оценки риска и управления рисками в целях обеспечения безопасности опресненной питьевой воды.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/desalination_guidance/en/

Safe piped water: Managing microbial water quality in piped distribution systems

Edited by R. Ainsworth

Published in 2004 by IWA Publishing on behalf of the World Health Organization

Доклад по вопросам микробных загрязнителей и роста микроорганизмов в распределительных сетях, а также о методах обеспечения безопасности питьевой воды в водопроводных системах распределения.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/safe-piped-water/en/

Scaling up household water treatment among low-income populations

T. Clasen

Published in 2009 by the World Health Organization

Рассмотрены имеющиеся на сегодняшний день фактические данные относительно возможностей более широкого использования систем обработки воды в домохозяйствах. Основными целями документа являются обзор процессов разработки и развития ведущих технологий обработки воды в домохозяйствах в целях обеспечения их более широкого использования, выявления основных проблем, возникших в процессе их разработки, а также предоставления рекомендаций относительно путей дальнейшего развития.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/household_water_treatment/en/http://whqlibdo.c.w

Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management

Edited by I. Chorus and J. Bartram

Published in 1999 by E & FN Spon on behalf of the World Health Organization

Доклад обо всех аспектах управления рисками с представлением подробной информации о защите источников питьевой воды и водоемов, используемых для рекреационных целей, от опасностей для здоровья, вызванных цианобактериями и их токсинами.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/toxiccyanobact/en/

Upgrading water treatment plants

E.G. Wagner and R.G. Pinheiro

Published in 2001 by Spon Press on behalf of the World Health Organization

Практическое руководство по повышению эффективности работы водоочистных станций.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/treatplants/en/

Water quality — Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease

Edited by L. Fewtrell and J. Bartram

Published in 2001 by IWA Publishing on behalf of the World Health Organization

Руководство по вопросам связи качества воды с точки зрения микробного загрязнения со здоровьем населения, предназначенное в том числе для специалистов в области охраны окружающей среды и общественного здравоохранения, ученых-гидрологов, лиц, ответственных за разработку политики, а также лиц, ответственных за разработку стандартов и нормативных положений.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/whoiwa/en/

Water safety in buildings

Edited by D. Cunliffe et al.

Руководство по управлению водопроводными системами в зданиях (например, в больницах, школах, учреждениях по уходу, гостиницах), где люди могут пить воду, использовать воду для приготовления пищи, умывания, принятия душа, плавания или в других рекреационных целях или подвергаться воздействию аэрозолей, образованных устройствами на водной основе, такими как градирни.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/9789241548106/en/

Руководство по разработке и реализации плана обеспечения безопасности воды: Пошаговое управление рисками для поставщиков питьевой воды

J. Bartram et al.

Опубликовано Всемирной организацией здравоохранения в 2009 г.

Руководство по разработке и осуществлению плана обеспечения безопасности воды с использованием 11 учебных модулей, каждый из которых представляет собой один ключевой шаг в процессе разработки и осуществления плана обеспечения безопасности воды.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/publication_9789241562638/ru/

Обеспечение безопасности питьевой воды в небольших коммунальных системах водоснабжения

Опубликовано Всемирной организацией здравоохранения в 2011 г.

Поэтапное руководство по составлению, разработке и осуществлению планов обеспечения безопасности воды в сельских и удаленных общинах, в том числе в общинах с системами подачи воды по трубам, с точечными источниками водоснабжения или со службами водоснабжения на уровне отдельных общин с использованием различных технических возможностей.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/small-comm-water_supplies/ru/

Water safety plans: Managing drinking-water quality from catchment to consumer

A. Davison et al.

Published in 2005 by the World Health Organization

Руководство по усовершенствованным стратегиям профилактического регулирования, контроля и мониторинга качества питьевой воды.

http://who.int/water_sanitation_health/publications/wsp0506/en/

Water treatment and pathogen control: Process efficiency in achieving safe drinking-water

M.W. LeChevallier and K.K. Au

Published in 2004 by IWA Publishing on behalf of the World Health Organization

Критический анализ методов удаления и инактивации патогенных микроорганизмов в воде в помощь специалистам по вопросам качества воды и инженерам-проектировщикам в процессе принятия решений по вопросам качества воды с точки зрения микробного загрязнения.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/water-treatment-and-pathogen-control/en/

Waterborne zoonoses: Identification, causes and control

Edited by J.A. Cotruvo et al.

Published in 2004 by IWA Publishing on behalf of the World Health Organization

Ценное пособие для всех специалистов, занимающихся вопросами оценки и контроля передаваемых через воду зоонозов, которые представляют собой болезни, вызываемые микроорганизмами животного происхождения, которые также инфицируют людей.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/waterborne-zoonoses/en/

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Ссылки на процитированные источники^{1,2}

Глава 1

- Brikké F (2000) *Operation and maintenance of rural water supply and sanitation systems: a training package for managers and planners*. Delft, IRC International Water and Sanitation Centre; and Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/omruralsystems/en/).
- Sawyer R, Simpson-Hébert M, Wood S (1998) *PHAST step-by-step guide: A participatory approach for the control of diarrhoeal disease*. Geneva, World Health Organization (WHO/EOS/98.3; http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/phastep/en/).
- Simpson-Hébert M, Sawyer R, Clarke L (1996) *The Participatory Hygiene and Sanitation Transformation (PHAST) initiative: a new approach to working with communities*. Geneva, World Health Organization, United Nations Development Programme/World Bank Water and Sanitation Program (WHO/EOS/96.11; <http://apps.who.int/iris/handle/10665/63260>).
- WHO (1976) *Surveillance of drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization.
- WHO (1997) *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. Vol. 3. *Surveillance and control of community supplies*. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/small-water-supplies-guidelines/en/).

Глава 3

- Howard G et al. (2002) *Healthy villages: A guide for communities and community health workers*. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/healthvillages/en/).
- Prüss A, Corvalan C (2006) *Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease*. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/entity/quantifying_ehimpacts/publications/preventingdisease.pdf).
- Prüss A et al. (2002) Estimating the burden of disease from water, sanitation, and hygiene at a global level. *Environmental Health Perspectives*, 110:537–542.

Глава 4

- Bartram J, Ballance R, eds (1996) *Water quality monitoring: A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. Published by E & FN Spon, London, on behalf of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, the World Health Organization and the United Nations Environment Programme (http://www.who.int/entity/water_sanitation_health/resourcesquality/waterqualmonitor.pdf).
- WHO (1997) *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. Vol. 3. *Surveillance and control of community supplies*. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/small-water-supplies-guidelines/en/).

¹ В данный перечень включены ссылки на все источники, процитированные в тексте, за исключением вспомогательных документов к Руководству, перечисленных отдельно в Приложении 1, а также отдельных библиографических ссылок в главе 11, которые приводятся после каждой подборки данных по микробам в этой главе.

² Веб-ссылки, приведенные в данном приложении, были действующими по состоянию на январь 2011 г.

Глава 5

- Lloyd B, Bartram J (1991) Surveillance solutions to microbiological problems in water quality control in developing countries. *Water Science and Technology*, 24(2):61–75.
- WHO (1976) *Surveillance of drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization.
- WHO (1997) *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. Vol. 3. *Surveillance and control of community supplies*. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/small-water-supplies-guidelines/en/).

Глава 6

- APHA, AWWA, WEF (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21st ed. Washington, DC, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, pp. 7–15.
- Bartram J, Ballance R, eds (1996) *Water quality monitoring: A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. Published by E & FN Spon, London, on behalf of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, the World Health Organization and the United Nations Environment Programme (http://www.who.int/entity/water_sanitation_health/resourcesquality/waterqualmonitor.pdf).
- Cotruvo JA et al. (2010) *Desalination technology: Health and environmental impacts*. Boca Raton, FL, CRC Press.
- FAO/WHO (2009) *Benefits and risks of the use of chlorine-containing disinfectants in food production and food processing. Report of a Joint FAO/WHO Expert Meeting*. Geneva, Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization (http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241598941_eng.pdf).
- Hutin Y, Luby S, Paquet C (2003) A large cholera outbreak in Kano City, Nigeria: The importance of hand washing with soap and the danger of street-vended water. *Journal of Water and Health*, 1:45–52.
- WHO (1997) *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. Vol. 3. *Surveillance and control of community supplies*. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/small-water-supplies-guidelines/en/).
- ВОЗ (2005а) *Международные медико-санитарные правила (2005 г.)*, второе издание. Женева, Всемирная организация здравоохранения (http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43883/4/9789244580417_rus.pdf).
- WHO (2005b) *Nutrients in drinking water*. Geneva, World Health Organization (<http://www.bvsde.paho.org/cd-gdwq/Biblioteca/Support%20docs%20GDWQ/nutrientsindw.pdf>).
- Wisner B, Adams J (2003) *Environmental health in emergencies and disasters: a practical guide*. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/emergencies2002/en/).

Глава 7

- AWWA (1999) *Waterborne pathogens: AWWA manual M48*. Denver, CO, American Water Works Association.
- Bitton G (2005) *Wastewater microbiology*, 3rd ed. New York, NY, John Wiley & Sons.
- Chevrefils G et al. (2006) UV dose required to achieve incremental log inactivation of bacteria, protozoa and viruses. *IUVA News*, 8(1):38–45.
- Clasen T et al. (2006) Interventions to improve water quality for preventing diarrhoea (Cochrane Review). B: *The Cochrane Library*, Issue 3. Oxford, Update Software (CD004794).
- Cotruvo JA, Sobsey M (2006) Point-of-use water treatment for home and travel. B: Grabow W, ed. *UNESCO encyclopedia of life support systems*. Paris, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (<http://www.eolss.net>).
- Dullemont YJ et al. (2006) Removal of microorganisms by slow sand filtration. B: Gimbel R, Graham NJD, Collins MR, eds. *Recent progress in slow sand and alternative biofiltration processes*. London, IWA Publishing, pp. 12–20.
- Feachem RG et al. (1983) *Sanitation and disease: Health aspects of excreta and wastewater management*. Chichester, John Wiley.
- Fewtrell L, Colford J (2004) *Water, sanitation and hygiene: Interventions and diarrhoea — A systematic review and meta-analysis*. Health, Nutrition, and Population Family of the World Bank Human Development Network (<http://siteresources.worldbank.org/HEALTHNUTRITIONANDPOPULATION/Resources/281627-1095698140167/Fewtrell%26ColfordJuly2004.pdf>).
- Gerba CP et al. (1996) Waterborne rotavirus: A risk assessment. *Water Research*, 30(12):2929–2940.
- Haas CN, Rose JB, Gerba CP (1999) *Quantitative microbial risk assessment*. New York, NY, Wiley.

- Hijnen WAM, Beerendonk EF, Medema GJ (2006) Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review. *Water Research*, 40:3–22.
- Jones K, Betaieb M, Telford DR (1990) Seasonal variation of thermophilic campylobacters in sewage sludge. *Journal of Applied Bacteriology*, 69:185–189.
- Koenraad PMFJ et al. (1994) Survey of *Campylobacter* in sewage plants in the Netherlands. *Food Microbiology*, 11:65–73.
- Lodder WJ, de Roda Husman AM (2005) Presence of noroviruses and other enteric viruses in sewage and surface waters in the Netherlands. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(3):1453–1461.
- Lodder WJ et al. (2010) Presence of enteric viruses in source waters for drinking water production in the Netherlands. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(17):5965–5971.
- Maier RM, Pepper IL, Gerba CP (2000) *Environmental microbiology*. New York, NY, Academic Press.
- Masini L et al. (2007) Research and characterization of pathogenic vibrios from bathing water along the Conero Riviera (central Italy). *Water Research*, 41(18):4031–4040.
- Metcalf & Eddy, Inc. (2003) *Wastewater engineering: Treatment and reuse*. New York, NY, McGraw Hill.
- Nath KJ, Bloomfield S, Jones M (2006) *Household water storage, handling and point-of-use treatment*. A review commissioned by the International Scientific Forum on Home Hygiene (http://www.ifh-homehygiene.org/2003/2library/low_res_water_paper.pdf).
- Rutjes SA et al. (2009) Detection of infectious rotavirus in naturally contaminated source waters for drinking water production. *Journal of Applied Microbiology*, 107(1):97–105.
- Schijven JF, de Roda Husman AM (2006) A survey of diving behaviour and accidental water ingestion among Dutch occupational and sport divers to assess the risk of infection with waterborne pathogenic microorganisms. *Environmental Health Perspectives*, 114:712–717.
- Stampi S et al. (1992) Occurrence, removal, and seasonal variation of “thermophilic” campylobacters in a sewage treatment plant in Italy. *Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin*, 193:199–210.
- Stelzer W (1988) [Detection of *Campylobacter jejuni* and *C. coli* in waste water.] *Zentralblatt für Mikrobiologie*, 143(1):47–54 (in German).
- WHO (2003) *Emerging issues in water and infectious disease*. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/emergingissues/en/).
- WHO (2005) *Preventing travellers' diarrhoea: How to make drinking water safe*. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/travel diarrhoea/en/).
- World Health Assembly (1991) *Elimination of dracunculiasis: Resolution of the 44th World Health Assembly*. Geneva, World Health Organization (Resolution No. WHA 44.5).
- Wright J, Gundry S, Conroy R (2003) Household drinking water in developing countries: A systematic review of microbiological contamination between source and point-of-use. *Tropical Medicine & International Health*, 9(1):106–117.

Глава 8

- FAO/WHO (2009) *Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food*. Geneva, Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization (Environmental Health Criteria 240; http://www.who.int/foodsafety/areas_work/chemical-risks/ru/).
- IPCS (1994) *Assessing human health risks of chemicals: Derivation of guidance values for health-based exposure limits*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 170; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc170.htm>).
- IPCS (2000) *Disinfectants and disinfectant by-products*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 216; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc216.htm>).
- IPCS (2005) *Chemical-specific adjustment factors for interspecies differences and human variability: Guidance document for use of data in dose/concentration–response assessment*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Harmonization Project Document No. 2; <http://www.inchem.org/documents/harmproj/harmproj/harmproj2.pdf>).
- IPCS (2009) *Principles for modelling dose–response for risk assessment of chemicals*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 239; http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241572392_eng.pdf).
- Solecki R et al. (2005) Guidance on setting of acute reference dose (ARfD) for pesticides. *Food and Chemical Toxicology*, 43:1569–1593 (http://www.who.int/foodsafety/areas_work/chemical-risks/ru/).
- WHO (2006) *Guidelines for safe recreational water environments. Vol. 2. Swimming pools and similar environments*. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/safe-recreational-water-guidelines-2/en/).

WHO/TDR (2009) *Dengue—Guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control*. Geneva, World Health Organization and the Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (TDR) (http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547871_eng.pdf).

Глава 9

- APHA, AWWA, WEF (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21st ed. Washington, DC, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, pp. 7–15.
- Auvinen A et al. (2005) Radon and other natural radionuclides in drinking water and risks of stomach cancer: A case-cohort study in Finland. *International Journal of Cancer*, 10:109–113.
- Brenner D et al. (2003) Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: Assessing what we really know. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(24):13761–13766.
- Brown J, Hammond B, Wilkins DT (2008) *Handbook for assessing the impact of a radiological incident on levels of radioactivity in drinking water and risks to operatives at water treatment works: Supporting scientific report*. Chilton, Oxfordshire, Health Protection Agency (HPA-RPD-041; http://www.dwi.gov.uk/research/completed-research/reports/DWI70-2-192_supporting.pdf).
- European Commission (2001) Commission recommendation of 20 December 2001 on the protection of the public against exposure to radon in drinking water supplies. *Official Journal of the European Communities*, L344:85–87 (http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/01928_en.pdf).
- Health Canada (2009) *Guidelines for Canadian drinking water quality: Guideline technical document—Radiological parameters*. Ottawa, Ontario, Health Canada, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Radiation Protection Bureau (Catalogue No. H128-1/10-614E-PDF; http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-sent/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/radiological_para-radiologiques/radiological_para-radiologiques-eng.pdf).
- IAEA (2002) *Safety requirements on preparedness and response for a nuclear or radiological emergency*. Vienna, International Atomic Energy Agency (Safety Standards Series No. GS-R-2).
- IAEA, WHO (2005) *Development of an extended framework for emergency response criteria*. Vienna, International Atomic Energy Agency (TECDOC-1432).
- IAEA, WHO (2010) *Criteria for use in planning response to nuclear and radiological emergencies*. Vienna, International Atomic Energy Agency (Safety Guide DS44).
- ICRP (1996) Age-dependent doses to the members of the public from intake of radionuclides. Part 5. Compilation of ingestion and inhalation coefficients. ICRP Publication 72. *Annals of the ICRP*, 26(1).
- ICRP (2000) Protection of the public in situations of prolonged radiation exposure. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 82. *Annals of the ICRP*, 29(1–2).
- ICRP (2008) The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Annals of the ICRP*, 37(2–4).
- ICRP (2009a) Application of the Commission's recommendations for the protection of people in emergency exposure situations. ICRP Publication 109. *Annals of the ICRP*, 39(1).
- ICRP (2009b) International Commission on Radiological Protection statement on radon (ICRP Ref 00/902/09; http://www.icrp.org/docs/ICRP_Statement_on_Radon%28November_2009%29.pdf).
- ISO (2003) *Standard ISO 5667-3: Water quality—Sampling—Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples*. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO (2006a) *Standard ISO 5667-1: Water quality—Sampling—Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques*. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO (2006b) *Standard ISO 5667-5: Water quality—Sampling—Part 5: Guidance on sampling of drinking water from treatment works and piped distribution systems*. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO (2007) *Standard ISO 9696: Water quality—Measurement of gross alpha activity in non-saline water—Thick source method*. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO (2008) *Standard ISO 9697: Water quality—Measurement of gross beta activity in non-saline water—Thick source method*. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO (2009a) *Стандарт ISO 5667-11: Качество воды. Отбор проб. Часть 11. Руководство по отбору проб грунтовых вод*. Женева, Международная организация по стандартизации.
- ISO (2009b) *Standard ISO 10704: Water quality—Measurement of gross alpha and gross beta activity in non-saline water—Thin source deposit method*. Geneva, International Organization for Standardization.
- Nair RR et al. (2009) Background radiation and cancer incidence in Kerala, India—Karanagappally cohort study. *Health Physics*, 96(1):55–66.
- NAS (1999) *Report on risk assessment of radon in drinking water*. Washington, DC, National Research Council, National Academy Press.

- Picano E (2008) Informed consent and communication of risk from radiological and nuclear medicine examinations: How to escape from a communication inferno. *British Medical Journal*, 329:849–851.
- Standards Australia, Standards New Zealand (1998) *Water quality—Sampling—Guidance on the design of sampling programs, sampling techniques and the preservation and handling of samples*. Homebush, Australia, and Wellington, New Zealand, Joint Australian/New Zealand Standards (AS/NZS 5667.1.1998).
- Tao Z (2000) Cancer mortality in the high background radiation areas of Yangjiang, China during the period between 1979 and 1995. *Journal of Radiation Research (Tokyo)*, 41(Suppl.):31–41.
- UNSCEAR (2000) *Report: Sources, effects and risks of ionizing radiation*. New York, NY, United Nations, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2000_1.html).
- UNSCEAR (2008) *Report: Sources and effects of ionizing radiation. Vol. I. Sources*. New York, NY, United Nations, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_1.html).
- USEPA (2007) *Communicating radiation risks*. Washington, DC, Environmental Protection Agency (EPA Publication 402-F-07-008).
- ВОЗ (2002) *Построение диалога о рисках от электромагнитных полей*. Женева, Всемирная организация здравоохранения.
- WHO (2009) *WHO handbook on indoor radon: A public health perspective*. Geneva, World Health Organization.
- Ye W et al. (1998) Mortality and cancer incidence in Misasa, Japan, a spa area with elevated radon levels. *Japanese Journal of Cancer Research*, 89(8):789–796.

Глава 11¹

- WHO (2003) *Emerging issues in water and infectious disease*. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/emergingissues/en/).

Глава 12²

Справочные документы для подготовки Руководства ВОЗ по обеспечению качества питьевой воды³

- WHO (2003) *1,1-Dichloroethane in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/19).
- WHO (2003) *1,1,1-Trichloroethane in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/65).
- WHO (2003) *1,2-Dibromo-3-chloropropane in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/34).
- WHO (2003) *1,2-Dibromoethane in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/66).
- WHO (2003) *1,2-Dichloroethane in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/67).
- WHO (2003) *1,2-Dichloroethene in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/72).
- WHO (2003) *1,2-Dichloropropane (1,2-DCP) in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/61).
- WHO (2003) *1,3-Dichloropropane in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/35).
- WHO (2003) *1,3-Dichloropropene in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/36).
- WHO (2003) *2,4-D in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/70).

¹ Отдельные библиографические ссылки приводятся в конце каждой подборки данных по микробам в главе 11.

² Прочитированные в главе 12 источники, относящиеся к одним и тем же авторам и датам, указаны здесь в алфавитном порядке по названиям.

³ Все справочные документы можно найти по адресу:
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/index.html.

- WHO (2003) *2-Phenylphenol and its sodium salt in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/69).
- WHO (2003) *Alachlor in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/31).
- WHO (2003) *Aldicarb in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/72).
- WHO (2003) *Aldrin and dieldrin in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/73).
- WHO (2003) *Ammonia in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/1).
- WHO (2003) *Antimony in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/74).
- WHO (2003) *Asbestos in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/2).
- WHO (2003) *Barium in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/76).
- WHO (2003) *Bentazone in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/77).
- WHO (2003) *Benzene in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/24).
- WHO (2003) *Bromate in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/78).
- WHO (2003) *Brominated acetic acids in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/79).
- WHO (2003) *Carbofuran in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/81).
- WHO (2003) *Carbon tetrachloride in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/82).
- WHO (2003) *Chlordane in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/84).
- WHO (2003) *Chloride in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/3).
- WHO (2003) *Chlorine in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/45).
- WHO (2003) *Chloroacetones in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/50).
- WHO (2003) *Chlorophenols in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/47).
- WHO (2003) *Chlorophenoxy herbicides (excluding 2,4-D and MCPA) in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/44).
- WHO (2003) *Chloropicrin in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/52).
- WHO (2003) *Chlorotoluron in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/33).
- WHO (2003) *Chlorpyrifos in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/87).
- WHO (2003) *Chromium in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/4).
- WHO (2003) *Copper in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/88).
- WHO (2003) *Cyanazine in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/60).
- WHO (2003) *Cyanobacterial toxins: Microcystin-LR in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/57).
- WHO (2003) *DDT and its derivatives in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/89).

- WHO (2003) *Dialkyltins in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/109).
- WHO (2003) *Dichlorobenzenes in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/28).
- WHO (2003) *Dichloromethane in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/18).
- WHO (2003) *Di(2-ethylhexyl)adipate in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/68).
- WHO (2003) *Di(2-ethylhexyl)phthalate in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/29).
- WHO (2003) *Dimethoate in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04).
- WHO (2003) *Diquat in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/91).
- WHO (2003) *Edetic acid (EDTA) in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/58).
- WHO (2003) *Endosulfan in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/92).
- WHO (2003) *Endrin in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/93).
- WHO (2003) *Epichlorohydrin in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/94).
- WHO (2003) *Ethylbenzene in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/26).
- WHO (2003) *Fenitrothion in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/95).
- WHO (2003) *Fluoride in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/96).
- WHO (2003) *Glyphosate and AMPA in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/97).
- WHO (2003) *Halogenated acetonitriles in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/98).
- WHO (2003) *Heptachlor and heptachlor epoxide in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/99).
- WHO (2003) *Hexachlorobenzene in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/100).
- WHO (2003) *Hexachlorobutadiene in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/101).
- WHO (2003) *Hydrogen sulfide in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/7).
- WHO (2003) *Inorganic tin in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/115).
- WHO (2003) *Iodine in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/46).
- WHO (2003) *Iron in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/08).
- WHO (2003) *Isoproturon in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/37).
- WHO (2003) *Lindane in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/102).
- WHO (2003) *Malathion in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/103).
- WHO (2003) *MCPA in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/38).
- WHO (2003) *Methoxychlor in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/105).
- WHO (2003) *Methyl parathion in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/106).

- WHO (2003) *Metolachlor in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/39).
- WHO (2003) *Molinate in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/40).
- WHO (2003) *Monochloramine in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/83).
- WHO (2003) *Monochloroacetic acid in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/85).
- WHO (2003) *Monochlorobenzene in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/107).
- WHO (2003) *MX in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/108).
- WHO (2003) *Nitritotriacetic acid in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/30).
- WHO (2003) *Parathion in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/110).
- WHO (2003) *Pendimethalin in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/41).
- WHO (2003) *Pentachlorophenol in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/62).
- WHO (2003) *Polynuclear aromatic hydrocarbons in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/59).
- WHO (2003) *Propanil in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/112).
- WHO (2003) *Silver in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/14).
- WHO (2003) *Simazine in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/42).
- WHO (2003) *Sodium in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/15).
- WHO (2003) *Styrene in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/27).
- WHO (2003) *Sulfate in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/114).
- WHO (2003) *Terbutylazine in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/63).
- WHO (2003) *Tetrachloroethene in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/23).
- WHO (2003) *Toluene in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/116).
- WHO (2003) *Total dissolved solids in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/16).
- WHO (2003) *Trichloroacetic acid in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/120).
- WHO (2003) *Trichlorobenzenes in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/117).
- WHO (2003) *Trifluralin in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/43).
- WHO (2003) *Vinyl chloride in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/119).
- WHO (2003) *Xylenes in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/25).
- WHO (2003) *Zinc in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/17).
- WHO (2005) *1,1-Dichloroethene in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/20).
- WHO (2005) *1,4-Dioxane in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/120).

- WHO (2005) *Chloral hydrate in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/49).
- WHO (2005) *Chlorite and chlorate in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/86).
- WHO (2005) *Dichloroacetic acid in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/121).
- WHO (2005) *Formaldehyde in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/48).
- WHO (2005) *Mercury in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/10).
- WHO (2005) *Methyl tertiary-butyl ether (MTBE) in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/122).
- WHO (2005) *Nickel in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/55).
- WHO (2005) *Petroleum products in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/123).
- WHO (2005) *Trichloroethene in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/22).
- WHO (2005) *Trihalomethanes in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/64).
- WHO (2007) *pH in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/07.01/1).
- WHO (2008) *Carbaryl in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/AMR/08.03/5).
- WHO (2008) *Diflubenzuron in drinking-water: Use for vector control in drinking-water sources and containers. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/AMR/08.03/6).
- WHO (2008) *Methoprene in drinking-water: Use for vector control in drinking-water sources and containers. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/AMR/08.03/14).
- WHO (2008) *N-Nitrosodimethylamine in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/AMR/08.03/8).
- WHO (2008) *Novaluron in drinking-water: Use for vector control in drinking-water sources and containers. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/AMR/08.03/11).
- WHO (2008) *Pirimiphos-methyl in drinking-water: Use for vector control in drinking-water sources and containers. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/AMR/08.03/15).
- WHO (2008) *Sodium dichloroisocyanurate in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/AMR/08.03/3).
- WHO (2009) *Bacillus thuringiensis israelensis (Bti) in drinking-water: Use for vector control in drinking-water sources and containers. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/WSH/09.01/8).
- WHO (2009) *Beryllium in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/WSH/09.01/5).
- WHO (2009) *Boron in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/WSH/09.01/2).
- WHO (2009) *Bromide in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/WSH/09.01/6).
- WHO (2009) *Cyanide in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/WSH/09.01/3).
- WHO (2009) *Cyanogen chloride in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/WSH/09.01/9).
- WHO (2009) *Nitrobenzene in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/WSH/09.01/4).
- WHO (2009) *Potassium in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality.* Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/WSH/09.01/7).

- WHO (2009) *Temephos in drinking-water: Use for vector control in drinking-water sources and containers. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/AMR/09.01/1).
- WHO (2010) *Aluminium in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/53).
- WHO (2010) *Pyriproxyfen in drinking-water: Use for vector control in drinking-water sources and containers. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/AMR/08.03/9).
- WHO (2010) *Spinosad in drinking-water: Use for vector control in drinking-water sources and containers. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/WSH/10.01.12).
- WHO (2011) *Acrylamide in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/71/Rev/1).
- WHO (2011) *Arsenic in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/75/Rev/1).
- WHO (2011) *Atrazine and its metabolites in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/WSH/10.01/11/Rev/1).
- WHO (2011) *Cadmium in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/80/Rev/1).
- WHO (2011) *Hardness in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/WSH/10.01/10/Rev/1).
- WHO (2011) *Lead in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/9/Rev/1).
- WHO (2011) *Manganese in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/104/Rev/1).
- WHO (2011) *Molybdenum in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/11/Rev/1).
- WHO (2011) *Nitrate and nitrite in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/AMR/07.01/16/Rev/1).
- WHO (2011) *Permethrin in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/111/Rev/1).
- WHO (2011) *Selenium in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/13/Rev/1).
- WHO (2011) *Uranium in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/118/Rev/1).

Другие процитированные источники

- Chorus I, Bartram J, eds (1999) *Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management*. Published by E & FN Spon, London, on behalf of the World Health Organization (http://www.who.int/entity/water_sanitation_health/resourcesquality/toxycyanobacteria.pdf).
- FAO/WHO (1992) *Pesticide residues in food—1991 evaluations. Part II—Toxicology*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (WHO/PCS/92.52).
- FAO/WHO (1993) *Pesticide residues in food—1992 evaluations. Part II—Toxicology*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (WHO/PCS/93.34).
- FAO/WHO (1994) *Pesticide residues in food—1993 evaluations. Part II—Toxicology*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (WHO/PCS/94.4).
- FAO/WHO (1995) *Pesticide residues in food—1994 evaluations. Part II—Toxicology*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (WHO/PCS/95.2).
- FAO/WHO (1996) *Pesticide residues in food—1995 evaluations. Part II—Toxicological and environmental*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (WHO/PCS/96.48).
- FAO/WHO (1997) *Pesticide residues in food—1996 evaluations. Part II—Toxicological*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (WHO/PCS/97.1).
- FAO/WHO (1998) *Pesticide residues in food—1997 evaluations. Part II—Toxicological and environmental*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (WHO/PCS/98.6).
- FAO/WHO (1999) *Pesticide residues in food—1998 evaluations. Part II—Toxicological*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (WHO/PCS/99.18).
- FAO/WHO (2000) *Pesticide residues in food—1999 evaluations. Part II—Toxicological*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (WHO/PCS/00.4).

- FAO/WHO (2001) *Evaluation of certain food additives and contaminants. Fifty-fifth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. Geneva, World Health Organization (WHO Technical Report Series, No. 901).
- FAO/WHO (2001) *Pesticide residues in food—2000 evaluations. Part II—Toxicological*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (WHO/PCS/01.3).
- FAO/WHO (2002) *Evaluation of certain food additives. Fifty-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. Geneva, World Health Organization (WHO Technical Report Series, No. 913).
- FAO/WHO (2002) *Pesticide residues in food—2001 evaluations. Part II—Toxicological*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (WHO/PCS/02.1).
- FAO/WHO (2003) Nitrate (and potential endogenous formation of *N*-nitroso compounds). B: *Safety evaluation of certain food additives and contaminants*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO Food Additives Series, No. 50).
- FAO/WHO (2003) *Pesticide residues in food—2002 evaluations. Part II—Toxicological*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (WHO/PCS/03.1).
- FAO/WHO (2004) *Evaluation of certain food additives and contaminants*. Sixty-first report of the Joint FAO/WHO Committee on Food Additives. Geneva, World Health Organization (WHO Technical Report Series No. 922).
- FAO/WHO (2004) *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*, 2nd ed. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, Bangkok, Thailand, 21–30 September 1998. Geneva, World Health Organization (<http://whqlibdoc.who.int/publications/2004/9241546123.pdf>).
- FAO/WHO (2006) *Pesticide residues in food—2005 evaluations. Part II—Toxicological*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues.
- FAO/WHO (2007) Aluminium (from all sources, including food additives). B: *Evaluation of certain food additives and contaminants. Sixty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. Geneva, World Health Organization, pp. 33–44 (WHO Technical Report Series, No. 940).
- FAO/WHO (2008) *Pesticide residues in food—2006 evaluations. Part II—Toxicological*. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues.
- FAO/WHO (2009) *Pesticide residues in food—2007 evaluations. Part II—Toxicological*. Geneva, World Health Organization.
- FAO/WHO (2011) *Evaluation of certain contaminants in food. Seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. Geneva, World Health Organization (WHO Technical Report Series, No. 959).
- FAO/WHO (2011) *Evaluation of certain food additives and contaminants. Seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. Geneva, World Health Organization (WHO Technical Report Series, No. 960).
- Fawell J et al. (2006) *Fluoride in drinking-water*. London, IWA Publishing on behalf of the World Health Organization (WHO Drinking-water Quality Series; http://www.who.int/entity/water_sanitation_health/publications/fluoride_drinking_water_full.pdf).
- IARC (1987) *Overall evaluations of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs volumes 1–42*. Lyon, International Agency for Research on Cancer, pp. 100–106 (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Supplement 7).
- IPCS (1992) *Endrin*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 130; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc130.htm>).
- IPCS (1992) *Methyl parathion*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 145; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc145.htm>).
- IPCS (1994) *Glyphosate*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 159; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc159.htm>).
- IPCS (1994) *Hexachlorobutadiene*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 156; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc156.htm>).
- IPCS (1995) *1,2-Dichloroethane*, 2nd ed. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 176; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc176.htm>).
- IPCS (1995) *Report of the 1994 meeting of the Core Assessment Group*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety, Joint Meeting on Pesticides (WHO/PCS/95.7).
- IPCS (1996) *1,2-Dibromoethane*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 177; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc177.htm>).
- IPCS (1997) *Aluminium*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 194; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc194.htm>).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ССЫЛКИ НА ПРОЦИТИРОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

- IPCS (1997) *Hexachlorobenzene*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 195; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc195.htm>).
- IPCS (1998) *1,2-Dichloroethane*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Concise International Chemical Assessment Document 1; <http://www.who.int/entity/ipcs/publications/cicad/en/cicad01.pdf>).
- IPCS (1998) *Copper*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 200; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc200.htm>).
- IPCS (1998) *Methyl tertiary-butyl ether*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 206; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc206.htm>).
- IPCS (1999) *Bacillus thuringiensis*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 217; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc217.htm>).
- IPCS (1999) *Carbon tetrachloride*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 208; http://www.who.int/entity/ipcs/publications/ehc/who_ehc_208.pdf).
- IPCS (1999) *Manganese and its compounds*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Concise International Chemical Assessment Document 12; <http://www.who.int/entity/ipcs/publications/cicad/en/cicad12.pdf>).
- IPCS (1999) *Vinyl chloride*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 215; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc215.htm>).
- IPCS (2000) *Chloral hydrate*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Concise International Chemical Assessment Document No. 25; <http://www.who.int/entity/ipcs/publications/cicad/en/cicad25.pdf>).
- IPCS (2000) *Disinfectants and disinfectant by-products*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 216; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc216.htm>).
- IPCS (2001) *Arsenic and arsenic compounds*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 224; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc224.htm>).
- IPCS (2001) *Barium and barium compounds*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Concise International Chemical Assessment Document 33; <http://www.who.int/entity/ipcs/publications/cicad/en/cicad33.pdf>).
- IPCS (2001) *Beryllium and beryllium compounds*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Concise International Chemical Assessment Document 32; <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad32.htm>).
- IPCS (2002) *Fluorides*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 227; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc227.htm>).
- IPCS (2002) *Formaldehyde*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Concise International Chemical Assessment Document 40; <http://www.who.int/entity/ipcs/publications/cicad/en/cicad40.pdf>).
- IPCS (2002) *N-Nitrosodimethylamine*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Concise International Chemical Assessment Document 38; <http://www.who.int/entity/ipcs/publications/cicad/en/cicad38.pdf>).
- IPCS (2003) *1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride)*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Concise International Chemical Assessment Document 51; <http://www.who.int/entity/ipcs/publications/cicad/en/cicad51.pdf>).
- IPCS (2003) *Elemental mercury and inorganic mercury compounds: Human health aspects*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Concise International Chemical Assessment Document 50; <http://www.who.int/entity/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf>).
- IPCS (2004) *Chloroform*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Concise International Chemical Assessment Document 58; <http://www.who.int/entity/ipcs/publications/cicad/en/cicad58.pdf>).
- IPCS (2004) *Hydrogen cyanide and cyanides: Human health aspects*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Concise International Chemical Assessment Document 61; <http://www.who.int/entity/ipcs/publications/cicad/en/cicad61.pdf>).
- ISO (1982) *Water quality—determination of total arsenic*. Geneva, International Organization for Standardization (ISO 6595-1982).
- Schmoll O et al. (2006) *Protecting groundwater for health: Managing the quality of drinking-water sources*. London, IWA Publishing on behalf of the World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/protecting_groundwater/en/).

- USNRC (2001) *Arsenic in drinking water, 2001 update*. Washington, DC, United States National Research Council, National Academy Press.
- USNRC (2006) *Fluoride in drinking water: A scientific review of EPA's standards*. Washington, DC, United States National Research Council, National Academies Press.
- WHO (2004) *Report of the seventh WHOPEs working group meeting, 2–4 December 2003, Geneva*. Geneva, World Health Organization, WHO Pesticide Evaluation Scheme (WHO/CDS/WHOPEs/2004.8; http://whqlibdoc.who.int/hq/2004/WHO_CDS_WHOPEs_2004.8.pdf).
- WHO (2006) *Report of the ninth WHOPEs working group meeting, 5–9 December 2005, Geneva*. Geneva, World Health Organization, Control of Neglected Tropical Diseases, WHO Pesticide Evaluation Scheme (WHO/CDS/NTD/WHOPEs/2006.2; http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_CDS_NTD_WHOPEs_2006.2_eng.pdf).
- WHO (2007) *WHO specifications and evaluations for public health pesticides: Bacillus thuringiensis subspecies israelensis strain AM65-52*. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/whopes/quality/Bti_eval_spec_Jun_07.pdf).

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Сводные таблицы химических веществ

Таблица А3.1. Химические вещества, не принимаемые в расчет нормативной величины

Химическое вещество	Причина исключения
Амитраз	Быстро распадается в окружающей среде и не встречается в питьевой воде в поддающихся измерению концентрациях
Хлорбензилат	В питьевой воде не встречается
Хлорталонил	В питьевой воде не встречается
Циперметрин	В питьевой воде не встречается
Дельтаметрин	В питьевой воде не встречается
Диазинон	В питьевой воде не встречается
Диносеб	В питьевой воде не встречается
Этилентиомочевина	В питьевой воде не встречается
Фенамифос	В питьевой воде не встречается
Формотион	В питьевой воде не встречается
Гексахлорциклогексаны (смесь изомеров)	В питьевой воде не встречается
МХФБ ^а	В питьевой воде не встречается
Метамидофос	В питьевой воде не встречается
Метомил	В питьевой воде не встречается
Мирекс	В питьевой воде не встречается
Монокротофос	Выведен из употребления во многих странах и не встречается в питьевой воде
Оксамил	В питьевой воде не встречается
Форат	В питьевой воде не встречается
Пропоксур	В питьевой воде не встречается
Пиридат	Неустойчив и крайне редко встречается в питьевой воде
Хинтозин	В питьевой воде не встречается
Токсафен	В питьевой воде не встречается
Триазофос	В питьевой воде не встречается
Оксид трибутилолова	В питьевой воде не встречается
Трихлорфон	В питьевой воде не встречается

^а 4-(2-метил-4-хлорфенокси)бутановая кислота.

Таблица А3.2. Химические вещества, в отношении которых нормативные величины установлены не были

Химическое вещество	Причина, по которой нормативная величина установлена не была
Алюминий	Можно установить медико-санитарную норму на уровне 0,9 мг/л, однако эта величина превышает практические уровни, основанные на оптимизации процесса коагуляции в водоочистительных установках, в которых используются коагулянты на основе алюминия: 0,1 мг/л или менее в крупных водоочистительных установках и 0,2 мг/л или менее в маломасштабных установках
Аммиак	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже тех, которые оказывают негативное воздействие на здоровье
Асбест	Достоверные данные о том, что при попадании в желудочно-кишечный тракт асбест представляет опасность для здоровья, отсутствуют
Бентазон	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Бериллий	В питьевой воде в концентрациях, оказывающих негативное воздействие на здоровье, встречается редко
Бромид	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Бромхлорацетат	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины
Бромхлорацетонитрил	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины
<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> (Bti)	Введение нормативных величин для пестицидов, применяющихся в целях борьбы с переносчиками в питьевой воде, считается нецелесообразным
Севин	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Хлоральгидрат	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Хлорид	В той концентрации, в которой он встречается в питьевой воде, опасности для здоровья не представляет ^а
Двуокись хлора	Быстро разлагается, образуя хлорит, а предусмотренная временная нормативная величина в отношении хлорита обеспечивает надлежащую защиту от потенциальной токсичности двуокиси хлора
Хлорацетоны	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины для любых хлорацетонов
2-хлорфенол	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины
Хлорпикрин	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины
Цианид	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье, за исключением чрезвычайных ситуаций, связанных со сбросами в источники воды
Хлорциан	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Диалкилтины	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины для любых диалкилтинов
Дибромацетат	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины
Дихлорамин	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины
1,3-дихлорбензол	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины
1,1-дихлорэтан	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. СВОДНЫЕ ТАБЛИЦЫ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Химическое вещество	Причина, по которой нормативная величина установлена не была
1,1-дихлорэтен	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
2,4-дихлорфенол	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины
1,3-дихлорпропан	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины
Ди(2-этилгексил)-адипинат	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Дифторбензурон	Введение нормативных величин для пестицидов, применяющихся в целях борьбы с переносчиками в питьевой воде, считается нецелесообразным
Дикват	Может использоваться в качестве гербицида в водной среде для борьбы против свободно плавающей и погруженной сорной растительности в прудах, озерах и ирригационных каналах, однако в питьевой воде обнаруживается редко
Эндосульфан	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Фенитротиион	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Флуорантен	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Формальдегид	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Глифосат и АМФК ^b	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Жесткость	В той концентрации, в которой она имеет место в питьевой воде, опасности для здоровья не представляет ^a
Гептахлор и гептахлорэпоксид	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Гексахлорбензол	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Сероводород	В той концентрации, в которой он встречается в питьевой воде, опасности для здоровья не представляет ^a
Неорганическое олово	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Йод	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины, и вероятность того, что используемый для дезинфекции воды йод будет воздействовать на организм человека в течение всей жизни, является незначительной
Железо	В концентрации, вызывающей проблемы, связанные с приемлемостью питьевой воды, опасности для здоровья не представляет ^a
Малатион	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Марганец	В концентрации, вызывающей проблемы, связанные с приемлемостью питьевой воды, опасности для здоровья не представляет ^a
Метопрен	Введение нормативных величин для пестицидов, применяющихся в целях борьбы с переносчиками в питьевой воде, считается нецелесообразным
Метил-паратион	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ)	Любая нормативная величина будет значительно выше, чем те концентрации, при которых МТБЭ обнаруживается по запаху
Молибден	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Монобромацетат	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины

Химическое вещество	Причина, по которой нормативная величина установлена не была
Монохлорбензол	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье, а медико-санитарная нормативная величина будет значительно выше самого низкого порогового уровня, при котором это вещество можно обнаружить на вкус или по запаху
МХ	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Нитробензол	В питьевой воде в концентрациях, оказывающих негативное воздействие на здоровье, встречается редко
Новалурон	Введение нормативных величин для пестицидов, применяющихся в целях борьбы с переносчиками в питьевой воде, считается нецелесообразным
Паратион	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Перметрин	В соответствии с политикой ВОЗ не рекомендуется непосредственное введение в питьевую воду во избежание применения любых пиретроидов в качестве ларвицидов при борьбе с комарами – переносчиками болезней человека
Нефтепродукты	В большинстве случаев вкус и запах выявляются при концентрациях ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье, особенно при кратковременном воздействии
pH	В той концентрации, в которой этот показатель имеет место в питьевой воде, опасности для здоровья не представляет ^d
2-фенилфенол и его натриевая соль	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Пиримифос-метил	Не рекомендуется непосредственное введение в питьевую воду, если только отсутствуют другие эффективные и безопасные средства обработки
Калий	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Пропанил	Легко превращается в метаболиты, которые являются более токсичными; введение нормативной величины в отношении исходного соединения считается нецелесообразным, а данных для расчета нормативной величины в отношении метаболитов недостаточно
Пирипроксифен	Введение нормативных величин для пестицидов, применяющихся в целях борьбы с переносчиками в питьевой воде, считается нецелесообразным
Серебро	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины
Натрий	В той концентрации, в которой он встречается в питьевой воде, опасности для здоровья не представляет ^a
Спиносад	Введение нормативных величин для пестицидов, применяющихся в целях борьбы с переносчиками в питьевой воде, считается нецелесообразным
Сульфат	В той концентрации, в которой он встречается в питьевой воде, опасности для здоровья не представляет ^a
Темефос	Введение нормативных величин для пестицидов, применяющихся в целях борьбы с переносчиками в питьевой воде, считается нецелесообразным
Общее содержание растворенных твердых веществ	В той концентрации, в которой этот показатель имеет место в питьевой воде, опасности для здоровья не представляет ^a
Трихлорамин	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины
Трихлорацетонитрил	Имеющихся данных недостаточно для расчета медико-санитарной нормативной величины
Трихлорбензолы (с общей химической формулой)	В питьевой воде встречаются в концентрациях значительно ниже концентраций, вызывающих проблемы для здоровья, а медико-санитарная нормативная величина будет выше самого низкого порогового уровня, при котором это вещество можно обнаружить по запаху

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. СВОДНЫЕ ТАБЛИЦЫ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Химическое вещество	Причина, по которой нормативная величина установлена не была
1,1,1-трихлорэтан	В питьевой воде встречается в концентрациях значительно ниже концентраций, оказывающих негативное воздействие на здоровье
Цинк	В той концентрации, в какой он встречается в питьевой воде, опасности для здоровья не представляет ^a

^a Может повлиять на приемлемость питьевой воды (см. главу 10).

^b Аминометилфосфоновая кислота.

^c Важный оперативный параметр качества воды.

Таблица А3.3. Нормативные величины для химических веществ, которые, находясь в питьевой воде, могут оказать воздействие на здоровье

Химическое вещество	Нормативная величина		Примечания
	мг/л	мкг/л	
Акриламид	0,0005 ^a	0,5 ^a	
Алахлор	0,02 ^a	20 ^a	
Алдикарб	0,01	10	Касается алдикарба сульфоксида и алдикарба сульфона
Альдрин и дильдрин	0,000 03	0,03	Альдрин и дильдрин совместно
Сурьма	0,02	20	
Мышьяк	0,01 (А, Т)	10 (А, Т)	
Атразин и его хлор- <i>s</i> -триазин-метаболиты	0,1	100	
Барий	0,7	700	
Бензол	0,01 ^a	10 ^a	
Бензапирен	0,0007 ^a	0,7 ^a	
Бор	2,4	2400	
Бромат	0,01 ^a (А, Т)	10 ^a (А, Т)	
Бромдихлорметан	0,06 ^a	60 ^a	
Бромоформ	0,1	100	
Кадмий	0,003	3	
Карбофуран	0,007	7	
Тетрахлорид углерода	0,004	4	
Хлорат	0,7 (D)	700 (D)	
Хлордан	0,0002	0,2	
Хлор	5 (C)	5000 (C)	Для эффективной дезинфекции должна быть остаточная концентрация свободного хлора $\geq 0,5$ мг/л по прошествии по крайней мере 30 мин. контактного времени при pH < 8,0. Остаточный уровень хлора должен поддерживаться во всей водопроводной системе. В пункте доставки минимальная остаточная концентрация свободного хлора должна составлять 0,2 мг/л
Хлорит	0,7 (D)	700 (D)	
Хлороформ	0,3	300	
Хлортолурун	0,03	30	

РУКОВОДСТВО ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Химическое вещество	Нормативная величина		Примечания
	мг/л	мкг/л	
Хлорпирифос	0,03	30	
Хром	0,05 (P)	50 (P)	Для общего хрома
Медь	2	2000	Пятна на белье и санитарных приборах могут проявляться до достижения нормативной величины
Цианазин	0,0006	0,6	
2,4-D ^b	0,03	30	Относится к свободной кислоте
2,4-DB ^c	0,09	90	
ДДТ ^d и метаболиты	0,001	1	
Дибромацетонитрил	0,07	70	
Дибромхлорметан	0,1	100	
1,2-дибром-3-хлорпропан	0,001 ^a	1 ^a	
1,2-дибромэтан	0,0004 ^a (P)	0,4 ^a (P)	
Дихлорацетат	0,05 ^a (D)	50 ^a (D)	
Дихлорацетонитрил	0,02 (P)	20 (P)	
1,2-дихлорбензол	1 (C)	1000 (C)	
1,4-дихлорбензол	0,3 (C)	300 (C)	
1,2-дихлорэтан	0,03 ^a	30 ^a	
1,2-дихлорэтен	0,05	50	
Дихлорметан	0,02	20	
1,2-дихлорпропан	0,04 (P)	40 (P)	
1,3-дихлорпропен	0,02 ^a	20 ^a	
Дихлорпроп	0,1	100	
Ди(2-этилгексил)-фталат	0,008	8	
Диметоат	0,006	6	
1,4-диоксан	0,05 ^a	50 ^a	Получена на основе допустимого суточного потребления и линейного многоэтапного моделирования
Эдетовая кислота	0,6	600	Относится к свободной кислоте
Эндрин	0,0006	0,6	
Эпихлоргидрин	0,0004 (P)	0,4 (P)	
Этилбензол	0,3 (C)	300 (C)	
Фенопроп	0,009	9	
Фторид	1,5	1500	При установлении национальных стандартов необходимо принимать во внимание объем потребляемой воды и водосбор из других источников
Гексахлорбутадиен	0,0006	0,6	
Гидроксиатразин	0,2	200	Метаболит атразина
Изопротурон	0,009	9	
Свинец	0,01 (A, T)	10 (A, T)	
Линдан	0,002	2	
МХФУК ^e	0,002	2	

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. СВОДНЫЕ ТАБЛИЦЫ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Химическое вещество	Нормативная величина		Примечания
	мг/л	мкг/л	
Мекопроп	0,01	10	
Ртуть	0,006	6	Для неорганической ртути
Метоксихлор	0,02	20	
Метолахлор	0,01	10	
Микроцистин-LR	0,001 (P)	1 (P)	Касается общего микроцистина-LR (свободного и клеточно-фиксированного)
Молинат	0,006	6	
Монохлорамин	3	3000	
Монохлорацетат	0,02	20	
Никель	0,07	70	
Нитрат (NO ₃ ⁻)	50	50 000	Кратковременное воздействие
Нитрилотриуксусная кислота	0,2	200	
Нитрит (NO ₂ ⁻)	3	3000	Кратковременное воздействие
N-нитрозодиметиламин	0,0001	0,1	
Пендиметалин	0,02	20	
Пентахлорфенол	0,009 ^a (P)	9 ^a (P)	
Селен	0,04 (P)	40 (P)	
Симазин	0,002	2	
Дихлоризоцианурат натрия	50	50 000	В форме дихлоризоцианурата натрия
	40	40 000	В форме циануровой кислоты
Стирол	0,02 (C)	20 (C)	
2,4,5-T ^f	0,009	9	
Тербутилазин	0,007	7	
Тетрахлорэтилен	0,04	40	
Толуол	0,7 (C)	700 (C)	
Трихлорацетат	0,2	200	
Трихлорэтилен	0,02 (P)	20 (P)	
2,4,6-трихлорфенол	0,2 ^a (C)	200 ^a (C)	
Трифторалин	0,02	20	
Тригалогенметаны			Сумма пропорций концентрации каждого из этих соединений по отношению к соответствующей нормативной величине не должна превышать 1
Уран	0,30 (P)	30 (P)	Учитываются лишь химические свойства урана
Винилхлорид	0,0003 ^a	0,3 ^a	
Ксилолы	0,5 (C)	500 (C)	

A – временная нормативная величина, поскольку расчетная нормативная величина ниже уровня, который можно численно установить; C – концентрации вещества на уровне медико-санитарной нормативной величины или ниже могут отразиться на внешнем виде, вкусе или запахе воды, что вызовет жалобы потребителей; D – временная нормативная величина, поскольку дезинфекция может привести к превышению нормативной величины; P – временная нормативная величина, учитывая неопределенности в медицинской базе данных; T – временная нормативная величина, поскольку расчетная нормативная величина ниже того уровня, которого можно достичь при помощи практических методов водоочистки, защиты источника и т. д.

^a Для веществ, которые считаются канцерогенными, нормативной величиной является такая концентрация их в питьевой воде, которая связана с верхним пограничным избыточным риском онкологического заболевания на

РУКОВОДСТВО ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

протяжении жизни, составляющим 10^{-5} (один избыточный случай онкологического заболевания на 100 000 населения, потребляющего в течение 70 лет питьевую воду, содержащую вещество, доля которого в воде соответствует нормативной величине). Концентрации, связанные с верхним пограничным расчетным избыточным риском рака в течение жизни в 10^{-4} и 10^{-6} , рассчитываются соответственно путем умножения и деления нормативной величины на 10.

- ^b (2,4-дихлорфенокси)уксусная кислота.
- ^c 4-(2,4-дихлорфенокси)бутановая кислота.
- ^d Дихлордифенилтрихлорэтан.
- ^e (2-метил-4-хлорфенокси)уксусная кислота.
- ^f (2,4,5-трихлорфенокси)уксусная кислота.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Аналитические методы и техническая возможность определения веществ

А4.1 Аналитические методы

В ходе *волюметрического титрования* анализ химических веществ осуществляется посредством титрования при помощи стандартизированного титрирующего раствора. Конечная точка титрования определяется по появлению цвета в ходе реакции с индикатором, изменению электрического потенциала или изменению значения рН.

Колориметрические методы основаны на измерении интенсивности цвета окрашенного целевого химического вещества или продукта реакции. Оптическая плотность измеряется с использованием светового излучения с соответствующей длиной волны. Концентрацию определяют посредством калибровочной кривой, полученной на основе известных концентраций детерминанты. Ультрафиолетовый (УФ) метод аналогичен данному методу, за исключением того, что используется ультрафиолетовый свет. Что касается ионных материалов, то концентрацию ионов измеряют при помощи *ионоизбирательного электрода*. Измеренный потенциал пропорционален логарифму концентрации ионов. Некоторые органические соединения поглощают ультрафиолетовый свет (с длиной волны 190–380 нм) пропорционально своей концентрации. Для качественной оценки органических веществ пригоден метод *поглощения ультрафиолетового излучения*, поскольку между поглощением ультрафиолетового излучения и содержанием органического углерода может существовать значительная корреляция.

Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) применяется для определения содержания металлов. Данный метод основан на явлении, когда атом в основном состоянии поглощает свет с определенными длинами волн, характерными для каждого элемента в процессе прохождения света через атомы в газообразном состоянии. Поскольку такое поглощение света зависит от концентрации атомов в газе, концентрация элемента мишени в пробе воды определяется на основе измеренной величины поглощения. Связь между концентрацией и поглощением описывает закон Бугера–Ламберта–Бера.

При использовании метода *пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии (ПААС)* пробу впрыскивают в пламя и распыляют. Луч света из лампы с полым катодом, состоящим из того же элемента, что и целевой металл, пропускают через пламя, а количество поглощенного света измеряют при помощи детектора. Этот метод характеризуется более высокой чувствительностью по сравнению с другими методами и лишен спектральных или радиационных помех со стороны сопутствующих элементов. Предварительная обработка не требуется либо достаточно проста. Тем не

менее этот метод не пригоден для одновременного анализа нескольких элементов, поскольку для каждого элемента мишени требуются свои источники света.

Электротермическая атомно-абсорбционная спектроскопия (ЭТААС) основана на том же принципе, что и ПААС, однако для определения металлов вместо стандартного сопла горелки используется форсунка-распылитель с электрическим подогревом или графитовая печь. По сравнению с ПААС ЭТААС обладает более высокой чувствительностью и более низким пределом обнаружения, и при использовании этого метода требуется меньший объем пробы. Недостатком ЭТААС является более высокий уровень помех вследствие рассеивания света сопутствующими элементами, и этот метод требует более длительного времени анализа, чем ПААС.

Принцип *атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС)* для определения металлов состоит в следующем. Источник ИСП представляет собой поток газа аргона, ионизированного под воздействием применяемой радиочастоты. При помощи распылителя и форсуночной камеры получают аэрозоль пробы, который затем помещают в плазму посредством инжектора. Пробу нагревают и помещают в высокотемпературную плазму. Высокая температура плазмы приводит к возбуждению атомов. После возвращения в основное состояние возбужденные атомы излучают ионы в эмиссионном спектре. Для выделения конкретных длин волн, соответствующих разным элементам, используют монохроматор, а детектор определяет интенсивность излучения для каждой длины волны. При этом достигается существенное снижение химических помех. В случае воды с низким уровнем загрязнения одновременный или последовательный анализ можно проводить без специальной предварительной обработки, необходимой для достижения низкого предела обнаружения для многих элементов. Этот факт в сочетании с расширенным динамическим диапазоном от трех до пяти позиций означает, что может проводиться определение нескольких элементов. ИСП-АЭС обладает чувствительностью, аналогичной чувствительности ПААС или ЭТААС.

При использовании метода *масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС)* элементы распыляют и возбуждают, так же как и в случае ИСП-АЭС, а затем помещают в масс-спектрометр. В масс-спектрометре ионы ускоряются под воздействием высокого напряжения, после чего проходят через систему ионной оптики, электростатический анализатор и, наконец, магнит. Путем регулирования силы магнита ионы разделяются в зависимости от отношения заряда к массе, после чего их пропускают через прорезь в детектор, который за определенный интервал времени регистрирует частицы лишь с крайне малым диапазоном атомной массы. Регулируя силу магнита и настройки электростатического анализатора, можно просканировать весь диапазон масс в течение относительно непродолжительного периода времени. В случае воды с низким уровнем загрязнения одновременный или последовательный анализ можно проводить без специальной предварительной обработки, необходимой для достижения низкого предела обнаружения для многих элементов. Этот факт в сочетании с расширенным динамическим диапазоном от трех до пяти позиций означает, что может проводиться многоэлементное определение металлов.

Хроматография представляет собой метод разделения, основанный на разнице между аффинностью двух фаз – подвижной и неподвижной. Пробу вводят в колонку в окружении неподвижной фазы и разделяют при помощи подвижной фазы благодаря разнице во взаимодействии (распределение или адсорбция) между соединениями и неподвижной фазой. Соединения с низкой аффинностью относительно неподвижной фазы проходят сквозь колонку быстрее, и элюирование происходит раньше. Определение соединений, полученных на выходе колонки, производят при помощи соответствующего детектора.

Метод *ионообменной хроматографии* предусматривает в качестве неподвижной фазы использование ионообменника, а в качестве элюента для определения анионов – применение разбавленного раствора гидрокарбоната натрия и карбоната натрия. Для определения отдельных анионов можно использовать колориметрические, электрометрические или титриметрические детекторы. При проведении ионообменной хроматографии с подавлением анионы преобразуются в кислотные формы с высокой проводимостью; в присутствии карбонатно-бикарбонатного элюента анионы преобразуются в угольную кислоту с низкой проводимостью. Затем измеряют проводимость разделенных форм кислот и определяют вещества на основе времени удерживания по сравнению с их стандартами.

Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) является аналитическим методом с использованием жидкой подвижной фазы и колонки, содержащей жидкую неподвижную фазу. Обнаружение разделенных соединений осуществляется с помощью детекторов поглощения для органических соединений и детекторов проводимости или электрохимических детекторов для металлических и неорганических соединений.

Газовая хроматография (ГХ) позволяет выявлять и определять следовые количества органических соединений. При использовании метода ГХ в качестве подвижной фазы используется газ, а в качестве неподвижной фазы – жидкость, нанесенная на гранулы инертного твердого вещества или на стенки капиллярной колонки. После введения пробы в колонку органические вещества испаряются и переносятся внутри колонки газом-носителем с различной скоростью в зависимости от разницы коэффициентов распределения между подвижной и неподвижной фазами. Газ, выходящий из колонки, поступает на соответствующий детектор. Могут использоваться различные детекторы, включая пламенно-ионизационные детекторы (ПИД), электронно-захватные детекторы (ЭЗД) и азотно-фосфорные детекторы. Учитывая высокую разделительную способность данного метода, за одну операцию можно проводить систематическое разделение, выявление и количественное определение смесей веществ с аналогичной структурой.

Метод *газовой хроматографии/масс-спектрометрии (ГХ/МС)* основан на том же принципе, что и метод ГХ, однако при этом в качестве детектора используется масс-спектрометр. После появления газа из отверстия на выходе колонки он поступает в МС через интерфейс капиллярной колонки. Затем проба поступает в ионизационную камеру, где коллимированный пучок электронов воздействует на молекулы пробы, вызывая ионизацию и фрагментацию. Следующим компонентом является масс-анализатор, в котором при помощи магнитного поля происходит разделение положительно заряженных частиц в зависимости от их массы. Существует несколько типов методов разделения; чаще всего применяются квадруполь и ионные ловушки. После разделения ионов по массе они поступают в детектор.

Метод *ГХ/МС с наполненной колонкой с продувкой и улавливанием* или метод *ГХ с наполненной колонкой с продувкой и улавливанием* применяют для определения различных летучих органических соединений, которые переходят из водной фазы в газообразную посредством пропускания продувочного газа сквозь пробу воды при температуре окружающей среды. Газ улавливается при помощи охлажденной ловушки. Ловушка подогревается и промывается обратным потоком того же продувочного газа для десорбции компонентов в колонке для ГХ. Принципы ГХ или ГХ/МС описаны выше.

Принцип *иммуносорбентного анализа с ферментной меткой (ИСАФМ)* состоит в следующем. На твердотельный материал наносят покрытие из белка (антитело) рядом с рассматриваемым химическим веществом (антиген). Целевое химическое вещество в

пробе воды связывается с антителом, и вводится еще одно антитело с соответствующим ферментом, которое соединяется с рассматриваемым химическим веществом. После промывания в целях удаления всех свободных реагентов добавляется хромоген, который дает цветную реакцию благодаря расщеплению ферментами, при этом степень реакции пропорциональна количеству рассматриваемого химического вещества. Метод ИСАФМ можно использовать для определения микроцистина и синтетических поверхностно-активных веществ.

A4.2 Техническая возможность определения химических веществ, для которых были установлены нормативные величины

В таблицах А4.1–А4.6 представлена техническая возможность определения химических веществ, для которых были установлены нормативные величины.

Таблица А4.1. Техническая возможность определения неорганических химических веществ, для которых были установлены нормативные величины, по категориям источников^а

	Полевые методы		Лабораторные методы				
	Кол	Абсор	ИХ	ПААС	ЭТААС	ИСП	ИСП-МС
Природные химические вещества							
Мышьяк	+++	#		++(Н)	+	++(Н)	+++
Барий				++	+++	+++	+++
Бор		++				+++	+++
Хром		#			++	++	+++
Фтор	#	+	+++				
Селен		#		++(Н)	++	++(Н)	+++
Уран							+++
Химические вещества из промышленных источников и жилищ человека							
Кадмий		#			++	++	+++
Ртуть				+++			
Химические вещества, используемые в сельскохозяйственной деятельности							
Нитрат/нитрит	+++	+++	+++				
Химические вещества, используемые для обработки воды или в материалах, контактирующих с питьевой водой							
Сурьма				+++ (Н)		++ (Н)	+++
Медь	#	+++		+++	+++	+++	+++
Свинец		#			+	+	+++
Никель		+		+	++	++	+++

^а Определения и примечания к таблице А4.1 приведены после [таблицы А4.6](#).

Таблица А4.2. Техническая возможность определения органических химических веществ из промышленных источников и жилищ человека, для которых были установлены нормативные величины^а

	Кол	ГХ	(ПУ-) ГХ-ФИД	(ПУ-) ГХ-ЭЗД	ГХ-ПИД	ГХ-ПФД	ГХ-ДТИ	ГХ-МС	ПУ-ГХ-МС	ВЭЖХ	ВЭЖХ-ФД	ВЭЖХ-УМФД	ЭТААС	ИХ-ФД
Бензол			+++						+++					
Тетрахлорид углерода				+++					+++					
1,2-дихлорбензол			+++	+++				+++	+++					
1,4-дихлорбензол			+++	+++				+++	+++					
1,2-дихлорэтан				+++					+++					
1,2-дихлорэтен			+++	+++					+++					
Дихлорметан				+++					+++					
Ди(2-этилгексил)-фталат								++						
1,4-диоксан								+++						
Эдетовая кислота								+++						
Этилбензол			+++						+++					
Гексахлорбутadiен			++	++					++					
Нитрилтриуксусная кислота		+++						+++						
Пентахлорфенол				+++				+			+			
Стирол			+++						+++					
Тетрахлорэтилен			+++	+++				+++	+++					
Толуол			+++						+++					
Трихлорэтилен			+++	+++				+++	+++					
Ксилолы			+++						+++					

^а Определения и примечания к таблице А4.2 приведены после [таблицы А4.6](#).

Таблица А4.3. Техническая возможность определения органических химических веществ, используемых в сельскохозяйственной деятельности, для которых были установлены нормативные величины^{a,b}

	Кол	ГХ	(ПУ-) ГХ- ФИД	(ПУ-) ГХ- ЭЗД	ГХ- ПИД	ГХ- ПФД	ГХ- ДТИ	ГХ-МС	ПУ-ГХ-МС	ВЭЖХ	ВЭЖХ-ФД	ВЭЖХ- УМФД	ЭТААС	ИХ-ФД
Алахлор				+++				+++						
Алдикарб											+++			
Альдрин и дильдрин				++				++						
Атразин и его хлор- <i>s</i> - триазин-метаболиты				+++				+++				+++		
Карбофуран		++												
Хлордан				+++				+++						
Хлортолурун								+++				+++		
Цианазин				+++				+++				+		
2,4-D				+++				+++				++		
2,4-DB				+++				++				++		
1,2-дибром-3-хлорпропан				+++				+++	+++					
1,2-дибромэтан				++				++	+++					
1,2-дихлорпропан				+++					+++					
1,3-дихлорпропен				+++					+++					
Дихлорпроп				+++				+++						
Диметоат								+++						
Эндрин				+++				+++						
Фенопроп				+++								+		
Гидроксиатразин							+++					+++		
Изопротурон								+++				+++		
Линдан				+++				+++						
МХФУК				+++				+++				+		
Мекопроп				+++				+++						
Метоксихлор								+++						
Метолахлор				+++				+++						
Молинат		+++						+++						

	Кол	ГХ	(ПУ-) ГХ- ФИД	(ПУ-) ГХ- ЭЗД	ГХ- ПИД	ГХ- ПФД	ГХ- ДТИ	ГХ-МС	ПУ-ГХ-МС	ВЭЖХ	ВЭЖХ-ФД	ВЭЖХ- УМФД	ЭТААС	ИХ-ФД
Пендиметалин								+++						
Симазин				+++				+++						
2,4,5-Т				+++								+		
Тербутилазин								+++				++		
Трифторалин		+++		+++				+++						

^a Определения и примечания к таблице А4.3 приведены после [таблицы А4.6](#).

^b Для определения многих из этих сельскохозяйственных химических веществ также применяется ЖФХ/МС.

Таблица А4.4. Техническая возможность определения химических веществ, используемых для обработки воды или в материалах, контактирующих с питьевой водой, для которых были установлены нормативные величины^a

	Кол	ГХ	(ПУ-) ГХ- ФИД	(ПУ-) ГХ- ЭЗД	ГХ- ПИД	ГХ- ПФД	ГХ- ДТИ	ГХ-МС	ПУ-ГХ- МС	ВЭЖХ	ВЭЖХ- ФД	ВЭЖХ- УМФД	ЭТААС	ИХ
Дезинфицирующие средства														
Монохлорамин	+++													
Хлор	+++													
Дихлоризоцианурат натрия							+++	+++				+++		
Побочные продукты дезинфекции														
Бромат														++
Бромдихлорметан				+++				+++	+++					
Бромформ				+++				+++	+++					
Хлорат														+++
Хлорит														+++
Хлороформ				+++				+++	+++					
Дибромацетонитрил				+++				+++						
Дибромхлорметан				+++				+++	+++					
Дихлоруксусная кислота				+++				+++						

	Кол	ГХ	(ПУ-) ГХ- ФИД	(ПУ-) ГХ- ЭЗД	ГХ- ПИД	ГХ- ПФД	ГХ- ДТИ	ГХ-МС	ПУ-ГХ- МС	ВЭЖХ	ВЭЖХ- ФД	ВЭЖХ- УМФД	ЭТААС	ИХ
Дихлорацетонитрил				+++				+++						
Монохлоруксусная кислота				+++				++						
N-нитрозодиметиламин								+++						
Трихлоруксусная кислота				+++				+++						
2,4,6-трихлорфенол				+++				+++						
Тригалогенметаны ^b				+++				+++	+++					
Органические загрязнители из химических средств обработки														
Акриламид								+				+		
Эпихлоргидрин				+++	+++				+					
Органические загрязнители из труб и водопроводной арматуры														
Бензапирен								++			++			
Винилхлорид			++	++					+					

^a Определения и примечания к таблице А4.4 приведены после таблицы А4.6.

^b Также см. отдельные тригалогенметаны.

Таблица А4.5. Техническая возможность определения используемых в воде в медико-санитарных целях пестицидов, для которых были установлены нормативные величины^a

	Кол	ГХ	ГХ- ФИД	ГХ- ЭЗД	ГХ- ПИД	ГХ- ПФД	ГХ- ДТИ	ГХ-МС	ПУ-ГХ- МС	ВЭЖХ	ВЭЖХ-ФД	ВЭЖХ- УМФД	ЭТААС	ИХ-ФД
Хлорпирифос				+++		++	++	+++						
ДДТ (и метаболиты)				++				++						

^a Определения и примечания к таблице А4.5 приведены после [таблицы А4.6](#).

Таблица А4.6. Техническая возможность определения цианобактериальных токсинов, для которых были установлены нормативные величины

	ТПФФ	ИСАФМ	ГХ-МС	ВЭЖХ-УМФД	ЖФХ-МС
Микроцистин-LR	+	++	+	++	++

Определения к таблицам А4.1–А4.6

Абсор	Абсорбциометрия	ВЭЖХ	Высокоэффективная жидкостная хроматография
Кол	Колориметрический анализ	ВЭЖХ-ФД	Высокоэффективная жидкостная хроматография с флуоресцентным детектором
ЭТААС	Электротермическая атомно-абсорбционная спектрометрия	ВЭЖХ-УМФД	Высокоэффективная жидкостная хроматография с ультрафиолетовым матричным фотодиодным детектором
ИСАФМ	Иммунсорбентный анализ с ферментной меткой	ИХ	Ионообменная хроматография
ПААС	Пламенная атомно-абсорбционная спектрометрия	ИХ-ПААС	Ионообменная хроматография с пламенной атомно-абсорбционной спектрометрией
ГХ	Газовая хроматография	ИХ-ФД	Ионообменная хроматография с флуоресцентным детектором
ГХ-ЭЗД	Газовая хроматография с электронно-захватным детектором	ИСП	Индуктивно-связанная плазма
ГХ-ПИД	Газовая хроматография с пламенно-ионизационным детектором	ИСП-МС	Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой
ГХ-ПФД	Газовая хроматография с пламенно-фотодиодным детектором	ЖФХ/МС	Жидкофазная хроматография/масс-спектрометрия
ГХ-МС	Газовая хроматография/масс-спектрометрия	ТПФФ	Тест на протеинфосфатазы
ГХ-ФИД	Газовая хроматография с фотоионизационным детектором	ПУ-ГХ-МС	Газовая хроматография/масс-спектрометрия с продувкой и улавливанием
ГХ-ДТИ	Газовая хроматография с детектором термической ионизации		

Примечания к таблицам А4.1–А4.6

+	Предел обнаружения находится в диапазоне от нормативной величины до 1/10 ее величины.
++	Предел обнаружения находится в диапазоне от 1/10 до 1/50 нормативной величины.
+++	Предел обнаружения ниже 1/100 нормативной величины.
#	Существует аналитический метод для определения концентрации нормативной величины, однако концентрация на уровне 1/10 нормативной величины сложно поддается обнаружению.
(Н)	Этот метод применяется при определении путем преобразования в гидриды при помощи гидридного генератора.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Методы и показатели очистки

А5.1 Методы очистки

А5.1.1 Хлорирование

Хлорирование осуществляют путем использования сжиженного газообразного хлора, раствора гипохлорита натрия или гранул гипохлорита кальция и с помощью местных генераторов хлора. Сжиженный газообразный хлор поставляется в герметизированных контейнерах. Газ извлекают из баллонов и дозированно добавляют в воду при помощи хлоратора, который контролирует и измеряет скорость потока газа. Раствор гипохлорита натрия дозируют при помощи объемного электрического дозирующего насоса или системы гравитационной подачи. Гипохлорит кальция сначала необходимо растворить в воде, а затем смешать с водой из магистрального водопровода. Хлор (в форме газообразного хлора из баллона, гипохлорита натрия или гипохлорита кальция) растворяется в воде, образуя хлорноватистую кислоту (HOCl) и гипохлорит-ион (OCl^-).

Могут использоваться различные методы хлорирования, в том числе хлорирование до точки перелома, хлорирование до заранее установленного количества остаточного хлора и суперхлорирование/дехлорирование. Хлорирование до точки перелома представляет собой метод, при котором доза хлора достаточна для быстрого окисления всего количества аммиачного азота в воде и сохранения надлежащего уровня свободного остаточного хлора для защиты воды от повторного инфицирования в промежутке между пунктом хлорирования и пунктом использования. Суперхлорирование/дехлорирование представляет собой введение большой дозы хлора для обеспечения быстрой дезинфекции и химической реакции с последующим снижением избыточного остаточного уровня свободного хлора. Важно удалить избыточный хлор во избежание проблем, связанных со вкусом воды. Этот метод используют в основном в случае изменчивой бактериальной нагрузки или в случае недостаточного времени пребывания воды в резервуаре. Хлорирование до заранее установленного количества остаточного хлора производится в случае использования запасов воды высокого качества и когда достаточно простого введения дозы хлора для получения желаемого уровня свободного остаточного хлора. Потребность в хлоре в таком случае крайне низка, а точка перелома может не наступать вовсе.

Хлорирование проводится в основном для удаления микробного загрязнения. Однако хлор также выступает в качестве окислителя и может удалять или способствовать удалению или химическому превращению некоторых химических веществ – например, разложению таких легкоокисляемых пестицидов, как алдикарб; окислению растворенных веществ (например, марганца (II)) с получением

нерастворимых продуктов, которые могут быть удалены при последующей фильтрации; и окислению растворенных веществ с образованием форм, которые легче поддаются удалению (например, превращению арсенита в арсенат).

К недостаткам хлора относится его способность реагировать с природными органическими веществами с образованием тригалогенметанов и других галогенированных побочных продуктов дезинфекции. Тем не менее процессы образования побочных продуктов можно контролировать путем оптимизации системы очистки.

A5.1.2 Озонирование

Озон является сильнодействующим окислителем и находит широкое применение в области очистки воды, включая окисление органических химических веществ. Озон может использоваться в качестве основного дезинфицирующего вещества. Газообразный озон (O_3) получают путем пропускания сухого воздуха или кислорода через высоковольтное электрическое поле. Полученный обогащенный озоном воздух вводят непосредственно в воду при помощи пористых диффузоров, расположенных в нижней части перегородчатых контактных резервуаров. В контактных резервуарах (обычно глубиной 5 м) обеспечивается контакт продолжительностью около 10–20 минут. Необходимо добиться растворения не менее 80% подводимого озона, а оставшуюся часть в составе сбросного газа пропускают сквозь деозонатор и выпускают в атмосферу.

Показатели озонирования зависят от достижения желаемой концентрации по истечении определенного времени контакта. Для окисления органических химических веществ, таких как некоторые окисляемые пестициды, обычно используют остаточное значение около 0,5 мг/л по истечении времени контакта продолжительностью до 20 минут. Дозы, необходимые для достижения этого показателя, зависят от типа воды, но обычно находятся в диапазоне 2–5 мг/л. Для неочищенной воды необходимы более высокие дозы, учитывая потребности в озоне при наличии природных сопутствующих органических веществ.

Озон вступает в реакцию с природными органическими веществами, повышая их биоразлагаемость, определяемую в показателях усваиваемого органического углерода. Во избежание нежелательного роста бактерий в системах распределения озонирование обычно производят с последующей обработкой воды, такой как биологическая фильтрация или использование гранулированного активированного угля (ГАУ), для удаления биоразлагаемых органических веществ, после чего достигают остаточного уровня хлора, поскольку озон не обеспечивает остаточного количества дезинфицирующих веществ. Озон эффективен для разложения широкого спектра пестицидов и других органических химических веществ.

A5.1.3 Другие процессы дезинфекции

Другие методы дезинфекции включают хлорирование с аммонизацией, применение двуокиси хлора и ультрафиолетовое облучение, а также альтернативные методы дезинфекции, которые находят применение в меньших масштабах, например для обработки воды в домохозяйствах.

Хлорамины (моноклорамин, дихлорамин и трихлорамин, или треххлористый азот) получают в результате реакции водного раствора хлора и аммиака. Моноклорамин является единственным из хлораминов, используемым в качестве дезинфицирующего вещества, а методы, применяемые для хлорирования с аммонизацией, ориентированы только на получение моноклорамина. Моноклорамин

является менее эффективным дезинфицирующим веществом, чем свободный хлор, однако он более стойкий и поэтому является приемлемым дезинфицирующим веществом второго ряда для обеспечения устойчивого остаточного уровня в системах распределения.

В последние годы используется двуокись хлора, учитывая опасения, связанные с побочными продуктами процесса дезинфекции, возникающими в ходе дезинфекции путем хлорирования. Обычно двуокись хлора получают непосредственно перед применением путем добавления газообразного хлора или водного раствора хлора к водному раствору хлорита натрия. Двуокись хлора разлагается в воде, образуя хлорит и хлорат.

Ультрафиолетовое излучение, генерируемое дуговой ртутной лампой низкого или среднего давления, оказывает биоцидное воздействие при длинах волн от 180 до 320 нм. Его можно использовать для инактивации простейших, бактерий, бактериофагов, дрожжевых грибков, вирусов, грибков и водорослей. Препятствовать дезинфекции ультрафиолетовым излучением может мутность. Ультрафиолетовое излучение может являться катализатором реакций окисления при использовании вместе с озоном или перекисью водорода.

В настоящее время разрабатываются множество возможных методов дезинфекции, которые обычно находят применение в меньших масштабах, включая системы обработки воды в домохозяйствах в точках использования и в точках входа. Некоторые из таких методов, включая бром и йод, имеют перспективы расширенного применения. Бром и йод являются галогенами наряду с хлором, а также известны своими биоцидными свойствами. Йод обычно используется в течение непродолжительного периода времени, например путешественниками в регионах с сомнительным качеством воды. Некоторые формы серебра могут применяться в качестве антисептических средств или медленнодействующих дезинфицирующих веществ для борьбы с определенными микроорганизмами; тем не менее для количественного определения этого воздействия отсутствуют надежные данные из публикаций, прошедших экспертное рецензирование. Для обеспечения надлежащего руководства относительно возможности более широкого применения этих редко используемых химических средств обработки необходимо провести более тщательный анализ их биоцидной эффективности, потенциальных побочных продуктов дезинфекции и рисков длительного воздействия и условий их применения.

A5.1.4 Фильтрация

Твердые частицы могут быть удалены из неочищенной воды при помощи скорых безнапорных, горизонтальных, нагнетательных или медленных песочных фильтров. Медленная фильтрация через песок, по сути, является биологическим процессом, в то время как остальные способы относятся к процессам физической обработки.

Скорый безнапорный, горизонтальный и нагнетательный фильтры могут применяться для фильтрации неочищенной воды без предварительной обработки. Скорый безнапорный и нагнетательный фильтры обычно используются для фильтрации воды, которая прошла предварительную обработку посредством коагуляции и отстаивания. Одним из альтернативных методов является прямая фильтрация, при которой в воду добавляют коагулянт, после чего воду пропускают непосредственно через фильтр, благодаря чему удаляются осаждаемые взвешенные вещества (содержащие загрязнители); применение прямой фильтрации ограничено внутренним объемом фильтра, в котором осаждаются твердые частицы.

Скорые безнапорные фильтры

Скорые безнапорные песочные фильтры обычно представляют собой открытые прямоугольные резервуары (обычно площадью менее 100 м^2) с кварцевым песком (с диаметром частиц $0,5\text{--}1,0 \text{ мм}$) и глубиной от $0,6$ до $2,0 \text{ м}$. Вода стекает вниз, при этом твердые вещества концентрируются в верхних слоях фильтра. Скорость потока обычно составляет $4\text{--}20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Обработанная вода протекает сквозь сопла и собирается в нижней части фильтра. Скопившиеся твердые частицы периодически удаляют с помощью обратной промывки обработанной водой, а в некоторых случаях песок продувают воздухом. Образуется разбулженный осадок, который необходимо удалить.

Помимо песочных фильтров с однокомпонентным наполнителем, применяются фильтры с двухкомпонентным или многокомпонентным наполнителем. В таких фильтрах используются различные материалы, структура которых меняется от крупноразмерной до мелкоразмерной по мере прохождения воды сквозь фильтр. Для разделения различных слоев в случае обратной промывки применяются материалы соответствующей плотности. Типичным примером двухкомпонентного фильтра является антрацитно-песочный фильтр, который обычно состоит из слоя толщиной $0,2 \text{ м}$ из частиц антрацита размером $1,5 \text{ мм}$, под которым располагается слой кварцевого песка глубиной $0,6 \text{ м}$. В составе многокомпонентных фильтров могут использоваться антрацит, песок и гранат. К преимуществам фильтров с двухкомпонентным или многокомпонентным наполнителем относится более эффективное использование всей толщины слоя для удерживания частиц – показатель потери давления может быть вдвое меньшим, чем в однокомпонентных фильтрах, что обеспечивает более высокую скорость потока без увеличения показателя потери давления.

Скорые безнапорные фильтры чаще всего применяются для удаления взвешенных частиц из коагулированной воды (см. [раздел А5.1.6](#)). Их также можно использовать для снижения мутности (в том числе абсорбированных химических веществ) и удаления окисленного железа и марганца из неочищенной воды.

Фильтры грубой очистки

Фильтры грубой очистки могут использоваться в качестве предварительных фильтров перед проведением других процессов, например перед использованием медленных песочных фильтров. Фильтры грубой очистки с крупным гравием или дробленым щебнем в качестве наполнителя могут успешно применяться для очистки воды повышенной мутности (> 50 нефелометрических единиц мутности). Основным преимуществом фильтров грубой очистки является то, что при прохождении воды сквозь фильтр частицы удаляются как путем фильтрации, так и путем гравитационного осаждения. Горизонтальные фильтры могут быть длиной до 10 м и эксплуатироваться при скорости фильтрации $0,3\text{--}1,0 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Нагнетательные фильтры

Нагнетательные фильтры иногда используются тогда, когда необходимо поддерживать давление, чтобы закачивать воду в систему без использования насоса. Фильтрационный слой расположен в цилиндрическом корпусе. Небольшие нагнетательные фильтры мощностью до $15 \text{ м}^3/\text{ч}$ могут изготавливаться из пластмассы, армированной стеклом. Более крупные нагнетательные фильтры диаметром до 4 м изготавливают из стали со специальным покрытием. Эксплуатация и показатели эффективности в целом соответствуют описанным характеристикам скорого

безнапорного фильтра, также необходимо аналогичное оборудование для обратной промывки и удаления разбавленного осадка.

Медленные песочные фильтры

Медленные песочные фильтры обычно представляют собой резервуары с песком (с эффективным диаметром 0,15–0,3 мм) глубиной от 0,5 до 1,5 м. Неочищенная вода стекает вниз, при этом помутнение и микроорганизмы удаляются преимущественно в верхних слоях песка толщиной несколько сантиметров. На поверхности фильтра формируется биологически активный слой, известный как *schmutzdecke* ("защитное покрытие"), который эффективно удаляет микроорганизмы. Обработанную воду собирают в системе поддержания фильтрующей среды или в трубопроводах в нижней части фильтра. Верхние несколько сантиметров песка, где скапливаются твердые вещества, периодически удаляют и заменяют. Медленные песочные фильтры работают при скорости потока воды от 0,1 до 0,3 м³/(м² · ч).

Медленные песочные фильтры в большей степени пригодны для воды с низкой мутностью или для предварительно отфильтрованной воды. Их используют для удаления водорослей и микроорганизмов, включая простейших, а также для снижения мутности (в том числе абсорбированных химических веществ), если проведена предварительная фильтрация воды посредством микрофильтрации или грубой фильтрации. Медленные песочные фильтры эффективно удаляют некоторые органические вещества, включая определенные пестициды и аммиак.

Береговая фильтрация

Береговая фильтрация представляет собой процесс проникновения поверхностных вод в подземные воды через дно и берега поверхностного водного объекта. Обычно этот процесс обеспечивается путем забора воды из скважин, расположенных вблизи поверхностного источника воды. Это относительно простой и недорогой способ удаления твердых частиц и микроорганизмов из поверхностных вод при помощи размещения насосных скважин в аллювиальных отложениях или на берегах потока. Отложения выступают одновременно в качестве фильтра и биофильтра, улавливая микроорганизмы и многие органические загрязняющие вещества и снижая их концентрацию. Скважины береговой фильтрации могут быть горизонтальными или вертикальными в зависимости от гидрогеологических условий и необходимой нормы водосбора. Горизонтальные скважины часто используют в местах мелких аллювиальных отложений или если необходимо обеспечить высокую скорость закачки.

Береговая фильтрация позволяет удалять частицы, бактерии, вирусы, паразитов, тяжелые металлы и свободно биоразлагаемые соединения. Береговая фильтрация позволяет снижать пиковую концентрацию, обеспечивая однородность качества неочищенной воды, подаваемой для последующей обработки. Эффективность береговой фильтрации может в значительной степени зависеть от нескольких факторов, включая грунтово-геологические условия, а также качество источника воды. Береговые фильтры могут засоряться, что ведет к спаду давления. Для определения наличия надлежащих геологических условий, а также расчета показателей эффективности и эксплуатационных параметров проводят исследования конкретного источника.

A5.1.5 Аэрация

Процессы аэрации используются для удаления газов и летучих соединений путем отгонки воздухом. Аэрация обычно проводится при помощи простого каскада или диффузии воздуха в воде, при этом нет необходимости в использовании сложного

оборудования. Тем не менее для отгонки газов и летучих соединений может понадобиться специализированная установка, обеспечивающая высокую степень массопереноса из жидкой фазы в газообразную.

Каскадные или ступенчатые аэраторы спроектированы таким образом, что вода протекает тонким слоем, обеспечивая эффективный массоперенос. Каскадная аэрация может вести к существенной потере давления; проектные требования для обеспечения нагрузки $10\text{--}30 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ находятся в диапазоне от 1 до 3 м. В качестве альтернативы через систему подводных перфорированных труб может подаваться сжатый воздух. Аэраторы этого типа применяются для окисления и осаждения железа и марганца.

Отгонка воздухом может использоваться для удаления летучих органических веществ (например, растворителей), некоторых соединений, придающих вкус и запах, а также радона. Процессы аэрации путем отгонки воздухом должны быть более сложными, чтобы между воздухом и водой обеспечивался необходимый контакт. Чаще всего применяется метод каскадной аэрации – обычно в насадочных башнях, в которых вода протекает тонким слоем над пластмассовым наполнителем под воздействием продутого воздухом противотока. Требуемые высота и диаметр башни зависят от летучести и концентрации подлежащих удалению соединений и скорости потока. Повышение содержания растворенного в воде кислорода может увеличивать ее корродирующее воздействие на некоторые металлические материалы, используемые в распределительных трубах и водопроводных системах, что следует учитывать при использовании аэрации в качестве процесса очистки.

A5.1.6 Химическая коагуляция

Очистка методом химической коагуляции является наиболее распространенным подходом к очистке поверхностных вод и практически всегда основывается на следующих типовых процессах.

Химические коагулянты, обычно соли алюминия или железа, дозированно вносят в неочищенную воду в контролируемых условиях для получения твердого хлопьевидного гидроксида металла. Стандартные дозы коагулянта составляют 2–5 мг/л для алюминия или 4–10 мг/л для железа. Выпадающий хлопьевидный осадок удаляет взвешенные и растворенные загрязняющие вещества путем компенсации заряда, адсорбции и захвата. Эффективность процесса коагуляции зависит от качества неочищенной воды, используемых коагулянтов или коагулирующих агентов и эксплуатационных характеристик, включая условия смешивания, дозу коагулянта и значение pH. Хлопьевидный осадок удаляется из обработанной воды в ходе последующих процессов разделения на твердую и жидкую фазы, включая осаждение или флотацию и/или скорую, напорную или безнапорную фильтрацию.

Эффективность процесса коагуляции зависит от подбора оптимальной дозы коагулянта, а также значения pH. Необходимую дозировку и кислотность можно определить при помощи серийных маломасштабных коагуляционных проб, которые часто называют "опытом в склянке". К пробам неочищенной воды добавляют все возрастающие дозы коагулянта, после чего пробы перемешивают и осаждают. В качестве оптимальной выбирают дозировку, которая обеспечивает надлежащее устранение цветности и мутности; оптимальное значение pH подбирают аналогичным образом. Такие испытания необходимо проводить достаточно часто, с тем чтобы отслеживать изменения качества неочищенной воды и, соответственно, потребностей в коагулянте.

В процессе коагуляции можно добавлять порошковый активированный уголь (ПАУ) для адсорбции органических химических веществ, таких как некоторые

гидрофобные пестициды. Затем ПАУ в составе хлопьевидного осадка удаляют и выводят вместе с осадком из системы водоснабжения.

Хлопьевидный осадок можно удалить путем осаждения, что позволит снизить нагрузку по твердым веществам на последующие скорые безнапорные фильтры. Чаще всего осаждение проводят в отстойниках с горизонтальным потоком или с взвешенным слоем. В качестве альтернативы хлопьевидный осадок можно удалить при помощи флотации растворенным воздухом, в ходе которой твердые вещества контактируют с мелкими пузырьками воздуха, которые прилипают к хлопьевидному осадку, что заставляет их всплывать к поверхности резервуара, откуда их периодически удаляют в качестве осадочного слоя. Обработанную воду, полученную в результате любого из этих процессов, пропускают затем сквозь скорые безнапорные фильтры (см. раздел А5.1.4), где происходит удаление остаточных твердых веществ. Далее отфильтрованная вода может поступать на следующие этапы обработки, включающие дополнительное окисление и фильтрацию (для удаления марганца), озонирование и/или адсорбцию ГАУ (для удаления пестицидов и других следовых количеств органических соединений), после чего обработанную воду дезинфицируют на финальном этапе обработки перед подачей в водопроводную систему.

Коагуляция пригодна для удаления взвешенных частиц и сопутствующих микроорганизмов, некоторых тяжелых металлов и низкорастворимых органических химических веществ, таких как некоторые органохлоридные пестициды. В отношении других органических химических веществ коагуляция обычно неэффективна, за исключением случаев, когда химические вещества связаны с гуминовым материалом или адсорбированы взвешенными частицами.

А5.1.7 Адсорбция активированным углем

Активированный уголь получают в процессе контролируемой температурной обработки углеродсодержащего материала – обычно дерева, угля, кокосовой скорлупы или торфа. В результате такой активации образуется пористый материал с большой площадью поверхности (500–1500 м²/г) и высокой аффинностью в отношении органических соединений. Его обычно используют в порошковой (ПАУ) или гранулированной (ГАУ) форме. При истощении адсорбционной способности угля его повторно активируют посредством контролируемого выжигания органических веществ. Тем не менее ПАУ (и некоторые виды ГАУ) обычно используют только один раз, а затем утилизируют. Разные виды активированного угля обладают разной аффинностью в отношении разных видов загрязнителей.

Выбор между ПАУ и ГАУ зависит от относительной экономической эффективности, периодичности использования и необходимой дозы. В целом ПАУ предпочтительнее использовать в случае сезонных или периодических загрязнений либо в случаях, когда требуются малые дозы материала.

ПАУ вносят в воду в форме суспензии, а удаляют в процессе последующей обработки вместе с осадком из водопроводной системы. Таким образом, его используют только на станциях очистки поверхностных вод, где уже имеются фильтры. Использование ГАУ в адсорберах с неподвижным слоем намного эффективнее, чем введение в воду ПАУ, а показатели использования угля на единицу объема обработанной воды гораздо ниже по сравнению с дозой ПАУ, необходимой для достижения той же степени удаления.

ГАУ применяют для контроля вкуса и запаха. Обычно его используют в виде неподвижных слоев в специально построенных адсорберах для химических веществ или в корпусах имеющихся фильтров в качестве замены песка частицами ГАУ аналогичного размера. Хотя на большинстве водоочистных станций дешевле

модифицировать имеющиеся фильтры, чем строить отдельные адсорберы, применение уже имеющихся фильтров обычно обеспечивает лишь непродолжительное время контакта, а реактивация сопряжена со сложностями. Поэтому распространенной практикой является установка дополнительных адсорберов ГАУ (в некоторых случаях с предварительным этапом озонирования) между скорыми безнапорными фильтрами и пунктом окончательной дезинфекции. Большинство источников подземных вод не оснащено фильтрами, поэтому возникает необходимость в установке отдельных адсорберов.

Срок службы слоя ГАУ зависит от адсорбционной способности используемого угля и времени контакта между водой и углем и времени контакта частиц с водой, которое определяется скоростью потока воды. Время контакта частиц с водой обычно находится в диапазоне 5–30 минут. Адсорбционная способность ГАУ в отношении определенных органических соединений варьируется в широких пределах, что может оказывать существенное влияние на срок службы ГАУ. Представление об адсорбционной способности можно получить из опубликованных изотермических данных. Адсорбционная способность угля в значительной степени зависит от источника воды и существенно уменьшается в присутствии фоновых органических соединений. На адсорбционную способность активированного угля влияют такие свойства химических веществ, как растворимость в воде и коэффициент распределения в системе октанол – вода. Как правило, хорошо адсорбируются химические вещества с низкой растворимостью и высоким коэффициентом распределения в системе октанол – вода.

Активированный уголь используют для удаления пестицидов и других органических химических веществ, соединений, придающих вкус и запах, цианобактериальных токсинов, а также для снижения общего содержания органического углерода.

А5.1.8 Ионный обмен

Ионный обмен представляет собой процесс, в ходе которого происходит обмен ионами с одноименным зарядом между водной фазой и твердой фазой смолы. Умягчение воды достигается при помощи катионного обмена. Воду пропускают через слой катионной смолы, при этом ионы кальция и магния в воде замещаются ионами натрия. После истощения смолы, применяемой для ионного обмена (то есть обеднения ионами натрия), ее регенерируют при помощи раствора хлорида натрия. Для умягчения воды также используют процесс, именуемый выщелачиванием. Воду пропускают через слой слабокислой смолы, и ионы кальция и магния замещаются ионами водорода. Ионы водорода вступают в реакцию с карбонат-ионами и бикарбонат-ионами, в результате чего образуется углекислый газ. Таким образом, жесткость воды снижается без повышения уровня натрия. Анионный обмен можно использовать для удаления таких загрязнителей, как нитраты, фтор, арсенаты и уран (в форме уранил-аниона), которые замещаются хлоридом. В этих целях используется ряд соответствующих смол.

Ионообменная установка обычно состоит из двух или нескольких слоев смолы в герметичных отсеках с системой соответствующих насосов, трубопроводов и вспомогательного регенерационного оборудования. Герметичные отсеки обычно имеют диаметр до 4 м и содержат слой смолы толщиной 0,6–1,5 м.

Катионный обмен можно использовать для удаления определенных тяжелых металлов. К потенциальным областям применения анионной смолы, помимо удаления нитратов, относится удаление соединений мышьяка и селена.

A5.1.9 Мембранные процессы

К мембранным процессам, имеющим наиболее важное значение для обработки воды, относятся обратный осмос, ультрафильтрация, микрофильтрация и нанофильтрация. Эти процессы традиционно применяли при производстве воды для промышленных и фармацевтических целей, однако в настоящее время они также находят применение и для обработки питьевой воды.

Процессы высокого давления

При разделении двух растворов полупроницаемой мембраной (то есть мембраной, обеспечивающей пропускание растворителя, но не растворенного вещества) растворитель естественным образом проходит из раствора с низкой концентрацией в раствор с высокой концентрацией. Этот процесс называется осмос. Тем не менее можно заставить поток растворителя протекать в противоположном направлении, из раствора с высокой концентрацией в раствор с низкой концентрацией, путем повышения давления на раствор с высокой концентрацией. Необходимый перепад давления называют осмотическим давлением, а процесс называют обратным осмосом.

Обратный осмос позволяет получить поток обработанной воды и относительно концентрированный поток отходов. Обычно рабочее давление находится в диапазоне 15–50 бар в зависимости от области применения. Обратный осмос позволяет отделять одновалентные ионы и органические вещества с молекулярной массой более 50 дальтон (диаметр пор мембраны составляет менее 0,002 мкм). Чаще всего обратный осмос применяется для опреснения солоноватых вод и морской воды.

В процессе нанофильтрации используется мембрана со свойствами, занимающими промежуточное положение между свойствами мембран обратного осмоса и ультрафильтрации; диаметр пор обычно составляет 0,001–0,01 мкм. Мембраны нанофильтрации пропускают одновалентные ионы, например ионы натрия или калия, но не пропускают большую часть двухвалентных ионов, таких как ионы кальция и магния, а также некоторые из органических веществ с большей молекулярной массой. Обычно рабочее давление составляет примерно 5 бар. Нанофильтрация эффективна для удаления окрашивающих органических соединений.

Процессы низкого давления

Принцип ультрафильтрации аналогичен принципу обратного осмоса, однако мембраны имеют поры с намного большим диаметром (обычно 0,002–0,03 мкм), а процесс проходит под более низким давлением. В процессе ультрафильтрации мембраны не пропускают органические молекулы с молекулярной массой более 800 дальтон, а процесс обычно проходит под давлением менее 5 бар.

Микрофильтрация представляет собой прямое продолжение обычной фильтрации, но в субмикронном диапазоне. Мембраны для микрофильтрации обычно имеют поры с диаметром в диапазоне 0,01–12 мкм и производят не разделение молекул, а удаление коллоидных и взвешенных веществ под рабочим давлением 1–2 бар. Микрофильтрация позволяет отсеивать частицы размером более 0,05 мкм. Она используется для обработки воды в сочетании с коагуляцией или ПАУ в целях удаления взвешенных частиц и некоторых форм растворенного органического углерода до подачи на мембраны обратного осмоса, а также в целях повышения удельной производительности мембран.

A5.1.10 Другие процессы обработки

Процессы, направленные на получение гидроксильных радикалов, известны под общим названием "передовые технологии окисления" и эффективны при уничтожении химических веществ, которые с трудом поддаются обработке с помощью других методов, таких как использование только одного озона. Источником гидроксильных радикалов также является перекись водорода под воздействием ультрафиолетового излучения. Химические вещества могут вступать в реакцию непосредственно с молекулярным озоном или гидроксильным радикалом ($\text{HO}\cdot$), который является продуктом разложения озона в воде и мощным неизбирательным окислителем, вступающим в реакцию со многими органическими химическими веществами. Образованию гидроксильных радикалов может способствовать использование озона при высоких значениях рН. Одна из передовых технологий окисления с использованием озона или ультрафиолетового излучения в присутствии перекиси водорода предусматривает одновременное введение перекиси водорода и озона в дозировке около 0,4 мг перекиси водорода на литр на один миллиграмм озона на литр (теоретически оптимальный показатель для получения гидроксильных радикалов) и бикарбоната.

К другим процессам обработки, которые могут использоваться для определенных целей, относятся:

- умягчение воды путем осаждения (добавление извести, извести и карбоната натрия или гидроксида натрия для снижения жесткости при высоких значениях рН);
- умягчение путем ионного обмена;
- биологическая денитрификация в целях удаления нитратов из поверхностных вод;
- биологическая нитрификация в целях удаления аммиака из поверхностных вод;
- активированный глинозем (или другие адсорбенты) для специальных целей, например в целях удаления фтора и мышьяка.

A5.2 Эффективность обработки/очистки для химических веществ, в отношении которых были установлены нормативные величины

Эффективность обработки/очистки для химических веществ, в отношении которых были установлены нормативные величины, приводятся в [таблицах A5.1–A5.5](#)

Таблица A5.1. Эффективность обработки/очистки для природных химических веществ, в отношении которых были установлены нормативные величины^{a,b}

	Хлорирование	Коагуляция	Ионный обмен	Умягчение путем осаждения	Активированный глинозем	Активированный уголь	Озонирование	Мембраны
Мышьяк ^c		++	+++	++	+++			+++ ^d
		< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005			< 0,005
Фтор		++			+++			+++
					<1			<1
Селен		++	+++		+++			+++
			< 0,01		< 0,01			< 0,01
Уран		++	+++	++	+++			
			< 0,001		< 0,001			

^a Расшифровка символов:

++ удаление 50% или более;

+++ удаление 80% или более.

^b В таблицу включены химические вещества, по которым имеются соответствующие данные об обработке. Пустое поле таблицы указывает на полную неэффективность процесса или на отсутствие данных об эффективности процесса. Для наиболее эффективных процессов в таблице приводится оценка концентрации химического вещества (в мг/л), достижимая для идеальной воды.

^c Наполнители на основе оксида железа и гидроксида железа продемонстрировали высокую эффективность в отношении как арсената, так и арсенита.

^d Мембраны обратного осмоса более эффективны для удаления арсената, чем арсенита. Между тем арсенит легко окисляется до арсената под воздействием дезинфицирующих веществ (например, хлора).

Таблица А5.2. Эффективность обработки/ очистки для химических веществ из промышленных источников и жилищ человека, в отношении которых были установлены нормативные величины^{a,b}

	Отгонка воздухом	Коагуляция	Ионный обмен	Умягчение путем осаждения	Активиро- ванный уголь	Озониро- вание	Передовые технологии окисления	Мембраны	Биологи- ческая обработка ^c	УФ- облуче- ние
Кадмий		+++ < 0,002	+++ < 0,002	+++ < 0,002				+++ < 0,002		
Ртуть		+++ < 0,0001		+++ < 0,0001	+++ < 0,0001			+++ < 0,0001		
Бензол	+++ < 0,01				+++ < 0,01	+++ < 0,01	Да ^d			
Тетрахлорид углерода	+++ < 0,001				+++ < 0,001			+		
1,2-дихлорбензол	+++ < 0,01				+++ < 0,01	+++ < 0,01		Да ^d		
1,4-дихлорбензол	+++ < 0,01				+++ < 0,01	+++ < 0,01		Да ^d		
1,2-дихлорэтан	+++				+++ < 0,01		+			
1,2-дихлорэтен	+++ < 0,01				+++ < 0,01	+++ < 0,01				
1,4-диоксан					+		+++ 0,05			
Эдетовая кислота					+++ < 0,01					
Этилбензол	++ < 0,001	+			+++ < 0,001	+++ < 0,001	++	+	++	
Гексахлорбутадиеп					+++ < 0,001			+		
Нитрилтриуксусная кислота					++				++	
N- нитрозодиметиламин					+		++			+

	Отгонка воздухом	Коагуляция	Ионный обмен	Умягчение путем осаждения	Активиро- ванный уголь	Озониро- вание	Передовые технологии окисления	Мембраны	Биологи- ческая обработка ^c	УФ- облуче- ние
Пентахлорфенол					+++ < 0,0004			++		
Стирол	+++ < 0,02				+++ < 0,002	++		+	+	
Тетрахлорэтилен	+++ < 0,001				+++ < 0,001			+		
Толуол	+++ < 0,001				+++ < 0,001	+++ < 0,001	+++ ^e < 0,001		++ < 0,001	
Трихлорэтилен	+++ < 0,02				+++ < 0,02	+++ < 0,02	+++ ^e < 0,02			
Ксилолы	+++ < 0,005				+++ < 0,005		+++ ^e < 0,005		++	

^a Расшифровка символов:

- + удаление в ограниченном количестве;
- ++ удаление 50% или более;
- +++ удаление 80% или более.

^b В таблицу включены химические вещества, по которым имеются соответствующие данные об обработке. Пустое поле таблицы указывает на полную неэффективность процесса или на отсутствие данных об эффективности процесса. Для наиболее эффективных процессов в таблице приводится оценка концентрации химического вещества (в мг/л), достижимая для идеальной воды.

^c К биологической обработке относятся медленная фильтрация через песок и береговая фильтрация.

^d "Да" указывает на известную или возможную эффективность при отсутствии количественного измерения показателей.

^e Метод может быть эффективным, однако из-за затрат, скорее всего, будут применены другие методы.

Таблица А5.3. Эффективность обработки/очистки для химических веществ в сельскохозяйственной деятельности, в отношении которых были установлены нормативные величины^{а,б}

	Хлорирование	Отгонка воздухом	Коагуляция	Ионный обмен	Активированный уголь	Озонирование	Передовые технологии окисления	Мембраны	Биологическая обработка ^с
Нитрат				+++ < 5				+++ < 5	+++ < 5
Нитрит	+++ < 0,1							+	+++
Алахлор					+++ < 0,001	++	+++ < 0,001	+++ < 0,001	
Алдикарб					+++ < 0,001	+++ < 0,001		+++ < 0,001	
Альдрин/дильдрин			+		+++ < 0,00002	++ < 0,00002		+++ < 0,00002	
Атразин и его хлор- <i>s</i> - триазиновые метаболиты			+		+++ < 0,0001	Да ^d	+++ < 0,0001	+++ < 0,0001	+++ ^e < 0,0001
Карбофуран	+				+++ < 0,001	Да ^d		+++ < 0,001	
Хлордан					+++ < 0,0001	++ < 0,0001		Да ^d	
Хлортолурон					+++ < 0,0001	+++ < 0,0001			
Цианазин					+++ < 0,0001	+		+++ < 0,0001	
2,4-D					+++ < 0,001	+++ < 0,001		Да ^d	
1,2-дибром-3-хлорпропан		++ < 0,001			+++ < 0,0001				
1,2-дибромэтан		+++ < 0,0001			+++ < 0,0001				
1,2-дихлорпропан		Да			+++ < 0,001	+			
Диметоат	+++ < 0,001				++	++			

	Хлорирование	Отгонка воздухом	Коагуляция	Ионный обмен	Активированный уголь	Озонирование	Передовые технологии окисления	Мембраны	Биологическая обработка ^c
Эндрин			+		+++ < 0,0002			Да ^d	
Гидроксиатразин							+++ < 0,001	Да ^d	
Изопротурон	++				+++ < 0,0001	+++ < 0,0001	+++ < 0,0001	+++ < 0,0001	+
Линдан					+++ < 0,0001	++		Да ^d	++
МХФУК					+++ < 0,0001	+++ < 0,0001		Да ^d	
Мекопроп					+++ < 0,0001	+++ < 0,0001			+++ < 0,0001
Метоксихлор			++		+++ < 0,0001	+++ < 0,0001		Да ^d	
Метолахлор					+++ < 0,0001	++		Да ^d	++
Симазин					+++ < 0,0001	++	+++ < 0,0001	+++ < 0,0001	
2,4,5-Т					+++ < 0,001			Да ^d	
Тербутилазин			+		+++ < 0,0001	++			
Трифторалин					+++ < 0,0001			+++ ^f < 0,0001	

^a Расшифровка символов:

- + удаление в ограниченном количестве;
- ++ удаление 50% или более;
- +++ удаление 80% или более.

^b В таблицу включены химические вещества, по которым имеются соответствующие данные об обработке. Пустое поле таблицы указывает на полную неэффективность процесса или на отсутствие данных об эффективности процесса. Для наиболее эффективных процессов в таблице приводится оценка концентрации химического вещества (в мг/л), достижимая для идеальной воды.

^c К биологической обработке относятся медленная фильтрация через песок, береговая фильтрация и биологическая денитрификация (в целях удаления нитратов).

^d "Да" указывает на известную или возможную эффективность при отсутствии количественного измерения показателей.

^e Для береговой фильтрации; медленная фильтрация через песок неэффективна.

^f Метод может быть эффективным, однако из-за затрат, скорее всего, будут применены другие методы.

Таблица А5.4. Эффективность обработки/очистки для пестицидов, используемых в воде в медико-санитарных целях, в отношении которых были установлены нормативные величины^{а,б}

	Хлорирование	Коагуляция	Активированный уголь	Озонирование	Передовые технологии окисления	Мембраны
ДДТ и метаболиты		+	+++ < 0,0001	+	+++ ^с < 0,0001	+++ ^с < 0,0001

^а Расшифровка символов:

+ удаление в ограниченном количестве;

+++ удаление 80% или более.

^б Для наиболее эффективных процессов в таблице указана концентрация химического вещества (в мг/л), которая должна быть достигнута.

^с Метод может быть эффективным, однако из-за затрат, скорее всего, будут применены другие методы.

Таблица А5.5. Эффективность обработки/очистки для цианобактериальных клеток и цианотоксинов, в отношении которых были установлены нормативные величины^{а,б,с}

	Хлорирование	Коагуляция	Активированный уголь	Озонирование	Передовые технологии окисления	Мембраны	Биологическая обработка ^д
Цианобактериальные клетки		+++				+++	
Цианотоксины	+++		+++	+++	+++		+++

^а Хлорирование или озонирование могут быть малоэффективными в отношении цианотоксинов.

^б +++ = удаление 80% или более.

^с В таблицу включены только те химические вещества, по которым имеются соответствующие данные об обработке. Пустое поле таблицы указывает на полную неэффективность процесса или на отсутствие данных об эффективности процесса.

^д К биологической обработке относятся медленная фильтрация через песок и береговая фильтрация.

А5.3 Коррозия металлов, используемых в системах очистки воды и водораспределения

А5.3.1 Латунь

Основной проблемой в связи с коррозией латуни является обесцинкование, то есть селективное растворение цинка, входящего в состав двухфазной латуни, в результате чего медь превращается в пористую массу, обладающую низкой механической прочностью. Обесцинкование с образованием пористой массы, при котором на поверхности латуни образуется объемный продукт коррозии – основной карбонат цинка, в значительной степени зависит от соотношения между хлоридом и щелочностью. Обесцинкование с образованием пористой массы можно контролировать путем поддержания низкого соотношения между цинком и медью (1:3 или ниже) и обеспечения значения рН на уровне ниже 8,3.

Также может наблюдаться растворение латуни в целом, в результате чего в воду попадают металлы, в том числе свинец. При высокой скорости движения воды может наблюдаться ударная коррозия, которая приводит к формированию хрупких слоев продукта коррозии и повышению содержания в воде растворенного или захваченного воздуха.

А5.3.2 Бетон и цемент

Бетон представляет собой композитный материал, который состоит из вяжущего цемента с включением инертного заполнителя. Цемент является преимущественно смесью силикатов кальция и алюминатов с некоторым количеством свободной извести. Цементный раствор, в состав которого в качестве заполнителя входит мелкозернистый песок, применяется в качестве защитного покрытия для железных и стальных водопроводных труб. В асбестоцементных трубах заполнителем является асбестовое волокно, которое не представляет опасности для питьевой воды (также см. фактические данные по асбесту в главе 12). Цемент подвержен разрушению при длительном воздействии воды, содержащей коррозионные вещества, вследствие растворения извести и других растворимых соединений или в связи с химическим воздействием таких агрессивных ионов, как хлор-ионы или сульфат-ионы, что может приводить к структурным повреждениям. Выщелачивание извести из недавно установленных цементных конструкций приводит к повышению значения рН, щелочности и жесткости. Цемент содержит ряд металлов, которые могут выщелачиваться в воду. Коррозионное воздействие на цемент связано с таким показателем, как "коррозионная активность", который используется для оценки вероятности растворения бетона. Коррозию цемента необходимо контролировать при значении рН на уровне 8,5 или выше.

А5.3.3 Медь

Коррозия медных труб и баков-аккумуляторов горячей воды может приводить к окрашиванию воды в синий цвет, формированию синих или зеленых пятен на санитарно-техническом оборудовании, а в некоторых случаях вызывать проблемы, связанные со вкусом воды. Медные трубы могут подвергаться общей, ударной и точечной коррозии.

Общая коррозия наиболее часто наблюдается в случае мягких кислых вод; вода с уровнем рН ниже 6,5 и жесткостью менее 60 мг карбоната кальция на литр является крайне агрессивной для меди. Как и свинец, медь может поступать в воду вследствие растворения продукта коррозии – основного карбоната меди. Растворимость в основном является функцией величины рН и общего содержания неорганического

углерода. Растворимость уменьшается с ростом значения рН, но увеличивается с ростом концентрации карбонатных соединений. Повышение уровня рН до 8–8,5 является стандартным способом решения этих проблем.

Ударная коррозия является результатом высокой скорости воды и усиливается в мягкой воде с высокой температурой и низким значением рН.

Точечная коррозия меди обычно наблюдается в жестких подземных водах с концентрацией углекислого газа выше 5 мг/л и высоким содержанием растворенного кислорода. Для подавления коррозии меди в таких случаях используют фосфаты. Точечная коррозия также может наблюдаться и в случае поверхностных вод, имеющих органическое окрашивание. Медные трубы могут подвергаться точечной коррозии, что приводит к локальной язвенной коррозии, которая ведет к перфорации труб с незначительной потерей металла. Существует два основных типа такой коррозии. Точечная коррозия первого типа характерна для систем холодного водоснабжения (с температурой ниже 40 °С) и связана, в частности, с жесткими скважинными водами и наличием углеродной пленки в канале трубы, формирующейся в процессе изготовления. Трубы, у которых углеродная пленка была удалена путем очистки, не подвержены точечной коррозии первого типа. Точечная коррозия второго типа характерна для систем горячего водоснабжения (с температурой выше 60 °С) и наблюдается в случае мягких вод. Большая часть проблем, связанных с общей и точечной коррозией, характерна для новых труб, в которых еще не образовался защитный оксидный слой. Такие показатели осадений карбоната кальция, как индексы Ланжелье и Ризнара, не являются надежными прогностическими параметрами для коррозии медных трубопроводных систем.

А5.3.4 Железо

Железо (литое или ковкое) часто используется в водопроводных системах распределения, и его коррозия является важной проблемой. Хотя структурные разрушения в результате коррозии железа встречаются редко, в результате чрезмерной коррозии железных труб могут возникать проблемы с качеством воды (например, ржавая вода). Коррозия железа представляет собой сложный процесс, который связан с окислением металла, обычно под воздействием растворенного кислорода, и ведет к образованию осадка оксида железа (III). Это приводит к образованию бугорков на поверхности труб. Основными показателями качества воды, от которых зависит образование защитного слоя окарины из осадка, являются уровень рН и щелочность. На коррозию железа также оказывают влияние концентрации кальция, хлорида и сульфата. Успешный контроль коррозии железа достигается путем поддержания уровня рН в диапазоне 6,8–7,3, жесткости и щелочности на уровне не менее 40 мг/л (по карбонату кальция), перенасыщения карбонатом кальция на уровне 4–10 мг/л и поддержания отношения щелочности к уровню хлорида и сульфата не менее 5 (оба вещества выражены в пересчете на карбонат кальция).

Силикаты и полифосфаты часто относят к "ингибиторам коррозии", однако не факт, что они гарантируют защиту от коррозии в водопроводных системах распределения. Тем не менее они могут связывать растворенное железо (в форме оксида железа (II)) и препятствовать его осаждению в форме видимой ржавчины. Эти соединения могут скорее маскировать последствия коррозии, чем предотвращать ее. Потенциальными ингибиторами коррозии являются ортофосфаты, и они, так же как и полифосфаты, используются для профилактики появления ржавой воды.

А5.3.5 Свинец

Коррозия свинца (растворимость свинца) вызывает особую обеспокоенность. В некоторых странах в старых домах до сих пор используются свинцовые трубы, свинцовый припой широко применяется для соединения медных труб, а латунная арматура может содержать значительное количество свинца. Оцинкованные железные трубы могут накапливать свинец из воды и позднее выделять его в форме взвешенных частиц. Растворимость свинца зависит от образования карбонатов свинца в форме отложений в трубах. Там, где это возможно, свинцовые трубы необходимо заменять. Свинец также может выщелачиваться из припоя на основе свинца, а также из латунной и бронзовой арматуры.

Растворимость солей свинца, связанных с коррозией, резко возрастает с увеличением или снижением значения рН относительно показателя 8,3 вследствие существенного сокращения равновесной концентрации карбоната. Таким образом, растворимость свинца стремится к максимальному уровню в воде с низким уровнем рН и низкой щелочностью, поэтому до замены труб в качестве полезной промежуточной меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) можно повысить уровень рН до 8,0–8,5 после хлорирования воды перед ее распределением. Эффективно снижают растворимость свинца ортофосфаты и другие фосфаты.

Концентрация свинца растет по мере увеличения времени пребывания воды в свинцовой трубе. В качестве промежуточной меры по снижению воздействия свинца можно использовать промывание труб перед забором воды для потребления. Для промывания системы можно использовать душ, ванну или смыв в туалете.

Скорость коррозии свинца может увеличиваться, если свинец используется в сочетании с медью. Скорость гальванической коррозии выше скорости обычной окислительной коррозии, а концентрации свинца не ограничиваются растворимостью продуктов коррозии. Скорость гальванической коррозии в основном зависит от концентрации хлора. Гальваническую коррозию сложнее контролировать, однако ее можно уменьшить путем введения цинка в сочетании с ортофосфатом, а также путем регулирования уровня рН.

Меры по снижению растворимости свинца обычно предусматривают регулирование уровня рН. В случае слишком мягкой воды (концентрация карбоната кальция менее 50 мг/л) оптимальное значение рН составляет около 8,0–8,5. В противном случае более эффективной мерой может оказаться введение ортофосфорной кислоты или ортофосфата натрия, особенно если растворимость свинца отмечается в некислой воде. Связанные с осаждением карбоната кальция показатели, такие как индексы Ланжелле и Ризнара, не являются надежными прогностическими параметрами для коррозии в случае свинца.

А5.3.6 Никель

Содержание никеля в воде может расти вследствие выщелачивания никеля из новых кранов с хромоникелевым покрытием. Изначально низкие концентрации могут также увеличиваться вследствие использования труб и арматуры из нержавеющей стали. С течением времени скорость выщелачивания никеля снижается. Снизить выщелачивание никеля можно также путем повышения уровня рН в целях борьбы с коррозией других материалов.

А5.3.7 Цинк

Использование оцинкованных труб ведет к выделению цинка (из слоя покрытия), а также может приводить к выщелачиванию кадмия и свинца. Коррозия может

представлять собой серьезную проблему в случае подсоединении труб из оцинкованной стали или железа к кранам и арматурам из таких неоднородных материалов, как латунь.

Растворимость цинка в воде является функцией величины рН и общей концентрации неорганического углерода; растворимость основного карбоната цинка снижается по мере роста значения рН и концентрации карбонатных соединений. В случае низкощелочной воды увеличение уровня рН до 8,5 является достаточной мерой для контроля растворимости цинка.

При использовании оцинкованного железа слой цинка на начальном этапе защищает сталь, поскольку именно он подвергается коррозии в первую очередь. В долгосрочной перспективе образуется защитный слой из основного карбоната цинка; тем не менее в оцинкованных трубах также происходит бесконтрольное осаждение и засорение. По последним данным, свинец может накапливаться на оцинкованных трубах в форме частиц, а затем снова переходить во взвешенное состояние под воздействием таких механических нагрузок, как гидравлический удар. Защитные отложения не образуются в мягкой воде, где щелочность составляет менее 50 мг/л по карбонату кальция, или в воде с высокой концентрацией углекислого газа (выше 25 мг/л), поэтому оцинкованная сталь для такой воды не подходит. При подсоединении труб или арматуры из оцинкованной стали или железа к медным трубам или латунной арматуре может наблюдаться электролитическая коррозия.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

**Вспомогательная информация
о радионуклидах**

А6.1 Нормативные уровни для радионуклидов в питьевой воде

Таблица А6.1. Нормативные уровни для радионуклидов в питьевой воде

Радионуклид	Нормативный уровень (Бк/л) ^а	Радионуклид	Нормативный уровень (Бк/л) ^а	Радионуклид	Нормативный уровень (Бк/л) ^а	Радионуклид	Нормативный уровень (Бк/л) ^а
³ H	10 000	⁹⁷ Tc	1 000	¹⁴⁷ Nd	100	²³² Th ^b	1
⁷ Be	10 000	^{97m} Tc	100	¹⁴⁷ Pm	1 000	²³⁴ Th ^b	100
¹⁴ C	100	⁹⁹ Tc	100	¹⁴⁹ Pm	100	²³⁰ Pa	100
²² Na	100	⁹⁷ Ru	1 000	¹⁵¹ Sm	1 000	²³¹ Pa ^b	0,1
³² P	100	¹⁰³ Ru	100	¹⁵³ Sm	100	²³³ Pa	100
³³ P	1 000	¹⁰⁶ Ru	10	¹⁵² Eu	100	²³⁰ U	1
³⁵ S	100	¹⁰⁵ Rh	1 000	¹⁵⁴ Eu	100	²³¹ U	1 000
³⁶ Cl	100	¹⁰³ Pd	1 000	¹⁵⁵ Eu	1 000	²³² U	1
⁴⁵ Ca	100	¹⁰⁵ Ag	100	¹⁵³ Gd	1 000	²³³ U	1
⁴⁷ Ca	100	^{110m} Ag	100	¹⁶⁰ Tb	100	²³⁴ U ^b	1
⁴⁶ Sc	100	¹¹¹ Ag	100	¹⁶⁹ Er	1 000	²³⁵ U ^b	1
⁴⁷ Sc	100	¹⁰⁹ Cd	100	¹⁷¹ Tm	1 000	²³⁶ U ^b	1
⁴⁸ Sc	100	¹¹⁵ Cd	100	¹⁷⁵ Yb	1 000	²³⁷ U	100
⁴⁸ V	100	^{115m} Cd	100	¹⁸² Ta	100	²³⁸ U ^{b,c}	10
⁵¹ Cr	10 000	¹¹¹ In	1 000	¹⁸¹ W	1 000	²³⁷ Np	1
⁵² Mn	100	^{114m} In	100	¹⁸⁵ W	1 000	²³⁹ Np	100
⁵³ Mn	10 000	¹¹³ Sn	100	¹⁸⁶ Re	100	²³⁶ Pu	1
⁵⁴ Mn	100	¹²⁵ Sn	100	¹⁸⁵ Os	100	²³⁷ Pu	1 000
⁵⁵ Fe	1 000	¹²² Sb	100	¹⁹¹ Os	100	²³⁸ Pu	1
⁵⁹ Fe	100	¹²⁴ Sb	100	¹⁹³ Os	100	²³⁹ Pu	1
⁵⁶ Co	100	¹²⁵ Sb	100	¹⁹⁰ Ir	100	²⁴⁰ Pu	1
⁵⁷ Co	1 000	^{123m} Te	100	¹⁹² Ir	100	²⁴¹ Pu	10
⁵⁸ Co	100	¹²⁷ Te	1 000	¹⁹¹ Pt	1 000	²⁴² Pu	1
⁶⁰ Co	100	^{127m} Te	100	^{193m} Pt	1 000	²⁴⁴ Pu	1
⁵⁹ Ni	1 000	¹²⁹ Te	1 000	¹⁹⁸ Au	100	²⁴¹ Am	1
⁶³ Ni	1 000	^{129m} Te	100	¹⁹⁹ Au	1 000	²⁴² Am	1 000

Радионуклид	Нормативный уровень (Бк/л) ^a	Радионуклид	Нормативный уровень (Бк/л) ^a	Радионуклид	Нормативный уровень (Бк/л) ^a	Радионуклид	Нормативный уровень (Бк/л) ^a
⁶⁵ Zn	100	¹³¹ Te	1 000	¹⁹⁷ Hg	1 000	^{242m} Am	1
⁷¹ Ge	10 000	^{131m} Te	100	²⁰³ Hg	100	²⁴³ Am	1
⁷³ As	1 000	¹³² Te	100	²⁰⁰ Tl	1 000	²⁴² Cm	10
⁷⁴ As	100	¹²⁵ I	10	²⁰¹ Tl	1 000	²⁴³ Cm	1
⁷⁶ As	100	¹²⁶ I	10	²⁰² Tl	1 000	²⁴⁴ Cm	1
⁷⁷ As	1 000	¹²⁹ I	1	²⁰⁴ Tl	100	²⁴⁵ Cm	1
⁷⁵ Se	100	¹³¹ I	10	²⁰³ Pb	1 000	²⁴⁶ Cm	1
⁸² Br	100	¹²⁹ Cs	1 000	²¹⁰ Pb ^b	0,1	²⁴⁷ Cm	1
⁸⁶ Rb	100	¹³¹ Cs	1 000	²⁰⁶ Bi	100	²⁴⁸ Cm	0,1
⁸⁵ Sr	100	¹³² Cs	100	²⁰⁷ Bi	100	²⁴⁹ Bk	100
⁸⁹ Sr	100	¹³⁴ Cs	10	²¹⁰ Bi ^b	100	²⁴⁶ Cf	100
⁹⁰ Sr	10	¹³⁵ Cs	100	²¹⁰ Po ^b	0,1	²⁴⁸ Cf	10
⁹⁰ Y	100	¹³⁶ Cs	100	²²³ Ra ^b	1	²⁴⁹ Cf	1
⁹¹ Y	100	¹³⁷ Cs	10	²²⁴ Ra ^b	1	²⁵⁰ Cf	1
⁹³ Zr	100	¹³¹ Ba	1 000	²²⁵ Ra	1	²⁵¹ Cf	1
⁹⁵ Zr	100	¹⁴⁰ Ba	100	²²⁶ Ra ^b	1	²⁵² Cf	1
^{93m} Nb	1 000	¹⁴⁰ La	100	²²⁸ Ra ^b	0,1	²⁵³ Cf	100
⁹⁴ Nb	100	¹³⁹ Ce	1 000	²²⁷ Th ^b	10	²⁵⁴ Cf	1
⁹⁵ Nb	100	¹⁴¹ Ce	100	²²⁸ Th ^b	1	²⁵³ Es	10
⁹³ Mo	100	¹⁴³ Ce	100	²²⁹ Th	0,1	²⁵⁴ Es	10
⁹⁹ Mo	100	¹⁴⁴ Ce	10	²³⁰ Th ^b	1	^{254m} Es	100
⁹⁶ Tc	100	¹⁴³ Pr	100	²³¹ Th ^b	1 000		

^a Нормативные уровни округлены в соответствии со средними значениями логарифмической шкалы (до 10ⁿ, если расчетное значение составляет менее 3 × 10ⁿ и более 3 × 10ⁿ⁻¹).

^b Природные радионуклиды.

^c Временная нормативная величина для урана в питьевой воде составляет 30 мкг/л, с учетом его химической токсичности для почек (см. раздел 8.5).

А6.2 Ссылки на более подробную информацию о радионуклидах

ICRP (1989) Individual monitoring for intakes of radionuclides by workers. ICRP Publication 54. *Annals of the ICRP*, 19(1–3).

ICRP (2006) Human alimentary tract model for radiological protection. ICRP Publication 100. *Annals of the ICRP*, 36(2).

ICRP (2008) Nuclear decay data for dosimetric calculations. ICRP Publication 107. *Annals of the ICRP*, 38(3).

А6.3 Ссылки на более подробную информацию об аналитических методах и технологиях очистки в отношении радионуклидов

Annamäki M, ed. (2000) *Treatment techniques for removing natural radionuclides from drinking water. Final report of the TENAWA Project*. Helsinki, Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK-A169).

APHA, AWWA, WEF (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21st ed. Washington, DC, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, pp. 7–15.

ASTM (1998) *ASTM annual book of standards. Vol. 11.02*. Philadelphia, PA, American Society for Testing and Materials.

Bring R, Miller AG (1992) Direct detection of trace levels of uranium by laser induced kinetic phosphorimetry. *Analytical Chemistry*, 64:1413–1418.

- Chiu NW, Dean JR (1986) *Radioanalytical methods manual*. Ottawa, Ontario, Canadian Government Publishing Centre, Canadian Centre for Mineral and Energy Technology, National Uranium Tailings Program (CANMET Report 78-22).
- Crawford-Brown DJ (1989) The biokinetics and dosimetry of radon-222 in the human body following ingestion of groundwater. *Environmental Geochemistry and Health*, 11:10–17.
- Department of National Health and Welfare (1977) *Chemical procedures for the determination of ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, and ¹³⁷Cs in surface waters, fresh-water algae and fresh-water fish*. Ottawa, Ontario, Department of National Health and Welfare (Report 77-EHD-14).
- Health Canada (2000) *Environmental radioactivity in Canada 1989–1996*. Available from Environmental Radiation Hazards Division, Radiation Protection Bureau, Health Canada, Ottawa, Ontario [see also earlier editions of *Environmental radioactivity in Canada*].
- Health Canada (2004) *Point-of-use and point-of-entry treatment technologies for the removal of lead-210 and uranium from drinking water*. Richmond Hill, Ontario, Senes Consultants Ltd.
- Igarashi Y, Kawamura H, Shiraishi K (1989) Determination of thorium and uranium in biological samples by inductively coupled plasma mass spectrometry using internal standardization. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 4:571–576.
- ISO (2003) *Стандарт ISO 5667-3: Качество воды. Отбор проб. Часть 3. Руководство по хранению и обращению с пробами воды*. Женева, Международная организация по стандартизации.
- ISO (2006) *Стандарт ISO 5667-1: Качество воды. Отбор проб. Часть 1. Руководство по составлению программ и методик отбора проб*. Женева, Международная организация по стандартизации.
- ISO (2006) *Стандарт ISO 5667-5: Качество воды. Отбор проб. Часть 5. Руководство по отбору проб питьевой воды из водоочистных станций и трубопроводных распределительных систем*. Женева, Международная организация по стандартизации.
- ISO (2007) *Стандарт ISO 9696: Качество воды. Измерение суммарной альфа-активности в неминерализованной воде. Метод с применением концентрированного источника*. Женева, Международная организация по стандартизации.
- ISO (2007) *Стандарт ISO 10703: Качество воды. Определение активной концентрации радионуклидов с помощью рентген-спектрометрии с высоким разрешением*. Женева, Международная организация по стандартизации.
- ISO (2008) *Стандарт ISO 9697: Качество воды. Измерение суммарной бета-активности пресной воды. Метод с применением концентрированного источника*. Женева, Международная организация по стандартизации.
- ISO (2009) *Стандарт ISO 5667-11: Качество воды. Отбор проб. Часть 11. Руководство по отбору проб грунтовых вод*. Женева, Международная организация по стандартизации.
- ISO (2009) *Стандарт ISO 10704: Качество воды. Измерение суммарной активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов в пресной воде. Метод тонкого остатка в качестве источника*. Женева, Международная организация по стандартизации.
- ISO (2010) *ISO 9698: Качество воды. Определение объемной активности трития. Метод подсчета сцинтилляций в жидкой среде*. Женева, Международная организация по стандартизации.
- ISO (2010) *Стандарт ISO 11704: Качество воды. Измерение концентрации общей альфа- и бета-активности в несоленой воде. Метод жидкостной сцинтилляции с подсчетом*. Женева, Международная организация по стандартизации.
- ISO (на стадии разработки) *Стандарт ISO 13160: Качество воды. Стронций 90 и стронций 89*. Женева, Международная организация по стандартизации.
- ISO (на стадии разработки) *Стандарт ISO 13161: Качество воды. Измерение концентрации активности полония 210 в воде методом альфа-спектрометрии*. Женева, Международная организация по стандартизации.
- ISO (на стадии разработки) *Стандарт ISO 13162: Качество воды. Определение активности углерода 14. Метод жидкостного сцинтилляционного счета*. Женева, Международная организация по стандартизации.

- ISO (in preparation) *Standard ISO 13163-1: Water quality—Measurement of lead 210 activity concentration—Part 1: Liquid scintillation counting method*. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO (in preparation) *Standard ISO 13164-1: Water quality—Measurement of the activity concentration of radon-222 and its short-lived decay products—Part 1: Radon origins and measurement methods*. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO (in preparation) *Standard ISO 13164-2: Water quality—Measurement of the activity concentration of radon-222 and its short-lived decay products—Part 2: Direct measurement by gamma spectrometry*. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO (in preparation) *Standard ISO 13164-3: Water quality—Measurement of the activity concentration of radon-222 and its short-lived decay products—Part 3: Indirect measurement with degassing*. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO (in preparation) *Standard ISO 13165-1: Water quality—Measurement of radium 226 activity concentration—Part 1: Liquid scintillation counting method*. Geneva, International Organization for Standardization.
- Lariviere D et al. (2009) Rapid and automated analytical technologies for radiological nuclear emergency preparedness. B: Koskinen AN, ed. *Nuclear chemistry: New research*. Nova Science Publishers, Inc., pp. 99–154.
- NSF International (2005) *Contaminant guide*. Ann Arbor, MI, NSF International (http://www.nsf.org/consumer/drinking_water/dw_contaminant_guide.asp?program=WaterTre).
- NSF International (2005) *Contaminant testing protocols*. Ann Arbor, MI, NSF International (http://www.nsf.org/consumer/drinking_water/dw_contaminant_protocols.asp).
- Prichard HM, Gesell TF (1977) Rapid measurements of ^{222}Rn concentrations in water with a commercial liquid scintillations counter. *Health Physics*, 33:577–581.
- Prichard HM, Venso EA, Dodson CL (1991) Liquid scintillation analysis of ^{222}Rn in water by alpha/beta discrimination. *Radioactivity and Radiochemistry*, 3:28–26.
- USEPA (1980) *Prescribed procedures for measurement of radioactivity in drinking water*. Washington, DC, United States Environmental Protection Agency (EPA 600/4-80-032).
- USEPA (1987) *Two test procedures for radon in drinking water. Appendix D. Analytical test procedure*. Washington, DC, United States Environmental Protection Agency, p. 22 (EPA/600/2-87/082).
- USEPA (1999) National primary drinking water regulations; radon-222. Washington, DC, United States Environmental Protection Agency. *Federal Register*, 64(211).
- USEPA (2000) *National primary drinking water regulations; radionuclides; final rule*. Washington, DC, United States Environmental Protection Agency (40 Code of Federal Regulations Parts 9, 141 and 142).
- USEPA (2000) *Radionuclides notice of data availability technical support document*. Prepared by Office of Groundwater and Drinking Water, United States Environmental Protection Agency, in collaboration with Office of Indoor Air and Radiation, USEPA, and United States Geological Survey.
- USEPA (2008) *Approved methods for radionuclides*. Washington, DC, United States Environmental Protection Agency (http://www.epa.gov/ogwdw/methods/pdfs/methods/methods_radionuclides.pdf).
- Vitz E (1991) Toward a standard method for determining waterborne radon. *Health Physics*, 60:817–829.
- Volchok HL, de Planque G, eds (1983) *EML procedures manual*, 26th ed. New York, NY, United States Department of Energy, Environmental Measurements Laboratory (HASL-300).
- ВОЗ (2004). *Построение диалога о рисках от электромагнитных полей*. Женева, Всемирная организация здравоохранения.
- WHO (2009) *WHO handbook on indoor radon: A public health perspective*. Geneva, World Health Organization.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Лица, внесшие вклад в подготовку четвертого издания *Руководства по обеспечению качества питьевой воды*

В данном приложении перечислены имена лиц, которые внесли свой вклад в подготовку четвертого издания *Руководства по обеспечению качества питьевой воды* посредством участия в соответствующих совещаниях, составления или рецензирования текста самого Руководства или вспомогательных документов к нему или путем предоставления экспертных рекомендаций. Начало перечню лиц, которые внесли свой вклад, было положено во время первого совещания в Берлине, Германия, в 2007 году, когда обсуждалось четвертое издание. Все лица, которые внесли вклад в подготовку третьего издания Руководства, а также первого и второго дополнений к третьему изданию, составляющих существенную часть настоящего, четвертого издания, перечислены в [Приложении 2](#) к третьему изданию, которое включает первое и второе дополнения, и этот документ доступен на веб-сайте ВОЗ по адресу: http://www.who.int/entity/water_sanitation_health/dwq/GDWAN2rev1and2.pdf. Приносим искренние извинения тем лицам, чьи имена были непреднамеренно пропущены в этих перечнях.

C. Abbot, "Юнайтед Ютилитис", Уоррингтон, Англия
H. Abouzaid, Всемирная организация здравоохранения, Каир, Египет
L. Achene, Государственный институт санитарии, Рим, Италия
J. Adams, Ливерпульская школа тропической медицины, Ливерпуль, Англия
A. Adin, Еврейский университет в Иерусалиме, Иерусалим, Израиль
S. Adrian, Агентство по охране окружающей среды, Вашингтон, округ Колумбия, США
R. Aertgeerts, Европейский центр Всемирной организации здравоохранения по окружающей среде и охране здоровья, Рим, Италия
F. Ahmed, Бангладешский университет инженерного дела и технологий, Дакка, Бангладеш
A. Aitio, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
H. Al-Hasni, Управление по вопросам электроснабжения и водоснабжения, Маскат, Оман
N. Al-Hmoud, Технологический университет принцессы Сумайи, Амман, Иордания
G. Allgood, компания "Проктер энд Гэмбл", Цинциннати, США
B.M. Altura, нью-йоркский медицинский центр "Даунстейт", Нью-Йорк, США

- В.Т. Altura, нью-йоркский медицинский центр "Даунстейт", Нью-Йорк, США
 L. Alves Campos, Национальное агентство по санитарному контролю (АНВИСА),
 Бразилиа, Бразилия
 S. Al-Wahaibi, Министерство здравоохранения, Маскат, Оман
 M. Amazonas, компания "Кока-Кола", Атланта, США
 R. Anderson, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 K.B. Andrus, Американская ассоциация воздушного транспорта, Вашингтон, округ
 Колумбия, США
 G. Ardon, Министерство жилищного строительства, инфраструктуры и окружающей
 среды, Нидерланды
 M. Asami, Национальный институт общественного здравоохранения, Сайтама, Япония
 N. Ashbolt, Агентство по охране окружающей среды, Цинциннати, США
 S. Atkinson, Университет МакМастера, Гамильтон, Канада
 H. Bakir, ВОЗ, Региональный центр деятельности в области гигиены окружающей
 среды, Амман, Иордания
 L. Barrott, MWH, Хай-Уиком, Англия
 J. Barrow, Центры по контролю и профилактике заболеваний, Атланта, США
 J. Bartram, Университет Северной Каролины, Чапел-Хилл, США
 R. Bastos, Университет Висозы, Висоза, Бразилия
 H.K. Bates, Ассоциация научных исследований, Дарем, США
 A. Bathija, Агентство по охране окружающей среды, Вашингтон, округ Колумбия,
 США
 J. Baumgartner, Висконсинский университет, Мэдисон, США
 A.S. Baweja, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
 P. A. Bawono, Министерство здравоохранения, Джакарта, Индонезия
 D. Bennitz, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
 M. Berglund, Каролинский институт медицины окружающей среды, Стокгольм,
 Швеция
 S. Bish, Детский фонд Организации Объединенных Наций, Нью-Йорк, США
 M. Blokker, "Кива Уотер Рисерч", Ньювегейн, Нидерланды
 L. Bonadonna, Государственный институт санитарии, Рим, Италия
 R. Bos, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 M. Bowman, "Уотер Корпорейшн", Калифорния, США
 E. Briand, Министерство труда, занятости и здравоохранения, Париж, Франция
 T. Brooks, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
 J. Brown, Лондонская школа гигиены и тропической медицины, Лондон, Англия
 C. Browne, Министерство здравоохранения, Сент-Мишель, Барбадос, Вест-Индия
 G. Brundrett, "Брандетт Эссошиэйтс", Кингсли, Англия
 T. Bruursema, "НСФ Интернэшнл", Анн-Арбор, США
 P. Byleveld, Департамент здравоохранения Нового Южного Уэльса, Сидней, Австралия
 E. Calderon, Agua y Saneamientos Argentinos, Буэнос-Айрес, Аргентина
 R. Calderon, Агентство по охране окружающей среды, Дарем, США
 P. Callan, Национальный совет по здравоохранению и медицинским исследованиям,
 Канберра, Австралия
 D. Calmet, Международная организация по стандартизации, консультант по вопросам
 ядерной безопасности Постоянного представительства Франции при Организации
 Объединенных Наций, Вена, Австрия
 D. Campbell-Lendrum, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 Z. Carr, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 V. Casey, "Уотерэйд", Лондон, Англия

- C. Castell-Exner, Немецкая научно-техническая ассоциация газо- и водоснабжения, Бонн, Германия
- P. Charles, Международный исследовательский центр по вопросам водных ресурсов и окружающей среды "Сюз Анвиронман", Ле-Пек, Франция
- R. Charron, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
- Y. Chartier, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
- J. Chen, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
- S.K. Chew, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
- M.L. Chong, Всемирная организация здравоохранения, Манила, Филиппины
- I. Chorus, Федеральное агентство по охране окружающей среды, Берлин, Германия
- D. Chuckman, Международная ассоциация обслуживания полетов, Миссиссога, Канада
- G. Cissé, Швейцарский институт тропиков и общественного здоровья, Базель, Швейцария
- T. Clasen, Лондонская школа гигиены и тропической медицины, Лондон, Англия
- L. Cossagna, консультант, Италия
- J. Colbourne, Инспекция качества питьевой воды, Лондон, Англия
- A. Colgan, Международное агентство по атомной энергии, Вена, Австрия
- G. Combs, Министерство сельского хозяйства США, Гранд-Форкс, США
- L. Corrales, Центры по контролю и профилактике заболеваний, Атланта, США
- R. Costello, Национальные институты здравоохранения, Вифезда, США
- P. Costrop, "Синджента Кроп Протекшн", Базель, Швейцария
- J. Cotruvo, "Джозеф Котруво энд Эссошиэйтс"/Сотрудничающий центр "НСФ Интернэшнл", Вашингтон, округ Колумбия, США
- M. Couper, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария**
- D. Cunliffe, Департамент здравоохранения, Аделаида, Австралия**
- T. Darlow, MWH, Эдинбург, Шотландия
- D. Davidson, Центр по продовольственной безопасности и прикладным вопросам питания, Управление США по надзору за качеством пищевых продуктов и лекарственных средств, Коллидж-Парк, США
- A. Davison, "Уотер Фьючерс Пти Лтд", Дандас-Вэлли, Австралия
- D. Deere, Совместный научно-исследовательский центр по вопросам качества и обработки воды, Солсбери, Австралия
- J. De France, "НСФ Интернэшнл", Завентем, Бельгия
- M. Del Rosario Perez, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
- J. Dennis, "Тэмс Уотер Ютилитис", Англия
- A.M. de Roda Husman, Национальный институт общественного здравоохранения и охраны окружающей среды, Билтховен, Нидерланды
- H. Dieter, Федеральное агентство по охране окружающей среды, Дессау, Германия
- P. Donlon, Ассоциация служб водоснабжения, Виктория, Австралия
- J. Donohue, Агентство по охране окружающей среды, Вашингтон, округ Колумбия, США
- T. Dooley, Детский фонд Организации Объединенных Наций, Нью-Йорк, США
- F. Douchin, Директорат по вопросам санитарии и социальным вопросам департамента Приморская Сена, Руан, Франция
- N. Dowdall, "Бритиш Эруэйз", Хармондсворт, Англия
- P. Drechsel, Международный институт управления водными ресурсами, Коломбо, Шри-Ланка
- D. Drury, независимый консультант, Лондон, Соединенное Королевство
- I. Dublineau, Институт радиационной защиты и ядерной безопасности, Фонтене-о-Роз, Франция

- С. Edgar, Университет Крэнфилда, Бедфорд, Англия
 Р. Edmondson, "Медентех Лтд", Уэксфорд, Англия
 R. Elin, Луисвиллский университет, Луисвилл, США
 Т. Endo, Министерство здравоохранения, труда и благосостояния, Токио, Япония
 J. Escamilla, Всемирная организация здравоохранения, Панама
 А. Evans, Международная организация гражданской авиации, Монреаль, Канада
 М. Exner, Национальный институт гигиены и общественного здоровья, Боннский университет, Бонн, Германия
 А. Eyring, Филадельфийский департамент водоснабжения, Филадельфия, США
 Z. Fang, Департамент медико-санитарной и карантинной службы, Генеральная администрация по надзору за качеством, инспекциям и карантину, Китайская Народная Республика, Пекин, Китай
 J. Fawell, независимый консультант, Бакингам, Англия
 D. Fayzieva, Академия наук Республики Узбекистан, Узбекистан
 E. Ferretti, Государственный институт санитарии, Рим, Италия
 I. Feuerpfeil, Федеральное агентство по охране окружающей среды, Германия
 L. Fewtrell, Университет Аберистуита, Аберистуит, Уэльс
 K. Ford, "Рио Тинто", Лондон, Англия
 P. Fosselard, Европейская федерация бутилированной воды, Брюссель, Бельгия
 D. Frost, "Аква Фокус Лтд", Ньюпорт, Англия
 D. Gamper, Международный совет аэропортов, Женева, Швейцария
 D. Gatel, Европейская федерация национальных ассоциаций поставки воды и очистки сточных вод (EUREAU), Брюссель, Бельгия
 R.J. Gelting, Центры по контролю и профилактике заболеваний, Атланта, США
 M. Giddings, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
 S. Godfrey, Детский фонд Организации Объединенных Наций, Бхопал, Индия
 С. Gollnisch, Akkreditierte Hygieneinspektionsstelle für Trinkwassersysteme, Германия
 R. Goossens, Compagnie Intercommunale Bruxelloise des Eaux, Бельгия
 В. Gordon, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 F. Gore, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 W. Grabow, в отставке (ранее – Преторийский университет, Претория, Южная Африка)
 J. Grace, Департамент безопасности воздушного движения, здравоохранения и безопасности, Ассоциация бортпроводников – CWA, Вашингтон, округ Колумбия, США
 А.С. Grandjean, Центр по вопросам питания человека, Омаха, США
 С. Güler, Университет Хаджеттепе, Турция
 С. Hadjichristodoulou, Университет Фессалии, Лариса, Греция
 S. Harris, Международный институт биологических наук, Вашингтон, округ Колумбия, США
 P. Hartemann, Медицинский факультет Нанси, Франция
 Т. Hasan, Тихоокеанская комиссия по прикладным наукам о Земле, Сува, Острова Фиджи
 S. Hauswirth, Санитарно-эпидемическая служба, Северный Рейн–Вестфалия, Германия
 R.P. Heaney, Крейтонский университет, Омаха, США
 Н. Heijnen, Всемирная организация здравоохранения, Катманду, Непал
 S. Herbst, Национальный институт гигиены и общественного здоровья, Боннский университет, Германия
 А. Hirose, Национальный институт медицинских наук, Токио, Япония
 E.J. Hoekstra, Институт охраны здоровья и защиты прав потребителей, Испра, Италия
 С. Hollister, Канадская ассоциация воздушного транспорта, Миссиссога, Канада

- L. Nore, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 G. Howard, Департамент по вопросам международного развития, Ист-Килбрайд, Шотландия
 S. Hrudey, Альбертский университет, Эдмонтон, Канада
 L.C. Hsiang, Национальное агентство по охране окружающей среды, Сингапур, Сингапур
 J. Huff, Национальный институт по изучению санитарного состояния окружающей среды, "Треугольник науки", США
 P. Hunter, Университет Восточной Англии, Норидж, Англия
 F. Husson, "Солар Солюшенз ЛЛС", Сан-Диего, США
 P. Illig, Центры по контролю и профилактике заболеваний, Анкоридж, США
 T. Inoue, Японский форум по водным ресурсам, Токио, Япония
 M. Itoh, Национальный институт общественного здравоохранения, Япония
 S. Itoh, Киотский университет, Киото, Япония
 D. Jackson, MWH, Мельбурн, Австралия
 P. Jackson, WRc-NSF Ltd, Ридинг, Англия
 E. Jesuthasan, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 H.E. Jianzhong, Национальный университет Сингапура, Сингапур
 B. Jiménez Cisneros, Технологический институт, Мехико, Мексика
 R. Johnston, Швейцарский федеральный институт акванауки и технологии, Дюбендорф, Швейцария
 H. Jones, Университет Лафборо, Лестершир, Англия
 P.S. Joshi, Национальное агентство по охране окружающей среды, Сингапур
 T. Jung, Федеральное ведомство Германии по радиационной защите, Обершлайсхайм, Германия
 M. Kanazawa, Министерство здравоохранения, труда и благосостояния, Токио, Япония
 P. Karani, Африканский банк развития, Тунис, Тунис
 G.Y.-H. Karina, Национальный университет Сингапура, Сингапур
 H. Kasan, "Рэнд Уотер", Йоханнесбург, Южная Африка
 A. Kasuya, Министерство здравоохранения, труда и благосостояния, Токио, Япония
 H. Katayama, Токийский университет, Токио, Япония
 D. Kay, Уэльский университет, Кередигион, Уэльс
 N.R. Khatri, Всемирная организация здравоохранения, Катманду, Непал
 T. Kistemann, Боннский университет, Германия
 K. Komatsu, Национальный институт экологических исследований, Ибараки, Япония
 K. Kosaka, Национальный институт общественного здравоохранения, Сайтама, Япония
 N.O. Kotei, Регуляторная комиссия по вопросам коммунального обслуживания, Аккра, Гана
 P. Kozarsky, Центры по контролю и профилактике заболеваний, Атланта, США
 F. Kozisek, Национальный институт общественного здравоохранения, Прага, Чешская Республика
 R. Kryschi, Германия
Y. Kubo, Министерство здравоохранения, труда и благосостояния, Токио, Япония
 P. Kubon, Федеральное агентство по охране окружающей среды, Германия
 Y. Kudo, Японская ассоциация по вопросам водопроводных сооружений, Токио, Япония
 S. Kumar, Малайский университет, Куала-Лумпур, Малайзия
 S. Kunikane, Университет Сидзуока, Сидзуока, Япония
 S. Kurebayashi, Министерство охраны окружающей среды, Токио, Япония
 H. Lahav, "Махшим Кемикал Уоркс Лтд", Нью-Йорк, США

- Н.К. Lee, Национальный университет Сингапура, Сингапур
 J. Lee, Агентство защиты здоровья, Лондон, Англия
 P. Lennon, ПИТЗ, Сизтл, США
 K. Levy, Школа общественного здравоохранения Роллинса, Атланта, США
 M.H. Lim, Совет по вопросам коммунального обслуживания, Сингапур
 J.-F. Loret, Международный исследовательский центр по вопросам водных ресурсов и окружающей среды – "Сюз Анвиронман", Ле-Пек, Франция
 P. Lotz, MINTEK, Рандбург, Южная Африка
A. Lovell, Ассоциация служб водоснабжения Австралии, Сидней, Австралия
 S. Luby, Международный исследовательский центр диареи, Дакка, Бангладеш
 L. Lucentini, Государственный институт санитарии, Рим, Италия
 Y. Magara, Университет Хоккайдо, Саппоро, Япония
 B. Magtibay, Департамент здравоохранения, Манила, Филиппины
 S.G. Mahmud, Всемирная организация здравоохранения, Дакка, Бангладеш
 D. Maison, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 D. Mara, Лидский университет, Лидс, Англия
 K.J. Marienau, Центры по контролю и профилактике заболеваний, Миннеаполис, США
 P. Marsden, Министерство окружающей среды, продовольствия и сельскохозяйственного развития, Лондон, Англия
 T. Matsuda, Министерство здравоохранения, труда и благосостояния, Токио, Япония
 Y. Matsui, Университет Хоккайдо, Саппоро, Япония
 K. Matsumoto, Министерство здравоохранения, труда и благосостояния, Токио, Япония
 A. May, Инспекция по качеству питьевой воды, Лондон, Англия
 S. McFadyen, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
 C. McLaren, Управление по контролю за качеством питьевой воды в Шотландии, Эдинбург, Шотландия
 D. Medeiros, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
 G. Medema, "Кива Уотер Рисерч", Ньювегейн, Нидерланды
 R. Meierhofer, Eawag, Дюбендорф, Швейцария
 K. Meme, "Лайфуотер Интернэшнл", Сан-Луис-Обиспо, США
 J. Mercer, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
 D.L. Menucci, Всемирная организация здравоохранения, Лион, Франция
 R. Meyerhoff, Научно-исследовательские лаборатории "Лилли", "Илай Лилли энд Компани", Гринфилд, США
 F. Miranda da Rocha, Бразильское национальное агентство по вопросам санитарного контроля, Бразилия, Бразилия
 H.G.H. Mohammad, Министерство здравоохранения, Румайтия, Кувейт
 D. Mokadam, Ассоциация бортпроводников – CWA, Вашингтон, округ Колумбия, США
 D. Moir, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
 M. Mons, "Кива Уотер Рисерч", Ньювегейн, Нидерланды
 M. Montgomery, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 A. Mooijman, независимый консультант, Меерссен, Нидерланды
 H. Morii, Осакий городской университет, Осака, Япония
 V. Morisset, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
 T. Morita, Японский форум по водным ресурсам, Токио, Япония
 N. Moritani, Министерство здравоохранения, труда и благосостояния, Токио, Япония
 R. Morris, Университетский колледж Лондона, Лондон, Англия
 B. Mouchtouris, Университет Фессалии, Лариса, Греция
 M. Moussif, Аэропорт Мухаммеда V, Касабланка, Марокко

- J. Nadeau, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
 K.J. Nath, Институт специалистов общественного здравоохранения, Индия
 R. Neipp, Министерство здравоохранения и социальной политики, Мадрид, Испания
 A.V.F. Ngowi, Университет медицинских и смежных наук Мухимбили, Дар-эс-Салам, Объединенная Республика Танзания
 C. Nicholson, корпорация "Сидней Уотер", Сидней, Австралия
 F.H. Nielsen, Министерство сельского хозяйства США, Гранд-Форкс, США
 J.W. Nieves, Колумбийский университет, Нью-Йорк, США
 C. Nokes, Институт исследований в области наук об окружающей среде, Крайстчерч, Новая Зеландия
 O. Odediran, Детский фонд Организации Объединенных Наций, Нью-Йорк, США
 M. Ogoshi, Национальный институт землепользования и управления инфраструктурой, Ибараки, Япония
 E. Ohanian, Агентство по охране окружающей среды, Вашингтон, округ Колумбия, США
 S. Okamoto, Научно-исследовательский институт общественных работ, Ибараки, Япония
 C.N. Ong, Национальный университет Сингапура, Сингапур
 S.L. Ong, Национальный университет Сингапура, Сингапур
 L. Onyon, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 P. Osborn, Инициатива "300 за 6", Эйтхорн, Нидерланды
 W. Oswald, Школа общественного здравоохранения Роллинса, Атланта, США
 A. Paoli, компания "Эткинс Лимитед", Эпсом, Англия
 T. Paux, Министерство здравоохранения, по делам молодежи и спорта, Париж, Франция
 G.L. Peralta, Всемирная организация здравоохранения, Манила, Филиппины
 S. Perry, Управление по питьевой воде штата Вашингтон, Тумуотер, США
 S. Petterson, компания "Уотер энд Хелс Пти Лтд", Парраматта, Австралия
 B. Pilon, Международная ассоциация воздушного транспорта, Женева, Швейцария
 M. Plemr, Центр по борьбе с инфекционными заболеваниями, Амстердам, Нидерланды
 B. Plotkin, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 T. Pohle, Ассоциация воздушного транспорта, Вашингтон, округ Колумбия, США
 K. Pond, Университет Суррея, Гилдфорд, Англия
 K. Porter, Агентство по охране окружающей среды, Вашингтон, округ Колумбия, США
 F. Properzi, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 T. Pule, Всемирная организация здравоохранения, Браззавиль, Республика Конго
 W. Qu, Фуданьский университет, Шанхай, Китай
 H. Quiñones, научно-технический переводчик, Мадрид, Испания
 V. Ramnath, Национальное агентство по охране окружающей среды, Сингапур, Сингапур
 T. Rapp, Федеральное агентство по охране окружающей среды, Германия
 S. Regli, Агентство по охране окружающей среды, Вашингтон, округ Колумбия, США
 P. Regunathan, компания "Регунатан энд Эссошиэйтс Инк.", Уитон, США
 A. Rinehold, Центры по контролю и профилактике заболеваний, Атланта, США
 J. Ringo, "Байо-Сайд Интернэшнл Инк.", Норман, США
 S. Risica, Национальный институт здравоохранения, Рим, Италия
 W. Robertson, в отставке (ранее – Министерство здравоохранения, Оттава, Канада)
 G. Rodier, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 J.W. Rosenboom, Программа Всемирного банка по развитию водоснабжения и санитарии (WSP), Пномпень, Камбоджа

- K. Rotert, Агентство по охране окружающей среды, Вашингтон, округ Колумбия, США
 H. Sanderson, Национальный институт экологических исследований Дании, Роскилле, Дания
 B. Schaefer, Федеральное агентство по охране окружающей среды, Бад-Эльстер, Германия
 S. Schaub, Агентство по охране окружающей среды, Вашингтон, округ Колумбия, США
 O. Schmoll, Федеральное агентство по охране окружающей среды, Бад-Эльстер, Германия
 S. Seki, Министерство охраны окружающей среды, Токио, Япония
 C. Sevenich, Медицинский центр порта Гамбурга, Гамбург, Германия
 G. Shaghaghi, Министерство здравоохранения, Тегеран, Исламская Республика Иран
 N. Shah, Научно-исследовательская лаборатория компании "Юнилевер", Бангалор, Индия
 F. Shannoun, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 N. Shaw, Международная федерация судовладельцев, Лондон, Англия
 D. Sheehan, Департамент социального обеспечения, Аделаида, Австралия
 M. Sheffer, редактор, Оттава, Канада
 E. Sheward, Университет Центрального Ланкашира, Западный Суссекс, Англия
 D. Shrestha, Управление Верховного комиссара Организации Объединенных Наций по делам беженцев, Женева, Швейцария
 D. Simazaki, Национальный институт общественного здравоохранения, Сайтама, Япония
 J. Simmonds, Агентство защиты здоровья, Дидкот, Англия
 J. Sims, в отставке (ранее – Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария)
 M. Sinclair, Университет Монаша, Мельбурн, Австралия
 C. Skak, Датский центр токсикологии, Дания
 D. Smith, компания "Мельбурн Уотер", Мельбурн, Австралия
 S. Smith, компания "Уэссекс Уотер", Бат, Англия
 M. Sobsey, Университет Северной Каролины, Чапел-Хилл, США
 J. Soller, компания "Соллер Энвайроментал, ЛЛС", Беркли, США
 B. Sontia, Оттавский университет, Оттава, Канада
 T.-A. Stenstrom, Шведский институт по контролю за инфекционными заболеваниями, Стокгольм, Швеция
 M. Stevens, компания "Мельбурн Уотер Корпорейшн", Мельбурн, Австралия
 N. Stewart, компания "Карнивал ЮКЭй", Лондон, Англия
 K. Sudo, Японское агентство по международному сотрудничеству, Токио, Япония
 S. Surman-Lee, Агентство защиты здоровья, Лондон, Англия
 D. Sutherland, независимый консультант, Эпсом, Англия
 A. Suzuki, Министерство охраны окружающей среды, Токио, Япония
 M. Takahashi, Университет Хоккайдо, Хоккайдо, Япония
 H. Tanaka, Киотский университет, Шига, Япония
 R. Tanner, консультант, Бельгия
 M. Taylor, Министерство здравоохранения, Веллингтон, Новая Зеландия
 P. Teixeira, Всемирная организация здравоохранения, Вашингтон, округ Колумбия, США
 P. Teunis, Национальный институт общественного здравоохранения и охраны окружающей среды, Билтховен, Нидерланды
 C. Thibeault, Международная ассоциация воздушного транспорта, Монреаль, Канада

- T. Thompson, Всемирная организация здравоохранения, Манила, Филиппины
 S.M. Tibatemwa, Международная ассоциация по водным ресурсам, Найроби, Кения
 D. Till, консультант, Новая Зеландия
 R. Tomisaka, Министерство охраны окружающей среды, Токио, Япония
 R.M. Touyz, Оттавский университет, Оттава, Канада
 B. Tracy, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
 A. Trevett, Всемирная организация здравоохранения, Катманду, Непал
 D.M. Trindade, Центры по контролю и профилактике заболеваний, Специальный административный район Макао, Китай
 A. Tritscher, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 S. Tuite, Министерство здравоохранения, Оттава, Канада
 T. Udagawa, Японская ассоциация по вопросам водопроводных сооружений, Токио, Япония
 P. Undesser, Ассоциация по вопросам качества воды, Лайл, США
 S. Vajreyee, Государственный медицинский колледж и Новый гражданский госпиталь, Сурат, Индия.
 J.P. van der Hoek, Служба водоснабжения Амстердама, Амстердам, Нидерланды
 P. Van Maanen, Детский фонд Организации Объединенных Наций, Нью-Йорк, США
 L. Vázquez-Coriano, Агентство по охране окружающей среды, Вашингтон, округ Колумбия, США
 G. Velo, Веронский университет, Верона, Италия
 F. Venter, Преторийский университет, Претория, Южная Африка
 E. Veschetti, Государственный институт санитарии, Рим, Италия
 C. Vickers, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария
 J.M.P. Vieira, Университет Минью, Брага, Португалия
 L. Vijselaar, Датский комитет по оказанию помощи афганским беженцам (ДАКААР), Кабул, Афганистан
 C. Viljoen, компания "Рэнд Уотер", Йоханнесбург, Южная Африка
 G. Vivas, Всемирная организация здравоохранения, Бриджтаун, Барбадос
 N. Wang, Всемирная организация здравоохранения, Лион, Франция
 C. Weaver, Университет Пердью, Уэст-Лафейетт, США
 W. Weglicki, Медицинский центр Университета Джорджа Вашингтона, Вашингтон, округ Колумбия, США
 S. Westacott, Муниципалитет Саутгемптона, Саутгемптон, Англия
 I. Wienand, Боннский университет, Бонн, Германия
 A. Wiklund, Генеральный директорат по энергетике, Европейская комиссия, Люксембург
 T. Williams, Международная ассоциация по водным ресурсам, Гаага, Нидерланды
 D. Wilusz, Государственный департамент, Вашингтон, округ Колумбия, США
 C. Witkowski, Ассоциация бортпроводников – CWA, Вашингтон, округ Колумбия, США
 K.-M. Wollin, Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, Ганновер, Германия
 J. Yap, Национальное агентство по охране окружающей среды, Сингапур
 R. Yuen, Международная ассоциация по водным ресурсам, Сингапур, Сингапур
 R. Zhang, Национальный центр по вопросам водоснабжения в сельских районах, техническое руководство, Центр по контролю и профилактике заболеваний, Пекин, Китай
 G. Ziglio, Университет Тренто, Тренто, Италия

Индекс

Номера страниц, выделенные **жирным шрифтом** указывают на основные дискуссии.

Acanthamoeba 119, 120, 123, 269-270

Acinetobacter 107, 120, 121, **232-234**, 298

Aeromonas 107, 120, 121, **234-235**, 298

Ancylostoma (duodenale) 120, 289, 290

Aphelenchus 289

Ascaris 120, 290

Asellus aquaticus 222

Aspergillus 107

Bacillus **235-236**

Bacillus cereus 235

Bacillus thuringiensis israelensis (Bti) 191, 193, **434-435**, 469

Balantidium coli (балантидиаз) 120, 121, **270-271**

Blastocystis (hominis) 121, **271-273**

Burkholderia pseudomallei 119, **236-237**

Campylobacter **237-239**

в качестве контрольного патогена 127

в фекалиях, сточных водах и неочищенной воде 136

оценка риска 130, 132

целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья 134

Campylobacter coli 119, 237

Campylobacter jejuni 119, 237-238

Cheilobus 289

Chironomus, личинки 222

Chydorus sphaericus 221

Citrobacter 295, 296

- Clostridium perfringens* 148, **300–301**
- Crangonyx pseudogracilis* 221
- Cryptosporidium* 119, **273–274**
 в качестве контрольного патогена 127–128
 в фекалиях, сточных водах и неочищенной воде 136
 оценка риска 132
 целевые показатели 133–134
 эффективность обработки/очистки 145–146, 174
- Cryptosporidium hominis* 273
- Cryptosporidium parvum* 273
- Cyclops* 221, 222, 286
- Cyclospora cayetanensis* 119, **274–276**
-
- 2,4-D (2,4- дихлорфеноксиуксусная кислота) **347–348**
 анализ 481
 нормативная величина 183, 347, 473
 эффективность обработки/очистки 497
- DALY см. Количество лет жизни, скорректированных на инвалидность
- 2,4-DB 183, **348–349**, 473, 481
- Diplogaster* 289
- Dracunculus medinensis* (ришта) 119, 122, **285–287**
 промежуточный хозяин 222
- Dreissena polymorpha* 222
-
- Echinococcus* 120
- Encephalitozoon* 280, 281
- Entamoeba histolytica* 119, **276–277**
- Enterobacter* 295, 296
- Enterobacter sakazakii* 121, **239–240**
- Enterocolitis, *Staphylococcus aureus* 253
- Enterocytozoon* 280
- Escherichia coli* 43, 295
 в источнике воды 136, 137–138
 водопроводные системы распределения 57
 диффузно-адгезивная (ДАЕС) 240
 использование в мониторинге 148–149
 как индикатор фекального загрязнения 26, **296–297**
 методы обнаружения 150
 патогенная 119, **240–241**
 проверка микробиологических параметров качества 65, 149
 серотипы O157:H7 127, 240, 241
 энтероагрегативная (ЕАЕС) 240
 энтерогеморрагическая (ЕНЕС) 119, 127, 240, 241
 энтероинвазивная (ЕИЕС) 240, 241

- энтеропатогенная (ЕПЕС) 240, 241
энтеротоксигенная (ЕТЕС) 240
фаги (колифаги) 148, 301–303
см. также Колиформные бактерии
- Fasciola* 120, 122, **287–288**
Fascioliasis 287–288
Fasciolopsis 120
Flavobacterium 120, 298
Francisella tularensis 119
- Gammarus pulex* 221
Giardia (intestinalis) 119, **277–278**
в фекалиях, сточных водах и неочищенной воде 136
в качестве контрольного патогена 127–128
- Hafnia* 295
Helicobacter pylori 121, **241–242**
- Isospora belli* 121, **279–280**
- Klebsiella* 121, **242–243**
в качестве индикаторных организмов 295, 296, 298
патогенность 120, 243
Leptospira 119, **245–247**
"М. avium-комплекс" 247, 248
Moraxella 298
МХ 3-хлор-4-дихлорметил-5-гидрокси-2(5Н)-фуранон 186, **396**, 471
Mycobacterium (микобактерии) **247–249**
атипичные (нетуберкулезные) 119, 120–122, 247–248
в свободноживущих нематодах 289
учреждения здравоохранения 107
Mycobacterium kansasii 248
- Naegleria fowleri* 119, 120, **282–283**
меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) 57
размножение в воде 123
Necator (americanus) 120, 289, 290
Nocardia 289
Nosema 280

N-нитрозодиметиламин (NDMA) **405–406**
анализ 483
нормативная величина 188, 428, 474
эффективность обработки /очистки 496

pH 177, **409**, 471
коррозия и 174–175, 226–227, 501–502, 503
побочные продукты дезинфекции и 173
оптимальный диапазон 226–227

Pleistophora 280

Plumatella 222

Pseudomonas 298

Pseudomonas aeruginosa 107, 120, 121, **249–250**

Raphidiopsis curvata 293

Rhabditis 289

Salmonella (сальмонеллы) 119, **250–251**
в качестве контрольных патогенов 127

Salmonella Enteritidis 251

Salmonella Paratyphi 250–251

Salmonella Typhi 119, 127, 250–251

Salmonella Typhimurium 251

Schmutzdecke 142–143, 488

Septata 280

Serratia 120, 295, 298

Shigella 119, 127, **252–253**

Spirometra 120

Staphylococcus aureus 121, **253–254**

Strongyloides 120, 289, 290

2,4,5-Т (2,4,5-трихлорфеноксиуксусная кислота) **419–420**
анализ 482
нормативная величина 184, 420, 474
эффективность обработки/очистки 499

Taenia solium 120

Tobrilus 289

Toxocara 120

Toxoplasma gondii 121, **283–285**

2,4,5-ТР см. Фенопроп

Trachipleistophora 280

Trichuris 120, 290

Tsukamurella 121, **254–255**

Umezakia natans 293

Vibrio **255–256**

Vibrio cholerae 119, 123, **255–256**

в фекалиях, сточных водах и неочищенной воде 136

очистка воды в местах использования 142

в качестве контрольного патогена 127

Vittaforma 280

Xanthomonas 298

Yersinia **257–258**

Yersinia enterocolitica 121, 257

Yersinia pseudotuberculosis 257

Аварийные ситуации 69–72

документирование и отчетность 25, 71

мероприятия по завершении 153, 199

непредвиденные аварии 71–72

план обеспечения безопасности воды, обзоры после 76

планы реагирования 69–72

последующие расследования 71

предсказуемые 71

проверочное тестирование 67

химическое загрязнение *см.* Чрезвычайные ситуации, химическое загрязнение

см. также Чрезвычайные ситуации

Автоцистерны, вода 96, 97

Аденовирусы 119, **258–260**, 305, 306

Администрация порта 113

Акриламид **307–308**

анализ 483

нормативная величина 188, 308, 472

Активированный глинозем 493

Активированный уголь

адсорбция **490–491**

гранулированный (ГАУ) 176, 490–491

порошковый (ПАУ) 490–491

Актиномицеты 221

Алахлор **308-309**

анализ 481
нормативная величина 183, 309, 472
методы обработки 497

Алдикарб **309-310**

анализ 481
нормативная величина 183, 309, 472
методы обработки 497

Алкилбензолы 226, 409

Алкилнафталины 409

Альдрин **310-311**

анализ 481
нормативная величина 183, 310, 472
методы обработки 497

Альфа-излучение

измерение **213**, 214
скрининговый уровень/ контрольный уровень 208, 209

Алюминий **311-313**, 469

приемлемость 222-223, 311
коагулянты 489
диализная вода 107
оптимальная величина 186, 311, 312, 313

Амеба 57

Legionella, употребление 244
путь передачи 120
см. также *Acanthamoeba*; *Entamoeba histolytica*; *Naegleria fowleri*

Амебиаз 276

Амебный менингоэнцефалит, первичный (ПАМ) 282

Амебный энцефалит, гранулематозный 269, 270

Америций-241 211, 215

Аминотилфосфористая кислота (АМФК) 182, **374**, 470

Амитраз 181, 468

Аммиак 173, 182, **313**, 469

вкус и запах 223
предварительная обработка 230

АМФК 182, **374**, 470

анализ 399, 479

нормативная величина 183, 398, 402, 474
эффективность обработки/очистки 399, 497
технологии обработки 176, 403

Анализ на наличие/отсутствие 66

Аналитическая достижимость **479-484**

Аналитические методы

химические вещества 168-170, **476-478**
радионуклиды **213-214**

- Анионный обмен 176
Антрацитно-песочный фильтр 487-488
Аргироз 415
Асбест 187, **318**, 469
Асбестоцементные трубы 493
Астровирусы 119, **260-261**, 305
Атомно-абсорбционная спектрометрия (ААС) 476-477
Атомно-абсорбционная спектрометрия с электротермической атомизацией (ААС-ЭТА) 477
Атомно-эмиссионная спектрометрия (АЭС) 477
Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (*ИСП-АЭС*) 477
Атразин **319-320**
 анализ 481
 нормативная величина 183, 319, 472
 эффективность обработки/очистки 497
Аудит
 методики надзора **78-79**
 планы обеспечения безопасности воды 69, 78, 87
Аэрация **489**
 удаление радона 217
Аэрозоли 120
Аэропорты **109-112**
- Бактерии
 патогенный 119, 121, **232-258**
 контрольные патогены **127**
 эффективность обработки/очистки 139-140, 145-146
Бактериофаги 148, 301-305
Барий **320-321**
 анализ 479
 нормативная величина 178, 320, 472
Бассейны 259, 270, 282
БДХМ *см.* Бромдихлорметан
Бедствия 57, **100-102**
 см. также Чрезвычайные ситуации
Безопасный уровень острого воздействия (БУОВ) 197
Беккерель (Бк) 205
Бензапирен 411, 412
 анализ 483
 нормативная величина 188, 411, 472
Бензол **322**
 анализ 480

- нормативная величина 180, 322, 472
- эффективность обработки/очистки 495
- Бентазон 182, **321–322**, 469
- Береговая фильтрация 488-489
- Бериллий 179, **322–323**, 469
- Беспозвоночные **221–222**
- Бета-излучение
 - приходящейся на калий-40 209–210, 213
 - замер **213**, 214
 - контрольные уровни 208, 209
 - β_2 -микроглобулин, моча 327–328
- Бетон, растворение **493–501**
- Бильгарциоз *см.* Шистосомоз
- Биопленка 57
 - атипичные микобактерии 247–248
 - опресненная вода 99
 - Klebsiella* 243
 - Legionella* 244, 245
- Болезни, инфекция *см.* Инфекционные болезни
- Болезнь Альцгеймера (БА) 311-312
- Болезнь Вейля 246
- Болезнь Катаямы 291
- "Болезнь легионеров" 244
- Больницы 107
- Бор **323–324**
 - анализ 479
 - нормативная величина 178, 323, 472
- Борьба с переносчиками 190–191
 - см. также* Пестициды, применяемые в воде для борьбы с переносчиками
- Бремя заболевания
 - контрольные патогены 130–131, 132
 - приемлемый **37–38**
- Бром 487
- Бромат 172, **324–325**
 - анализ 482
 - нормативная величина 187, 324, 472
 - стратегии снижения 173
 - продукты при обработке воды 189, 324
- Бромат калия 324
- Бромат натрия 324
- Бромдихлорметан (БДХМ) **427–430**
 - анализ 482
 - нормативная величина 187, 427, 472
- [Бромид-анион](#) 177, **325–326**, 469

- Бромированные уксусные кислоты **326**
- Бромоформ **427–430**
анализ 482
нормативная величина 187, 427, 472
- [Бромхлорацетат-ион](#) 186, 326, 469
- [Бромхлорацетонитрил](#) 186, **375–376**, 469
- Брюшной тиф 250–251
- Бутилированная вода 101, 108, 114–115
- Бытовая система питьевого водоснабжения
меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) 58–59
выявление опасных факторов 58
управление **74–75**
оперативный (рабочий) мониторинг **63–64**
роли и обязанности 11–12, 15
планы обеспечения безопасности воды **58–59**
- Бытовые системы *см.* Бытовая система питьевого водоснабжения
- Валидация 22, **59–60**, 138
очистка и хранение воды в домашних условиях 146–147
использование индикаторных организмов 148
- Вдыхание
адаптация нормативных величин 31, 168
патогенные микроорганизмы 120, 123
радионуклиды 206
радон 204, 215
- Ведомства по водоснабжению, питьевая вода
независимый надзор 8–10
планы управления *см.* Планы обеспечения безопасности воды
роли и обязанности 8, **13–14**
- Взвешенные частицы 221, 228
- Вид 7-8, **219–230**
загрязнители биологического происхождения 221–222
химические загрязнители 222–230
решения для улучшения **230**
см. также Цветность; Мутность
- Видимые организмы 221
- Виды *Anabaena* 293, 344
- Виды *Aphanizomenon* 293
- Виды *Cylindrospermum* 293
- Виды *Enterococcus* 299
- Виды *Legionella* 57, 119, **244–245**
размножение в воде 123
учреждения здравоохранения 107
системы больших зданий 105
путь передачи 120

- Виды *Lyngbya* 293
- Виды *Microcystis* 293, 344
- Виды *Nodularia* 293
- Виды *Nostoc* 293
- Виды *Oscillatoria* 293
- Виды *Planktothrix* 293, 344
- Виды *Schistosoma* 119, **290–292**
- Винилхлорид **431–432**
 анализ 483
 нормативная величина 188, 432, 475
- Вирус гепатита А (ВГА) 119, **264–265**, 305
- Вирус гепатита Е (ВГЕ) 119, **265–267**, 305
- Вирусы гриппа 121, 122
- Вирусы Коксаки 263
- Вирусы
 кишечный *см.* Энтеровирусы
 патогенные 119, 121, **258–268**
 контрольные патогены **126–127**
 эффективность обработки/очистки 139–140, 145–146
- Вкус 7–8, 220–221
 загрязнители биологического происхождения 221–222
 химические загрязнители 222–230
 обработка с целью удаления **230**
- Внутрибольничные (нозокомиальные) инфекции
Acinetobacter 232, 233
Klebsiella 243
Pseudomonas aeruginosa 249
- Вода из скважин 96, 215
- Водосборы
 меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) 54–55
 выявление опасных факторов 53–54
 управление 53–55
 новые системы 50
 целевые показатели 43
 роли и обязанности 11, 12–13
см. также Источник воды
- Водоносные горизонты *см.* Грунтовые воды
- Водопроводная система **16–17**
 воздействие свинца 383, 384
 на судах 113
- Водопроводные системы распределения **56–58**
 меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) 57–58
 коррозия металлов, используемых **493–503**
 отдельный **99**
 выявление опасных факторов 56–57
 процедуры управления **69–74**

- микробные опасные факторы 120
- оперативный (рабочий) мониторинг 62–63
- водопроводная система в зданиях **16–17**
- место для отбора проб 66–67
- на судах 113
- проверочное тестирование **67–68**
- Водоросли 221
- Водоснабжение, питьевая вода
 - соответствие **83–86**
 - улучшенные источники 85
 - перерывы 57, 86
 - улучшение планирования и осуществления **87–89**
 - неулучшенные источники 85
- Воздух, радон в 215-216
- Воздушные суда **109-112**
- Возникающие болезни 122–123, 269
- Волюметрическое титрование 476
- Вспомогательные программы **73–74**
- Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) 478
- Выщелачивание 491
- Газовая хроматография (ГХ) 478
- Газовая хроматография/масс-спектрометрия (ГХ-МС) 478
- β -галактозидаза 295
- Галогензамещенная уксусная кислота (ГУК) 155, 172, 173, 185
- Галогензамещенные ацетонитрилы **375–376**
- Гастроэнтерит
 - аденовирусы 259
 - астровирусы 260
 - калицивирусы 262
 - ротавирусы 267
 - Salmonella* 250, 251
 - Yersinia* 257
 - см. также Диарея
- Гексахлорбензол (ГХБ) 179, **378–379**, 470
- Гексахлорбутадиен (ГХБД) **379–380**
 - анализ 480
 - нормативная величина 180, 379, 474
 - эффективность обработки/очистки 495
- Гексахлорциклогексаны 181, 468
- Гельминты 119, 122, **285–292**
 - путь передачи 120
- Гемолитический уремический синдром (ГУС) 240
- Геосмин 221
- Геотермальные воды 282

- Гептахлор 182, **377–378**, 470
[Гептахлорэпоксид](#) 182, **377–378**, 470
 Гетеротрофные микроорганизмы 57, 62–63
[Гидроксиатразин](#) 319, 320
 анализ 481
 нормативная величина 183, 319, 474
 эффективность обработки/очистки 498
 Гидроксильные радикалы 492–493
 Гипохлорит 141, 485
 побочные продукты 185
 продукты распада 188
 Гипохлорит кальция 110, 141, 485
 продукты распада 188
 Гипохлорит натрия 110, 141, 485
 остаточный бромат 189
 продукты распада 188
 Глазные инфекции
 Acanthamoeba 269, 270
 аденовирусы 259
 Глинозем, активированный 493
 Глифосат 182, **374**, 470
 глюкуронидаза β -296
 Городские районы
 в развивающихся странах **81**
 зонирование 81
 Гостиницы 105
 Градирни 244, 245
 Гранулематозный амёбный энцефалит 269, 270
 Гранулированный активированный уголь (ГАУ) 176, 490–491
 Грибы 221
 Грунтовые воды
 меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) 54–55, 58
 воздействие изменения климата 94
 выявление опасных факторов 53, 54
 радон 215, 216
 Гуминовые кислоты 224

 Давление, вода 57, 58
 большие здания 105
 мониторинг 63
 Данные
 расчет нормативных величин 165–166
 соответствие целевому назначению 68

- региональное использование **90–92**
оценка и разработка систем 51–53
- ДБХП *см.* 1,2-дибром-3-хлорпропан
- Двуокись хлора 186, 469, 486
побочные продукты 172, 185, 335
см. также Хлорат; Хлорит
химические загрязнители 189
воздействие на здоровье 336
использование в домохозяйствах 141
уменьшение содержания микроорганизмов 140
обработка воды 174
- ДДТ и метаболиты 191, **349–350**
анализ 483
нормативная величина 192, 349, 473
эффективность обработки/очистки 500
- ДЕД *см.* Допустимая ежедневная доза
- Дезинфекция **5–6**, 56
опресненная вода 98, 99
чрезвычайные ситуации и бедствия 101
в домашних условиях на основе 141–142, 145
ограничения 6
методы **485–487**
уменьшение содержания микроорганизмов 140
мониторинг 62
нехимические методы 174
упакованная питьевая вода 114
солнечная 143, 146
системы временного водоснабжения 103
для лиц, совершающих поездку 108–109, 110–111
мутность и 228
торговля водой 96
проверка 65
- Дезинфицирующий
анализ 482
замена 174
нормативные величины 187
нормативная величина не установлена 186
остаточный, водопроводные системы распределения 57
см. также конкретные дезинфицирующие средства
- Дельтаметрин 181, 468
- Деминерализованная вода 115
- Денитрификация, биологическая 493
- Детектор электронного захвата (ДЭЗ) 478
- Дети грудного возраста
искусственно вскормленный 196, 398, 399, 400, 402–403
радионуклидные нормативные уровни 212–213
см. также Дети
- Дети
расчеты нормативной величины 164

- радионуклидные нормативные уровни 212–213
см. также Дети грудного возраста
- Дехлорирование 485
- Деятельность человека, способная загрязнять 12–13, 53
- [Ди\(2-этилгексил\) адипинат](#) (ДЭГА) 179, **361**, 470
- Ди(2-этилгексил)фталат (ДЭГФ) 180, **361–362**, 473, 480
- Диаграмма Тернера 175
- Диазинон 181, 468
- 1,2-дибром-3-хлорпропан (ДБХП) **350–351**
 анализ 481
 нормативная величина 183, 351, 473
 эффективность обработки/очистки 497
- Диализ, почечный 107
- [Диалкилстаннаты](#) 187, **350**, 469
- Диарея
Campylobacter 238
Cryptosporidium 273
Escherichia coli 240
Isospora **279**
 ротавирус 267
 лица, совершающие поездку 107–108
см. также Гастроэнтерит
- [Дибромацетат-анион](#) 186, 326, 469
- Дибромацетонитрил 187, **375–376**, 473, 483
- Дибромхлорметан (ДБХМ) **427–430**
 анализ 483
 нормативная величина 187, 427, 473
- [1,2-дибромэтан](#) **351–352**
 анализ 481
 нормативная величина 183, 351, 473
 эффективность обработки/очистки 498
- Дизентерия
 амёбная 276
 бактериальная 252
- [Дикват](#) 182, **364**, 470
- [Дильдрин](#) **310–311**
 анализ 481
 нормативная величина 183, 310, 472
 эффективность обработки/очистки 497
- [Диметилбензолы](#) **432–433**
 анализ 480
 нормативная величина 180, 433, 475
 пороговое значение запаха 229
 эффективность обработки/очистки 496
- [Диметоат](#) **362–363**
 анализ 481

- нормативная величина 183, 362, 473
эффективность обработки/очистки 498
- Диносеб 181, 468
[1,4-диоксан](#) **363–364**
анализ 480
нормативная величина 180, 363, 473
эффективность обработки/очистки 495
- Дистиллированная вода 115
- Дифторбензурон 191, 193, **435–436**, 470
- [Дихлорамин](#) **331–332**, 486
приемлемость 223
нормативные величины не установлены 186, 332, 470
- 3,4-дихлоранилин 413
- 1,1-дихлорацетон 337
- Дихлорацетонитрил 187, **375–376**, 473, 483
- 1,2-дихлорбензол **353–354**
приемлемые уровни 224
анализ 480
нормативная величина 180, 353, 473
эффективность обработки/очистки 495
- [1,3-дихлорбензол](#) 179, **353–354**, 470
- [1,4-дихлорбензол](#) 180, **353–354**
приемлемые уровни 224
анализ 480
нормативная величина 353, 473
эффективность обработки/очистки 495
- Дихлорбензолы (ДХБ) **353–354**
- Дихлордифенилтрихлорэтан *см.* ДДТ и метаболиты
- Дихлоризоцианурат натрия 110, 141, **417–418**
анализ 482
побочные продукты 185
нормативная величина 187, 417, 474
- [Дихлорметан](#) 180, **357–358**, 473, 480
- Дихлорпроп (2,4-DP) 183, **360–361**, 473, 481
- [1,2-дихлорпропан](#) (1,2-ДХП) **358–359**
анализ 481
нормативная величина 183, 358, 473
эффективность обработки/очистки 498
- 1,3-дихлорпропан 182, **359**, 470
- [1,3-дихлорпропен](#) 183, **359–360**, 473, 481
- Дихлоруксусная кислота (Дихлорацетат-анион) 187, **352–353**, 473, 483
- 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота *см.* 2,4-D
- [2,4-дихлорфенол](#) 186, 224, **337–338**, 470
- [1,1-дихлорэтан](#) 179, **354–355**, 470

1.2-дихлорэтан **355**

анализ 480
нормативная величина 180, 355, 473
эффективность обработки/очистки 495

1,1-дихлорэтен 179, **355–356**, 470

1,2-дихлорэтен **356–357**

анализ 480
нормативная величина 180, 356, 473
эффективность обработки/очистки 495

Добавки 26, 182-185

Доза инфицирования 130

Доза, инфицированный 130

Документальное оформление **24–25**

аварийные ситуации и чрезвычайные ситуации 25, 71
вспомогательное **443–448**
планы обеспечения безопасности воды **75–76**

Домохозяйства

утилизация химических веществ 178
количество собираемой воды 83–84

Допустимая ежедневная доза (ДЕД) 161

распределение питьевой воды 163-164, 195-196, 197
расчет нормативных величин 164
факторы неопределенности 162-163

Допустимый уровень суточного потребления (ДУСП) 160, **161**

распределение питьевой воды 163–164, 195–196, 197
расчет нормативной величины 160
поправочные коэффициенты для конкретных химических веществ 163
факторы неопределенности 162–163

Доступ к воде (доступность) 83, **85**

определение приемлемого 85
справедливый 101
политика 33

Дрейссена 222

ДУСП *см.* допустимый уровень суточного потребления

ДХБ *см.* Дихлорбензолы

ДЭГА *см.* Ди(2-этилгексил)адипинат

ДЭГФ *см.* Ди(2-этилгексил)фталат

Единица истинной цветности (ЕИЦ) 224

Железо 177, **381–382**, 470

приемлемые уровни **226**
коагулянты 489
окрашивание воды 224
коррозия **501–502**

- оцинкованный 503
- приоритетный 29
- Железобактерии 222, 226
- Жесткость 177, **376–377**, 470
 - приемлемость **225**
 - коррозия и 175, 502
 - обработка с целью удаления 230
 - см. также* Умягчение
- Животные
 - питьевая вода **221–222**
 - система сбора дождевой воды 58–59
 - токсикологические исследования 159
- Жилой сектор, химические вещества, возникающие из *см.* Промышленные источники и жилой сектор, химические вещества из

- Загрязнители биологического происхождения **221–222**
- Запах 7–8, 220–221
 - загрязнители биологического происхождения 221–222
 - химические загрязнители 222–230
 - обработка с целью удаления **230**
- Засухи 94
- Защита источников воды **53–55**, 101
- Здания
 - большие **104–107**, 245
 - водопроводные системы 16–17
- Землепользование 12–13, 53
- Зиверт (Зв) 205
- "Зимняя рвотная болезнь" 262
- Зонирование, городские районы 81
- Зоонозные патогены 122

- Иерсиниоз 257
- Изменение климата 3–4, 94
- Изопротурон **382–383**
 - анализ 481
 - нормативная величина 183, 382, 474
 - эффективность обработки/очистки 498
- Изоспороз 279
- Иммунитет, приобретенный 124, 131
- Иммуносорбентный анализ с ферментной меткой (ИСАФМ) 478
- Индекс Ланжелъе 175
- Индекс Ларсона 175

Индикаторные организмы **294–306**

- критерии 147–148
- методы обнаружения **150**
- классификация качества воды 90, 91
- анализ на наличие/отсутствие 66
- в источнике воды 136, 137–138
- использование в мониторинге 24, 147–149
- валидация 60
- проверка 26, 65, 66, 67
- см. также конкретные организмы*

Инсектициды, водные *см.* Пестициды, применяемые в воде для борьбы с переносчиками

Инфекции, передаваемые через воду *см.* Инфекционные болезни

Инфекционные болезни 117, **118–123**

- асимптоматический 124, 130
- вновь возникающие проблемы 122–123
- целевые показатели, касающиеся результатов мер по охране здоровья **135–136**
- медико-санитарные аспекты 11, **124**
- путь передачи 5, 120, 123
- уязвимые группы населения 1–2, 120, 124
- см. также* Микробные опасные факторы; Патогены

Информационное обеспечение **25**

- радиационный риск **217–218**
- получение информации **89–92**
- планы обеспечения безопасности воды 46, **76**

Йод 186, **381**, 470

- использование в домохозяйствах 142, 487
- применять лица, совершающие поездку 108, 111

Йод-131 211, 215

Ионный обмен **491**, 493

Ионоизбирательный электрод 476

Ионообменная хроматография 477–478

ИСАФМ (иммуносорбентный анализ с ферментной меткой) 478

Искусственное вскармливание 196, 398, 399, 400, 402–403

Источники воды *см.* Источник воды

Источник воды

- общинные и частные системы 63, 75
- выявление опасных факторов 53–54
- микробные опасные факторы 120
- химические вещества природного происхождения 176–177
- новые системы 50
- оперативный (рабочий) мониторинг 62, 63
- распространенность патогенов 136–137
- целевые показатели 43
- радиоактивное загрязнение 214
- радон 214–215
- проверочное тестирование 66, **67**
- см. также* Водосборы

Кадмий 327–328

- анализ 479
- нормативная величина 180, 327, 472
- эффективность обработки/очистки 495

Калий 177, **412–413**, 471

Калий-40 (40К) 209–210, 213

Калицивирусы **261–263**, 305

Кальций

- жесткая вода 377
- пороговое значение вкуса 225

Каналы информирования, создание 87

Канцерогены

- расчет нормативных величин 159–160, 165
- генотоксичные 159, 165
- нормативные величины 184
- острое воздействие на здоровье 196
- Классификация МАИР 160
- негенотоксичные 159

Карбарил 182, **328**, 469

Карбонат кальция

- состояние насыщения 175
- отложение 225
- см. также* Жесткость

Карбофуран 328–329

- анализ 481
- нормативная величина 183, 329, 472
- эффективность обработки/очистки 497

Карты системы водоснабжения 50

Каскадная аэрация 489

Катионообменный 176, 491

Качество водоснабжения

- оценка соответствия нормам **83–84**
- изменение климата, воздействие 94
- чрезвычайные ситуации и бедствия 101

Качество воды *см.* Качество, питьевая вода

Качество, питьевая вода 83

- оценка **28–29**
- изменение климата, воздействие 94
- мониторинг *см.* Мониторинг
- нормативное регулирование **32–33**
- стандарты *см.* Стандарты
- проверка *см.* Проверка
- см. также* Нормативные величины

Квалификационные шкалы, безопасность питьевой воды 25, 90–91

Керамические фильтры, пористые 109, 111, 142, 145

Кератоконъюнктивит, epidemic 259

- КИД *см.* Критерии индивидуальной дозы
- Кипячение воды
 - домохозяйства 143, 146
 - лица, совершающие поездку 108, 110
- Кислород, растворенный 225
- Кислоты, обработка воды в домашних условиях 142
- Коагуляция (химическая) 55, **489–490**
 - использование в домохозяйствах 143
 - уменьшение содержания микроорганизмов 139
- Колифаги **301–303**
 - F-РНК 301, 302–303
 - соматические 301, 302
 - использование в мониторинге 148
- Колиформные бактерии
 - в фекалиях, сточных водах и неочищенной воде 136
 - термостойкие *см.* Термостойкие колиформные бактерии
 - общие **294–296**
 - использование в мониторинге 148
 - см. также Escherichia coli*
- Количественная оценка микробиологического риска (КОМР) 118, 124, 125, **128–131**
 - оценка дозозависимой реакции 130
 - оценка воздействия 129
 - выявление опасных факторов 128
 - постановка проблемы 128
 - характеристика риска 130–131, 132
- Количественные показатели обслуживания 68
- Количество лет жизни, скорректированных на инвалидность (DALY) **37–38, 39**
 - микробные опасные факторы 130–131
- Количество проб, минимальное 67
- Колодцы 96, 215, 402
- Колонки 96–97
- Колориметрические методы 476
- Комары
 - размножение в емкостях 95, 190
 - пестициды для борьбы 190–191, 193, 434–442
- Комиссия "Кодекс Алиментариус" (ККА) 115
- Комплекты для анализа в полевых условиях 170
- КОМР *см.* Количественная оценка микробиологического риска
- Контакт, передача через 120, 123
- Контактные линзы 270
- Контроль качества **8–10, 68–69**
- Контрольные патогены **125–128**
 - бактерии 127
 - протозойные организмы 127–128
 - количественная оценка микробиологического риска 128

- характеристика риска 130–131, 132
- отбор 126
- установка целевых показателей эффективности 133–135, 136
- вирусы 126–127
- Концепция *Ct* 56
- Концепция обеспечения безопасности питьевой воды, концептуальная 3–4, **19–33**
 - разработка стандартов качества 30–31
 - определение приоритетных проблем 27–30
 - основные компоненты 19–25
 - нормативное регулирование и соответствующие меры политики и программы 31–33
 - проверка качества 25–27
- Конъюнктивит, аденовирус 259
- "Коррозионная активность", цемент 501
- Коррозия **174–175**
- Коррозия латуни **493**
- Космическое излучение 204, 206
- Костяной уголь 176
- Криптоспоридиоз 273
- Критерии индивидуальной дозы (КИД) 206, 207
 - вклад каждого радионуклида 210
 - восстановительные меры 214
 - контрольные уровни и 207–208
 - скрининг запасов и 209
- Критические пределы **63**
- Кровельные материалы, сбор дождевой воды 95
- Круглые черви 289, 290

- Лаборатории
 - анализ химических веществ 169
 - в чрезвычайных ситуациях и бедствиях 102
- Ларвициды, водные 190–191, 193, 434–442
- Легионеллез 244
- Лед 108, 115
- Лептоспироз 246, 247
- Летучие вещества, адаптация нормативных величин 31, 168
- Линдан 385–386**
 - анализ 481
 - нормативная величина 183, 385, 474
 - эффективность обработки/очистки 498
- Лихорадка Понтиак 244
- Лица с нарушенным иммунитетом 107, 120–122
 - Aeromonas*, инфекции 234
 - атипичные микобактерии, инфекции 24
 - оценки бремени болезни 131

- изоспороз 279
- Klebsiella*, инфекции 243
- Pseudomonas aeruginosa* 249
- лица, совершающие поездку 109
- Tsukamurella*, инфекции 254
- Лица, совершающие поездку **107–109**, 110–111
- Личинки *Culex* 222
- Личинки комаров 222
- Лямблиоз 277

- Магний 225, 377
- [Малатион](#) 182, **386**, 470
- [Марганец](#) 177, **386–387**, 471
 - приемлемость 226
 - приоритетный 29
 - обработка с целью удаления 230
- Масса тела, расчеты нормативной величины 164
- Масс-спектрометрия (МС) 477
- Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (*ИСП-МС*) 477
- Медь 184, **340–342**
 - приемлемость **224–225**, 341
 - анализ 479
 - коррозия **501**
 - нормативная величина 188, 341, 473
 - острое воздействие на здоровье 196
 - ударная коррозия 501
 - точечная коррозия 501
- Межвидовые различия 162
- Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) 204, 207, 214
- Международная программа по химической безопасности (МПХБ) 166
- Международное агентство по изучению рака (МАИР) 160, 166
- Международные стандарты 2
- Межучрежденческий подход, совместный 8
- Мекопроп **388–389**
 - анализ 482
 - нормативная величина 183, 388, 474
 - эффективность обработки/очистки 498
- Мелиоидоз 236, 237
- Мембранные процессы обработки **492**
- Мембранные фильтры 109, 111, 142, 145
- Менингоэнцефалит, первичный амебный (ПАМ) 282
- Меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) 23, 46
 - оценка и планирование **52–53**

- установленные 52
- определение **61–62**
- мониторинг эффективности *см.* Оперативный (рабочий) мониторинг
- неводопроводные, общинные и частные системы **58–59**
- рабочие и критические пределы 63
- водопроводные системы распределения **57–58**
- охрана ресурсов и источников **54–55**
- этапы водоочистки **55–56**
- валидация *см.* Валидация
- Местное население
 - информационное обеспечение с 25, 89–90
 - организации 12, 90
 - участие 89–90
- Местные органы управления **11–12**
- Метамидофос 181, 468
- Метгемоглобинемия 176, 196, 399, 400, 405
- (2-метил-4-хлорфенокси)уксусная кислота *см.* МХФУК
- 2-метилизоборнеол 221
- [Метил-паратрион](#) 182, **391–392**, 471
- Метилртуть 389
- [Метил-трет-бутиловый эфир](#) (МТБЭ) 179, **392–393**, 471
- 2(2-метил-хлорфенокси)пропионовая кислота *см.* Мекопроп
- Метилциклопентадиенил марганца трикарбонил (ММТ) 386–387
- Метод выпаривания, измерение радиоактивности 213, 214
- Метод ГХ с наполненной колонкой с продувкой и улавливанием 478
- Метод ГХ/МС с наполненной колонкой с продувкой и улавливанием 478
- Метод совместного осаждения, измерение радиоактивности 213, 214
- Метоксихлор **390–391**
 - анализ 482
 - нормативная величина 183, 390, 474
 - эффективность обработки/очистки 498
- Метолахлор **393**
 - анализ 482
 - нормативная величина 183, 393
 - эффективность обработки/очистки 498
- Метомил 181, 468
- Метопрен 191, 193, **436–437**, 471
- Микробиологические аспекты **4–5**, **117–153**
- Микробиологические аспекты **7**, **203–218**
- Микробиологическое качество
 - оценки приоритетов **29**
 - общинное водоснабжение 75
 - на основе квалификационных шкал 90–91

- действия при возникновении проблем и чрезвычайных ситуаций **150–153**
 проверка **26, 65–66, 149**
- Микробные опасные факторы **117–124**
 целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья 41, 43, **124–136**
 целевые показатели результатов мер по охране здоровья 135–136
 выявление 128
 оценка риска *см.* Количественная оценка микробиологического риска
 установление целевых показателей эффективности на основе оценки риска 131–135
 мутность в качестве индикатора 228–229
- Микроспоридии 121, **280–282**
- Микрофльтрация 492
- Микроцистин-LR 176, **344–346**
 анализ 484
 нормативная величина 178, 344, 474
- Микроцистины 176, 344
- Минеральные воды, природные 115
- Мирекс 181, 468
- МКПБ 181, 468
- Многозвенные фильтры 142, 145
- Многоядерный ароматический углеводород (МАУ) **410–412**
- Модернизация, система питьевого водоснабжения **60–61, 87**
- Молибден 177, **394, 471**
- Молинат 184, **393–394, 474, 482**
- Моллюски 222
- Мониторинг содержания микроорганизмов **147–149**
- Мониторинг
 растворенные радионуклиды **208–212**
 в чрезвычайных ситуациях и бедствиях 101–102
 микробиологический **147–149**
 оперативный *см.* Оперативный (рабочий) мониторинг
 планы, подготовка **73**
 системы временного водоснабжения 104
см. также Санитарная инспекция; Надзор
- [Монобромацетат-анион](#) 186, 326, 471
- Монокротофос 181, 468
- Монохлорамин **331–332**
 приемлемость 223
 анализ 482
 побочные продукты 172, 174
 дезинфекция 486
 нормативная величина 187, 331, 474
- [Монохлорбензол](#) (МХБ) 179, 223–224, **395–396, 471**
- Монохлоруксусная кислота (монохлорацетат) **395**
 анализ 483
 нормативная величина 188, 395, 474

- Моющие средства, синтетические 227
- Мутность **228–229**
измерение 229
мониторинг 63
- МХФП *см.* Мекопроп
- МХФУК (2-метил-4-хлорфенокси)уксусная кислота **387–388**
анализ 481
нормативная величина 183, 388, 474
эффективность обработки/очистки 498
- Мышьяк **315–318**
анализ 318, 479
нормативная величина 178, 315, 317–318, 472
очистка в домашних условиях 176
приоритетный 29
эффективность обработки/очистки 494
- Наводнения 94
- Нагнетательные фильтры 488
- Надзор **8–10, 25, 77–92**
адаптация к конкретным условиям 81–83
соответствие водоснабжения нормам 83–86
учреждения 9–10, 78
методики 79–81
метод аудита 79–80
общинные системы питьевого водоснабжения 80, 81–82
определение 9, 77
методика прямой оценки 80–81
очистка и хранение воды в домашних условиях 82–83, 146–147
планирование и осуществление 87–89
общественное здравоохранение 10–11
отчетность и информационное обеспечение 89–92
этапы развития 88–89
городские районы в развивающихся странах 81
использование индикаторных организмов 148
см. также Мониторинг
- Наименьший наблюдаемый уровень вредного воздействия (ННУВВ) 160, **161**
факторы неопределенности 162
- Наночистота 492
- Насекомые-переносчики 190–191
- Натрий 177, **416**, 471
пороговое значение вкуса 227
- Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации (ЮНСЕАР) 204–205
- Национальные стандарты и регулирующие положения **30–33**
химические загрязнители 156–157
разработка 2–3, **30–31**
периодический обзор и пересмотр 31
сопутствующие политика и программы 33

- Национальные уровни, улучшение водоснабжения 87
- Неводопроводные системы **58–59**
 меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) 58–59
 выявление опасных факторов 58
 оперативный (рабочий) мониторинг **63–64**
 роли и обязанности 15
- Нематоды 289, 290
- Нематоды
 свободноживущие 122, 222, **288–290**
 паразитические 285, 289
см. также Dracunculus medinensis
- [Неорганические соединения олова](#) 187, **380–381**, 470
- Непредвиденные аварии **71–72**
- Непрерывность водоснабжения 83, **86**
 чрезвычайные ситуации и бедствия 101
- Неулучшенные источники питьевой воды 85
- Нефелометрическая единица плотности (НЕП) 229
- [Нефтепродукты](#) 179, **408–409**, 471
 загрязнение источника 178
 вкус и запах **226**, 409
- Нехватка, вода 94
- Никель **396–397**
 анализ 479
 нормативная величина 188, 397, 474
 выщелачивание **502–503**
- Нитрат-ион **398–403**
 сельскохозяйственные источники 179
 анализ 399, 479
 нормативная величина 183, 196, 398, 401, 474
 острое воздействие на здоровье 196
 приоритетный 29
 эффективность обработки/очистки 399, 497
 технологии обработки 176, 403
- Нитрилотриуксусная кислота (НТУК) **403–404**
 анализ 480
 нормативная величина 180, 403, 474
 эффективность обработки/очистки 496
- Нитрит-ион **398–403**
- Нитрификация, биологическая 493
- [Нитробензол](#) 179, **404–405**, 471
- Нитрозосоединения 400–401
- ННУВВ *см.* Наименьший наблюдаемый уровень вредного воздействия
- Новалурон 191, 193, **437**, 471
- Новая система питьевого водоснабжения **50–51**
- Нозокомиальные инфекции *см.* Внутрибольничные инфекции

Нормативное регулирование **32–33**

см. также Национальные стандарты и регулирующие положения

Нормативные величины 2, 7, 27

приемлемость и 220

адаптация к местным условиям **31, 168**

химические вещества, влияющие на приемлемость **167**

химические вещества, сгруппированные по происхождению **176–190**

химические вещества, воздействующие на здоровье **472–475**

не установленные химические вещества **469–472**

критерии для установления 158

расчет **158–168**

методы 159–160

оценка, в чрезвычайных ситуациях **195–196**

качество данных 165–166

химические вещества, оказывающие непороговое воздействие (не на основе ДУСП) 165

определение относительной доли различных источников 163–164

значащие цифры 164–165

источники неопределенности 162–163

химические вещества порогового действия (на основе ДУСП) 160–165

см. также Допустимый уровень суточного потребления

отклонения от 192–201

не принимаемые химические вещества 468

на основе санитарно-гигиенических критериев 156

смеси химических веществ **167–168**

временные 158, **166**

радионуклиды *см.* Радионуклиды, нормативные уровни

эффективность обработки/очистки 171–172

применяемые в чрезвычайных ситуациях **197–198**

в качестве целевых показателей обеспечения качества воды 42

Нормы, питьевая вода 10

Норовирусы 119, 261–262

в качестве контрольных патогенов 127

Обеспечение качества **68–69**

Обесцинкование латуни 493

Обесцинкование с образованием пористой массы 493

Обработка воды *см.* Очистка

Обработки неводопроводной воды *см.* Очистка и хранение воды в домашних условиях

Обратный осмос 492

использование в домохозяйствах 176

использование лицами, совершающими поездку 109, 111

Обратный ток 105

предотвращение 99

Общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) 177, 228, **423, 472**

Общественное здравоохранение

политический контекст 36–37

надзор 10–11, 78

инфекции, передаваемые через воду и **124**

- Общие колиформные бактерии **294–296**
- Общинные системы питьевого водоснабжения **58–59**
 - меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) 58–59
 - квалификационные шкалы 90–91
 - выявление опасных факторов 58
 - управление **74–75**
 - эксплуатация и техническое обслуживание 87
 - оперативный (рабочий) мониторинг **63–64**
 - роли и обязанности 11–12, **14–15**
 - надзор 80, **81–82**
 - проверка **68**
- Объединенный комитет экспертов ООН ФАО и ВОЗ по пищевым добавкам (ОКЭПД) 161, 164, 166
- Озон 486
 - химические загрязнители 189
- Озонирование **486**
 - передовые технологии окисления 492–493
 - альтернатива 174
 - побочные продукты 172, 185
 - использование в домохозяйствах 142
 - уменьшение содержания микроорганизмов 140
- Окислительно-восстановительный потенциал 62
- Оксамил 181, 468
- Оксид трибутилолова (ОТБО) 181, 468
- Олово, неорганическое 187, **380–381**, 470
- Оловоорганические 350
- Опасные события 50
- Опасные факторы
 - определение 50
 - неводопроводные, общинные и частные системы **58**
 - водопроводные системы распределения **56–57**
 - определение приоритетности, для нейтрализации **51–52**
 - источник воды **53–54**
 - обработка **55**
- Оперативный (рабочий) мониторинг **23–24**, 46, 60, **61–64**
 - параметры 62–63, 64
 - планы, подготовка 73
 - использование индикаторных организмов 148
- Определение количества микроорганизмов чашечным методом (ОКМЧМ) 148, **297–298**
- Оптовые поставки воды **97–98**
- "Опыт в склянке" 490
- Органы здравоохранения
 - химические чрезвычайные ситуации 194–195
 - роли и обязанности **10–11**, 13
- Ориентировочная доза (ОД) **161–162**
 - ориентировочная доза нижнего доверительного предела (ОДНДП) 160, 161–162
 - факторы неопределенности 162

- Орторевовирусы **267–268**, 305, 306
- Осадки, сильные 26, 94
- Осаждение 55, 490
использование в домохозяйствах 143, 146
уменьшение содержания микроорганизмов 139
- Осаждение взвешенных веществ 143
умягчение 493
см. также Коагуляция
- Осмоз 492
см. также Обратный осмос
- Отбеливатель, хозяйственный 110, 141
- Отбор проб
общинные системы 82
вода, хранящаяся в домашних условиях 82–83
руководящие указания ИСО 70
место 66–68
- Отводящие первую смывную воду устройства 59, 95
- Отгонка воздухом 489
- "Отклонения" 71
- Отложения, карбонат кальция 225
- Отстаивание
после дезинфекции 56
домохозяйство *см.* Очистка и хранение воды в домашних условиях
см. также Резервуары, вода
- Отчеты
аварийные ситуации и чрезвычайные ситуации 25, 71
анализ радиоактивности **217**
получение информации **89–92**
- Охрана ресурсов **53–55**
меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) 54–55
выявление опасных факторов 53–54
- Оценка воздействия, водопатогенные организмы 129
- Оценка дозозависимой реакции, водопатогенные организмы 130
- Оценка и разработка систем **22–23**, 46, **49–61**
сбор и оценка данных 51–53
новые системы 50–51
члены группы 49
- Оценка качества **28–29**
- Оценка риска
химические чрезвычайные ситуации 195–198
целостный подход 3–4
количественный микробиологический *см.* Количественная оценка микробиологического риска
Стокгольмская система 3
- Оцинкованное железо 503

Очистка 55–56

- централизованная 138–140
- химические вещества, применяемые в *см.* Химические вещества, используемые при обработке воды или высвобождающиеся в результате контакта материалов с водой
- меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) 55–56
- в целях борьбы с коррозией **175**
- коррозия металлов, используемых в **493–503**
- опресненная вода 98, 99
- выявление опасных факторов 55
- домохозяйство *см.* Очистка и хранение воды в домашних условиях
- мембранные процессы **492**
- методы **485–493**
 - уменьшение содержания микроорганизмов 139–140
 - ранжирование сложности и затратности 171
 - см. также специальная обработка*
- уменьшение содержания микроорганизмов **138–147**
- оперативный (рабочий) мониторинг 62, 64
- показатели 493, **494–500**
- целевые показатели 43, 132–135
- фармацевтические препараты 190
- установка, проектирование нового 50–51
- радиоактивное загрязнение 214, 215
- удаление химических веществ **170–176**
 - использование в домохозяйствах 175–176
 - эффективность процесса 171–172
- собранная дождевая вода 95–96
- проблемы, связанные со вкусом, запахом и внешним видом **230**
- для лиц, совершающих поездку 108–109, 110–111
- мутность 228, 229
- валидация 60
- целевые показатели обеспечения качества воды 42–43
- см. также* Дезинфекция

Очистка воды в местах использования *см.* Очистка и хранение воды в домашних условиях

Очистка и хранение воды в домашних условиях 15, 140–147

- сертификация 146–147
- уменьшение содержания микроорганизмов 144, 145–146
- программы содействия 87–88
- удаление химических веществ **175–176**
- надзор **82–83**, 146–147
- технологии 140, 141–144, 487
- использование данных 91–92
- валидация 146–147

Очистка от примесей

- уменьшение содержания микроорганизмов 139
- для лиц, совершающих поездку 108–109

Паразиты 268–292

- промежуточные хозяева 222
- см. также* Гельминты; Протозойные организмы

[Паратион](#) 182, **406–407**, 471

Паратиф 250–251

- Пареховирусы 127
- Патогенные микроорганизмы *см.* Патогены
- Патогены 118–122, 231–232
- бактерии 119, 121, **232–258**
 - методы обнаружения 147
 - оценка дозозависимой реакции 130
 - вновь возникающие 122–123, 269
 - оценка воздействия 129
 - справочные материалы **232–292**
 - учреждения здравоохранения 107
 - гельминты **285–292**
 - мониторинг 147
 - распространенность **136–137**
 - жизнеспособность и размножение в воде **123**
 - водопроводные системы распределения 56–57
 - протозойные организмы 119, 121, **268–285**
 - эталонный *см.* Контрольные патогены
 - путь передачи 5, 120, 123
 - обработка **138–147**
 - вирусный 119, 121, **258–268**
 - зоонозные 122
 - см. также* Инфекционные болезни
- Пена, мыло 225
- [Пендиметалин](#) 184, **407**, 474, 482
- Пентахлорфенол (ПХФ) **407–408**
- анализ 480
 - нормативная величина 180, 408, 474
 - эффективность обработки/очистки 496
- "Передовые технологии окисления" 492–493
- Перекись водорода 173, 492–493
- Перемещенные 100–101
- Перманганат калия 412
- Перметрин 191, **438**, 471
- Песочные фильтры
- скорые безнапорные 487
 - медленные 488
- Пестициды
- безопасный уровень острого воздействия 197
 - применяемые в сельском хозяйстве 180
 - анализ 481–482
 - нормативные величины 183–184
 - нормативная величина не установлена 182
 - эффективность обработки/очистки 497–499
 - применяемые в воде для борьбы с переносчиками 158, **190–191**, **434–442**
 - анализ 483
 - препараты и дозы 193
 - нормативные величины 192
 - нормативная величина не установлена 191

- эффективность обработки/очистки 500
- см. также* Сельское хозяйство, применяемые химические вещества; *конкретные вещества*
- Печеночные двуустки *см. Fasciola*
- Пиридат 181, 468
- Пиримифос-метил 191, 193, **438–439**, 471
- Пирипроксифен **439–440**
 - в качестве ларвицида 193, 439, 440
 - нормативные величины не установлены 181, 191, 440, 471
- Пищевое отравление
 - Bacillus cereus* 235, 236
 - Campylobacter* 238
 - Salmonella* 251
 - Staphylococcus aureus* 253–254
- Пищевые продукты
 - потребление химических веществ 163–164
 - производство и обработка **116**
 - безопасность, лица, совершающие поездку 108
- Пламенная атомно-абсорбционная спектроскопия (ПААС) 476
- Пламенно-ионизационный детектор (ПИД) 478
- Планы обеспечения безопасности воды (ПОБВ) 20, **22–25**, **45–76**
 - воздушные суда и аэропорты 109, 112
 - утверждение и обзор 78–79
 - аудит 69, 78, 87
 - выгода использования 47
 - здания 104, 105
 - информационное обеспечение 25, 46, 76
 - документальное оформление 24–25, 75–76
 - учреждения здравоохранения 107
 - основные компоненты 46
 - планы управления 24, 46, 69–75
 - типовые 59
 - оперативный (рабочий) мониторинг 23–24, 46, 61–64
 - плановый обзор 76
 - меры по устранению последствий аварийных ситуаций 199
 - суда 113–114
 - в конкретных условиях 93–94
 - этапы в разработке 48
 - вспомогательные программы 73–74
 - надзор *см. Надзор*
 - оценка и разработка систем 22–23, 46, 49–61
 - системы временного водоснабжения 102, 104
 - торговля водой 97
 - проверка *см. Проверка*
- Плутоний-239 (²³⁹Pu) 211, 215
- ПОБВ *см. Планы обеспечения безопасности воды*
- Побочные продукты дезинфекции (ППД) 6, 155, 184, 185
 - анализ 482–483
 - стратегии управления 171–174
 - нормативные величины 187–188

- индикаторы для мониторинга 185–188
- нормативная величина не установлена 186
- удаление перед распределением 174
- см. также конкретные химические вещества*
- Поверхностные воды
 - меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) 54, 59
 - выявление опасных факторов 53–54
 - проверка 66
- Повышение осведомленности, создание 87
- Подход, основанный на соотношении риска и выгоды 2
- Показатели обслуживания, количественные 68
- Полиакриламиды 307, 308
- Поливинилхлорид (ПВХ) 431
- Полиовирусы 127, 263
- Полиомавирусы 258
- Политика
 - разработка, широкая 10
 - национальная **33**
 - управление водными ресурсами 13
- Полифосфаты 502
- Полоний-210 (²¹⁰Po) 211
- Помутнение 221, 228
- Поправочные коэффициенты для конкретных химических веществ (ПККХВ) 160, **163**
- Порошковый активированный уголь (ПАУ) 490–491
- Поставщики воды *см.* Ведомства по водоснабжению, питьевая вода
- Потребители
 - приемлемость для *см.* Приемлемость
 - информационное обеспечение с 25
 - информирование о химических чрезвычайных ситуациях 195
 - взаимодействие с **89–90**
 - оповещение о радиационном риске 217–218
 - роли и обязанности **15**
- Потребление питьевой воды, на душу населения 83
 - оценка воздействия патогенов 129
 - расчеты нормативной величины 164
 - местные колебания 31, 168
 - установление целевых показателей эффективности и 134, 135
- ППД *см.* Побочные продукты дезинфекции
- Предварительная очистка 55
 - уменьшение содержания микроорганизмов 139
- Прерывистое водоснабжение 57, 86
- Приемлемое бремя болезни **37–38**
- Приемлемость 7-8, **219-230**
 - загрязнители биологического происхождения 221, 222
 - химические загрязнители 156, 222-230

- в условиях чрезвычайных ситуаций и бедствий 101, 199
- нормативная величина для химических веществ, влияющих на **167**
- установление приоритетов 28
- Подход множественных барьеров 4, 52, 143–144
- Принцип постепенного улучшения 3, 36, 37
- Принцип точечного воздействия 130
- Приоритеты
 - определение **27–30**
 - национальные 87
 - установка 28, 51–52
 - субнациональные/региональные 87
- Природные бедствия 57
- Природные минеральные воды 115
- Проверка (верификация) 20, **25–26, 64–69**
 - химическое качество 26–27, 65, 66–67
 - общинные системы 68
 - микробиологическое качество 26, 65–66, 149
 - водопроводные системы распределения 67–68
 - планы, подготовка 73
 - обеспечение качества и методы контроля 68–69
 - источник воды 67
 - использование индикаторных организмов 148
 - планы обеспечения безопасности воды 69
- Программа ликвидации дракункулеза 285
- Программы просвещения 12, 14, 63
 - владельцы и управляющие зданий 106
 - разработка 87
- Программы санитарного просвещения *см.* Программы просвещения
- Продавцы воды **15**
- Продовольственная и сельскохозяйственная организации ООН (ФАО) 161
- Промышленные источники и жилой сектор, химические вещества из 158, **177–179**
 - анализ 479, 480
 - нормативные величины 179, 180
 - эффективность обработки/очистки 495–496
- Пропаганда здорового образа жизни 82
- Пропанол 182, **413**, 471
- Пропоксур 181, 468
- Протозойные организмы
 - цисты и ооцисты, уничтожение 56
 - индикаторные организмы для 149
 - патогенные 119, 121, **268–285**
 - контрольные патогены **127–128**
 - эффективность обработки/очистки 139–140, 145–146
- Профилактическое регулирование 8

Рабочие пределы **63**

Радиация

- эффективная доза 205
- ситуации облучения 207
- воздействие через питьевую воду **205**
- риск для здоровья 206
- критерии индивидуальной дозы *см.* Критерии индивидуальной дозы
- оповещение о рисках **217–218**
- источники **204–205**, 206

Радий 215

Радий-226 (226Ra) 211

Радий-228 (228Ra) 211

Радиоактивность

- измерение **213**, 214
- контрольный 42, 209–210
- контрольные уровни **207–208**, 209
- оценка, когда уровни превышены 210
- единицы 205

Радионуклиды 7, 203–218

- аналитические методы **213–214**
- в питьевой воде 205
- эффективный период полураспада 205
- нормативные уровни **207–208**, **504–505**
 - оценка, когда уровни превышены 210–212
 - уравнение 213
 - часто встречающиеся радионуклиды 211, **212–213**
- техногенный 205
- мониторинг и оценка для растворения **208–212**
- природное происхождение 203–204, 205
- восстановительные меры **214**, 215
- частота отбора проб 212
- скрининг для 42, 209–210
- источники 205
- вспомогательная информация **504–508**

Радионуклиды природного происхождения 203–204, 205

Радон (222Rn) 204, **214–217**

- в атмосфере и воде 214–216
- рекомендации и контрольные уровни 216
- риск для здоровья 216
- измерение 217
- снижение в питьевой воде 217

Развивающиеся страны

- городские районы **81**
- торговля водой 96

Размножение микроорганизмов **123**

- опресненная вода 99
- водопроводные системы распределения 105, 120

Рак

- воздействие мышьяка 316–317

- вызванный радиацией 207
- риски из-за воздействия радона 216
- см. также* Канцерогены
- Ракообразные 221
- Распределение Пуассона 130
- Растворимость свинца 502
- Расходы
 - водоснабжение 85–86
 - обработка воды 171
- Региональный уровень
 - расстановка приоритетов 87
 - использование данных для установления приоритетов **90–92**
- Редокс-потенциал 62
- Резервуары 54, 139
- Резервуары, вода
 - размножение переносчиков инфекций 190
 - оптовые поставки 97
 - в чрезвычайных ситуациях и бедствиях 101
 - хранение в домашних условиях 146
 - упакованная питьевая вода 114
 - применение пестицидов *см.* Пестициды, применяемые в воде для борьбы с переносчиками
 - дождевая вода 95
 - торговля водой 96–97
- Рекомендации по кипячению воды 72, **151–153**
- Рекомендации по отказу от использования воды 72, **200–201**
- Респираторные вирусы 258, 259
- Ржавая вода 501, 502
- Риск
 - характеристика, инфекционные болезни 130–131, 132
 - оповещение, радиация 217–218
 - определенный 50
 - эталонный уровень **37–38**
 - оценка и классификация 51–52, 53
- Ришта *см.* *Dracunculus medinensis*
- Роли и обязанности, управление **8–17**
- Ротавирусы 119, **267–268**, 305
 - в фекалиях, сточных водах и неочищенной воде 136
 - установление целевых показателей эффективности 133, 134–135
 - в качестве контрольных патогенов 126
 - оценка риска 131, 132
- Ртуть **389–390**
 - анализ 479
 - нормативная величина 180, 389, 474
 - эффективность обработки/очистки 495

- Санитарная инспекция 63, 80
 общинные системы 68, 82
 системы временного водоснабжения 104
 использование данных 91–92
- Санитарное просвещение 82
 см. также Программы просвещения
- Санитарно-эпидемиологическое обследование 49
- Сапловирусы (Саппоро-подобные вирусы) 119, 261
- Свинец 184, **383–384**
 анализ 479
 коррозия **502**
 нормативная величина 188, 383, 474
 приоритетный 29
 место для отбора проб 67
- Свинец-210, 211
- Свинецорганические соединения 383
- Сезонные перебои водоснабжения 86
- Селен **413–415**
 анализ 479
 нормативная величина 178, 413, 474
 приоритетный 29
 эффективность обработки/очистки 494
- Сельское хозяйство, применяемые химические вещества 158, **179-182**
 анализ 481-482
 нормативная величина 183-184
 методы обработки 497-499
- Септическая емкость 178
- Серебро **415**
 дезинфекция 108, 487
 нормативные величины не установлены 186, 415, 471
- Сероводород 177, **380**, 470
 приемлемые уровни 225–226
 обработка с целью удаления 230
- Сертификация 15–16
 агенства **15–16**
 химические веществ в воде 42–43
 очистка и хранение воды в домашних условиях 146–147
- Сети по наращиванию потенциала 18
- Сети, наращивание потенциала 18
- Сибирская язва 236
- Силикаты 502
- Симазин **415–416**
 анализ 482
 нормативная величина 184, 416, 474
 эффективность обработки/очистки 498
- "Синдром голубого младенца" *см.* Метгемоглобинемия

- Синдром Сандерса 259
- Сине-зеленые водоросли *см.* Цианобактерии
- Система СОДИС 143
- Системы водопроводной подачи технической воды 99
- Системы временного водоснабжения **102–104**
- Системы горячего водоснабжения 105, 244–245
- Системы опреснения **98–99**
- Системы раздельной подачи питьевой и технической воды **99**
- Системы сбора дождевой воды **94–96**
 - загрязнители 95
 - меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) 58–59
- Системы холодного водоснабжения 105
- Системы, питьевая вода
 - описание 50
 - новые **50–51**
 - неводопроводные *см.* Неводопроводные системы
 - оперативный (рабочий) мониторинг *см.* Оперативный (рабочий) мониторинг
 - водопроводный *см.* Водопроводные системы распределения
 - модернизация и совершенствование 60–61, 87
 - Валидация *см.* Валидация
 - проверка *см.* Проверка
- Совместная программа ВТО и ЮНИСЕФ по мониторингу в области водоснабжения и санитарии 85
- Совместное совещание ФАО/ВОЗ по остаточным количествам пестицидов (ССОКП) 161, 164, 166, 197
- Совместный межучрежденческий подход 8
- Солнечная дезинфекция 143, 146
- Соответствие водоснабжения нормам, надзор **83–86**
- Спа-салоны 244, 248, 282
- СПИД 120, 280
- Спиносад 191, 193, **440–441**, 472
- Справедливый доступ к воде 101
- Справочные материалы по микроорганизмам **231–306**
- Стандартные оперативные процедуры (СОП) 72, 74
- Стандарты 10
 - бутилированная/упакованная вода 115
 - сертификация 16
 - разработка **30–31**
 - международные 2
 - периодический обзор и пересмотр 31
 - см. также* Национальные стандарты и регулирующие положения
- Стандарты Международной организации по стандартизации (ИСО) 69, 70, 150

Стирол 418–419

- анализ 480
- нормативная величина 180, 418, 474
- пороговое значение запаха 227
- эффективность обработки/очистки 496

Стокгольмская система 3

Стоматологические клиники 107

Сточные воды

- химические вещества в 178
- патогены и индикаторные организмы 136, 137–138
- системы временного водоснабжения и 103

Страны с высоким уровнем дохода, целевые показатели 133, 134, 135

Страны с низким уровнем дохода, целевые показатели 133, 134

стратегии управления 175

- опресненная вода 98
- гальваническая 502
- ингибитор 502
- pH и 174–175, 226–227
- точечная 501
- возможность, характеристика 175
- системы очистки воды и водораспределения **493–503**

Стрептококки, фекальные 298–299

Стронций-90 (⁹⁰Sr) 211, 215

Ступенчатые аэраторы 489

Суда **112–114**

Сульфат кальция 227

Сульфат натрия 227

[Сульфат-ион](#) 177, **419**, 472

- приемлемый уровень 227, 419

Суперхлорирование/дехлорирование 485

Сурьма **314–315**

- анализ 479
- нормативная величина 188, 314, 472

Схема ВОЗ по оценке пестицидов (WHOPES) 158, 190

ТБА *см.* Тербутилазин

Твердые вещества, растворенные *см.* Общее содержание растворенных твердых веществ

ТГМ *см.* Тригалогенметаны

Темефос 191, 193, **441–442**, 472

Температура, вода

- Приемлемые уровни 230
- Legionella*, рост/выживание 105, 245
- Naegleria*, рост/выживание 282

- Тепловые технологии
обработка воды в домашних условиях 143, 146
см. также Кипячение воды
- Тербутилазин (ТБА) **420–421**
анализ 482
нормативная величина 184, 420, 474
эффективность обработки/очистки 499
- Термостойкие колиформные бактерии 295, **296–297**
методы обнаружения 150
использование в мониторинге 148
проверочное тестирование 149
- Тетраметилсвинец 383
- [Тетрахлорид углерода](#) **329–330**
анализ 480
нормативная величина 180, 329, 472
эффективность обработки /очистки 495
- 3,3',4,4'-тетрахлороазобензол 413
- Тетрахлорэтен **421–422**
анализ 480
нормативная величина 180, 421, 474
эффективность обработки /очистки 496
- Тетраэтилсвинец 383
- Технологии окисления, передовые 492–493
- Технологии с использованием термальной энергии
обработка воды в домашних условиях 143, 146
см. также Кипячение воды
- Титрование, волюметрическое 476
- Токсафен 181, 468
- Токсикологические исследования 159
- Токсоплазмоз 283–284
- [Толуол](#) **422–423**
приемлемость 228
анализ 480
нормативная величина 180, 422, 475
эффективность обработки/очистки 496
- Торговля водой **96–97**
- Торговцы, вода **15, 96**
- Торий-228 211
- Торий-230 211
- Торий-232 211
- Точечная коррозия 501
- Транспортировка, торговля водой 96
- Триазофос 181, 468

- Тригалогенметаны (ТГМ) 155, 171–172, **427–430**
анализ 483
нормативная величина 188, 475
мониторинг 185
стратегии снижения 172, 173
- Трикаприлин 376
- Триметилбензол 226
- Тритий (3H) 211, 215
- [Трифлуралин](#) **426–427**
анализ 482
нормативная величина 184, 426, 475
эффективность обработки/очистки 499
- [Трихлорамин](#) **331–332**, 486
нормативные величины не установлены 186, 332, 472
вкус и запах 223
- Трихлорацетальдегид *см.* Хлоральгидрат
- [Трихлорацетонитрил](#) 186, **375–376**, 472
- Трихлорбензолы (ТХБ) 179, **424**, 472
приемлемые уровни 224
- Трихлорид азота *см.* [Трихлорамин](#)
- Трихлоризоцианурат натрия 141
- Трихлорнитрометан *см.* Хлорпикрин
- Трихлорофон 181, 468
- Трихлоруксусная кислота (Трихлорацетат-анион) **423–424**
анализ 483
нормативная величина 188, 423, 475
- 2,4,5-трихлорфеноксипропионовая кислота *см.* Фенопроп
- 2,4,5-трихлорфеноксиуксусная кислота *см.* 2,4,5-Т
- 2,4,6-[трихлорфенол](#) **337–338**
приемлемый уровень 224
анализ 483
нормативная величина 188, 337, 475
- 1,1,1-трихлорэтан 179, **424–425**, 472
- [Трихлорэтен](#) **425–426**
анализ 480
нормативная величина 180, 425, 475
эффективность обработки/очистки 496
- Трубы (и водопроводная арматура) 17
оптовые поставки воды 97–98
цементная облицовка 493–501
химические загрязнители из 184, 187, 188
коррозия **493–503**
оцинкованный 503
воздействие свинца 383, 384
торговля водой 96–97

- Тяжелый острый респираторный синдром (ТОРС) коронавирус 121, 122
- Уборные 178
- Углеводород
нефтяной 226, 408–409
многоядерный ароматический углеводород (МАУ) **410–412**
- Углерод-14 211
- Углеродистые блоки (технологии) 176
- Уголь, активированный *см.* Активированный уголь
- Угольные фильтры 108, 109, 111
- Указатели, системы временного водоснабжения 103
- Улитки 120, 222, 291
- Улучшение, система питьевого водоснабжения **60–61**, 87
- Улучшенные источники питьевой воды 85
- Ультрафильтрация 492
- Ультрафиолетовое (УФ) облучение 140, 174, 486–487
методы в домашних условиях 143, 146
- Ультрафиолетовое (УФ) поглощение 476
- Умягчение 377
использование в домохозяйствах 176
методы 491, 493
уменьшение содержания микроорганизмов 139
см. также Жесткость
- УНВВНИ *см.* Уровень, не вызывающий видимых неблагоприятных изменений
- Упакованная питьевая вода **114–115**
в чрезвычайных ситуациях и бедствиях 101
см. также Бутилированная вода
- Управление водными ресурсами **12–13**
см. также Охрана ресурсов
- Управление
водоснабжение на уровне общин и домохозяйств **74–75**
водопроводные системы распределения **69–74**
планы **24**, 46, **69–75**
роли и обязанности **8–17**
водные ресурсы **12–13**
- Уран 215, **430–431**
анализ 479
нормативная величина 178, 430, 475
приоритетный 29
эффективность обработки/очистки 494
- Уран-234 (234U) 211
- Уран-238 (238U) 211
- Уровень обеспеченности услугами 84

- Уровень, не вызывающий видимых неблагоприятных изменений (УНВВНИ) 160, **161**
 острое воздействие 197
 факторы неопределенности 162
- Учетная документация *см.* Документальное оформление
- Учреждения здравоохранения **107**
- Фаги *Bacteroides fragilis* 148, **303-305**
- Фаги *см.* Бактериофаги
- Факторы неопределенности (ФН) 160, **162–163**
 база данных *см.* Поправочные коэффициенты для конкретных химических веществ
- Фарингоконъюнктивальная лихорадка 259
- Фармацевтические препараты **189–190**
- Фекалии, количество микроорганизмов 136, 137
- Фекально-оральный путь передачи 120
- Фекальные загрязнения 4, 120
 меры контроля (барьерные или защитные меры, препятствующие загрязнению) 6, 54
 в чрезвычайных ситуациях 100, 150–151
 индикаторные организмы *см.* Индикатор организмы
 на судах 113
 системы временного водоснабжения 103
- Фенамифос 181, 468
- [фенилфенол 2-](#) (и его натриевая соль) 182, **409–410**, 471
- [Фенитроцион](#) 182, **368–369**, 470
- [Фенопроп](#) 183, **369–370**, 474, 481
- Ферментация лактозы 295, 296
- Фильтрация 55–56, **487–489**
 береговая 488–489
 домохозяйство 142–143, 145
 уменьшение содержания микроорганизмов 139
 давление 488
 скорая безнапорная 487–488
 грубая очистка 488
 медленная песочная 488
 для лиц, совершающих поездку 108–109, 111
 мутная вода 228
- Фильтры грубой очистки 488
- Фильтры из пористой керамики 109, 111, 142, 145
- Фильтры с сыпучими фильтрующими материалами 142–143, 145
- Флокуляция 55, 489–490
 уменьшение содержания микроорганизмов 139
- Флотация растворенным воздухом 490
- Флотация, растворенный воздух 490

Флуорантен 187, 410, 412, 470

Флюороз 372–373

Форат 181, 468

Формальдегид 186, **373–374**, 470

Формотион 181, 468

Фосфаты 501, 502

Фторид **370–373**

анализ 373, 479

опресненная вода 99

нормативная величина 178, 371, 474

приоритетный 29

эффективность обработки/очистки 494

технологии обработки 176, 373

целевые показатели результатов мер по охране здоровья 42

Фульвовые кислоты 224

Химические вещества **6–7, 155–201**

аспекты приемлемости **222–230**

безопасный уровень острого воздействия 197

сельское хозяйство *см.* Сельское хозяйство, применяемые химические вещества

аналитическая достижимость **479–484**

аналитические методы 168–170, **476–478**

канцерогенный риск, категории 160

классификация источников 157–158

чрезвычайные ситуации, связанные с *см.* Чрезвычайные ситуации, химическое загрязнение **189–190**

справочные материалы **307–442**

нормативные величины *см.* Нормативные величины

целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья 40, 42–43, 156

санитарные нормы, применяемые в чрезвычайных ситуациях **197–198**

опасность для здоровья 5, **156–158**

промышленные источники и жилой сектор *см.* Промышленные источники и жилой сектор, химические вещества из

источники информации 30

смеси **167–168**

утечки 199–200

природное происхождение *см.* Химические вещества природного происхождения

непороговое воздействие 159

расчет нормативных величин **165**

не включенные в Руководство **167**

водопроводные системы распределения 56

установление приоритетов **29–30**

"краткий перечень" 30

сводные таблицы **468–475**

пороговый 159, **160–165**

обработка с целью удаления **170–176**

проверка **26–27, 65, 66–67**

Химические вещества природного происхождения 158, **176–177**

анализ 479

- нормативные величины 177, 178
- нормативная величина не установлена 177
- эффективность обработки/очистки 494
- Химические вещества, используемые при обработке воды или высвобождающиеся в результате контакта материалов с водой 158, **182–189**
 - анализ 479, 482–483
 - нормативные величины 187–188
 - нормативная величина не установлена 186–187
 - меры контроля за процессом 171–174
 - см. также* Побочные продукты дезинфекции
- Хинтозин 181, 468
- Хлопьевидный осадок 489–490
- Хлор **6**, **334–335**
 - приемлемые уровни 223
 - анализ 482
 - газ, сжиженный 485
 - нормативная величина 187, 334, 473
 - остаточный, мониторинг 62
 - обработка *см.* Хлорирование
- 3-хлор-4-дихлорметил-5-гидрокси-2(5Н)-фуранон *см.* МХ
- Хлоральгидрат (трихлорацетальдегид) 186, **330–331**, 469
- Хлораминирование 57, 486
 - побочные продукты 185, 405
 - влияние на приемлемость 220
 - продуцирование нитритов 399
- Хлорамины **331–332**, 486
 - вкус и запах 223
 - см. также* Монохлорамин
- Хлорат 172, **335–336**
 - анализ 482
 - нормативная величина 187, 335, 473
 - продукты при обработке воды 188, 189
- [Хлорацетоны](#) 186, **337**, 469
- Хлорбензилат 181, 468
- Хлорбензолы 223–224
- Хлордан **333**
 - анализ 481
 - нормативная величина 183, 333, 473
 - эффективность обработки/очистки 333, 497
- Хлорид калия 412
- [Хлорид-анион](#) 177, **333–334**, 469
 - приемлемость 223, 334
- Хлорирование **485–486**
 - альтернатива 174
 - до точки перелома 485
 - побочные продукты 172, 184, 185
 - индикаторы для мониторинга 185–188

- химические загрязнители 188–189
 в чрезвычайных ситуациях 151
 использование в домохозяйствах 141–142, 145
 до заранее установленного количества остаточного хлора 485
 уменьшение содержания микроорганизмов 140
 для лиц, совершающих поездку 108, 110
- Хлористый винилиден *см.* [1,1-дихлорэтен](#)
- Хлористый метилен *см.* [Дихлорметан](#)
- Хлорит 172, **335–336**
 анализ 483
 нормативная величина 187, 335, 473
 продукты при обработке воды 188, 189
- Хлорноватистая кислота 141, 485
 побочные продукты 185
- Хлороформ **427–430**
 анализ 483
 нормативная величина 187, 427, 473
- [Хлорпикрин](#) 186, **338**, 469
- Хлорпирифос **339–340**
 анализ 483
 нормативная величина 183, 339, 473
- Хлорталонил 181, 468
- Хлортолурон **338–339**
 анализ 481
 нормативная величина 183, 338, 473
 эффективность обработки/очистки 497
- Хлоруксусные кислоты 352–353, 395, 423–424
- Хлорфеноксигербициды 348–349, 360–361, 369–370, 387–389, 419–420
- [2-хлорфенол](#) 186, 224, **337–338**, 469
- Хлорфенолы 224, **337–338**
- Хлор-флоккулянт в таблетках/пакетах-саше 110
- [Хлорциан](#) 186, 343–344, **346–347**, 469
- Холера 255, 256
- Хром **340**
 анализ 479
 нормативная величина 178, 340, 473
- Хроматография 477–478
- Цветение, цианобактерии 221, 294, 345
- Цветность 221, **224**
- Цезий 215
- Цезий-134 211
- Цезий-137 211

- Целевые показатели 21, 40, **43**
 адаптация к местным условиям 134–135, 136
 применение 40, 41
 патогены в неочищенной воде 133–134
 эффективность на основе оценки риска **131–135**
- Целевые показатели обеспечения качества воды (ЦПОКВ) 21, 40, **42–43**
 применение 40, 41
см. также Нормативные величины
- Целевые показатели результатов мер по охране здоровья 20–21, **41**
 применение 40, 41
 инфекционные болезни **135–136**
- Целевые показатели, связанные с конкретной технологией 21, 40, **43–44**
 применение 40, 41
- Цели в области здравоохранения **20–21, 35–44**
 выгоды 37
 опасные факторы химического характера 40, 42–43, 156
 определение приоритетов 27–28
 принцип постепенного улучшения 3, 36, 37
 микробные опасные факторы 41, 43, **124–136**
 отбор 40–41
 определение 36–37
 краткосрочные колебания и 40
 виды 38–44
 использование DALY 38, 39
см. также Целевые показатели результатов мер по охране здоровья;
 Целевые показатели;
 Целевые показатели, связанные с конкретной технологией;
 Целевые показатели обеспечения качества воды
- Цели развития тысячелетия 33, 85
- Целевые показатели *см.* целевые показатели, установленные исходя из требований охраны здоровья
- Целостный подход 3–4
- Цемент, коррозия **493–501**
- Ценовая доступность 83, **85–86**
- Цианазин **342**
 анализ 481
 нормативная величина 183, 342, 473
 эффективность обработки/очистки 497
- [Цианид-анион](#) 179, **342–344**, 346–347, 469
- Цианобактерии 176, **293–294**
 приемлемость 221
 цветение 221, 294, 345
 токсины *см.* Цианотоксины
 эффективность обработки/очистки 500
- Цианотоксины 176, 293–294, **344–346**
 анализ 484
 очистка 346, 500
см. также Микроцистин-LR

- Цианурат натрия 418
- Циануровая кислота 417
- Циклоспориаз 275
- Цинк 187, **433–434**, 472
 - приемлемый уровень 229–230
 - коррозия **503**
 - растворение, латунь 493
- Циперметрин 181, 468
- Цитрусовые соки 142
- ЦПОКВ *см.* Целевые показатели обеспечения качества воды

- Частота отбора проб
 - радиационный контроль **212**
 - для проверки 65, 66, 68
- Черви *Nais* 222
- Черви, паразитический *см.* Гельминты
- Чрезвычайные ситуации **72, 100–102**
 - химическое загрязнение **192–201**
 - приемлемость для потребителей 199
 - определение надлежащих мер 198–199
 - оценка значимости здравоохранения 195–198
 - санитарные нормы 197–198
 - информирование общественности 195
 - исследование 194
 - связь с ключевыми властными органами 194–195
 - смеси 199–200
 - уязвимые группы населения 198
 - основания для принятия мер 194
 - корректировка плана обеспечения безопасности воды 199
 - рекомендации по отказу от использования воды 200–201
 - документирование и отчетность 25, 71
 - последующие расследования 71
 - долгосрочные планы 101
 - проблемы с микробиологическими параметрами качества **150–153**
 - планы реагирования 69–70, 72
 - проверочное тестирование 67
 - план обеспечения безопасности воды, обзоры после 76
 - см. также* Аварийные ситуации

- Шигеллез 252
- Шистосомный церкариальный дерматит 292
- Шистосомоз 120, 291, 292
- Школы 105
- Шланги, подача 96–97, 98

- Щелочность
коррозия и 175, 501, 502, 503
см. также рН
- ЭДТУ *см.* Этилендиаминтетрауксусная кислота
- [Эндосульфат](#) 182, **365–366**, 470
- Эндрин **366–367**
анализ 481
нормативная величина 183, 366, 474
эффективность обработки/очистки 498
- Энтеровирусы 119, **263–264**, 305, 306
в фекалиях, сточных водах и неочищенной воде 136
в качестве контрольных патогенов 126–127
- Энтеровирусы 258, **305–306**
колифаги в качестве индикатора 302
индикатор для организмов 149
использование в мониторинге 148, 305
- Энтерококки, желудочно-кишечные **298–300**
- Энцефалит, гранулематозный амебный 269, 270
- Эпидемиологические исследования 11, 124–125
- Эпихлоргидрин (ЭХГ) 188, **367–368**, 474, 483
- Эстетическая приемлемость *см.* Приемлемость
- Эталонный уровень риска **37–38**
- Этилбензол **368**
анализ 480
нормативная величина 180, 368, 474
пороговые значения запаха и вкуса 225
эффективность обработки/очистки 495
- Этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТУ) **364–365**
анализ 480
нормативная величина 180, 365, 474
эффективность обработки/очистки 495
- Этилендибромид *см.* 1,2-[дибромэтан](#)
- Этилентиомочевина 181, 468
- Эховирусы 263

