

Данный файл представлен исключительно в  
ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,  
Вы должны незамедлительно удалить его  
сразу после ознакомления с содержанием.  
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя  
всю ответственность, согласно действующему  
международному законодательству .  
Все авторские права на данный файл  
сохраняются за правообладателем.  
Любое коммерческое и иное использование  
кроме предварительного ознакомления  
запрещено.

Публикация данного документа не преследует  
никакой коммерческой выгоды. Но такие  
документы способствуют быстрейшему  
профессиональному и духовному росту  
читателей и являются рекламой бумажных  
изданий таких документов.

# **Промышленные методы обеззараживания питьевой воды.**

Промышленные методы обеззараживания питьевой воды.

А.Б.Кожевников, кандидат технических наук (ФСП «КРАВТ»);  
О.П.Петросян, кандидат физико-математических наук (ФСП «КРАВТ»)

Основными источниками централизованного питьевого водоснабжения в большинстве регионов являются поверхностные водоемы, загрязнение которых постоянно возрастает. На фоне некоторого снижения объема валового сброса сточных вод отмечается тенденция увеличения удельного веса сброса неочищенных стоков. Из-за крайне неудовлетворительного состояния канализационных коллекторов и нарушения в большинстве случаев режима обеззараживания стоков, сбрасываемых предприятиями коммунального хозяйства, резко выросло микробное загрязнение поверхностных водоемов.

Серьезное положение в России сложилось с техническим состоянием действующих систем водоснабжения и канализации. Их износ с каждым годом нарастает, а более 40 оборудования требует полной замены [1]. Анализ аварийных ситуаций показывает, что 57% аварий на объектах ВКХ происходят из-за ветхости оборудования, поэтому дальнейшая его эксплуатация приведет к увеличению его износа и резкому возрастанию аварий, ущерб от которых значительно превысит затраты на их предотвращение. Постоянное сокращение объемов ремонтных работ, реконструкций и замены изношенного оборудования, отсутствие финансовых возможностей пополнения аварийного запаса реагентов, дезинфектантов и резервов оборудования ведет к систематическому росту аварийности и, в конце концов, может привести к «коммунальной катастрофе» и как следствие к катастрофе экологической.

Положение усугубляется тем, что вода в сетях подвергается вторичному загрязнению из-за изношенностии сетей и требует дополнительной очистки и обеззараживания. Еще хуже положение с централизованным водоснабжением населения в сельской местности.

В результате, если в 80-е годы прошлого столетия в России в среднем только 7% исследованных проб не отвечали гигиеническим требованиям по бактериологическим показателям, в настоящее время эта величина возросла до 11-12%. С 1991 года в стране отмечается стойкая тенденция к повышению кишечной инфекционной заболеваемости бактериальной и вирусной этиологии, причем как сезонной, так и вспышечной, обусловленной водным фактором. С 2002г. стало резко возрастать заболеваемость вирусными гепатитами. Прирост гепатита А в 2002 году по сравнению с предыдущим годом составил 91%. Вспышки гепатита А, связанные с употреблением населением некачественной воды имели место в Саратове, Иркутской, Челябинской областях и в ряде городов Подмосковья.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) ежегодно в мире из-за некачественной воды умирает около 5 млн. человек. Инфекционная заболеваемость [2] населения, связанная с водоснабжением, достигает 500 млн. случаев в год. Исследования в РФ показали, что влияние загрязненности воды на заболеваемость населения составляет около 40%. Это дает основания назвать проблему гигиены водоснабжения, т.е. обеспечение населения доброкачественной надежно обеззараженной водой, важнейшей проблемой, требующей комплексного и наиболее эффективного решения.

Таким образом, при рассмотрении вопросов безопасности функционирования ВКХ необходимо учитывать как техническую сторону безопасности объектов водоподготовки, так и санитарно-эпидемиологическую безопасность продукта - питьевой воды [3].

Обеззараживание воды осуществляется при помощи добавления в воду различных химических веществ или проведения специальных мероприятий. Минздравом разрешено применение более 200 средств для дезинфекции и стерилизации. Однако рассматривать их все нет необходимости, так как многие из них по тем или иным причинам не применимы для водоснабжения.

Остановимся только на основных, применяемых в России и за рубежом.

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 и лежат в основе нормативных актов всех стран, в т. ч. и в 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.

## **Первичные приоритеты**

В существующей практике обеззараживания питьевой воды хлорирование используется наиболее часто как наиболее экономичный и эффективный метод в сравнении с любыми другими известными методами. В США 98,6 % воды (подавляющее количество) подвергается

хлорированию. Аналогичная картина имеет место и в России, и в других странах, т.е. в мире в 99 из 100 случаев для дезинфекции используют либо чистый хлор, либо хлорсодержащие продукты. Такая популярность хлорирования связана и с тем, что это единственный способ, обеспечивающий микробиологическую безопасность воды в любой точке распределительной сети в любой момент времени благодаря эффекту последействия. Этот эффект заключается в том, что молекулы хлора сохраняют свою активность по отношению к микробам и угнетают их ферментные системы на всем пути следования воды по водопроводным сетям от объекта водоподготовки (водозабора) до каждого потребителя. Учитывая состояние наших водопроводных сетей, забывать о присутствии в них микробов «смерти подобно». Все остальные методы обеззараживания воды, в т.ч. и промышленно применяемые в настоящее время озонирование, и УФ-облучение не обеспечивают обеззараживающего последействия и поэтому требуют обязательного хлорирования перед направлением чистой воды в водопроводную сеть. Поскольку последние 100 лет хлор стал практически универсальным средством для обработки питьевых и сточных вод, все преимущества и недостатки различных способов хлорирования к настоящему времени хорошо изучены ввиду широкого их использования. Альтернативные же способы требуют осторожного применения вследствие недостаточной изученности влияния последствий их применения на здоровье человека.

### Газообразный хлор

Мировой же опыт подтверждает, что хлорирование воды чистым хлором является самым надежным санитарно-гигиеническим методом, предотвращающим распространение эпидемий и гарантирующим безопасность питьевой воды.

Тем не менее, отметим существующие недостатки применения газообразного хлора в системах обеззараживания воды.

1.Хлор является сильно действующим ядовитым веществом, поэтому водопроводные очистные станции, использующие хлор для обеззараживания, являются объектами повышенной опасности.

2.Необходимо точно дозировать хлор. Недостаточная доза хлора может привести к тому, что он не окажет необходимого бактерицидного действия; излишняя доза хлора ухудшает вкусовые качества воды и отрицательно оказывается на здоровье населения. Показателем достаточности принятой дозы хлора служит наличие в воде так называемого остаточного хлора (остающегося в воде отведенной дозы после окисления находящихся в воде веществ). Согласно нормативным требованиям, для предотвращения вторичного заражения воды концентрация остаточного хлора в ней перед поступлением в сеть должна быть не ниже 0,3 мг/л. Повышенное содержание хлора в воде приводит к образованию тригалометанов (ТГМ): хлороформа, дихлорбромметана, дигромхлорметана и бромформа, являющимися канцерогенами, крайне отрицательно действующими на здоровье человека.

3.Для обеспечения гарантированной дезинфекции необходимо достаточно продолжительный (не менее 30 мин.) контакт хлора с водой. Количество вводимого хлора и время контакта его с водой устанавливают экспериментально в каждом отдельном случае, так как они определяются минеральным и органическим составом воды и природой бактерий.

В последние годы нормативная база в области промышленной безопасности при обращении с хлором ужесточается, что отвечает требованиям дня. В связи с этим у эксплуатирующих служб возникает желание перейти к более безопасному способу обеззараживания воды, т.е. к способу, который не поднадзорен Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, но обеспечивает выполнение требований СанПиНа 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода».

Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» по безопасности в эпидемиологическом отношении питьевой воды [3]. Эта проблема обычно решается заменой хлорирования на первичном (предварительном) этапе обеззараживания озонированием или УФ-облучением. На вторичном этапе в подавляющем большинстве обязательно хлорирование, поскольку является единственным способом, обеспечивающим микробиологическую безопасность воды в любой точке распределительной сети благодаря эффекту последействия.

Рассмотрим с точки зрения безопасности применение озонирования и УФ-облучения. Несмотря на российский и зарубежный опыт применения озона в технологии водоподготовки, есть еще множество нерешенных проблем. Очень часто озонирование называют экологически чистым способом обеззараживания. Не понятно только, что послужило основанием такого определения. Последние исследования показали, что мнение об озонировании как о более безвредном способе обеззараживания воды ошибочно. Так продукты реакции озона с содержащимися в воде органическими веществами представляют собой альдегиды (формальдегид, ацетальдегид, глиоксаль, метилглиоксаль), кетоны, карбоновые кислоты и другие соединения, присутствие которых создает ряд дополнительных проблем в процессе водоподготовки. Рассмотрим основные причины нежелательного присутствия альдегидов в воде. Их три.

Во-первых, альдегиды - высоко биоразлагаемые вещества, и значительное их количество в воде

повышает возможность биологического обрастания трубопроводов и увеличивает опасность вторичного загрязнения воды микробиологическими компонентами.

Во-вторых, некоторые альдегиды обладают канцерогенной активностью и представляют опасность для здоровья людей.

И, наконец, в-третьих, вследствие отсутствия эффекта последействия необходимо осуществлять хлорирование на второй ступени обеззараживания питьевой воды, а при этом образовавшиеся в воде альдегиды увеличивают опасность образования хлорорганических побочных продуктов. Об опыте использования озона на Мосводоканале было изложено на конференции «ЭКВАТЕК-2002». Вывод следующий: применение озона не только дорого, но и не позволило исключить даже предварительное хлорирование из-за ненадежности очистки воды от гидробионтов. Кроме того, выявились негативная тенденция увеличения численности зоопланктона в воде, обработанной озоном.

Таким образом, очевидны следующие недостатки озонирования:

1. Токсичность озона. Предельно допустимое содержание его в воздухе помещений, где находятся люди, составляет 0,00001 мг/л. В связи с этим в озонаторных установках должны быть приняты все меры по предотвращению возможности проникновения озона в помещение. Доза озона для обеззараживания воды зависит от ее свойств и колеблется в пределах от 0,6 до 3,5 мг/л.

2. Сложность и высокая стоимость получения озона. Атмосферный воздух, забираемый для производства озона, должен быть очищен от пыли, а также осушен. Наличие влаги в используемом воздухе вызывает увеличение расхода энергии, затрачиваемой на получение озона; кроме того, необходимо высокое напряжение (до 20 тыс. вольт). Озонаторные установки энергоемки и требуют квалифицированного обслуживания.

3. Образование побочных продуктов озонирования и их возможное воздействие на человека.

4. Необходимость специальных устройств введения озона и обеспечения требуемой продолжительности контакта озона с водой.

5. Озон не обеспечивает бактериальную устойчивость вод, т.е. не обладает эффектом последействия, что вызывает необходимость параллельно производить хлорирование 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. В соответствующих методических указаниях 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.

Вместе с тем в методических указаниях отмечается, что УФ-облучение обеспечивает заданный бактерицидный и вирусицидный эффект лишь при соблюдении всех установленных эксплуатационных условий. Поэтому одним из важнейших вопросов применение 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 минимально заданной дозы, счетчиков времени наработки ламп и индикаторов их исправности для своевременной очистки при обрастании или замены. Кроме того, для выполнения условий труда и безопасности здоровья обслуживающего персонала необходимо контролировать концентрацию озона, образующегося в помещениях, где работает УФ-установка, соблюдать правильность хранения содержащих ртуть УФ-ламп, выполнять правила безопасности, указанные в документах на применяемый тип УФ-установки.

Таким образом, основными недостатками бактерицидного обеззараживания воды ее УФ-облучением являются:

1. Опасность загрязнения воды ртутью, используемой в бактерицидных лампах.

2. Особые требования к воде, подвергаемой облучению, приводят к удорожанию способа. Вода должна быть прозрачной и обладать наибольшей проницаемостью для бактерицидных лучей.

3. Необходимость пропуска всей обеззараживаемой воды через установку, т.е. производительность установки должна быть равна производительности водо-проводной станции.

4. Большая энергоемкость установок. Например, установка УОВ-1000/288-B1 производительностью 1000 куб. м/ч потребляет 28 кВт·ч электроэнергии.

Из вышеизложенного следует, что метод УФ-обеззараживания недостаточно надежен как с точки зрения технической, так и с санитарно-эпидемиологической безопасности и для обеспечения эпидемиологической безопасности необходимо хлорирование, по крайней мере на вторичном этапе обеззараживания воды. При хлорировании не всегда используют чистый хлор. Последнее время многих привлекает гипохлорит натрия (ГХН). Его использование в некоторых схемах процесса обеззараживания воды обосновывается тем, что он не горюч и не взрывоопасен,

поэтому применяемое при его использовании оборудование для обеспечения процесса обеззараживания на станциях водоподготовки сегодня не относится к категории промышленно опасного и поднадзорного Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору. Это «облегчает жизнь» эксплуатационникам. Но, как нам кажется, ошибочно то, что объекты, на которых он используется, не относятся к категории опасных производственных объектов.

К сожалению, приходится говорить об относительной, а не полной безопасности. Это подтверждается опытом использования ГХН на объектах водоподготовки США, которые являются одной из лидирующих стран по масштабам использования ГХН, в том числе и для водоподготовки. Самая большая утечка хлора на станции водо-подготовки (выше 5 тонн) была вызвана применением ГХН. Это произошло на одной из крупнейших станций водоподготовки США на востоке страны, когда водитель автоцистерны с хлорным железом ( $pH=4$ ) ошибочно слил продукт в резервуар с раствором ГХН. Это привело к мгновенному выбросу хлора. При этом следует учесть, что выделяется в таких случаях влажный хлор, который при проникновении в легкие наиболее опасен, т.к. не вызывает болевых ощущений[4].

Вторая проблема - это постоянные газовыделения в ходе естественного разложения ГХН. Поэтому в случаях, когда гипохлорит оказывался между двумя закрытыми запорными устройствами, наблюдались взрывы шаровых клапанов, фильтров, и других устройств. Причем в составе выделяемого газа содержится и хлор, поэтому помещения насосных, туннелей, фильтровальных установок и других аналогичных пространств потребовалось оснастить системами очистки воздуха, чего не было при использовании хлора.

Возникают проблемы и с подбором оборудования, и с его эксплуатацией в среде растворов ГХН, обладающих очень высокой коррозионной активностью. Требуются дополнительные мероприятия и по предотвращению кальцинации арматуры, особенно точек ввода - инжекторов и диффузоров. Это то, что касается промышленной безопасности.

Кроме того, 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. Санитарномикробиологические исследования, проведенные в 2002 году Санкт-Петербургским институтом медико-экологических проблем выявили недостатки гипохлорита с позиции функциональной эффективности и экологической чистоты. Оказалось, что раствор хлора в воде в несколько десятков раз эффективнее гипохлорита по остаточному количеству бактерий. Кроме того, гипохлорит неэффективен против цист, что ограничивает его применение на протяженных водопроводных сетях, теряет активность при длительном хранении, интенсивно образует побочные продукты дезинфекции.

Рассмотрим недостатки, выявленные в результате использования гипохлорита для обеззараживания воды на Мосводоканале [5]. В практике водоснабжения они используют концентрированный гипохлорит натрия марки А с содержанием активной части 190 г/л и низкоконцентрированный гипохлорит марки Э с содержанием активной части около 6 г/л. гипохлорит натрия марки А:

нестабильность водного раствора гипохлорита натрия (потеря активной части в результате хранения до 30% первоначального содержания по истечении 10 суток);  
увеличение объемов применения реагента в 7-8 раз по сравнению с хлором за счет низкого содержания активной части и, как следствие, увеличение объема транспортировки железнодорожных цистерн (ежедневно по одной цистерне объемом 50 т на каждую станцию);  
наличие складов значительного объема для хранения запасов реагента в соответствии с требованиями нормативных документов (запас 30 суток);  
замерзание в зимнее время при температуре  $-25^{\circ}C$  и выпадение осадка в летнее время, что приводит к необходимости использования железнодорожных цистерн с термоизоляцией для перевозки реагента.

Кроме того, в настоящее время существующие мощности производства концентрированного гипохлорита натрия в Европейской части России не обеспечивают перспективные потребности Мосводоканала в объеме около 50 тысяч кубометров в год;

гипохлорит натрия марки Э:

значительные расходы сырья: около 20– т/сут поваренной соли на каждой станции (на 1 кг активного хлора приходится от 3 до 3,9 кг поваренной соли);

неполное соответствие качества поваренной соли– (отечественного сырья) требованиям, предъявляемым производителями электролизеров;

образование побочного продукта - водорода;–

образование– токсичных отходов, требующих утилизации.

Электролизные установки отечественного производства небольшой производительности для получения низкоконцентрированных растворов гипохлорита натрия имеют ограниченное

применение и недостаточный опыт эксплуатации. Следует также отметить, сдерживающим фактором применения гипохлорита натрия (как марки А, так и марки Э) на крупных водопроводных станциях является недостаточно изученная степень эффективности обеззараживания воды и способность данного реагента обеспечивать длительное последействие в протяженных распределительных сетях. Заметим также, что в случае применения как товарного, так и низкоконцентрированного гипо-хлорита натрия из-за низкой его дезинфицирующей способности возрастают затраты на обеззараживание воды, что в свою очередь приводит к увеличению себестоимости очистки воды. Показательно, что на прошедшей в Берлине 3-7 апреля 2006 года международной ярмарке и конгрессе по водоснабжению и водоочистке «Wasser Berlin» не было представлено ни одного производителя гипохлоритных установок (электролизе-ров), что подтверждает непопулярность этого метода.

Наиболее сильным и пролонгированным бактерицидным эффектом обладает ди-оксид хлора - дезинфектант, широко использующийся в западных странах и получающий распространение в России. Одним из важнейших достоинств диоксида хлора является то, что будучи более сильным окислителем чем гипохлорит, он не образует три-галометанов при взаимодействии с органическими веществами при этом способствует снижению концентраций железа и марганца.

Рассмотрим подробнее достоинства диоксида хлора:

- эффективный окислитель и дезинфектант для всех видов микроорганизмов, включая цисты (*Giardia*, *Cryptosporidium*), споровые формы бактерий и вирусы;
- дезинфицирующее действие практически не зависит от pH воды, в то время как эффективность хлора снижается с увеличением pH;
- не образует хлораминов, наличие которых зачастую ухудшает органолептические показатели воды;
- не способствует образованию тригалометанов и других хлороганических соединений;
- деодорирует воду, разрушает фенолы -- источник неприятного вкуса и запаха;
- не образует броматов и бромоганических побочных продуктов дезинфекции в присутствии бромидов;
- способствует удалению из воды железа и марганца путем их быстрого окисления и осаждения оксидов;
- стоимость применяющейся в настоящее время в России хлордиоксидной технологии сопоставима, а в ряде случаев дешевле по эксплуатационным затратам по сравнению с другими технологиями, в частности с гипохлоритом натрия, а по санитарно-эпидемиологическому эффекту значительно лучше.

Основными недостатками диоксида хлора, выявленными во время эксплуатации диоксидных установок в России, являются:

- обязательно получение на месте применения;
- образует побочные продукты - хлораты и хлориты, содержание которых в питьевой воде необходимо контролировать.

В соответствии с СанПиНом предельно допустимая концентрация хлоритов - 0,2 мг/дм<sup>3</sup> с санитарно-токсикологическим лимитирующим показателем, соответствующим третьему классу опасности. Эти нормы ограничивают предельную дозу диоксида при дезинфекции воды. Для гарантирования эпидемической безопасности использования диоксида хлора поставлены опыты с искусственным загрязнением воды микроорганизмами *E.Coli* - от 100 до 500 кл/дм<sup>3</sup> в МУП «Водоканал» г. Н. Тагила. В испытанных дозах диоксида хлора - 0,1; 0,2; 0,4 мг/дм<sup>3</sup> отмечен бурный рост клеток. Лишь при дозах диоксида хлора 1,0 мг/дм<sup>3</sup> (5 ПДК по хлоритам) удалось получить стопроцентную гибель бактерий. В то же время при обработке воды, содержащей *E. Coli* 1000 кл/дм<sup>3</sup>, хлором в концентрации 0,3-0,5 мг/дм<sup>3</sup> остаточного свободного хлора достиглась полная гибель микроорганизмов. В случае заражения воды палочкой дизентерии Флекснера в концентрации 1000 кл/дм<sup>3</sup> стопроцентный бактерицидный эффект диоксида хлора получен в дозе 1,4 мг/дм<sup>3</sup>, что превышало ПДК по хлоритам более, чем в 5 раз.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что использование диоксида хлора для обеззараживания воды, не прошедшей полный цикл очистки, не обеспечивает гарантированный бактерицидный эффект. Наиболее целесообразно применять диоксид хлора в комбинации с хлором [6].

#### Сопоставление дезинфектантов

Для более систематизированного анализа достоинств и недостатков действующих и проектируемых технологий водоподготовки считаем необходимым привести таблицу 1, в которой на основе проведенных научных исследований даны характеристики основных на сегодня дезинфектантов[7].

Таблица 2

Характеристики основных дезинфицирующих веществ	Наименование и характеристика дезинфицирующего вещества	Достоинства	Недостатки
Хлор	Применяется в газообразном виде, эффективный окислитель и требует со-блюдения строжайших мер безопасности дезинфицирующего вещества	Эффективен для удаления неприятного вкуса и запахов	разрушает органические соединения (фенолы)
	предотвращает рост водорослей и биообрастаний	окисляет железо и магний	разрушает повышенные концентрации водорода, цианиды, аммиак и другие соединения азота
	требования к перевозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	потенциальный риск здоровью в случае утечки	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	образование побочных продуктов дезинфекции - тригло-лометанов (TGM)	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	образует броматы и бромогорючие побочные продукты дезинфекции в присутствии бромидов	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
Гипохлорит натрия	Применяется в жидком и гранулированном виде, возможно получение на месте применения электрохимическим способом.	Эффективен против большинства болезнетворных способом.	потребления к пе-ревозке и хранению
	микроорганизмов	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Относительно безопасен при хранении и использовании	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	При получении на месте не требует транспортировки и хранения опасных химикатов	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	обладает дезинфицирующим действием	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Не эффективен против цист (Giardia, Cryptosporidium)	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Теряет активность при длительном хранении	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Потенциальная опасность выделения газообразного хлора при хранении	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Образует побочные продукты дезинфекции, включая тригло-лометаны, в т.ч. бромоформ и броматы в присутствии бромидов	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	При получении на месте требуется немедленного использования	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	При хранении растворов NaClO с концентрацией активного хлора более 450 мг/л и pH более 9 происходит накопление хлоратов	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
Диоксид хлора	Получают только на месте применения. В настоящее время считается самым эффективным дезинфицирующим веществом из хлорсодержащих реагентов. Работает при пониженных дозах для обработки воды при повышенных pH.	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Не образует хлораминов	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Не способствует образованию тригло-лометанов	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Разрушает фенолы - источник неприятного вкуса и за-паха	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Эффективный окислитель и дезинфицирующее вещество для всех видов микроорганизмов, включая цисты (Giardia, Cryptosporidium), и вирусов	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Не образует броматов и бромогорючих побочных продуктов дезинфекции в присутствии бромидов	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Способствует удалению из воды железа и магния путем их быстрого окисления и осаждения оксидов	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	обладает дезинфицирующим действием	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
Озон	Обязательно получение на месте применения	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Образует хлораты и хлориты	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	В сочетании с некоторыми материалами и веществами приводит к проявлению специфического запаха и вкуса	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	не обеспечивает гарантированный бактерицидный эффект воды, не прошедшей полный цикл очистки	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Озон	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	Используется на протяжении нескольких десятилетий в некоторых европейских странах для дезинфекции, удаления цвета, улучшения сильный дезинфицирующее вещество и устранения за-паха	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	очень эффективен против вирусов	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	наиболее эффективен против Giardia, Cryptosporidium, а также любой другой патогенной микрофлоры	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	способствует удалению мутности из воды	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	удаляет посторонние примеси и запахи	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению
	не образует побочные продукты, включая: образует хлорсодержащие тригло-лометаны альдегиды, кетоны, органические кислоты, бромсодержащие тригло-лометаны (включая	потребления к пе-ревозке и хранению	потребления к пе-ревозке и хранению

бромоформ), броматы (в присутствии бро-мидов), пероксиды, бромук-сусную кислоту необходимо использовать дополнительных фильтров для удаления образующихся побочных продуктов не обеспечивает дезинфицирующего последействия требует высоких начальных затрат на оборудование значительные затраты на обучение операторов и обслуживание установок озон, реагируя со сложными органическими соединениями, расщепляет их на фрагменты, являющиеся питательной средой для микроорганизмов в системах распределения воды УФ-облучение Процесс заключается в облучении воды не требует ультрафиолетом, способным убивать различные типы микроорганизмов хранения и транспортировки химикатов не образует побочных продуктов не обеспечивает эффективен против цист (Giardia, Cryptosporidium) дезинфицирующего последействия 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

Из этой таблицы явно видно неоспоримое достоинство хлора - эффект после-действия. 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 дезинфектант нет. Однако не следует быть категоричным к его применению. Решаясь на этот шаг, всегда необходимо помнить, что озон - неустойчивое химическое соединение трех атомов кислорода O<sub>3</sub> (в отличие от устойчивой двухатомной молекулы O<sub>2</sub>). Поэтому озон имеет очень высокую химическую активность, и не всегда эта активность приводит к желаемым результатам.

## ВЫВОДЫ

Мировой опыт подтверждает, что хлорирование воды чистым хлором является самым надежным санитарно-гигиеническим методом, предотвращающим распространение эпидемий и гарантирующим санитарно-эпидемиологическую безопасность питьевой воды. По мнению многих экспертов, хлорирование воды - это самое крупное изобретение в медицине XX века, принесшее наибольшую пользу человечеству. Именно хлорирование воды, а не открытие антибиотиков, инсулина или пересадка сердца спасло больше всего жизней, остановив распространение кишечных инфекций.

## Список литературы:

- 1.Онищенко Г.Г. Санитарно-эпидемиологическая безопасность безопасного водо-снабжения // Водоснабжение и санитарная техника. 1998, №4.
- 2.Феофанов Ю.А. Проблемы и задачи в сфере обеспечения населения питьевой водой // Вода и экология. 1999, №1.
- 3.Русанова Н.А. Подготовка питьевой воды с учетом микробиологических паразитологических показателей // Водоснабжение и санитарная техника. 1998, №3.
- 4.Ягуд Б.Ю. Хлор как дезинфектант - безопасность при применении и проблемы замены на альтернативные продукты // 5-й Международный конгресс ЭКВАТЭК-2002 Вода: экология и технология. 4-7 июня 2002 г.
- 5.Подковыров В.П., Привен Е.М. Опыт МГП «Мосводоканал» по реконструкции объектов, использующих жидкий хлор // Водоснабжение и санитарная техника. 2004, №8, ч.1.
- 6.В.Б. Гурвич, А.А. Хачатуров, К.П. Селянкина, Е.А. Борзунова, Э.Г. Плотко, С.П. Сайченко, Р.Л. Акрамов. О целесообразности комбинированного использования хлора и диоксида хлора для обеззараживания питьевой воды в практике централизованного хозяйствственно-питьевого водоснабжения города Нижнего Тагила// Сборник научных статей сотрудников Центра госсанэпиднадзора в Свердловской области. К 80-летию службы. 2002.
- 7.А.Б.Кожевников, О.П.Петросян. Для тех, кому не нравится хлор//СтройПРОФиль №4, 2004 г.