

Проблемы, суждения

УДК 661.43:663.632.8

© Коллектив авторов, 2007

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ ВОДЫ – АЛЬТЕРНАТИВА ХЛОРУ

Г.М. СЕЛЕЗНЕВ (Ростехнадзор), С.М. ЛЫКОВ, канд. техн. наук, Ю.В. БУРАКОВА (НТЦ «Промышленная безопасность»), Ф.В. КАРМАЗИНОВ, проф., д-р техн. наук (ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»), Ф.И. ЛОБАНОВ, проф. д-р хим. наук (ООО «Ашленд Евразия»)

Основные проблемы применения хлора в качестве дезинфектанта

Традиционные технологии дезинфекции питьевой воды, обработки охлаждающей воды от образования биопленок и зарастания водорослями оросительных систем, дезинфекции городских и промышленных сточных вод, воды в плавательных бассейнах, получения воды высокой чистоты для пищевой, электронной, фармацевтической и косметической промышленности в основном связаны с применением хлора.

По данным исследований [1–4], на объектах, содержащих хлор, часто происходят аварии, сопровождаемые выбросами хлора с последующим образованием хлорно-воздушных смесей и распространением их в атмосфере. Основным поражающим фактором в случае аварий с участием хлора является высокая концентрация его в атмосфере, основным видом смертельного поражения людей — интоксикация через дыхательные пути.

Примерно в 50 % случаев аварий зоны поражения могут выйти за территорию предприятия, приблизительно в 70 % случаев — сопровождаться поражением людей. Зоны смертельного поражения хлором могут составлять до 400 м, порогового — до 2 км от места выброса [2, 3].

Распределение аварий с участием хлора по типам оборудования, согласно обобщенным данным по аварийным выбросам хлора в окружающую среду в европейских странах (входящих в «Еврохлор») [4], приведено в таблице.

Опасность применения хлора при дезинфекции питьевой воды и канализационных стоков остается высокой. Это объясняется тем, что с ростом и расширением селитебной зоны городов и поселков многие водопроводные и канализационные сооружения, находившиеся ранее на безопасных расстояниях от зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения, оказываются зачастую вблизи мест массового скопления людей и создают серьезную угрозу группового поражения населения при авариях на хлорных объектах.

Оборудование	Число аварий	Процент от общего числа аварий
Арматура на трубопроводах	97	24,9
Цистерны	89	22,8
Технологические емкости	83	21,3
Контейнеры и баллоны	72	18,5
Сливо-наливное оборудование	22	5,6
Испарители жидкого хлора	14	3,6
Хлорные танки	13	3,3
Всего	390	100,0

Альтернативные дезинфектанты и технологии

Гипохлориты — соли хлорноватистой кислоты HOCl — широко применяются как отбеливающие средства в текстильной, бумажной, целлюлозной промышленности, как дегазаторы (например, гипохлорит кальция Ca(OCl)₂ — хлорная известь) стойких ОВ, для дезинфекции питьевых и сточных вод и в других целях.

Гипохлорит натрия NaOCl используется в качестве альтернативы газообразному хлору, обеспечивает эффективное обеззараживание и защиту от всех известных болезнетворных бактерий, вирусов, грибковых и простейших. Применяется в двух формах — как высококонцентрированный 19 %-ный раствор с высоким значением pH, производимый на химических заводах, и как раствор гипохлорита с концентрацией активного хлора менее 1 %, производимый на месте его использования.

Технологии с применением высококонцентрированного раствора гипохлорита для дезинфекции вод хотя и являются более безопасными по сравнению с хлорированием, но связаны с проблемами, обусловленными свойствами гипохлорита натрия. Прежде всего, существует необходимость хранения высококонцентрированного раствора гипохлорита на местах его производства и применения, доставки его к месту применения в транспортных емкостях, выполнения опасных операций по его сливу-наливу, а также доставки и хранения исходного сырья.

При хранении и транспортировании гипохлорита происходит его разложение с образованием хлората и других побочных соединений. Чем выше концентрация и температура гипохлорита, тем выше скорость его разложения. Чтобы избежать разложения, требуется минимизировать время хранения и транспортирования до места применения и температуру раствора. Взаимодействие ряда металлов, таких как медь и никель, с гипохлоритом также способствует его быстрому разложению с выделением кислорода.

Высококонцентрированный раствор гипохлорита обладает агрессивными свойствами, и оборудование для его транспортирования, хранения и дозирования подвергается интенсивной коррозии.

Применение высококонцентрированного раствора гипохлорита также имеет ряд существенных недостатков. При введении его в воду с высоким содержанием кальция и магния возможно образование нерастворимых отложений, что приводит к необходимости частой очистки и ремонта резервуаров, трубопроводов, арматуры, дозирующих и эжекторных устройств. Более подробно проблемы использования высококонцентрированного раствора гипохлорита натрия представлены в работе [5].

Часть проблем может быть решена при использовании технологии производства гипохлорита натрия на месте его применения. На примере одной из установок рассмотрим технологию производства низкоконцентрированного раствора гипохлорита натрия.

Принципиальная технологическая схема установки

Низкоконцентрированный 0,6–0,9 %-ный раствор гипохлорита натрия как готовый продукт для

дезинфекции вод производят методом электролиза при заданных технологических параметрах (плотность тока, объемный расход, температура и т.д.) из 3 %-ного раствора NaCl на месте применения.

Процесс производства NaOCl в общем виде состоит из следующих стадий:

подготовки раствора поваренной соли с концентрацией 3–4 %;

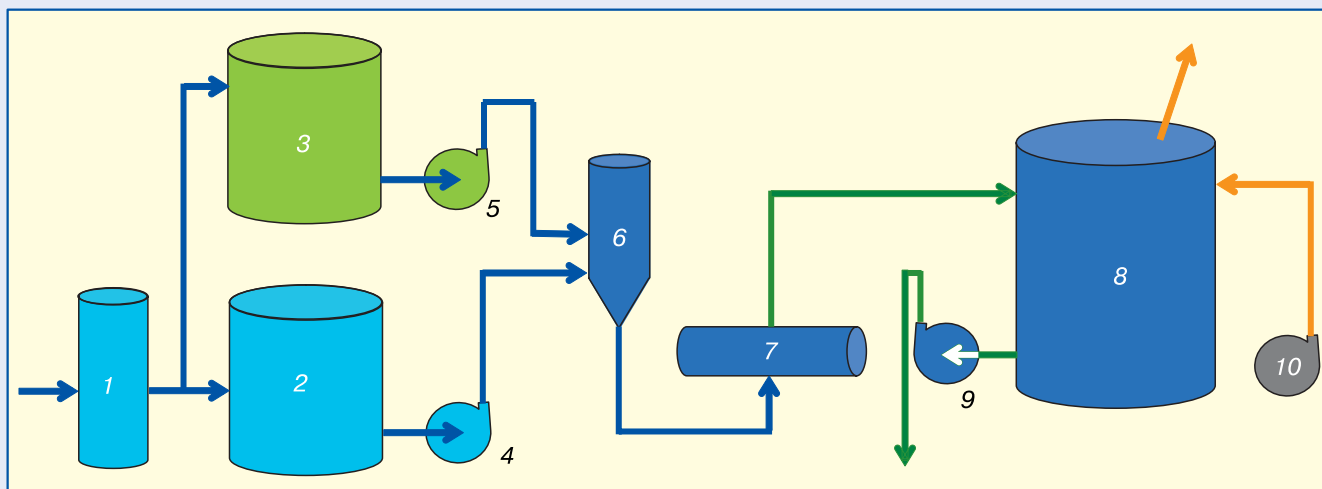
производства NaOCl в реакторах.

Принципиальная технологическая схема производства низкоконцентрированного гипохлорита натрия показана на рисунке.

Насыщенный раствор соли и умягченная вода после ионно-обменных фильтров из резервуаров насосами подаются в смеситель для получения однородной смеси. Концентрация NaCl контролируется датчиком электропроводности, который автоматически управляет преобразователем частоты насоса. Затем раствор NaCl поступает в резервуар промежуточного хранения, из которого с помощью насоса подается в реакторы (электролизеры) NaOCl. Полученный 0,8 %-ный раствор NaOCl хранится в резервуарах NaOCl, из которых дозирующими насосами он перекачивается, в зависимости от потребности, непосредственно в систему дозирования для дезинфекции вод.

Произведенный на месте применения NaOCl по сравнению с газообразным или жидким хлором эффективнее и действеннее, так как гипохлорит-анион OCl⁻ обеспечивает обеззараживание и защиту при дезинфекции питьевых и сточных вод.

Опасным побочным продуктом при производстве низкоконцентрированного раствора NaOCl является водород, удаляемый из сепараторов и резервуара хранения раствора NaOCl в безопасных



Принципиальная технологическая схема производства низкоконцентрированного раствора гипохлорита натрия:

1 — ионообменные фильтры для умягчения воды; 2 — емкость для умягченной воды; 3 — емкость для раствора NaCl; 4 — насос для умягченной воды; 5 — насос для рассола; 6 — смеситель; 7 — реактор NaOCl; 8 — емкость для хранения NaOCl; 9 — дозирующий насос NaOCl; 10 — вентилятор для удаления водорода

концентрациях продувкой с помощью специальной безопасной и эффективной системы принудительной вентиляции.

Основное оборудование установки — реактор производительностью 5 м³/ч 0,7–0,9 %-ного NaOCl. Расход соли на 1 кг эквивалентного хлора 3,5 кг, электроэнергии 5,4 кВт, воды 150 л. Материал корпуса — поливинилхлорид. Внешний диаметр реактора около 300 мм, длина до 1500 мм. Такая установка с одним реактором обеспечивает работу водопроводной станции производительностью 150 000 м³/сут, что может быть достаточным для водоснабжения города с населением около 300 тыс. человек.

Для повышения производительности установки реакторы собирают в комплектные блоки в зависимости от потребности в NaOCl и мощности водопроводной станции. Например, комбинированный реактор, состоящий из восьми реакторов, производительностью 5 м³/ч 0,9 %-ного раствора NaOCl, обеспечивает работу водопроводной станции производительностью 1 300 000 м³/сут, что достаточно для качественного водоснабжения города с населением около 3 млн. человек. Установка электролиза работает в периодическом режиме, при отсутствии потребности в NaOCl она автоматически отключается.

Установки такого типа максимально автоматизированы и снабжены необходимыми средствами противоаварийной автоматической защиты, отключающими установку при нарушениях установленных технологических параметров. Система автоматизации позволяет вести технологический процесс без постоянного присутствия технологического персонала.

Обеспечение промышленной безопасности

Применение технологии и оборудования для получения низкоконцентрированного раствора гипохлорита натрия на месте его использования позволяет решать проблемы промышленной безопасности на водопроводных станциях, очистных сооружениях, в плавательных бассейнах и др. Раствор гипохлорита натрия с концентрацией менее 1 % активного хлора по международным нормам не относится к опасным реагентам остронаправленного действия.

По российским нормам 0,6–0,9 %-ный раствор NaOCl относится к 4-му классу опасности по ГОСТ 12.1.007—76 (вещества малоопасные), что по сравнению с хлором, который по степени воздействия на организм человека относится ко 2-му классу опасности (вещества высокоопасные), может значительно повысить безопасность эксплуатации технологических установок за счет замены высокоопасных веществ менее опасными.

Вместе с тем такая замена не означает, что установка по производству низкоконцентрированного раствора гипохлорита натрия на месте его применения не следует относить к опасным производственным объектам. Процессы электролиза гипохлорита и хранения готового раствора остаются взрывоопасными за счет выделяемого водорода и требуют выполнения требований промышленной безопасности при ведении этих процессов и эксплуатации установок.

При этом получение гипохлорита на месте применения повышает безопасность водопроводных систем и объектов за счет минимизации операций транспортирования, хранения, перегрузки и опорожнения баллонов или контейнеров с хлором, снижает расходы на обеспечение промышленной безопасности хлораторных и складов хлора (необходимость систем аварийной вентиляции, санитарных колонн, систем гашения хлорной волны и т.д.).

Данная технология и оборудование в определенной степени могут обеспечить независимость водопроводных компаний от поставщиков химических реагентов, удешевить процесс дезинфекции питьевых и сточных вод, а упрощение технологии не требует специальной подготовки высококвалифицированного персонала.

Использование альтернативных дезинфектантов вместо жидкого хлора, а также новых технологий и оборудования при обеззараживании питьевой воды и стоков в системе коммунального хозяйства, промышленных предприятий, в социальной сфере и здравоохранении в условиях конкретных объектов имеет положительные перспективы применения, что не исключает проведения для каждого из объектов мероприятий по комплексному функционально-стоимостному анализу в совокупности с требованиями безопасности.

Список литературы

1. *О предельно допустимых объемах запасов химически опасных веществ на предприятиях Москвы* / С.М. Лыков, В.Ф. Мартынюк, В.А. Ткаченко, Е.В. Ханин // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. — 1998. — № 11. — С. 41–60.
2. *Бесчастнов М.В.* Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. — М.: Химия, 1991. — 432 с.
3. *Тимофеев А.Ф., Ягуд Б.Ю.* Техника безопасности при хранении, транспортировании и применении хлора. — М., 1996. — 519 с.
4. *Папп Р.* Докл. на симп. стран «Еврохлор» по безопасности при обращении с хлором. — Брюссель (Бельгия); 15.11.90. — 5 с.
5. *Григорьев А.Б., Расс Р.* Сравнительная оценка высоко- и низкоконцентрированного гипохлорита натрия для дезинфекции питьевых вод // Водоснабжение и санитарная техника. — 2006. — № 10. — С. 42–46.