

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕТОДОВ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

*А.Б. Кожевников,*

ООО ФСП «КРАВТ», г. Калуга, Россия

*О.П. Петросян*

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, Россия

Осуществлен достаточно подробный, сравнительный анализ свойств применяемых дезинфектантов для обеззараживания воды, сделаны общие выводы и отдельные рекомендации.

При рассмотрении вопросов безопасности функционирования ВКХ необходимо учитывать как техническую сторону безопасности объектов водоподготовки, так и санитарно-эпидемиологическую безопасность продукта – питьевой воды [1].

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 подвергается хлорированию. Аналогичная картина имеет место и в России, и в других странах 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. Другие методы обеззараживания воды, в т.ч. и промышленно применяемые в настоящее время озонирование и УФ-облучение не обеспечивают обеззаражающего последействия и поэтому требуют обязательного хлорирования перед направлением чистой воды в водопроводную сеть.

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

1. Хлор является сильно действующим ядовитым веществом.
2. Необходимость точного дозирования хлора в воде.
3. Для обеспечения гарантированной дезинфекции необходимо достаточно продолжительный (не менее 30 мин) контакт хлора с водой.

В последние годы нормативная база в области промышленной безопасности при обращении с хлором ужесточается. 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. 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.

*К недостаткам озонного метода обеззараживания следует отнести:*

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 обладает эффектом последействия, что вызывает необходимость параллельно производить хлорирование воды.

*К основным недостаткам бактерицидного обеззараживания воды УФ-облучением следует отнести:*

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 водопроводной станции.

4. Большая энергоемкость установок. Например, установка УОВ-1000/288-В1 производительностью 1000 м<sup>3</sup>/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. 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 водоподготовки (выше 5 т) была вызвана применением ГХН. Это произошло на одной из крупнейших станций водоподготовки США на востоке страны, когда водитель автоцистерны с хлорным железом (рН = 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 [2].

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 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. Наиболее рациональным методом уменьшения побочных продуктов хлорирования является снижение концентрации органических веществ на стадиях очистки воды до хлорирования. Санитарно-микробиологические исследования, проведенные в 2002 г. 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.

Ниже приведем недостатки, выявленные в результате использования гипохлорита для обеззараживания воды на Мосводоканале [3]. 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 сут);
- увеличение объемов расхода 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 сут);
- замерзание в зимнее время при температуре - 25 °С и выпадение осадка в летнее время, что приводит к необходимости использования железнодорожных цистерн с термоизоляцией для перевозки реагента.

#### *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, а также при применении как товарного, так и низкоконцентрированного гипохлорита натрия из-за низкой его дезинфицирующей способности возрастают затраты на обеззараживание воды, что в свою очередь приводит к увеличению себестоимости очистки воды.

Наиболее сильным и пролонгированным бактерицидным эффектом обладает диоксид хлора – дезинфектант, широко использующийся в западных странах и получающий распространение в России.

Ниже приведем основные 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 рН воды, в то время как эффективность хлора снижается с увеличением рН;
- 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 регламентируется.

В соответствии с СанПиН ПДК 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 достигалась 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 [4].

## 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 человеку. Именно хлорирование воды, а не открытие антибиотиков, инсулина или пересадка сердца спасло больше всего жизней, остановив распространение кишечных инфекций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Русанова Н.А. Подготовка питьевой воды с учетом микробиологических паразитологических показателей // Водоснабжение и санитарная техника. 1998, №3.
2. 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.
3. Подковыров В.П., Привен Е.М. Опыт МГП «Мосводоканал» по реконструкции объектов, использующих жидкий хлор // Водоснабжение и санитарная техника. 2004, №8, ч. 1.
4. 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  
хозяйственно-питьевого водоснабжения города Нижнего Тагила//Сб.  
научн. ст. сотр. Центра госсанэпиднадзора в Свердловской области. К  
80-летию службы. 2002.

5. Кожевников А.Б, Петросян О.П. Для тех, кому не нравится хлор //  
СтройПРОФИЛЬ, 2004, № 4.