МИНИСТЕРСТВО ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АКАДЕМИЯ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА им. К.Д.ПАМФИЛОВА

РУКОВОДСТВО
НА ТЕХНОЛОГИЮ ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩУЮ ВЫПОЛНЕНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ В ОТНОШЕНИИ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Москва 1989

gost.e-ecolog.ru

Министерство жилищно-коммунального хозяйства РСФСР
Ордена Трудового Красного Знамени
Академия коммунального хозяйства им. К.Д.Памфилова

Согласовано
Зам.главного
Государственного санитарного
врача РСФСР
Р.И.Халитов
(письмо №23-01/17-I от 04.01.89)

Утверждаю
Зам.министра
жилищно-коммунального
хозяйства РСФСР
А.Ф.Порядин
08 февраля 1989 г.

РУКОВОДСТВО
НА ТЕХНОЛОГИЮ ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩУЮ ВЫПОЛНЕНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ В ОТНОШЕНИИ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Отдел научно-технической информации АКХ
Москва 1989

УДК 628.16

Рассмотрены гигиенические аспекты и причины загрязнения питьевых вод токсичными летучими хлорорганическими соединениями. Представлены технологические приемы очистки и обеззараживания воды, предотвращающие образование хлорорганических соединений, и методы их удаления. Изложена методика выбора того или иного приема в зависимости от качества исходной воды и технологии ее обработки.

Руководство разработано НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды АКХ им. К.Д.Памфилова (канд.техн.наук И.И.Демин, В.З.Мельцер, Л.П.Алексеева, Л.Н.Паскудская, канд.хим.наук Я.Л.Хромченко) и предназначено для специалистов научно-исследовательских, проектных и производственных организаций, работающих в области очистки природных вод, а также для работников СЭС, контролирующих гигиенические показатели качества питьевой воды.

Руководство составлено на основе исследований, проведенных в полупроизводственных и производственных условиях с участием ЛНИИ АКХ, НИКТИГХ, УкркоммунНИИпроект, НИИОКГ им. А.Н.Сысина и 1 ММИ им. И.М.Сеченова.

По решению ученого совета НИИ КВОВ АКХ первоначальное название работы "Рекомендации по совершенствованию технологии очистки и обеззараживания воды с целью уменьшения галогенорганических соединений в питьевой воде" заменено на настоящее.

Замечания и предложения по руководству просьба направлять по адресу: 123371. Москва, Волоколамское шоссе, 87. НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды АКХ им. К.Д.Памфилова.

© АКХ им. К.Д.Памфилова, 1989

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В практике подготовки питьевой воды одним из основных приемов обработки, обеспечивающим ее надежное обеззараживание, а также позволяющим поддерживать санитарное состояние очистных сооружений, является хлорирование.

Исследования последних лет показали, что в воде могут присутствовать токсичные летучие галогенорганические соединения (ЛГС). В основном это соединения, относящиеся к группе тригалогенметанов (ТГМ): хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан, бромоформ и др., обладающие канцерогенной и мутагенной активностью.

Гигиеническими исследованиями, проведенными за рубежом и в нашей стране, выявлена взаимосвязь между количеством онкологических заболеваний и употреблением населением хлорированной воды, содержащей галогенорганические соединения.

В ряде стран установлены ПДК суммы ТГМ в питьевой воде (мкг/л): в США и Японии - 100, в ФРГ и ВНР - 50, в Швеции - 25.

По результатам исследований, проведенных I Московским медицинским институтом им. И.М.Сеченова, НИИ общей и коммунальной гигиены им. А.Н.Сысина и Институтом экспериментальной и клинической онкологии АМН СССР, были выявлены 6 высокоприоритетных летучих хлорорганических соединений (ЛХС), и Минздрав СССР утвердил ориентировочно-безопасные уровни их воздействия на человека (ОБУВ) с учетом бластомогенной активности (способность веществ вызывать различные виды онкологических заболеваний) (таблица).

Таблица

Высокоприоритетные ЛХС и их допустимые концентрации в питьевой воде, мг/л

Соединение	ОБУВ по токсикологическому признаку вредности	ОБУВ с учетом бластомогенной активности
Хлороформ	I	0,06
Четыреххлористый углерод	0,4	0,006
I,2-дихлорэтан	0,I	0,02
I,I-дихлорэтилен	6	0,0006
Трихлорэтилен	0,8	0,06
Тетрахлорэтилен	0,2	0,02

В руководстве рассмотрены причины загрязнения питьевых вод летучими хлорорганическими загрязнениями и влияние качества исходной воды на их конечную концентрацию. Изложены технологические приемы очистки и обеззараживания воды, позволяющие уменьшить концентрацию ЛХС до допустимых пределов. Приведена методика выбора предлагаемых приемов в зависимости от качества исходной воды и технологии ее обработки.

Технологические приемы, представленные в руководстве, разработаны на основе специально проведенных исследований в лабораторных и полупроизводственных условиях и испытаны на действующих водопроводных станциях.

П. ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПИТЬЕВЫХ ВОД ЛЕТУЧИМИ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Известны два возможных источника попадания ЛХС в питьевую воду:

I) в результате загрязнения источников водоснабжения промышленными сточными водами, содержащими ЛХС. При этом поверхностные источники водоснабжения, как правило, содержат небольшие количества ЛХС, так как в открытых водоемах активно идут процессы самоочищения; кроме того, ЛХС удаляются из воды путем поверхностной аэрации. Содержание ЛХС в

подземных водоисточниках может достигать значительных величин, и концентрация их возрастает при поступлении новых порций загрязнений;

2) образование ЛХС в процессе водоподготовки, в результате взаимодействия хлора с органическими веществами, присутствующими в исходной воде. К органическим веществам, ответственным за образование ЛХС, относятся оксосоединения, имеющие одну или несколько карбонильных групп, находящихся в орто-, пара- положении, а также вещества, способные к образованию карбонильных соединений при изомеризации, окислении или гидролизе. К таким веществам относятся прежде всего гумусовые и нефтепродукты. Кроме того, на концентрацию образующихся ЛХС существенное влияние оказывает содержание в исходной воде планктона.

Основные концентрации ЛХС образуются на этапе первичного хлорирования воды при введении хлора в неочищенную воду. В хлорированной воде обнаружено свыше 20 различных ЛХС. Наиболее часто отмечается присутствие ТГМ и четыреххлористого углерода. При этом количество хлороформа обычно на 1-3 порядка превышает содержание других ЛХС, и в большинстве случаев концентрация их в питьевой воде выше установленного норматива в 2-8 раз.

Процесс образования ЛХС при хлорировании воды сложный и продолжительный во времени. Существенное влияние на него оказывает содержание в исходной воде органических загрязнений, время контакта воды с хлором, доза хлора и pH воды (рис. I).

Многочисленными исследованиями установлено, что летучие хлорорганические соединения, присутствующие в исходной воде и образовавшиеся при ее хлорировании, на сооружениях традиционного типа не задерживаются. Максимальная их концентрация отмечается в резервуаре чистой воды.

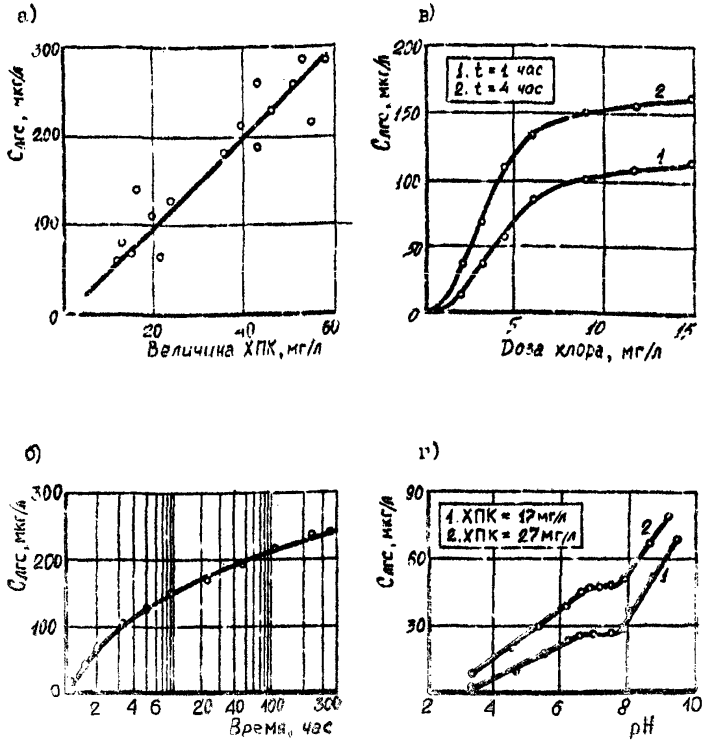

Рис. I. Влияние качества воды и условий ее обеззараживания на процесс образования ЛХС:

а – содержание органических веществ; б – время контакта воды с хлором; в – доза хлора; г – pH

III. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИСХОДНОЙ ВОДЫ В ОТНОШЕНИИ ЛХС И МЕТОДЫ АНАЛИЗА

С целью оценки качества воды водоисточника в отношении ЛХС прежде всего определяют содержание ЛХС в исходной воде ($И_{ЛХС}$). Анализы проводят в различные периоды года (1-2 раза в квартал) и в периоды резкого изменения качества воды (например, во время паводка).

Предварительная оценка качества воды водоисточника в отношении возможности образования ЛХС в процессе водоподготовки определяется потенциалом образования ЛХС ($П_{ЛХС}$). Для определения $П_{ЛХС}$ строится кривая хлорпоглощаемости воды по известной методике [5] , затем исходная вода обрабатывается дозой хлора, обеспечивающей остаточный активный хлор за точкой перелома, и определяется содержание ЛХС в воде после 24-часового контакта воды с хлором.

При выборе новых водоисточников наряду с показателями, характеризующими качество воды [2] , должны учитываться сведения о величине $И_{ЛХС}$ и $П_{ЛХС}$.

Конечная концентрация ЛХС в питьевой воде $К_{ЛХС}$ существенно зависит от величины $И_{ЛХС}$ и $П_{ЛХС}$, а также от применяемой технологии обработки воды. Определять содержание ЛХС в питьевой воде ($К_{ЛХС}$) на действующих водопроводных станциях следует не реже 1 раза в месяц, а также в случае резкого изменения качества исходной воды или режима ее обработки. Пробы воды на анализ отбирают в двух точках в резервуаре чистой воды и наиболее отдаленной точке водопроводной сети.

В отдельных случаях предварительная оценка качества воды в отношении ЛХС может быть осуществлена по количеству органических веществ, определяемых величиной химического потребления кислорода ХПК. Приблизительная связь между ХПК и ожидаемой концентрацией ЛХС приведена ниже.

ХПК, мг/л	Ожидаемая концентрация ЛХС, мкг/л
До 10	<60
10-25	60-120
>25	>120

Для ориентировочного расчета концентрации ЛХС, образующихся на действующих водопроводных станциях, может быть применена следующая формула:

$$C = 55,1+1,33\ ХПК(pH - 6,75)+ \frac{3,39ХПК+25,8}{1 + 20\ e^{-0,4Д_{сл}}} +$$

$$+ 40,3\ \ell n\ (1 + t) - 12,7\ pH.$$

Диапазон изменения параметров: pH = 5-9, ХПК = 15-75мг/л, $Д_{сл}$ = 3-12 мг/л, t = 1,5-15 ч.

Однако постоянный контроль за содержанием ЛХС в воде на действующих водопроводных станциях должен осуществляться путем прямого определения концентрации ЛХС.

Летучие хлорорганические соединения в воде следует определять разработанным в НИИ КВОВ АКХ методом газожидкостной хроматографии с селективным детектированием электронно-захватным детектором или детектором постоянной скорости рекомбинации. Данная методика основана на технике анализа равновесной газовой фазы и позволяет в течение 10-15 мин определить основные ЛХС с чувствительностью до 0,02-0,6 мкг/л по различным компонентам. Метод рекомендован к применению на водопроводных станциях межведомственной комиссией по аттестации и стандартизации методик анализа вод при секции НТС Госстандарта 29.05.86.

Для проведения качественного и количественного анализа приоритетных ЛХС необходимо оснащение лабораторий газовыми хроматографами марки: ЛХМ-80 (мод. 4), "Цвет" (мод. 104, 106, 130, 150 и др.) и другими аналогичного типа приборами.

Пробы воды для анализа объемом 150-200 мл отбирают таком образом, чтобы в емкости не оставался воздух, и кон-

сервируют небольшим количеством (0,5–1 мг/л) 0,1%-ного раствора гипосульфита натрия. При температуре не выше 10°С, без доступа света пробы могут храниться в течение 5–6 сут.

В зависимости от результатов аналитического контроля качества исходной и питьевой воды устанавливается необходимость изменения технологии водоподготовки с целью уменьшения концентрации ЛХС в питьевой воде.

IV. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ, УМЕНЬШАЮЩИЕ КОНЦЕНТРАЦИЮ ЛХС В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Существует два возможных направления уменьшения концентрации ЛХС в питьевой воде: предотвращение их образования при водоподготовке и удаление на заключительных этапах обработки воды. При отсутствии ЛХС в исходной воде целесообразно применять методы, предотвращающие образование ЛХС в процессе очистки воды. Если ЛХС присутствуют в исходной воде, необходимо применять методы их удаления.

В настоящем руководстве рассмотрены технологические приемы очистки и обеззараживания воды, позволяющие уменьшить содержание ЛХС в питьевой воде как путем предотвращения их образования, так и в результате удаления их из очищенной воды.

Классификация рассматриваемых приемов представлена на рис. 2. Каждый из приемов можно рассматривать как самостоятельный, многие из них доступны и высокоэффективны, однако лишь комплексное их использование позволит снизить концентрацию ЛХС в питьевой воде до уровня ПДК.

V. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЛХС

С целью предупреждения загрязнения источников питьевого водоснабжения ЛХС органам по регулированию использования и охраны вод и органам санитарно-эпидемиологической службы необходимо строго регламентировать и контролировать

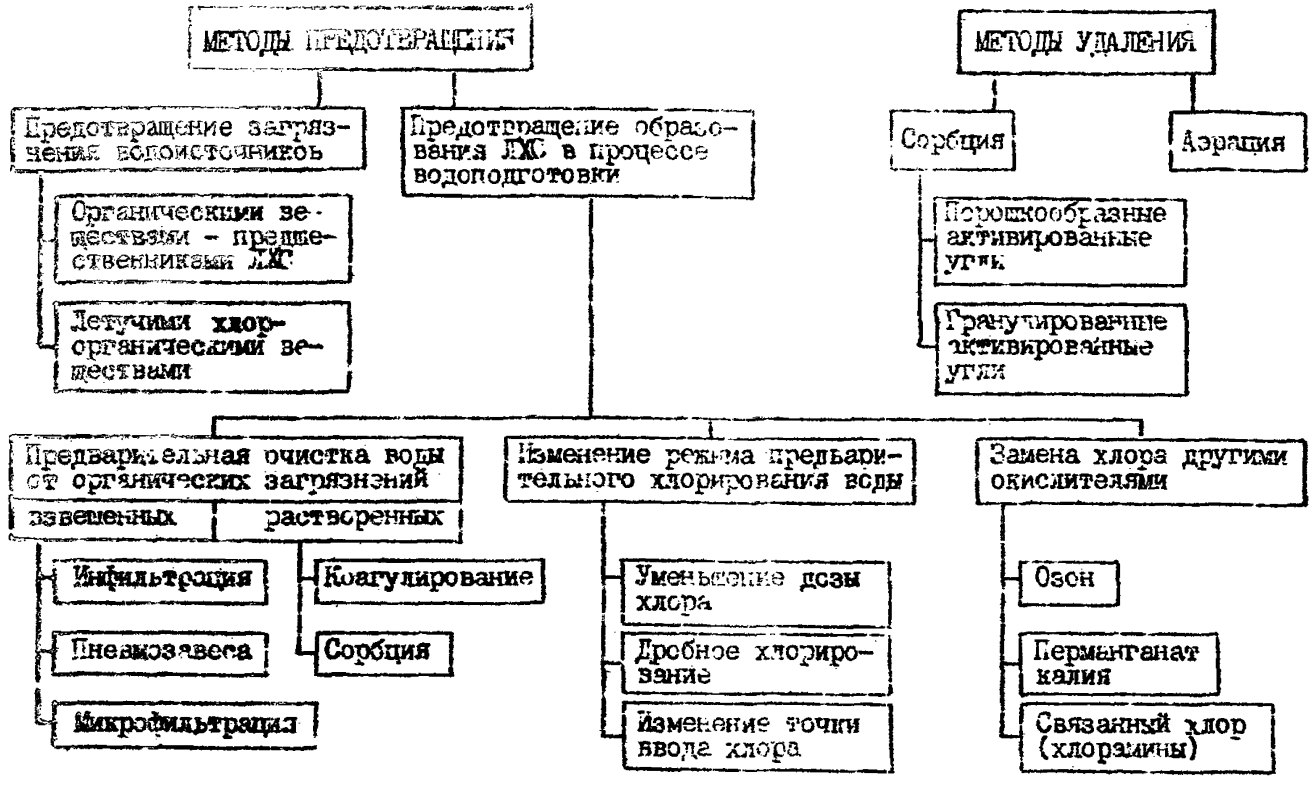

Рис. 2. Классификация технологических приемов очистки и обеззараживания воды, уменьшающих концентрации ЛХС в питьевой воде

сброс в водоемы хозяйственно-бытовых, сельскохозяйственных и промышленных сточных вод, особенно сточных вод органических производств.

В зонах санитарной охраны источников питьевого водоснабжения следует ограничить применение удобрений и ядохимикатов, содержащих хлорорганические соединения, и осуществлять постоянный контроль за их использованием.

Выбирать источники водоснабжения следует с минимальной цветностью и наименьшим потенциалом образования ЛХС.

В процессе использования источника водоснабжения необходимо осуществлять мероприятия по предупреждению попадания в водоисточник высокоцветных болотистых и грунтовых вод с высоким содержанием гумусовых веществ.

Периодически следует проводить мероприятия по борьбе с цветением водоемов и предупреждать попадание в них биогенных элементов.

УI. МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ЛХС В ПРОЦЕССЕ ВОДОПОДГОТОВКИ

I. Предварительная очистка воды от взвешенных веществ

При использовании поверхностных источников водоснабжения, содержащих повышенные концентрации взвешенных веществ или планктон, целесообразно проводить предварительную очистку воды с помощью метода подруслового забора воды (инфильтрация), а также применяя пневмозавесу или микрофильтрацию.

Инфильтрация. Использование водоприемников инфильтрационного типа позволяет почти полностью освободить исходную речную воду от взвешенных веществ, понижает ее цветность и бактериальное загрязнение. При этом концентрация образующихся ЛХС в процессе дальнейшей обработки воды уменьшается на 20-40%.

Проектирование, расчет и оборудование подруслового водозабора проводится согласно указаниям СНиП 2.04.02-84 и справочника проектировщика [I] .

Пневмозавеса условно отделяет акваторию водозаборов от основного речного потока. Водовоздушная смесь увлекает за собой взвешенные примеси, планктон, эмульгированные нефтепродукты и другие вещества. В результате применения пневмозавесы мутность воды уменьшается на 10-17%, концентрация взвешенных веществ и планктона - на 30-50%, а органического азота - на 6-11%.

Пневмозавеса рекомендуется для повседневного применения на водозаборах, забирающих воду из поверхностных водоисточников, и может применяться периодически - во время массового развития планктона, увеличения взвешенных веществ.

Техническая документация на устройство и монтаж пневмозавесы и инструкция на эксплуатацию разработаны НИКТИ ГХ.

Микрофильтрация является эффективным приемом для задержания взвешенных и плавающих частиц (до 25-35%), в том числе органического происхождения, главным образом фито- и зоопланктона. Так, на микрофильтрах задерживается от 45 до 75% диатомовых и от 60 до 95% сине-зеленых водорослей. Зоопланктон удаляется из воды полностью.

С целью уменьшения образования ЛХС микрофильтрацию необходимо проводить до хлорирования воды. Расчет микрофильтров и параметров их работы осуществляется в соответствии с требованиями СНиП 2.04.02-84.

2. Изменение режима хлорирования воды

В настоящее время на действующих водопроводных станциях предварительное хлорирование часто осуществляется весьма высокими дозами хлора с целью борьбы с планктоном, снижения цветности воды, интенсификации процессов коагуляции и т.д. При этом хлор иногда вводится в отдаленных от водоочистных сооружений точках (копаи, каналы и т.д.). На многих водопроводных станциях хлор вводится только на этапе предвари-

тельного хлорирования, доза хлора в этом случае достигает 15-20 мг/л. Такие режимы хлорирования создают наиболее благоприятные условия для образования ЛХС вследствие длительного контакта присутствующих в воде органических веществ с высокими концентрациями хлора.

Для предотвращения образования ЛХС в процессе водоподготовки необходимо изменить режим предварительного хлорирования воды, при этом концентрацию ЛХС в питьевой воде можно уменьшить на 15-30% в зависимости от применяемого приема.

Так, при выборе дозы хлора следует руководствоваться только соображениями дезинфекции воды. Доза предварительного хлорирования не должна превышать 1-2 мг/л.

При высокой хлорпоглощаемости воды следует проводить дробное хлорирование, в этом случае расчетная доза хлора вводится не сразу, а небольшими порциями (частично перед сооружениями I ступени очистки воды, частично перед фильтрами).

Дробное хлорирование целесообразно применять также при транспортировании неочищенной воды на значительные расстояния. Разовая доза хлора при дробном хлорировании не должна превышать 1-1,5 мг/л.

С целью сокращения времени контакта неочищенной воды с хлором предварительное обеззараживание воды следует проводить непосредственно на очистных сооружениях. Для этого хлор подается в воду после барабанных сеток или микрофильтров на входе воды в смеситель или после воздухоотделительной камеры.

Для оперативного регулирования процесса хлорирования воды и эффективного использования хлора необходимо иметь коммуникации для транспортирования хлора в водозаборные сооружения, в водоприемные колодцы I подъема, в смесители, трубопроводы осветленной и фильтрованной воды, в резервуары чистой воды.

Кроме того, для профилактики биологического и бактериального обрастания сооружений (периодическая промывка от-

стойников и фильтров хлорированной водой) можно применять передвижные хлораторные установки.

Чтобы исключить возможность образования хлорорганических соединений при приготовлении хлорной воды, в хлораторных должна использоваться только очищенная вода из хозяйственно-питьевого водопровода.

3. Очистка воды от растворенных органических веществ до хлорирования

Органические вещества, присутствующие в исходной воде, являются основными источниками образования ЛХС в процессе водоподготовки. Предварительная очистка воды от растворенных и коллоидных органических загрязнений до хлорирования, уменьшает концентрацию ЛХС в питьевой воде на 10-80% в зависимости от глубины их удаления.

Предварительная очистка воды коагулянтом. Частичная очистка воды от органических загрязнений коагулированием и осветлением (хлор при этом вводится в обрабатываемую воду после 1 ступени очистки воды) позволяет уменьшить концентрацию ЛХС в питьевой воде на 25-30%.

При проведении полной предварительной очистки воды, включающей коагулирование, осветление и фильтрование, концентрация органических веществ уменьшается на 40-60%, соответственно уменьшается концентрация ЛХС, образующихся при последующем хлорировании.

С целью максимального удаления органических веществ необходимо интенсифицировать процессы очистки воды (применить флокулянты, тонкослойные модули в отстойных сооружениях и осветлителях со взвешенным осадком, новые фильтрующие материалы и др.).

При использовании технологии очистки воды без предварительного хлорирования следует обращать внимание на выполнение требований ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за каче-твом" в отношении времени контакта воды с хлором при ее обеззараживании, а

также на санитарное состояние сооружений, проводя периодическую дезинфекцию в соответствии с работами [3, 4] .

Необходимо также регулярно удалять осадок из сооружений I ступени очистки воды.

Сорбционная очистка воды. Применение порошкообразного активированного утля(ПАУ) для очистки воды уменьшает образование ЛХС на 10-40%. Эффективность удаления органических веществ из воды зависит от природы органических соединений и в основном от дозы ПАУ, которая может изменяться в широких пределах (от 3 до 20 мг/л и более).

Обрабатывать воду ПАУ следует до ее хлорирования и в соответствии с рекомендациями СНиП 2.04.02-84.

Применение сорбционных фильтров с загрузкой из гранулированных активированных углей без предварительного хлорирования воды позволяет удалить из воды до 90% растворенных органических веществ и соответственно уменьшить образование ЛХС в процессе водоподготовки. С целью повышения эффективности сорбционных фильтров по отношению к органическим веществам их следует располагать в технологической схеме очистки воды после этапов коагуляционной обработки и осветления воды, т.е. после фильтров или контактных осветлителей.

Предварительная обработка воды окислителями (озон, перманганат калия, ультрафиолетовое облучение и др.) увеличивает межрегенерационный период работы фильтров.

4. Использование для обеззараживания воды различных окислителей

В тех случаях, когда отказаться от предварительного хлорирования воды нельзя (источник водоснабжения характеризуется высоким содержанием бактериальных загрязнений или хлор применяется как окислитель для очистки воды от органических веществ природного и антропогенного происхождения), хлор целесообразно заменить такими окислителями, как озон или перманганат калия. Кроме того, для обеззараживания воды можно использовать связанный хлор в виде хлораминов.

Озонирование. Озон – сильный окислитель и применяется в технологии водоподготовки для обеззараживания воды, а также для окисления органических веществ.

Для предотвращения образования ЛХС озон следует применять вместо хлора на стадии предварительной обработки воды. Озон обладает более сильным бактерицидным действием, он убивает не только различные патогенные бактерии, но и вирусы. Озон разрушает часть органических загрязнений – предшественников ЛХС, улучшает коагулирование воды.

Доза озона, необходимая для обеззараживания воды, определяется опытным путем и обычно не превышает 3–5 мг/л. При использовании озона для окисления органических веществ доза его может возрасти до 10 мг/л и более.

Применяя озон в технологии водоподготовки, следует учитывать, что он неустойчив и быстро разлагается в воде. Кроме того, в результате деструкции органических загрязнений снижается бактериальная стабильность воды по санитарно-показательным и сапрофитным микроорганизмам. Поэтому в случае использования озона для предварительного обеззараживания воды вместо хлора необходимо контролировать санитарное состояние очистных сооружений и периодически проводить их дезинфекцию в соответствии с документами [3, 4] .

Для обеспечения надежного обеззараживания очищенной воды и пролонгирования дезинфицирующего действия реагентов в водопроводной сети окончательное обеззараживание воды следует проводить хлором.

При совместном использовании озона и хлора озонирование должно предшествовать хлорированию, так как озон, подвергая деструкции органические загрязнения, уменьшает их способность к взаимодействию с хлором, предотвращает образование ЛХС. При этом существенно уменьшается доза хлора, необходимая для обеззараживания воды. Концентрация ЛХС в питьевой воде уменьшается на 50–90%.

Предварительное окисление воды перманганатом калия. Перманганат калия является эффективным бактерицидным реагентом, что позволяет применять его вместо хлора. Он также

улучшает органолептические показатели воды, подвергает деструкции органические вещества – предшественники ЛХС и снижает потенциал образования ЛХС при дальнейшей обработке воды хлором.

Доза перманганата калия зависит от качества исходной воды и изменяется в пределах от 2 до 10 мг/л.

Обеззараживание воды связанным хлором. При использовании связанного хлора (хлораминов) для обеззараживания воды концентрация образующихся ЛХС уменьшается на 60–80%. Максимальный эффект достигается при условии, если весь хлор находится в воде в виде хлораминов, что достигается при определенном соотношении аммиака и хлора. В идеальных условиях это соотношение составляет 1:3–1:4. Для природных вод требуемое соотношение зависит от качества исходной воды и устанавливается экспериментально в каждом конкретном случае.

Необходимо регулярно проводить анализ на содержание в воде свободного остаточного хлора. Отсутствие его гарантирует содержание хлороформа в питьевой воде на безопасном уровне (менее 60 мкг/л) (рис. 3). При этом на 30–40% уменьшается доза хлора, необходимая для обеззараживания воды.

При обеззараживании воды связанным хлором аммонизацию следует проводить до хлорирования или в крайнем случае одновременно с хлорированием.

Преаммонизацию целесообразно применять при транспортировании хлорированной неочищенной воды на большие расстояния с целью пролонгирования обеззараживающего действия хлора и уменьшения образования в воде ЛХС.

УП. МЕТОДЫ УДАЛЕНИЯ ЛХС ИЗ ВОДЫ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ОБРАБОТКИ

В настоящее время известны два метода удаления ЛХС в процессе водоподготовки: сорбция и аэрация. Эффективность этих методов высока (до 90%), однако достигается она при значительных капитальных и эксплуатационных затратах, что

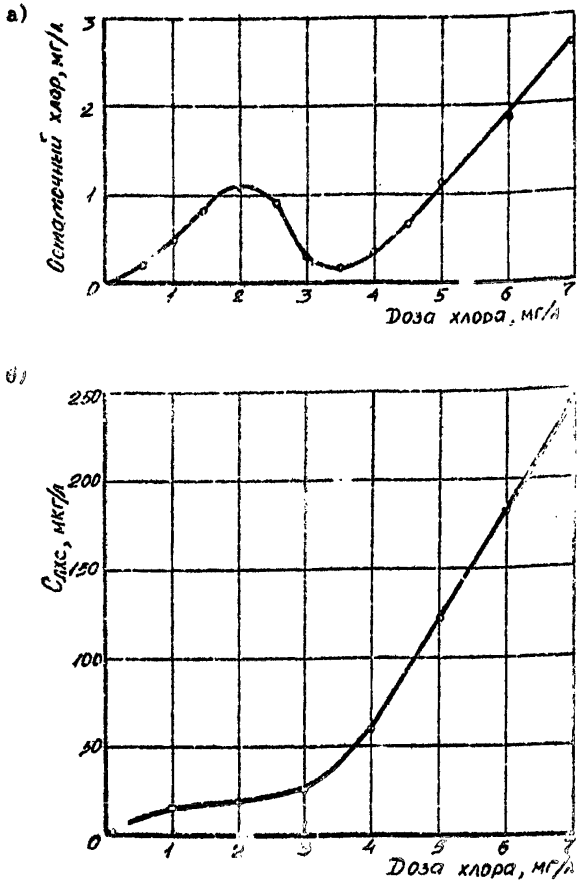

Рис. 3. Изменение концентрации ЛХС в зависимости от содержания в воде остаточного связанного и свободного хлора: а – концентрация остаточного хлора; б – концентрация образующихся ЛХС

может быть оправдано лишь в случае наличия ЛХС в источнике водоснабжения в концентрациях, превышающих ОБУВ.

При включении в технологию водоподготовки методов удаления ЛХС следует учитывать потенциал образования дополнительных концентраций ЛХС при хлорировании воды. Поэтому одновременно следует осуществлять мероприятия по предотвращению образования ЛХС в процессе водоподготовки или удалять их на заключительных этапах обработки воды.

I. Сорбционная очистка воды от ЛХС

Использовать ПАУ для удаления из воды ЛХС целесообразно при концентрации их в исходной воде не более 50 мкг/л. Доза ПАУ в этом случае существенно выше, чем для удаления эквивалентного количества органических веществ - предшественников ЛХС. Так, для удаления ЛХС на 20% необходимо 10 мг/л угля, на 50% - 50 мг/л, а на 80% - 150 мг/л. Эффективность применения ПАУ повышается, если углевание проводить до хлорирования воды или сократить до минимума время между хлорированием и углеванием.

Эффективность удаления ЛХС на фильтрах с загрузкой гранулированными активными углями более 90%, однако сорбционная емкость ГАУ по отношению к ЛХС невелика, и для угля марки АГ-М она составляет 30 мг на 1 г угля, а для угля марки АГ-3 - 19 мг на 1 г угля. При исходной нагрузке по хлороформу 100-150 мкг/л время защитного действия угольного фильтра не превышает 2-3 мес. После того как сорбционная емкость фильтров полностью исчерпана, возможен вынос ЛХС; в этом случае концентрация их в фильтрате может быть выше, чем в нефильтрованной воде. При эксплуатации фильтров с загрузкой из активного угля необходимо осуществлять контроль за содержанием ЛХС в фильтрате и периодически проводить регенерацию загрузки.

С целью увеличения межрегенерационного периода фильтры с загрузкой ГАУ следует устанавливать после коагуляционной обработки и очистки воды на песчаных фильтрах. При наличии

в исходной воде ЛХС и значительного количества органических загрязнений сорбционную очистку воды необходимо проводить без предварительного хлорирования; в этом случае уменьшается нагрузка на угольные фильтры по ЛХС и существенно понижается потенциал образования ЛХС при последующем хлорировании воды. Для повышения эффективности работы фильтров с ГАУ следует предварительно обрабатывать воду озоном или перманганатом калия.

2. Удаление ЛХС из воды аэрацией

Аэрирование воды является эффективным методом удаления летучих примесей, в том числе ЛХС. Объем воздуха, необходимый для удаления 99% всего количества ЛХС из 1 $м^3$ воды при начальной их концентрации 100 мкг/л, равен 30 $м^3$. Удаление ЛХС на 80; 70; 50 и 30% потребует соответственно 9; 6; 4 и 2 $м^3$ воздуха. Эти соотношения могут изменяться в зависимости от условий барботирования воды. Аэрацию можно проводить как в аэрируемых емкостях, так и в аппаратах колонного типа.

При выборе места аэрации в технологической схеме водоподготовки следует иметь в виду, что процесс образования ЛХС протекает во времени, поэтому сооружения для аэрирования воды следует располагать на заключительных стадиях обработки воды. Предварительно вода должна быть тщательно очищена от высокомолекулярных органических загрязнений, способных после аэрации образовывать ЛХС при окончательном обеззараживании воды хлором.

УШ. ВЫБОР ПРИЕМОВ, УМЕНЬШАЮЩИХ КОНЦЕНТРАЦИЮ ЛХС В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Выбор того или иного технологического приема, уменьшающего концентрацию ЛХС в питьевой воде, зависит прежде всего от качества исходной воды и потенциальной возможности образования ЛХС при ее обработке. С учетом применяемой

или проектируемой технологии водоподготовки выбирается одно из предлагаемых направлений и далее тот прием, который может обеспечить требуемый эффект.

Качество воды и технологические процессы на различных водопроводных станциях могут значительно отличаться. Приведенная ниже укрупненная классификация позволяет сократить число рассматриваемых вариантов обработки воды для уменьшения концентрации ЛХС.

Характеристика качества воды	Индекс
Исходная концентрация ЛХС в водоисточнике, мкг/л:	
низкая (< 60)	$И_{ЛХС}$
высокая (> 60)	$И_{ЛХС}$
Потенциал образования ЛХС, мкг/л:	
низкий (< 60)	$П_{ЛХС}$
высокий (> 60)	$П_{ЛХС}$
Конечная концентрация ЛХС в питьевой воде, мкг/л:	
низкая (< 60)	$К_{ЛХС}$
высокая (> 60)	$К_{ЛХС}$

Примечание. Каждый источник водоснабжения и действующая на нем (или проектируемая) водопроводная станция характеризуется тремя показателями: И, П, К или и, п, к – соответственно с высокой или низкой концентрацией ЛХС. Например, станция (и, П, К) – в исходной воде ЛХС отсутствуют (или их концентрация незначительна), однако вода имеет высокий потенциал образования ЛХС, и конечная концентрация их в питьевой воде превышает рекомендуемый норматив.

Всего рассмотрено 8 различных вариантов.

Характеристика станции (индекс)	Технологический прием (номер, соответствующий пункту их рассмотрения в данном руководстве)
и,п,к	Изменения технологии водоподготовки не требуется
и,п,К	Разд. УI, п. 2–4
и,П,к	Разд. УI, п. 2
и,П,К	Разд. УI, п. I–4
И,п,к	Разд. У
И,п,К	Разд. У; разд. УП, п.I,2
И,П,к	Разд. У; разд. УI, п.2
И,П,К	Разд.У; разд.УI,п.I–4; разд. УП, п. I,2

Технологические приемы расположены в порядке их последовательного введения. Каждый последующий прием должен вводиться в технологический процесс, если предыдущий или не снижает концентрации ЛХС до требуемого уровня или не может быть применен по условиям работы станции.

При оптимальном использовании перечисленных методов и в сочетании их применительно к конкретным объектам можно с минимальными капитальными затратами уменьшить содержание токсичных ЛХС в питьевой воде до уровня, рекомендованного Минздравом СССР.

Так как мероприятия по предотвращению образования ЛХС связаны с изменением режима очистки и обеззараживания воды, а методы удаления ЛХС требуют существенных капитальных и эксплуатационных затрат, подход к выбору оптимальных приемов и режимов обработки воды для каждого конкретного случая должен быть строго индивидуален и определяться на основе технологических изысканий с учетом качества исходной воды, существующей технологии и технического состояния водоочистных сооружений, а также технико-экономического сравнения.

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий/ Справ. проектировщика.- М.: Стройиздат, 1984.

2. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.

3. Инструкция по контролю за обеззараживанием питьевой воды и дезинфекции водопроводных сооружений хлором при централизованном и местном водоснабжении.- М.: Минздрав СССР, 1969.

4. Правила технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест.- М.: Стройиздат, 1979.

5. Унифицированные методы анализа воды.- М.: Химия, 1971, с. 375.

О Г Л А В Л Е Н И Е

I. Общие положения 3
II. Источники загрязнения питьевых вод летучими хлорорганическими соединениями 4
III. Оценка качества исходной воды в отношении ЛХС и методы анализа 7
IУ. Технологические приемы, уменьшающие концентрацию ЛХС в питьевой воде 9
У. Предотвращение загрязнения источников водоснабжения ЛХС . . . . . -
УI. Методы предотвращения образования ЛХС в процессе водоподготовки II
УП. Методы удаления ЛХС из воды в процессе ее обработки I7
УШ. Выбор приемов, уменьшающих концентрацию ЛХС в питьевой воде 20
Литература 23

Редактор Т.И.Устинова
Технический редактор В.Д.Полякова
Корректор М.И.Водорезова

Подписано в печать I9.0 .89 Формат 60x90/I6
Печать офсетная. Уч.-изд.л.I,4 Печ.л. I,5
Тираж I000 экз. Цена 20 коп. Заказ 192

Отпечатано на потапринте ордена Трудового Красного Знамени Академии коммунального хозяйства им. К.Д.Памфилова

gost.e-ecolog.ru