

УДК: 57.083.1

**А.Б. Швецов, А.В. Козырева, С.Г. Седунов, К.А. Тараскин**

*Научно-исследовательский институт прикладной акустики;  
ул. 9 Мая, д. 7А, г. Дубна Московской области; [kant1958@yandex.ru](mailto:kant1958@yandex.ru)*

## **ХЛОРНЫЕ ДЕЗИНФЕКТАНТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СОВРЕМЕННОЙ ВОДОПОДГОТОВКЕ**

*Получена 1 апреля 2009 года*

*Опубликована 23 июля 2009 года*

03.01.04 – биохимия

Проведен обзор данных научной и научно-популярной литературы по вопросу применения отдельных групп химических соединений в качестве препаратов для дезинфекции. В табличной форме приведена сравнительная характеристика основных групп дезинфектантов, исходя из присущих им достоинств и недостатков. Выделен и подробным образом рассмотрен обширный класс хлорсодержащих дезинфицирующих средств. В схематичном виде представлен общий механизм работы препаратов, содержащих хлор в качестве активного компонента. Выявлены и охарактеризованы три подкласса, или поколения, хлорных дезинфектантов.

На основании анализа литературных данных обосновано важное и актуальное направление исследований хлорных соединений в качестве эффективных средств для подготовки городской питьевой воды.

Ключевые слова: дезинфекция, химические дезинфектанты, активный хлор, окислительное хлорирование, хлорноватистая кислота, гипохлориты, хлорамины,

### **ВВЕДЕНИЕ**

Проблемы гигиены и дезинфекции окружающего пространства возникли в самом начале становления человеческой цивилизации. Последовательное решение данных вопросов позволило значительно увеличить среднюю продолжительность, качество жизни и численность населения. С развитием производственной базы поиск новых природных дезинфектантов постепенно сменился работами в области искусственно

создаваемых эффективных средств обеззараживания. Одновременно с этим формировалось научно-теоретическое обоснование данных процессов, влившееся позже в обширную область медицинского знания. На сегодняшний день существует следующее определение дезинфекции: дезинфекция – это удаление или уничтожение возбудителей инфекционных (паразитарных) болезней в (на) объектах окружающей среды. Она производится с целью уничтожения патогенных возбудителей в окружающей среде или производственных объектах[1].

## **ХИМИЧЕСКАЯ ДЕЗИНФЕКЦИЯ. ВЫБОР СРЕДСТВ ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ**

Выделяют три основных метода дезинфекции: физический, биологический и химический [2]. К физическому методу относят: воздействие высокой температуры, например, в виде пара, кипячения, стерилизации горячим воздухом, прокаливанию, сжигания; обработку ультрафиолетом или ультразвуком. Биологические способы обеззараживания реализуются с помощью биологических фильтров, биотермических камер и компостирования. К химическим средствам дезинфекции можно отнести воздействие химических соединений, например, хлорсодержащих реагентов, брома, йода и их производных, фенолов и крезолов, гуанидина, альдегидов, спиртов, оксидов, кислот, щелочей и др.

Из вышеперечисленных методов дезинфекции в настоящее время наиболее универсальным, широко распространенным и эффективным является химический. Сравнительная характеристика основных классов дезинфицирующих средств, используемых в здравоохранении, приведена в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики дезинфектантов, используемых в здравоохранении [3].

<i>Дезинфектант</i>	<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>	<i>Использование</i>
Спирты (этиловый, изопропиловый)	Быстрое действие, отсутствие остаточного химического эффекта. Не оставляют пятен.	Для достижения нужного уровня дезинфекции необходим влажный контакт в течении 5 мин. Отсутствует спороцидная активность и остаточное действие. Снижение концентрации за счет выветривания. Возгораемость. Могут вызывать раздражение кожи. Инактивируются органическими веществами. Приводят к набуханию и повышению твердости резины и пластика.	Дезинфекция наружных поверхностей и некоторого оборудования (стетоскопов). Кожные антисептики.
Четвертичные аммониевые соединения (ЧАС)	Детергентная активность.	Подавление эффективности в присутствии органических материалов. Нет спороцидного и туберкулоцидного эффектов, отсутствие эффективности против гидрофильных вирусов. Легко абсорбируются и нейтрализуются многими материалами (хлопок, шерсть). Несовместимы с мылом из-за щелочности. Некоторые могут быть контаминированы грамм-отрицательными микроорганизмами.	Рутинная очистка стен, полов, мебели. Могут использоваться для дезинфекции некритических поверхностей.
Фенолы	Оставляют остаточную пленку на дезинфицируемых поверхностях	Могут вызывать раздражение и депигментацию кожи. Инактивируются органическими материалами. Разъедают резину и некоторые	Обеззараживание больничного оборудования,

<i>Дезинфектант</i>	<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>	<i>Использование</i>
		пластмассы. Необходим контакт в течение не менее 10 мин. Не используются в отделениях для новорожденных (могут провоцировать анемию).	помещений, некритических приборов и инструментов.
Хлорактивные соединения	Низкая стоимость, высокая активность, быстрота действия.	Вызывают коррозию металлов. Инактивируются органическими соединениями. Могут отбеливать ткани. Растворы хлорактивных перпаратов нестабильны, однако в сточных водах не разлагаются, а образуют устойчивые галогенорганические соединения.	Аппараты для почечного диализа. Деконтаминация брызг крови. Дезинфекция унитазов, раковин, ванн.
Иодактивные соединения	Быстрота действия. Отсутствие токсичности и раздражающего эффекта. Сильное детергентное действие	Вызывают коррозию металлов. Ухудшают качество резины и некоторых пластмасс. Могут вызывать ожоги тканей. Инактивируются органическими материалами. Оставляют пятна. Не обладают спороцидной активностью.	Дезинфекция некоторых предметов (термометров, ванн для гидротерапии).
Перекись водорода	Может способствовать снятию органического загрязнения, не фиксирует кровь. Не требует активации. Без запаха, нетоксична. Безопасна для окружающей среды. Легко	При попадании в глаза может вызывать ожоги. Обладает обесцвечивающим эффектом и несовместима с такими металлами как латунь, цинк, медь, никель, серебро. Возможен отрицательный эффект на качество материалов эндоскопов.	Ручная или автоматическая дезинфекция больничного оборудования, включая эндоскопы.

<i>Дезинфектант</i>	<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>	<i>Использование</i>
	удаляется		
Надуксусная кислота	Быстрота действия при низких концентрациях и температурах. Эффективность в присутствии органических материалов. Не требует активации. Совместима с многими другими дезинфектантами.	Дорогостоящая. Возможный отрицательный эффект на качество материалов эндоскопов. Концентрат может вызывать ожоги кожи и слизистых. Нестабильна.	Автоматический процесс обработки эндоскопов, бронхоскопов и другого оборудования, чувствительного к нагреванию
Глутаровый альдегид	Не повреждает изделия из резины, металлов. Эффективен в присутствии органических материалов. Применяется на оптических инструментах.	Нестабильность. Высокая стоимость. Нуждается в активации. Может вызывать ожоги кожи и слизистых. Фиксация белковых загрязнений.	Дезинфекция высокого уровня (эндоскопы).
Формальдегид	Не требует активации.	Потенциальное канцерогенное действие (ограничение прямого контакта). Резкий запах, раздражающее действие.	Обработка гемодиализаторов, дезинфекция водных систем.

Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о том, что каждый класс химических дезинфектантов оптимизирован под конкретные задачи и обладает индивидуальным набором преимуществ и недостатков. Это обуславливает сложность выбора химически активных дезинфицирующих средств для регулярного использования в природоохранных зонах в значительных количествах. Так, ряд препаратов не может быть применен ввиду высокой стоимости (надуксусная кислота, глутаровый альдегид), потенциальной канцерогенности (формальдегид, фенолы), быстрой разлагаемости под воздействием активных факторов внешней среды (четвертичные аммониевые соединения, перекись водорода). Высокая пожароопасность спиртов также является препятствием для применения в производственных зонах. Таким образом, класс галогенактивных соединений (а именно производных хлора) может быть рекомендован, с некоторыми ограничениями, для решения задач дезинфекции промышленных объектов в природоохранных зонах. Данная статья представляет общую характеристику широкого круга химических дезинфектантов, действующим началом которых являются соединения хлора.

## МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ХЛОРАКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ

В силу своей универсальности и доступности хлорсодержащие препараты получили распространение не только в медицине, но и в химической промышленности в качестве так называемых дегазирующих (обезвреживающих) средств. Ассортимент данного вида продукции

необычайно широк как на отечественном, так и на зарубежных рынках, и он постоянно расширяется за счет выпуска новых препаратов.

Различия в торговых препаратах заключаются в форме выпуска, виде активного компонента, имеющихся добавок, технологий применения. Несмотря на имеющееся многообразие, все хлорсодержащие дезинфектанты обладают сходным принципом действия – механизмом воздействия на субстрат, по современной классификации относящимся к окислительному хлорированию.

Первой стадией процесса является появление в реакционной среде частиц хлорноватистой кислоты. Элементарной схемой, приводящей к такому результату, является реакция взаимодействия хлора с водой:



Хлорноватистая кислота диссоциирует в водной среде с образованием гипохлорит-аниона и иона водорода:



При значениях pH, близких к нейтральному, концентрации HClO и гипохлорит-анионов ClO<sup>-</sup> приблизительно равны (рисунок 1).

Понижение pH приводит к сдвигу равновесия этой реакции в сторону увеличения концентрации HClO, увеличение – в сторону повышения концентрации гипохлорит-анионов. В области pH < 3,5 баланс равновесия определяют хлорноватистая кислота и растворенный в воде молекулярный хлор. В интервале pH от 3,5 до 5,5 все соединения активного хлора представлены только хлорноватистой кислотой. Наивысшая бактерицидная

активность кислородных соединений хлора проявляется в диапазоне рН от 7,0 до 7,6, где концентрации гипохлорит-ионов и хлорноватистой кислоты приблизительно равны. Объясняется данный факт тем, что указанные

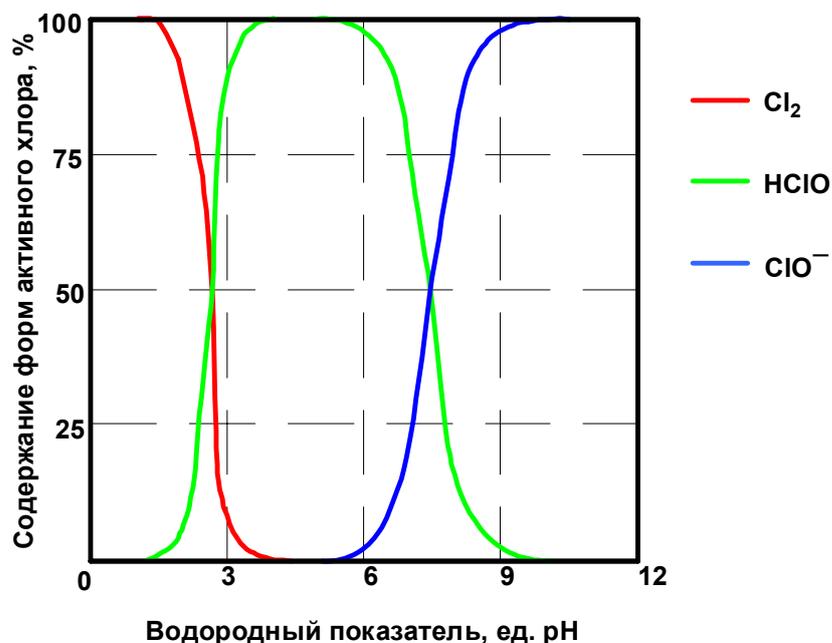


Рисунок 1. Содержание форм активного хлора в воде в зависимости от pH

соединения, являясь сопряженными кислотой и основанием ( $\text{HClO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{ClO}^-$ ;  $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO} + \text{OH}^-$ ), образуют в указанном диапазоне pH метастабильную систему, способную генерировать ряд соединений и частиц, обладающих гораздо большим антимикробным действием, нежели хлорноватистая кислота:  $^1\text{O}_2$  — синглетный молекулярный кислород;  $\text{ClO}^\cdot$  — гипохлорит-радикал;  $\text{Cl}^\cdot$  — хлор-радикал (атомарный хлор);  $\text{O}^\cdot$  — атомарный кислород;  $\text{OH}^\cdot$  — радикал гидроксила. Катализаторами реакций с участием хлоркислородных соединений являются ионы  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ , существующие в

воде также приблизительно в равном количестве при значениях pH, близких к нейтральному [4].

Действие перечисленных выше активных соединений и частиц приводит к нарушению деятельности ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные процессы в бактериальной клетке, что является основой процесса дезинфекции. Эффективность хлорактивных дезинфектантов обусловлена образованием рабочих растворов, содержащих именно комплекс действующих компонентов, т.к. исключить развитие резистентности микроорганизмов к жидкому антимикробному средству возможно только применением растворов с метастабильными действующими веществами, самопроизвольный распад которых во время экспозиции обеспечивает множественность и непредсказуемость (для микроорганизмов) путей развития реакций, нарушающих процессы их жизнедеятельности. Способность хлорноватистой кислоты к образованию метастабильных, универсальных по спектру антимикробного действия смесей оксидантов, весьма широко используется во многих дезинфицирующих средствах, генерирующих ее при образовании рабочих растворов. К этому типу дезинфектантов относятся соли хлорциануровых кислот. Образование при их растворении в воде хлорноватистой кислоты позволяет уменьшить концентрацию активного хлора в рабочих растворах как минимум в 10 раз в сравнении с растворами гипохлорита натрия при достижении более высокой антимикробной активности.

Стоит отметить, что употребляемое выше понятие «активного хлора» является довольно условным. Однако для каждого препарата производителем приводится вполне определенная количественная оценка

данного параметра. Это своеобразная дань традиции, согласно которой активность хлорсодержащих соединений связывали с наличием «активного хлора», т.е. такого хлора, который вызывает выделение атомарного кислорода:



Из уравнений реакций (1) и (3) видно, что одна грамм-молекула чистого хлора (71 г) вызывает выделение одного грамм-атома кислорода (16 г).

Таким образом, препарат содержал бы 100 % «активного хлора», если бы взятый в количестве 71 г, он мог вызвать выделение 16 г кислорода. Но, например, хлорит натрия разлагается по следующей итоговой реакции:



Отсюда следует, что одна грамм-молекула хлорита (90,5 г) обладает такой же окислительной способностью, как две грамм-молекулы хлора ( $71 \cdot 2 = 142$  г). Отсюда 100 г хлорита эквивалентны:

$$(142 \cdot 100) / 90,5 = 157 \text{ г чистого хлора.}$$

Это объясняет, почему содержание «активного хлора» может превышать 100 %, так как в данном случае чистый хлорит натрия содержит 157 % «активного хлора» [5].

## КЛАССИФИКАЦИЯ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ ДЕЗИНФЕКТАНТОВ

Попытки классификации существующих хлорных препаратов, привели к выделению трех больших групп:

гипохлоритов (натрия, кальция);

хлораминов;

хлор-изоциануратов.

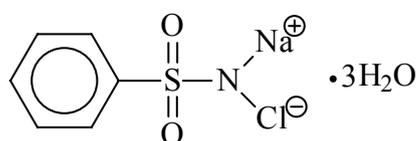
Гипохлориты, или хлор-препараты первого поколения, были и остаются важнейшими средствами обеззараживания, производимыми в крупнотоннажных масштабах. Существуют химический и электролитический способы их получения. В обоих случаях технология изготовления гипохлоритов достаточно проста, что является главным их преимуществом. В практике дезинфекции используют 0,5...5,0 % растворы гипохлоритов. Следует отметить, что сравнение свойств рабочих растворов гипохлоритов следует проводить не только по концентрации активного хлора, но также с учетом содержания щелочи (величины pH) и общего количества всех растворенных веществ.

Гипохлорит натрия оказывает дезинфицирующее действие на грамм-положительные и грамм-отрицательные бактерии, туберкулезные палочки, споры бактерий, болезнетворные грибки и вирусы. Имеются данные об использовании растворов гипохлорита натрия (0,03...0,05 %) для лечения гнойных абсцессов, гнойных гайморитов, розовых угрей и трофических язв в качестве наружного средства и средства для инъекций [6]. Гипохлорит входит в составы синтетических моющих средств, используемых в бытовой химии, в составы дезинфицирующей пасты с отбеливающим эффектом, дезинфицирующих средств с окислительными, хлорирующими и бактерицидными свойствами. В настоящее время за рубежом и в России наметилась тенденция к использованию гипохлорита натрия для дезинфекции небольших объемов воды с применением электролитического

метода его получения. Этот метод находит все большую популярность в мире.

В качестве одного из аналогов гипохлорита используется диоксид хлора. В литературе практически отсутствуют данные по производству и потреблению диоксида хлора. Это связано с тем, что диоксид хлора необходимо получать на месте потребления. Диоксид хлора хорошо растворяется в воде, не реагируя с ней при этом. Диоксид хлора имеет более сильное дезинфицирующее воздействие, чем хлор. Является сильным бактерицидом, спорицидом и вирицидом. Прекрасно уничтожает запахи и привкусы. Не взаимодействует с аммиаком. Дезинфицирующая способность не зависит от pH. Не требует специальных хранилищ. Сохраняет высокое остаточное содержание в воде.

К хлораминам – препаратам второго поколения – относят ряд хлорпроизводных органических соединений, имеющих общую химическую формулу  $RSO_2NH_2$ , в которых один или оба атома водорода, находящиеся при азоте, замещены хлором. Различают хлорамин Б, если исходным продуктом является бензол, и хлорамин Т, если используют для этого толуол. Употребляемый для дезинфекционных целей отечественный хлорамин носит название хлорамина Б, относится к группе монохлораминов и имеет формулу:



Он представляет собой натриевую соль хлорамида бензолсульфокислоты, имеет вид белого мелкокристаллического порошка.

Обычно содержит 26% активного хлора, длительно сохраняя его при правильном хранении. Хлорамины хорошо растворяются в воде комнатной температуры. Их растворы сохраняют активный хлор в течение пятнадцати дней и могут быть приготовлены впрок. Не портят и не обесцвечивают ткани. Хлорамин обладает высокой активностью в отношении грамотрицательных и грамположительных микроорганизмов, начиная с 0,2 %. Так как активный хлор связывается с органическими веществами, то концентрацию растворов в практических условиях увеличивают до 0,5...1...2...3...5 %. Горячие растворы хлорамина обладают более высоким обеззараживающим действием [2].

Бактерицидные и вирулицидные свойства растворов хлорамина увеличиваются прибавлением к ним аммониевых соединений (аммиака, сернокислого или хлористого аммония), действующих как активаторы. Активированные растворы хлорамина быстро теряют активный хлор, поэтому используют их сразу после приготовления. При хранении хлорамина не допускают непосредственного воздействия на него света и влаги.

Следует отметить, что сегодня на смену традиционным препаратам типа хлорной извести, дветретиосновной соли гипохлорита кальция, хлорамину (порошковым формам) приходят более совершенные и качественные торговые препараты на основе дихлоризоциануровой кислоты (препараты третьего поколения) в виде таблеток и гранул. Дихлоризоциануровая кислота и ее натриевые соли, а также трихлоризоциануровая кислота, рекомендованные для дезинфекции технологического оборудования, отличаются высоким содержанием

активного хлора, значительной бактерицидной активностью, стойкостью и низкой токсичностью для обслуживающего персонала. На практике применяются растворы с концентрацией активного вещества порядка 0,5 %. Считается, что основным действующим веществом в этих таблетках является дихлоризоцианурат натрия. На самом деле, действующим веществом является хлорноватистая кислота, которая образуется при взаимодействии дихлоризоцианурата натрия с водой и существует в рабочем растворе при значении  $\text{pH} = 6.2$ , которое поддерживается адипиновой кислотой, имеющейся в рецептуре таблетки. Приблизительно таким же образом работают все препараты этого типа.

В России зарегистрировано более десяти наименований таблетированных препаратов, используемых для нужд дезинфекции.

Положительным качеством таблетированных форм являются:

точность дозировки (в зависимости от режима дезинфекции и содержания активного хлора для приготовления рабочих растворов используется от 1 до 20 - 30 таблеток на 10 литров воды);

быстрая растворимость;

компактность (одна банка препарата «Санивап», содержащая 330 таблеток, эквивалентна 30-35 кг хлорамина);

возможность длительного хранения (срок годности от 3 до 5 лет).

Хлор-изоцианураты в составе дезинфектантов представлены на сегодняшний день в широком ассортименте. Основными компонентами этих препаратов являются, в основном, либо натриевая соль дихлоризоциануровой кислоты ( $\text{Na}-\text{ДХЦК}$ ), либо трихлоризоциануровая

кислота (ТХЦК). Сравнительные характеристики дезинфицирующих средств на их основе представлены в таблице 2.

Таблица 2. Сравнительная характеристика препаратов на основе хлорпроизводных указанных изоциануровой кислоты.

Показатель	Na-ДХЦК	ТХЦК
Форма препарата, органолептические характеристики	Порошок, гранулы или таблетки белого цвета с резким запахом хлора	Порошок, гранулы или таблетки белого цвета с очень резким запахом хлора
Содержание активного хлора	60 %	90 %
Срок хранения	1-2 года, продукт стабилен при соблюдении условий хранения	
Условия хранения	Хранить в герметично закрытой упаковке, прохладном проветриваемом помещении, вдали от прямых солнечных лучей. Беречь от влаги и нагрева! Влажный продукт выделяет токсичные вещества!	
Отличительные характеристики	Быстрорастворимые препараты, используемые для быстрого и «ударного» хлорирования. Натриевая соль дихлоризоциануровой кислоты обладает наименьшим раздражающим действием из всех хлорсодержащих препаратов.	Медленнорастворимые препараты пролонгированного действия. Гранулированные и порошкообразные средства применяются, в основном, с предварительным растворением.

Как видно из названия («хлор-изоцианурат»), в состав этих препаратов входит изоциануровая кислота – стабилизатор хлора. Активный хлор из молекул «хлор-изоциануратов» высвобождается медленно, т. к. препарат

растворяется в воде не сразу, и только 50 % присутствующего хлора свободны в виде  $\text{HClO}$  и  $\text{ClO}^-$ , а остальные 50 % связаны в виде изоциануратов [4]. Положительной стороной этого является сокращение количества манипуляций (т.к. не требуется отдельно добавлять стабилизатор). По мере того, как свободный активный хлор используется, связанный активный хлор высвобождается для восстановления равновесия, тем самым обеспечивая более продолжительный бактерицидный эффект и более высокую устойчивость к инаktivации органическими материалами. Но, в качестве отрицательной составляющей, специалистам по водоочистке необходимо учитывать следующее: в процессе дезинфекции свободный хлор, образующийся в результате гидролиза хлор-изоцианурата, постоянно расходуется на уничтожение патогенных микробов, а сама изоциануровая кислота, не расходуясь, постепенно накапливается в воде. При чрезмерном содержании изоциануровой кислоты последняя будет работать уже не как стабилизатор, а как «блокиратор» хлора. В результате - при дальнейшем добавлении хлор-изоцианурата - эффект обеззараживания воды не достигается, как следствие наблюдается размножение патогенных микробов и рост водорослей. Для избежания эффекта «перестабилизации» необходимо контролировать и, при необходимости, уменьшать содержание изоциануровой кислоты в воде за счет разбавления, что часто экономически невыгодно, либо дополнительно добавлять хлорные дезинфектанты, не содержащие изоциануровой кислоты. Для снижения расхода хлорирующего агента на основе хлор-изоциануратов, с сохранением высокого эффекта обеззараживания, разрабатываются комбинированные препараты, которые содержат в своем составе добавки, способствующие осветлению воды и

уничтожению водорослей. В результате один и тот же обеззараживающий эффект достигается при уменьшенном на 30 – 40 % расходе хлорирующего агента.

Проведенный анализ хлорсодержащих дезинфектантов первого – третьего поколений позволил сформулировать их основные преимущества и недостатки. В обобщенном виде сравнительная характеристика дезинфицирующих свойств основных хлорсодержащих препаратов приведена в таблице 3.

Таблица 3. Характеристики и количественная оценка эффективности хлорных бактерицидов

<i>Хлорактивные соединения</i>	<i>Активный хлор, %</i>	<i>Рекомендуемые рабочие концентрации, %</i>	<i>Назначение (спектр антимикробного действия)</i>	<i>Относительная дезинфицирующая активность</i>
Хлорамин	26–28	0,05–5,0	Бактерии, вирусы, грибы	1,0
Хлорная известь	26–35	0,2–10,0	Бактерии, вирусы, грибы, споры	0,5
Нейтральный гипохлорит кальция	50–60	0,15–0,9	Бактерии, вирусы, грибы, споры	5,5
Гипохлорит кальция технический	30–40	0,1–7,0	Бактерии, вирусы, грибы, споры	0,7
Гипохлорит натрия, получаемый химическим путем	17	1,0	Бактерии, вирусы, грибы	50,0
Гипохлорит натрия, получаемый электрохимическим путем	0,5–0,9	0,125–0,5	Бактерии, вирусы, грибы	10,0

Дихлоризоцианурат натрия	52	0,1–0,3	Бактерии, вирусы, грибы	16,6
Хлорцин	11–15	0,5–1,0	Бактерии, вирусы	5,0
Препарат ДП-5	40	0,1–0,5	Бактерии, вирусы, грибы, споры	10,0
Сульфохлоратин	15,6	0,1–2,5	Бактерии, вирусы	2,0

### ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сегодня ведется достаточно жесткая полемика по вопросам применения хлорсодержащих препаратов в основе дезинфектантов. Противниками широкого использования этих препаратов выдвигаются такие аргументы как: относительно высокая токсичность и агрессивность хлора по отношению к различным материалам, возникновение устойчивости болезнетворных микроорганизмов к активному хлору. В ряде случаев предпринимаются попытки сравнения хлорсодержащих дезинфектантов с боевыми отравляющими веществами. Однако ситуация не столь драматична. Согласно токсикологической характеристике, хлорсодержащие препараты относятся к 3-му классу умеренно опасных веществ, как, например, альдегидсодержащие и фенолсодержащие дезинфектанты. Агрессивность хлорсодержащих препаратов не превышает и даже ниже аналогичной характеристики у кислородсодержащих средств дезинфекции. Что касается сравнения с боевыми отравляющими веществами, то оно не

корректно, т.к. концентрация активного хлора в рабочих растворах хлорсодержащих препаратов минимальна.

По спектру антимикробной активности хлорсодержащие дезинфектанты являются наиболее эффективными средствами, обладая бактерицидным, вирулицидным, фунгицидным и даже спороцидным действием (либо в чистом виде, либо с добавлением активаторов).

Широкое применение данных препаратов в качестве дезинфектантов обусловлено также относительной дешевизной их рабочих растворов, средняя стоимость одного литра которых составляет 0,09...0,11 рублей.

Еще одним положительным качеством хлорсодержащих препаратов является быстрота их действия (в среднем экспозиция составляет 30...60 минут).

Благодаря своим положительным характеристикам, хлорсодержащие препараты продолжают оставаться наиболее востребованными из всех групп дезинфектантов и активно используются для проведения текущей дезинфекции на объектах коммунально-бытового назначения, транспорте, в лечебных, детских дошкольных и образовательных учреждениях, на предприятиях пищевой промышленности и в других областях производственно-хозяйственной деятельности.

Таким образом, за последние 100 лет хлор стал практически универсальным средством для обработки питьевых и сточных вод. Проблемы водоподготовки приобрели необычайную важность в наше время, что связано не столько с нехваткой артезианских источников, сколько с общим ухудшением экологической обстановки. В последнее десятилетие в России активно обсуждается вопрос повышения эффективности очистки и

обеззараживания воды и применения для этого новых технологий. Все технологические схемы очистки и обеззараживания воды (старые и новые) базируются на достижении необходимых показателей качества питьевой воды: безопасности в эпидемиологическом отношении, безвредности по химическому составу и наличию благоприятных органолептических (вкусовых) свойств. Эти критерии лежат в основе нормативных актов всех стран, в т.ч. и России [7]. Причем эти документы учитывают, что опасность заболеваний человека от микробиологического загрязнения воды во много тысяч раз выше, чем от загрязнения воды химическими соединениями различной природы.

В существующей практике обеззараживания питьевой воды, хлорирование используется наиболее часто, как более экономичный и эффективный, по сравнению с другими, метод [8]. В США 98,6 % воды подвергается хлорированию. Аналогичная картина имеет место в России и в других странах. В мире в 99 случаях из 100 для дезинфекции используют либо чистый хлор, либо хлорсодержащие продукты. В США для этих целей в среднем в год используют около 500 тыс. тонн хлора, в России – до 100 тыс.тонн. Такая популярность хлорирования связана с тем, что это единственный способ, обеспечивающий микробиологическую безопасность воды в любой точке распределительной сети 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 требуемого обеззараживающего последствия и поэтому дополнительно требуют хлорирования на одной из стадий водоподготовки.

Количество активного хлора, необходимое для обеззараживания воды, определяется не по числу болезнетворных бактерий, а по общему содержанию органических веществ и микроорганизмов (а также и неорганических веществ, способных к окислению), которые могут находиться в хлорируемой воде.

Правильное установление требуемой дозы хлора является исключительно важным. Недостаточное количество хлора может привести к тому, что он не окажет необходимого бактерицидного действия; излишнее – ухудшает вкусовые качества воды.

Показателем достаточности принятой дозы хлора служит наличие в воде так называемого остаточного хлора (остающегося в воде от введенной дозы после окисления находящихся в воде веществ). Согласно требованиям [9], концентрация остаточного хлора в воде перед поступлением ее в сеть должна находиться в пределах 0,3...0,5 мг/л [10].

Традиционно хлор поступает на станции в металлических баллонах в сжиженном состоянии под давлением 6...8 кгс/см<sup>2</sup>. Стандартные баллоны содержат 25...40 (малые) и 100 (большие) кг жидкого хлора. Из баллонов хлор подается в воду через специальные приборы – хлораторы (газодозаторы), в которых осуществляется его дозирование и смешивание с некоторым количеством воды [11, 12]. Получаемую «хлорную воду» подают в обрабатываемую воду.

Газообразный хлор, хоть и является очень эффективным дезинфектантом, но из-за высокой опасности при транспортировке и обращении с ним, а также сложностей в организации точного дозирования

препарата, постепенно вытесняется из практики водоподготовки гипохлоритами и хлорпроизводными изоциануровой кислоты.

На территории г. Дубна в настоящее время действуют несколько экологически значимых проектов и программ, ориентированных на повышение качества жизни каждого жителя нашего города. В частности, в справках о состоянии окружающей природной среды в Дубне неоднократно отмечалось неудовлетворительное качество питьевой воды и указывалось на необходимость реконструкции системы питьевого водоснабжения города. Начатые в 2003 году работы, оформились в масштабный проект по переводу муниципальной насосно-фильтровальной станции (НФС) на новую технологию приготовления питьевой воды. Обеззараживание питьевой воды на НФС и сточных вод на очистных сооружениях канализации будет осуществляться гипохлоритом натрия, производимым электрохимическим методом из раствора поваренной соли. Перевод системы обеззараживания воды на новую технологию без применения жидкого хлора ликвидирует опасность, возникающую при транспортировке и хранении вредного токсичного вещества в пределах городской черты [13]. На данный момент комплекс готов к пуско-наладке.

НИИ прикладной акустики подключился к исследованиям хлорсодержащих дезинфектантов ввиду необходимости скорейшего решения ряда практических задач, стоящих перед обособленным подразделением предприятия, расположенным в природоохранной зоне Подмосковья. Комплекс проведенных исследований, теоретическая составляющая которых нашла свое отражение в данном обзоре, позволил рекомендовать для проведения дезинфекции открытых замкнутых водоемов,

элементов ливневой канализации, не имеющих стоков в природные водные системы, септиков для сбора производственных водных отходов дезинфектанты на основе хлор-производных изоциануровой кислоты. Необходимо подчеркнуть, что проводимые прикладные исследования и разработки в области препаратов окислительно-хлорирующего действия отвечают современным запросам предприятия и вписываются в общую стратегию повышения качества жизни и условий работы сотрудников НИИ Прикладной акустики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чистенко Г. Основы дезинфекции / Г.Н. Чистенко // «Мир медицины», 2005, № 11.
2. Вашков В. Антимикробные средства и методы дезинфекции при инфекционных заболеваниях / В.И. Вашков. М.: «Медицина», 1977.
3. Бахир В. Эффективность и безопасность химических средств для дезинфекции, предстерилизационной очистки и стерилизации / В.М. Бахир, В.И. Вторенко, Б.И. Леонов // «Дезинфекционное дело», 2003, № 1. С. 29-36.
4. Clifford W. Handbook of chlorination and alternative disinfectants: 4-th edition / W. Clifford. A Wiley-Interscience Publication, 1999. – 1659 p.
5. Шейхет Ф. Материаловедение химикатов, красителей и моющих средств : учебник / Ф. И. Шейхет. М.: «Легкая индустрия», 1969. – 324 с.
6. Рачитский Г. Гипохлорит натрия: широкие возможности в стоматологии / Г. И. Рачитский, В. П. Чуев, Р. Х. Камалов // «Стоматология», 2001, № 6.

7. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Введ. 2002–01–01. – Рег. № 3011. – (Зарег. в Минюсте РФ 31.10.2001 г.). – 99 с.

8. Бахир В. Дезинфекция питьевой воды: проблемы и решения / В.М. Бахир // «Питьевая вода», 2003, № 1. С. 13 – 20.

9. ГОСТ 2874–82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. – Введ. 1999–01–01. М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1999. – 5 с.

10. Беспмятнов Г. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г.П. Беспмятнов, Ю.А. Кротов. Л.: «Химия», 1987.

11. Мазур И. Инженерная экология: в 2 т. / И.И. Мазур. М.: «ИНФРА-М», 1999.

12. Жуков А. Методы очистки производственных сточных вод / А.И. Жуков, И.Л. Монгайт, И.Д. Родзиллер. М.: «Химия», 1996. – 345 с.

13. Дзюба С. Дубна как пример применения инновационных методов решения экологических проблем малого города: общенациональный экологический форум России / С.Ф. Дзюба, С.Г. Баша. Дубна: «Устойчивое развитие. Наука и практика», № 3/03, 11–12 июля 2003 г.