



ДЛЯ ТЕХ, КОМУ НЕ НРАВИТСЯ ХЛОР



За последние 100 лет хлор стал практически универсальным средством для обработки питьевых и сточных вод [1].

Кроме главной функции—дезинфекции, благодаря уникальным окислительным свойствам и консервирующему эффекту последствия хлор служит и другим целям—контролю за вкусовыми качествами и запахом, предотвращению роста водорослей, поддержанию в чистоте фильтров, удалению железа и марганца, разрушению сероводорода, обесцвечиванию и т. п. В этом смысле ни одно из альтернативных хлору средств не может сравниться с ним по универсальности и простоте применения.

В последнее десятилетие в России активно обсуждается вопрос повышения эффективности очистки и обеззараживания воды с применением для этого новых технологических схем. Причем эти обсуждения иногда сопровождаются такими «глубокомысленными» высказываниями, как: «хлорирование — это очень плохо», «уже нигде (кроме России) воду не хлорируют», вплоть до категоричного высказывания: «мне не нравится хлор». А не пора ли остановиться и трезво (научно обоснованно) взглянуть на проблему?

Все технологические схемы очистки и обеззараживания воды (старые и новые) должны опираться на основные критерии, предъявляемые к качеству питьевой воды: питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом отношении, безвредна по химическому составу и обладать благоприятными органолептическими (вкусовыми) свойствами. Эти критерии лежат в основе нормативных актов всех стран, в т. ч. и России (СанПиН 2.14.1074-01). Причем эти документы учитывают тот факт, что опасность заболеваний человека от микробиологического загрязнения воды во много тысяч раз выше, чем при загрязнении воды химическими соединениями различной природы.

В существующей практике обеззараживания питьевой воды хлорирование используется наиболее часто как наиболее экономичный и эффективный метод по сравнению с любыми другими известными

САМОЕ РАННЕЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ХЛОРИРОВАТЬ ВОДУ БЫЛО ВЫСКАЗАНО ДОКТОРОМ РОБЛИ ДАНЛИНГСЕНОМ В 1835 Г. ЕЩЕ ДО ТОГО, КАК БЫЛО ОБНАРУЖЕНО, ЧТО ВОДА МОЖЕТ БЫТЬ ПЕРЕНОСЧИКОМ БОЛЕЗНЕТВОРНЫХ БАКТЕРИЙ. К 1846 г. ОТНОСИТСЯ ПЕРВОЕ УПОМИНАНИЕ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ХЛОРА КАК БАКТЕРИЦИДНОГО СРЕДСТВА — ДОКТОР СЕММЕЛВЕЙС В ГЛАВНОМ ГОСПИТАЛЕ Г. ВЕНЫ ИСПОЛЬЗОВАЛ ХЛОРНУЮ ВОДУ ДЛЯ МЫТЬЯ РУК ПЕРЕД ОСМОТРОМ БОЛЬНЫХ. А В 1881 г. НЕМЕЦКИЙ БАКТЕРИОЛОГ РОБЕРТ КОХ ПРОДЕМОНСТРИРОВАЛ, ЧТО ЧИСТЫЕ КУЛЬТУРЫ БАКТЕРИЙ МОГУТ БЫТЬ РАЗРУШЕНЫ ХЛОРСОДЕРЖАЩИМ РАСТВОРОМ — ГИПОХЛОРИТОМ НАТРИЯ.

методами. В США 98,6% воды (подавляющее количество) подвергается хлорированию. Аналогичное применение хлора в России, да и в других странах. Т.е. в мире в 99 из 100 случаев для дезинфекции используют либо чистый хлор, либо хлорсодержащие продукты. В США для этих целей используют в среднем около 500 тыс. т хлора в год, в России — до 100 тыс. т. Такая популярность хлорирования связана с и тем, что это единственный способ, обеспечивающий микробиологическую безопасность воды в любой точке распределительной сети и в любой момент времени благодаря эффекту последствия. Все *остальные методы* обеззараживания воды, в т.ч. и промышленно применяемые в настоящее время озонирование и УФ-облучение, *не обеспечивают обеззараживающего последствия и поэтому требуют* хлорирования на одной из стадий водоподготовки.

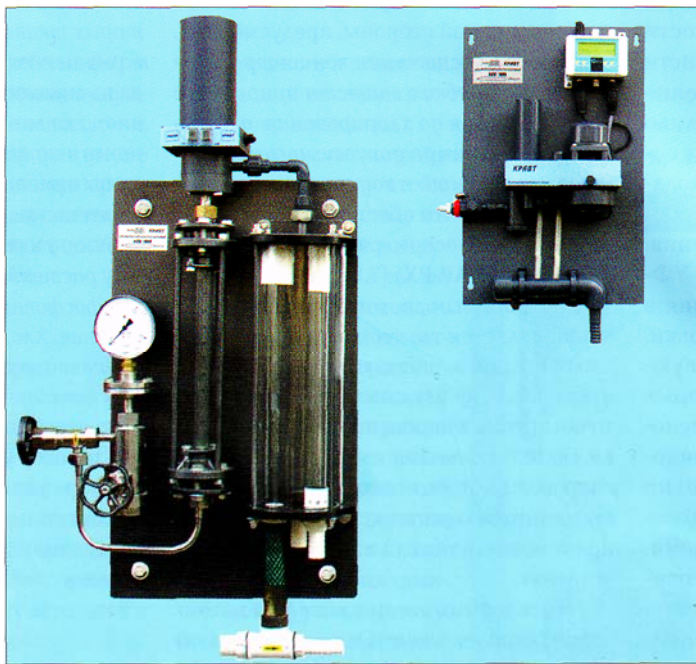
Имеющиеся в России системы озонирования и УФ-облучения питьевой воды работают совместно с оборудованием для хлорирования. При этом, если все преимущества и недостатки различных способов хлорирования хорошо изучены ввиду широкого их использования, альтернативные способы требуют осторожного применения вследствие недостаточной изученности влияния последствий их применения на здоровье человека.

Одним из существенных недостатков газообразного хлора считаются повышенные требования к его перевозке и хранению и потенциальный риск для здоровья, связанный прежде всего с возможностью образования тригалометанов (ТГМ): хлороформа, дихлорбромметана, дибромхлорметана и бромформа [1]. Образование тригалометанов обусловлено взаимодействием сое-

динений активного хлора с органическими веществами природного происхождения. Замена газообразного хлора гипохлоритом натрия или кальция для дезинфекции воды вместо молекулярного хлора не снижает, а значительно увеличивает вероятность образования ТГМ. Ухудшение качества воды при применении гипохлорита связано с тем, что процесс образования ТГМ растянут во времени до нескольких часов, а их количество при прочих равных условиях тем больше, чем больше pH. Поэтому наиболее рациональным методом уменьшения побочных продуктов хлорирования является снижение концентрации органических веществ на стадиях очистки воды до хлорирования. Это позволяет уменьшить дозу хлора при обеззараживании и не превышать концентрацию побочных продуктов ПДК, которые установлены в пределах 0,06 — 0,2 мг/л и соответствуют современным научным представлениям о степени их опасности для здоровья. Проведенные в США научные исследования по способности этих веществ вызывать рак показали их безопасность в указанном выше диапазоне концентраций [2].

Уменьшение концентраций побочных продуктов хлорирования требует нестан-

дартных решений очистки воды на первичном этапе водоподготовки. Одним из таких решений является технологическая схема с предварительным озонированием воды. Опыт ее применения позволяет



Хлоратор AXB-1000 с CAP-PX

сделать вывод, что при этом повышается качество очищенной воды по мутности, цветности, удаляются привкусы и запахи. Предварительное озонирование позволяет существенно уменьшить дозу коагулянта. Вместе с тем, несмотря на российский и зарубежный опыт применения озона в технологии водоподготовки, есть еще множество нерешенных проблем [3].

Последние исследования показали, что мнение об озонировании как о более безвредном способе обеззараживания воды ошибочно. Продукты реакции озона с содержащимися в воде органическими веществами представляют собой альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты и другие гидроксильные соединения алифатические и ароматические соединения. Наиболее часто в озонированной воде отмечается присутствие альдегидов (формальдегид, ацетальдегид, глиоксаль, метилглиоксаль) [4].

Существуют, как минимум, три основные причины нежелательного присутствия альдегидов в питьевой воде [5]:

« альдегиды — высокобиоразлагаемые вещества, значительное их количество в воде повышает возможность биологического обрастания трубопроводов и увеличивает опасность вторичного загрязнения воды микробиологическими компонентами;

• некоторые альдегиды обладают канцерогенной активностью и представляют опасность для здоровья людей;

« вследствие отсутствия эффекта последствие необходимо осуществлять хлорирование на второй ступени обеззараживания питьевой воды, а при этом образовавшиеся в воде альдегиды увеличивают опасность образования хлорорганических побочных продуктов типа хлорцианатхлоральгидрата.

Наименование и характеристика дезинфектанта	Достоинства	Недостатки
Хлор: применяется в газообразном виде, требует соблюдения строжайших мер безопасности	-эффективный окислитель и дезинфектант -эффективен для удаления неприятного вкуса и запахов -обладает дезинфицирующим последствием -предотвращает рост водорослей и биообрастаний -разрушает органические соединения (фенолы) -окисляет железо и магний -разрушает сульфид водорода, цианиды, аммиак и другие соединения азота	-повышенные требования к перевозке и хранению -потенциальный риск здоровью в случае утечки -образование побочных продуктов дезинфекции — тригалометанов (ТГМ) -образует броматы и броморганические побочные продукты дезинфекции в присутствии бромидов
Озон: используется на протяжении нескольких десятков лет в некоторых европейских странах для дезинфекции, удаления цвета, улучшения вкуса и устранения запаха	-сильный дезинфектант и окислитель -очень эффективен против вирусов -наиболее эффективен против Giardia, Cryptosporidium, а также любой другой патогенной микрофлоры -способствует удалению мутности из воды -удаляет посторонние привкусы и запахи -не образует хлорсодержащих тригалометанов	-образует побочные продукты, включающие: альдегиды, кетоны, органические кислоты, бромсодержащие тригалометаны (включая бромформ), броматы (в присутствии бромидов), пероксиды, бромуксусную кислоту -необходимость использования дополнительных фильтров для удаления образующихся побочных продуктов -не обеспечивает дезинфицирующего последствие -требует высоких начальных затрат на оборудование -значительны затраты на обучение операторов и обслуживание установок -реагирует со сложными органическими соединениями, расщепляет их на фрагменты, являющиеся питательной средой для микроорганизмов в системах распределения воды
УФ-облучение: процесс заключается в облучении воды ультрафиолетом, способным убивать различные типы микроорганизмов	-не требует хранения и транспортировки химикатов -не образует побочных продуктов -эффективен против цист (Giardia, Cryptosporidium)	-не обеспечивает дезинфицирующего последствие -требует больших затрат на оборудование и техническое обслуживание -требует высоких операционных (энергетических) затрат -дезинфицирующая активность зависит от мутности воды, ее жесткости (образования отложений на поверхности лампы), осаждения органических загрязнений на поверхности лампы, а также колебаний в электрической сети, влияющих на изменение длины волны -отсутствует возможность оперативного контроля эффективности обеззараживания воды

Применение другого альтернативного дезинфектанта — УФ-облучения — позволяет избавиться от побочных продуктов обеззараживания, что является его несомненным достоинством. Но на сегодня его промышленное применение осложняется отсутствием возможности оперативного контроля эффективности обеззараживания воды. Применение этого метода на практике определило необходимость конкретизации ряда положений волно-санитарного законодательства в части гигиенических требований к применяемой дозе облучения, гарантирующей качество воды, к УФ-системам и месту их расположения в технологической схеме водоподготовки. С этой целью выпущены соответствующие методические указания, в которых указывается на возможность применения УФ-облучения на этапе первичного обеззараживания воды при условии проведения на источнике водоснабжения технологических исследований. Методические указания не регламентируют величину дозы УФ-облучения при использовании его на этапе первичного обеззараживания воды [6].

Вместе с тем в методических указаниях отмечается, что УФ-облучение обеспечивает заданный бактерицидный и вирулицидный эффект лишь при соблюдении всех установленных эксплуатационных условий. Поэтому одним из важнейших вопросов применения этого метода является создание гарантий его надежности. С этой целью система должна быть снабжена датчиками измерения интенсивности УФ-облучения в камере обеззараживания, системой автоматики, гарантирующей звуковой и световой сигналы при снижении минимальной заданной дозы, счетчиков времени наработки ламп и индикаторов их исправности. Кроме того, для выполнения условий труда и безопасности здоровья обслуживающего персонала необходимо контролировать концентрацию озона в воздухе помещения, где расположена УФ-установка, соблюдать правильность хранения УФ-ламп, выполнять правила безопасности, указанные в документах на применяемый тип УФ-установки.

Для более систематизированного анализа достоинств и недостатков действующих и проектируемых технологий водоподготовки считаем необходимым привести таблицу (стр. 107), в которой на основе проведенных научных исследований даны характеристики основных на сегодня дезинфектантов [2]. Из этой таблицы очевидно неоспоримое достоинство хлора — эффект последействия. Это позволяет утверждать, что хлорирование обязательно, если вода направляется в разводящую сеть, что мы имеем в подавляю-

щем большинстве схем водоподготовки. И так как применение хлора неизменно в таких случаях, необходимо позаботиться об уменьшении количества образующихся при его использовании побочных продуктов, вредных для здоровья человека. Это требует, с одной стороны, предусмотреть возможности снижения концентрации в воде органических веществ природного происхождения до хлорирования, а с другой — снижения до допустимого минимума дозы вводимого в воду хлора и контроля дозы хлора, что обеспечивается системой автоматического регулирования расхода хлора (САР-РХ) [7,8].

Неоспоримым достоинством УФ-облучения является то, что этот способ обеззараживания не образует побочных продуктов, т. е. не ухудшает качества воды с точки зрения влияния на здоровье человека. Но те технические сложности, которые сопровождают этот способ сегодня, требуют достаточно критичного отношения к его применению в тех или иных практических условиях.

Неоспоримых достоинств у озона-как дезинфектанта нет. Однако не следует быть категоричным к его применению. Но, решаясь на этот шаг, всегда необходимо помнить, что озон — неустойчивое химическое соединение трех атомов кислорода O_3 (в отличие от устойчивой двухатомной молекулы O_2). Поэтому озон имеет очень высокую химическую активность, и эта активность не всегда приводит к желаемым результатам [9].

Обработка воды хлором и его соединениями основана на способности свободного хлора (в виде устойчивого химического соединения — двухатомной молекулы Cl_2) угнетать ферментные системы микробов, катализирующие окислительно-восстановительные процессы. Причем хлор вводят с избытком с целью уничтожения микробов, попадающих в воду после ее хлорирования.

Наличие в воде остаточного свободного хлора до 1 мг/л (СанПиН 2.14.1074-01) не только безвредно для здоровья человека, но и способствует пополнению потребности организма человека в хлоре, составляющей около 3 г в сутки!

Так что же получается? Оказывается, хлор (в отличие от озона, способствующего старению организма) необходим для обеспечения жизнедеятельности организма человека!

«Хлор — один из биогенных элементов, постоянный компонент тканей растений и животных. Содержание хлора в растениях (много хлора в галофитах) — от тысячных долей процента до целых процентов, у животных — десятки и сотые доли процента. Суточная потребность взрослого человека в хлоре (2—4 г) покрывается за счет пищевых продуктов. С пищей хлор посту-

пает обычно в виде хлорида натрия (поваренная соль). Особенно богаты хлором хлеб, мясные и молочные продукты.

В организме хлор — основное осмотически активное вещество плазмы крови, лимфы, спинномозговой жидкости и некоторых тканей. Хлор играет роль в водно-солевом обмене, способствуя удержанию воды тканями. Регуляция кислотно-щелочного равновесия в тканях осуществляется наряду с другими процессами путем изменения в распределении хлора между кровью и другими тканями.

Хлор участвует в энергетическом обмене у растений, активируя как окислительное фосфорилирование, так и фотофосфорилирование. Хлор положительно влияет на поглощение корнями кислорода. Хлор необходим для образования кислорода в процессе фотосинтеза...» [10].

Поэтому утверждение «мне не нравится хлор» равносильно заверению «мне не нравится здоровая жизнь», которое не может произнести здравомыслящий человек.

А. Б. КОЖЕВНИКОВ, к. т. н.;

О. П. ПЕТРОСЯН, к. ф.-м. н.

ФСП «КРАТ» (г. Калуга)

Литература

1. Б. Ю. Ягуд. Хлор как дезинфектант — без опасность при применении и проблемы замены на альтернативные продукты // 5-й Международный конгресс ЖВАТЭК-2002 Вода: экология и технология. 4-7 июня 2002 г.
2. В. М. Бахир. Дезинфекция питьевой воды: проблемы и решения // Вода и экология. 2003, №1.
3. W. H. Glaze et al. Evaluation of ozonation by-product from two California Surface Waters // J.AWWA. 1989.81, №8.
4. D. S. Schechter, Ph. C. Singer. Formation Of Aldehydes During Ozonation // Ozone Sci. and Engin. 17.1.1995,
5. В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева. Образование токсичных продуктов при использовании различных окислителей для очистки воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2002, №2.
6. Ю. В. Новиков, Г. В. Цыплакова и др. Санитарно-эпидемиологический надзор за применением УФ-излучения в подготовке питьевой воды // Водоснабжение и санитарная техника. 1998, №12.
7. А. Б. Кожевников, О. П. Петросян. Основные аспекты развития хлораторов АХВ-1000 // Водоснабжение и санитарная техника. 2003, №8.
8. А. Б. Кожевников, О. П. Петросян, Л. П. Антоноук. Современное состояние и тенденции развития хлораторов эжекционного типа в России и странах СНГ. Материалы научно-практической конференции Международного водного форума «АКВА Украина — 2003» 4-6 ноября 2003. Киев. 2003.
9. Л. М. Разумовский. Кислород — элементарные формы и свойства. М., 1979.
10. Сведения о химическом элементе «хлор». — Большая Советская Энциклопедия. 1970.