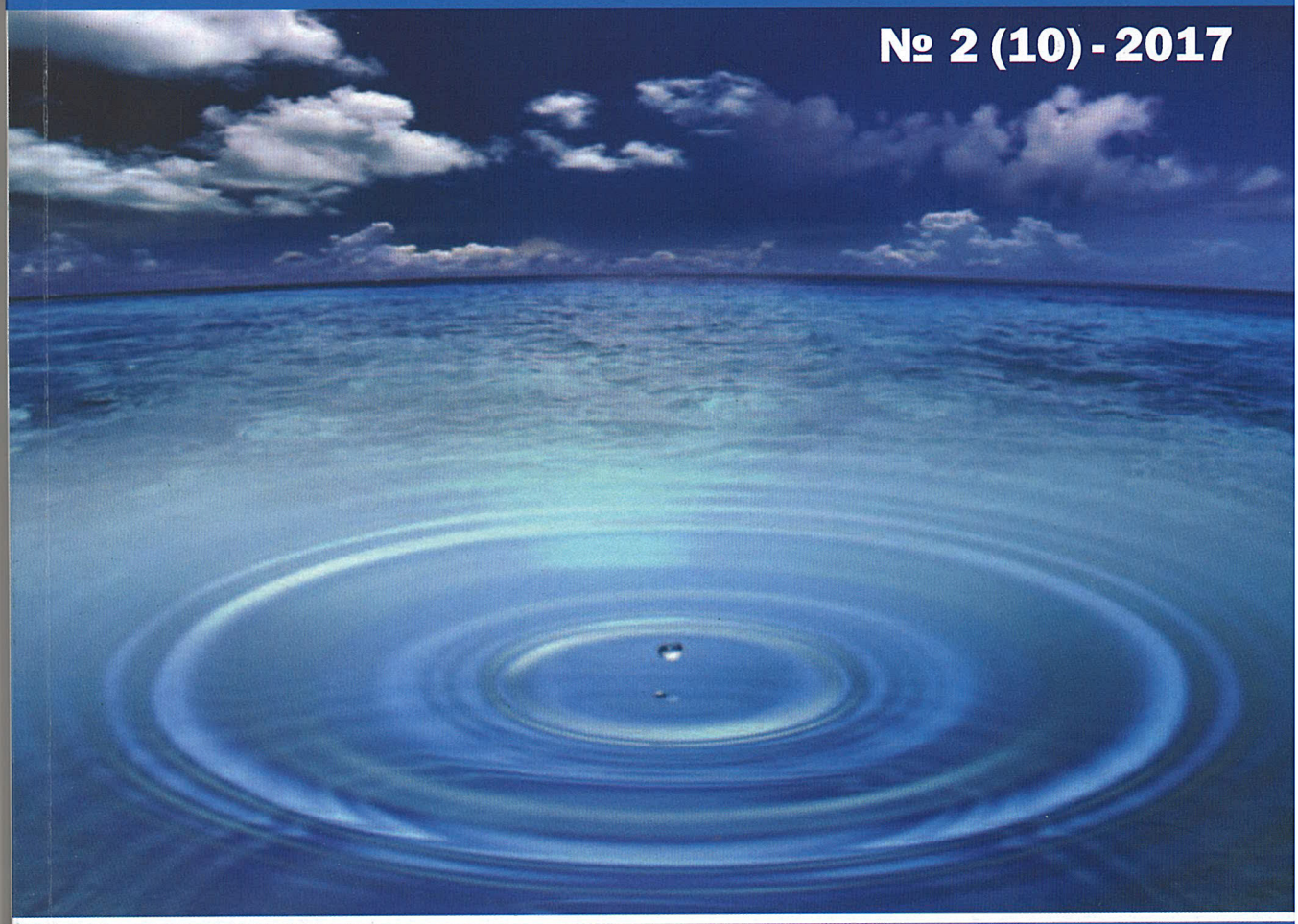
ISSN 2414-5742

SU PROBLEMLƏRİ

ELM VƏ TEXNOLOGİYALAR

BEYNƏLXALQ RESENZİYALI ELMİ JURNAL

№ 2 (10) - 2017



- Su ehtiyatlarının tədqiqi və inteqrasiyalı idarəetmə problemləri
- İçməli su emalı və tullantı suların təmizlənməsində innovativ texnologiyalar
- Su təchizatı, tullantı və yağış suları sistemlərinin idarə olunması
- Sudan istifadənin ekoloji problemləri

УДК 628.316.6

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДЕЗИНФЕКЦИИ ВОДЫ

(стр.98-110)

Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И., Бабаев А.А., Кулиев Э.Ш.
ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск, Россия,
65613@mail.ru

Abstract. The problems arising from the use of liquefied chlorine for the disinfection of drinking, process water and wastewater are considered. The prospects and economic feasibility of producing alternative and less hazardous chlorinated products directly at the site of consumption by electrolysis of aqueous solutions of food salt are shown. A comparative assessment of environmental and industrial safety of the membrane and diaphragmless types of the electrolysis plants is given. It is shown that the safest in the eco-technologically and anti-terrorism sustainability should be considered low concentration of sodium hypochlorite produced in the electrolysis apparatus without separating the electrode spaces.

Ключевые слова: *обеззараживание воды, газообразный хлор, смесь оксидантов, гипохлорит натрия, мембранный электролиз, бездиафрагменный электролизер, экологическая безопасность.*

Введение

Обеззараживание является обязательной стадией на финишном этапе технологической схемы подготовки воды. Традиционно проблема санитарно-эпидемиологической безопасности питьевой воды решается хлорированием, которое продолжает оставаться самым распространенным в мире способом дезинфекции воды в силу своей санитарно-гигиенической надежности, пролонгированности бактерицидного действия, относительной простоты и экономичности. Однако при использовании жидкого хлора бесспорной остается проблема его транспортировки через селитебные территории и хранения многотонных запасов на водоочистных станциях, многие из которых уже стали опасно соседствовать с расширяющейся городской жилой застройкой. Опасность использования жидкого хлора (2-й класс опасности), а так же невозможность соблюдения Водоканалами ряда положений все более ужесточающихся

Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, в частности, «Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред», утвержденных Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 ноября 2013 г. № 554 (в дальнейшем – «Правила»), привели традиционную технологию обеззараживания воды в тупиковую ситуацию. Решением проблемы может быть либо перенос водоочистной станции в более безопасное место (по сути – строительство новой за городской чертой), либо отселение жителей за пределы опасной зоны (в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» не менее 500 м от хранения контейнеров с хлором, п. 7.1.14), или перевод станции на менее опасный дезинфектант, сочетающий положительные качества хлорирования и отсутствие его недостатков.

Описание исследования

С точки зрения эпидемиологической безопасности централизованного водоснабжения все хлорсодержащие реагенты (жидкий хлор, хлорная известь, гипохлориты и др.) одинаково надежны и эффективны. Как следствие, при выборе конкретного реагента его преимущества следует искать не в каком-то супербактерицидном эффекте дезинфектанта, а в безопасности его доставки и хранения, технологичности применения, образовании и количестве побочных отходов при производстве продукта на месте его последующего использования, сроках и условиях сохранения рабочих характеристик продукта, а также стоимости поставляемого с химзаводов хлорсодержащего реагента или аппаратов, производящих его непосредственно на площадке водоочистных сооружений из приобретаемого сырья.

Мировой опыт научного поиска альтернативных жидкому хлору дезинфектантов обозначил, а в дальнейшем и подтвердил на практике перспективность и экономическую привлекательность хлорсодержащих продуктов, получаемых на месте потребления при прохождении электрического тока через раствор поваренной (пищевой) соли. Технологически получение хлорсодержащих сред электролизом возможно двумя путями: с разделением межэлектродного пространства (катионообменной мембраной или проницаемой диафрагмой) и получением анодной (молекулярный хлор) и катодной (едконатровая щелочь и водород) фракций, или без разделения с выработкой в одном пространстве гипохлорита натрия и водорода [1–3].

Метод безмембранного электролитического получения раствора гипохлорита известен с конца XIX века, хорошо изучен и в силу ряда преимуществ по-прежнему остается перспективным и в последнее время находит все более

широкое практическое применение, постоянно совершенствуясь и модернизируясь в направлении повышения эколого-экономических показателей технологического процесса.

В России самые мощные электролизные установки работают в городах: Ростов-на-Дону (водопроводные станции ОСВ-1 «Центрального водопровода» – 1 т и ОСВ «Александровские» – 7 т по эквиваленту хлора в сутки производства ООО НПП «ЭКОФЕС»; Санкт-Петербурге (Водопроводные станции «Северная» – 3,5 т и «Южная» – 4,5 т в сутки производства фирмы «NEWTEC») [4]; Иваново (две установки по 680 кг/сут., фирма «GRUNDFOS/ALLDOS»); Набережные Челны (два электролизера НСТ-1500 по 680 кг эквивалентного хлора в сутки производства Severn Trent De Nora); Уфе (Северный инфильтрационный водозабор, три установки по 113 кг/сут., фирма «Wolles & Tiernan»). С другой стороны, потребители иностранных технологий попадают в неизбежную зависимость от зарубежного сервиса и ремонта, а также от поставок импортных комплектующих и расходных материалов (прежде всего крайне дорогих окисно-иридиево-рутениевых титановых анодов с гарантийным сроком эксплуатации металлооксидного покрытия 2–3 года), что вызывает серьезные финансовые проблемы и некоторую неуверенность у импортоприобретателей, особенно обострившуюся в сегодняшних условиях нарастающих санкций со стороны стран Евросоюза.

Именно с такой ситуацией пришлось столкнуться одному из крупнейших российских водоканалов, на водоочистных станциях которого в течение 3-х лет эксплуатируется 6 электролизных установок «GRUNDFOS/ALLDOS» производительностью 156 кг/сут. по эквиваленту хлора каждая. Выработка срока службы анодного покрытия ОРТА и связанное с этим резкое снижение концентрации вырабатываемого гипохлорита натрия потребовало срочной замены пакета электродных пластин особой конструкции, приобретение и монтаж которых в электролизные аппараты фирма-производитель оценила в десятки миллионов рублей. В итоге монопольную ситуацию на рынке комплектующих материалов к импортным электролизерам пришлось исправлять отечественному производителю, среди которых далеко не каждый способен обеспечить адекватную замену. В частности для МУП «Водоканал» Муниципального образования «Город Архангельск» ООО НПП «ЭКОФЕС» (г. Новочеркасск) изготовило, смонтировало и в начале июля 2016 г. запустило в эксплуатацию четыре электролизных модуля собственного производства по 150 кг/сут. по активному хлору каждый взамен вышедшим из строя аппаратам «GRUNDFOS/ALLDOS» (рисунок 1). Как показала эксплуатация, установленные электролизеры по основным технологическим показателям не уступают ранее действующим импортным аналогам.

Кроме того, все иностранные компании, а вслед за ними и Российские

фирмы («Невский Кристалл», «Юпитер», «РутТех», «Аквахим» и др.) при производстве гипохлорита используют глубокоумягченную воду и специальную соль (таблетированную или марки «Экстра», в крайнем случае, высшего сорта), не содержащую кальция и магния, что удорожает процесс на 30–40%. И если воду не трудно умягчать на месте ее использования (как правило, электролизные станции зарубежного образца поставляются только в комплекте с Na-катионитовыми фильтрами), то соль марки «Экстра» в России не производится (ближайший поставщик – Белорусская «Мозырьсоль») и ее цена в 3–5 раз выше Астраханской, Илецкой и др.

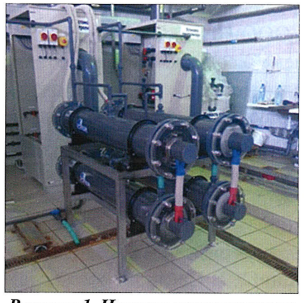


Рисунок 1. Четыре электролизера «Хлорэфс» взамен вышедшим из строя «GRUNDFOS/ALLDOS» производительностью 150 кг хлора в сутки каждый

В результате для продвижения своей продукции на рынке некоторые отечественные производители широко заявляют о возможности использования на их установках поваренной соли любой сортности забывая при этом, что в глубоко умягченной Na-катионированной воде при растворении такой соли происходит вторичное насыщение воды ионами жесткости, присутствующими в низкосортной соли. В итоге в течение весьма короткого времени их электролизные аппараты практически полностью обрастают карбонатными отложениями с закупоркой межэлектродного пространства (рисунок 2) и нарушением гидравлики протока. Отсутствие автоматической кислотной промывки электролизеров, регулярность и периодичность которой не зависит от «человеческого» фактора, и неработающая при этом в нормальном режиме водоподготовка только усугубляют процесс.



Рисунок 2. Пакет электродов спустя 5 месяцев эксплуатации на неподготовленной воде и отсутствии автоматической регулярной кислотной промывки

Также отметим, что применяемая как в отечественных, так и в импортных установках «NEWTEC», «GRUNDFOS/ALLDOS», «OSEC» и др. система умягчения воды Na-катионированием требует дополнительного потребления воды и соли на регенерацию катионита и, что наиболее проблематично, этими установками не решается вопрос очистки (или утилизации) отработанных высококонцентрированных хлоридно-магниево-кальциевых регенерационных растворов, а также взрыхляющей и отмывочной воды. В технологических схемах такие сбросы производители электролизных установок именуют обтекаемым выражением «в дренаж», а по сути – в хоз-бытовую канализацию, что категорически неприемлемо и запрещено.

На электролизных установках производства ООО НПП «ЭКОФЕС» проблема использования низкокачественной (и дешевой) соли решается методом декарбонизации рабочего солевого раствора, приготовленного на неумягченной водопроводной воде. При этом реализуется наиболее простая, значительно менее затратная и безотходная (какие-либо сбросы отсутствуют) технология удаления осадкообразующего иона гидрокарбоната путем

подкисления воды до pH = 4,0–4,2 с переводом в свободную CO_2 и последующей отдувкой её в пленочном или барботажном дегазаторе.

Такая технология подготовки солевых растворов впервые была реализована ООО НПП «ЭКОФЕС» на электролизной станции ОСВ Центрального водопровода Ростова-на-Дону и в течение восьми лет эксплуатации демонстрирует свою высокую эффективность и надежность.

Наконец, имеется, еще один вид стоков, подлежащих переводу их в состояние, отвечающее требованиям, предъявляемым к приему в промканализацию ВОС, либо возврату в схему электролиза. Это стоки от промывки электролизеров раствором соляной кислоты. В технологии «Newtec» (Водопроводные станции г. Санкт-Петербурга «Северная» - 3,5 т и «Южная» – 4,5 т по эквиваленту хлора в сутки) по мере образования на катодных пластинах отложений карбоната кальция проводится периодическая промывка электролизеров в закрытом контуре 4% раствором соляной кислоты. Промывку осуществляют подключением к очередному электролизеру передвижной мобильной установки с размещенной на ней емкостью с кислотой и циркуляционным насосом. В литературе нет информации о месте выпуска отработанной кислоты (так же, как и отработанных солевых регенерационных растворов от Na-катионирования). Очевидно, сброс осуществляется также по схеме «в дренаж».

На рынке экологических товаров и услуг появляется все большее количество усиленно рекламируемых устройств мембранного (или диафрагменного) типа, декларируемых как «безопасная и экономическая альтернатива известным технологическим процессам синтеза хлора», «новый процесс в технологии электрохимических производств» и т.п., а производимый этими

аппаратами продукт именуется как «электрохимически активированный антимикробный раствор», «более современный в технологическом и функциональном плане аналог хлорной воды» и т.д. [4–6].

Получаемый в анодной камере диафрагменного (или мембранного) электролизера газ различные фирмы называют по-разному:

– «обычный хлор-газ» (компания ProMinent, Германия; компания Chlorimax, США);

– «оксидантный газ-хлорин», состоящий из хлор-газа, диоксида хлора, перекиси водорода, атомарного кислорода (фирма Oxico, США);

– «нестабильная влажная газообразная смесь оксидантов, представленная хлором (95%), диоксидом хлора (3%), озоном (1,5%), гидропероксидными соединениями (перекись водорода, синглентный кислород, супероксидные радикалы)» (ЗАО «Институт электрохимических систем и технологий Витольда Бахира», Россия);

– «газообразный оксидант» (ООО НПО «Эко-технология», Россия).

В литературе и рекламных буклетах имеется обширная информация о том, что «раствор смеси оксидантов» за счет «аномальной реакционной способности растворов и газов» обладает более эффективным окислительным и бактерицидным действием по сравнению с гипохлоритом натрия, получаемом в бездиафрагменном электролизере [5–7]. Такое действие приписывают «комплексу окислителей», однако до настоящего времени нет опубликованных достоверных данных об идентификации каких-либо окислителей помимо хлора в электрохимически полученных растворах. Хотя вероятно, что и другие разновидности окислителей генерируются при электролизе в микроколичествах, однако аналитическое определение их содержания на фоне высоких концентраций активного хлора в растворе проблематично.

При электролизе с разделенными электродными пространствами полученный в анодной камере газ смешивается с водой, и в результате получаем: «раствор смеси оксидантов», «анолит АНК», «аналог хлорной воды» и т.п. (название продукта в зависимости от производителя оборудования) и который фактически мало чем отличается от насыщенной газообразным хлором воды в обычном хлораторе. Результаты исследований, изложенные в докладе «Foundation for Water Research» (Великобритания) №832/1100 от 08.12.2003 г., показали, что генераторы «смеси оксидантов» не вырабатывают «электрохимически активированный анолит» (он же «раствор смеси оксидантов») с заявленными свойствами, как утверждается в рекламных проспектах и на сайтах фирм-производителей, а протестированное оборудование не вырабатывает продукт, отличный от хлора.

При сравнительной оценке технологий электрохимического получения хлорсодержащих продуктов (хлорной воды, «оксидантов», низко- или высо-

коконцентрированного гипохлорита натрия) на месте их последующего применения конкурентоспособность и инвестиционная привлекательность электролизных аппаратов определяются (в основном):

– возможностью применения соли любой сортности;

– энергозатратами на единицу получаемого продукта (1 кг в эквиваленте активного хлора);

– затратами на подготовку воды, используемой в приготовлении солевых растворов (умягчение воды или декарбонизация);

– уровнем автоматизации как основных (электролиз), так и вспомогательных (растворение соли, водоподготовка, удаление карбонатных отложений, дозирование готового продукта и др.) технологических процессов;

– безотходностью и экологичностью технологического цикла, исключающих образование вторичных загрязнений, подлежащих последующей очистке или утилизации;

– безопасностью, надежностью и антитеррористической устойчивостью производства на месте потребления хлорсодержащих сред.



Рисунок 3. Станция обеззараживания в Каменск-Уральском ОАО «Водоканал» установками МБЭ производства ООО ГК «Спецмаш»

Рассматривая схему получения хлорсодержащего продукта методом электролиза хлоридных растворов с разделенным электродным пространством на аппаратах типа МБЭ (мембранный биполярный электролизер (рисунок 3), производители ООО ГК «Спецмаш» г. Дзержинск, ООО «Эко-Технология» г. Санкт-Петербург, ООО «СибАкваТрейд» г. Омск) и сравнивая ее экологичность и промышленную безопасность с позиций требований «Правил» и с некоторыми другими нормативными документами приходим к заключению, что заявляемые изготовителями МБЭ цели их деятельности, такие как, например, «обеспечение реализации технологического процесса во имя экологической и технологической безопасности объекта и населенного пункта» (www.et-sp.ru), или что промбезопасность объекта реализуется за счет того, что «хлор образуется только при наличии источника постоянного

тока, нет необходимости хранения хлора, т.к. он непосредственно производится и уходит в трубы с водой» (www.specmash.ru) и др., не всегда отвечают действующим нормативным требованиям по безопасности объекта и его экологичности.

Необходимо отметить, что, например, входящая в состав ООО ГК «Спецмаш» ООО ЗХ «Заря» выпускает мощные диафрагменные электролизеры (типа ДМ и БГК, рисунок 4), применяемые при производстве хлора (до 3 т/сут.) и каустической соды (до 3,5 т/сут.). Поскольку широкого спроса на такие высокопроизводительные аппараты, генерирующие хлор-газ, на сегодняшний день нет, то, очевидно, производителями промышленных электролизеров было принято решение из «больших» сделать «маленькие» типа МБЭ, производительностью до 150 кг хлора в сутки. А поскольку «маленькие» аппараты не оборудованы устройствами охлаждения, осушки и компримирования отходящего от электролиза хлор-газа в сжиженный продукт, то в технических заданиях на «повышение экологической эффективности систем обеззараживания воды» Заказчик пишет (цитата из «Техзадания» от Новокузнецкого Водоканала): «Продукты электролиза поваренной соли (видимо, неловко написать, что продукт – это хлор-газ 2-го класса опасности) из электролизера должны подаваться на потребление непосредственно, без промежуточного их хранения в специальных емкостях». Почему именно так? Да потому, что в качестве «специальных емкостей» могут выступать только баллоны или бочки с хлором, т.е., чтобы не вернуться к тому (хлораторной), от чего якобы уходим. Однако пока еще никто не отменял СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.2-84*», в п. 9.121 в которых четко прописано, что вместимость расходного бака гипохлорита (а если это мембранный электролизер, то, соответственно, емкость с хлорной водой или же «специальная емкость» с хлор-газом) должна обеспечивать не менее суточной потребности станции в реагенте. Т.е. на случай планируемой или непредвиденной (авария) остановки электролизеров типа МБЭ не то, что 24-часового, а вообще какого-либо запаса хлорного продукта нет. И только производители МБЭ, не знакомые или игнорирующие СП, позволяют себе рекламировать такие технологии по своему разумению и под свое оборудование, очевидно, наперед зная, что до Госэкспертизы их проектная документация не дойдет, а, следовательно, и нет проблем.

Однако проблема есть, и эта проблема четко прописана в целом ряде положений Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред». В частности, при электролизе мембранным методом (п. 53 «Правил») «при отключении электролиза должна автоматически включаться продувка катодных и анодных пространств электролизера, хлорных и водородных коллекторов азо-



Рисунок 4. Промышленный диафрагменный электролизер типа БГК для генерации хлора и каустической соды производства ООО ЗХО «Заря» (Группа компаний «Спецмаш»)

том» и еще целый ряд пунктов (п.п. 43–52 «Правил») по автоматическому регулированию и контролю за техпроцессом получения хлор-газа, обязательность выполнения которых производителями установок МБЭ попросту игнорируется. Совершенно очевидно, что согласно «Правилам» само получение, транспортирование по трубопроводу (пусть и на коротком участке) и эжектирование хлор-газа, вещества 2-го класса опасности, автоматически переводит такие «хлордозаторные» в опасные производственные объекты со всеми вытекающими последствиями, что бы там не писали изготовители МБЭ в своих рекламных буклетах.

Наконец, следуя информации самих производителей электролизных установок с разделенным межэлектродным пространством, а также применяемой ими технологии получения хлора, их установки представляют собой «мини-хлоркаустиковые заводы», на которых в качестве готового продукта генерируются хлор-газ и едконатровая щелочь, и которые, в свою очередь, согласно ГОСТ 12.1.007, относятся к вредным веществам 2-го класса опасности. При мембранном электролизе на каждый кг генерируемого хлора попутно вырабатывается и 1,14 кг (теоретически, а на практике еще больше) едкого натра, или выход 15%-ной щелочи (150 г/л NaOH в католите с pH = 13–14 ед.) составит около 10 л на каждый кг получаемого хлора. Т.е. при суточной потребности, например, Омского Водоканала (одного из заказчиков МБЭ) около 2000 кг ему предстоит куда-то определять (продавать, нейтрализовать, утилизировать или еще что-то делать) около 20 м3 15%-ного (или 30 м3 10%-ного) каустика ЕЖЕСУТОЧНО! Готов ли «ОмскВодоканал» к таким проблемам?

Выводимый из электролиза водный раствор гидроксида натрия, пусть он будет 15% или 10%, да хоть и 1%-ной концентрации, носит название «едкий натр» (по ГОСТ 2263-79) и относится к вредным веществам 2-го класса опасности по ГОСТ 12.1.007 с особыми условиями его хранения, транспортирования, слива-налива и требований безопасности, чего в схемах с установками

МБЭ никак не предусмотрено, что и будет выявлено первой же комиссией Ростехнадзора при проверке опасного производственного объекта.

Расходными материалами в электролизерах МБЭ являются ионообменные сульфакатионитные мембраны Флемион 811 фирмы АСАХИГЛАСС (Япония) или мембраны Nafion производства фирмы «Дюпон» (США), что ставит приобретателей мембранных аппаратов в неизбежную зависимость от иностранных поставок или от посредников, перепродающих такого рода импортную продукцию. Возникает вопрос: в реалиях сегодняшнего дня, направленных на максимально возможное импортозамещение, будут ли отвечать такие установки требованиям экономической ситуации, сложившейся в РФ на фоне все возрастающих санкций со стороны индустриально развитых стран: США и стран Евросоюза?

С целью минимизации карбонатно-сульфатно-кальциевых отложений на мембранах (что и определяет срок их службы) в установках типа МБЭ должна применяться только химически чистая соль (в Российских условиях это таблетированная или пищевая поваренная соль не ниже марки «Экстра», ближайший поставщик которой Белорусская «Мозырьсоль») и глубоко умягченная вода с практически нулевой концентрацией кальция. Для этой цели в технологиях МБЭ применяют Na-катионирование воды, при этом технологию водоподготовки комплектуют импортной ионообменной установкой типа EMS MX с пятислойной загрузкой Экософт Микс (хотя и отечественный КУ-2-8 не хуже импортного аналога). Возникает очередной вопрос: как утилизируются (или деминерализуются) отмывочные и отработанные 30%-ные хлоридно-натриево-кальциево-магниевые отработанные регенерационные растворы от Na-катионирования, поскольку их сброс в хоз-бытовую канализацию недопустим ни при каких обстоятельствах? Ответ: в технологиях МБЭ никак.

Поскольку бактерицидное действие всех хлорсодержащих сред (вода, насыщенная хлор-газом или она же «хлорная вода», гипохлориты кальция и натрия, хлорная известь и другие хлорсодержащие водные растворы), за исключением диоксида хлора, в принципе одинаково, поскольку все они имеют один механизм гидролиза свободного хлора в водной среде, то возникает следующий вопрос: поскольку энтеровирусы, цисты лямблий и др. спорообразующие устойчивы к воздействию хлора (независимо от того, хлорная ли это вода, электрохимический гипохлорит натрия, «газообразная влажная смесь оксидантов» и т.д.), то каким образом установки МБЭ способны обеспечить 100%-ную (как заявляется в рекламных проспектах изготовителями мембранных аппаратов) санитарно-эпидемиологическую безопасность питьевой воды, если нет финишного этапа ультрафиолетового обеззараживания?

Даже при использовании высококачественной соли и глубокоумягченной воды, тем не менее, не исключается постепенное отложение и накопление на

поверхности мембраны так называемых «катодных отложений» – солей карбоната и сульфата кальция. Поскольку в технологической схеме МБЭ не предусмотрена кислотная промывка вообще, то, как тогда удаляются такие соли с поверхности мембраны, наличие которых постепенно приводит к «запиранию» мембраны и выходу её из строя?

Электролизные установки для получения низкоконцентрированного гипохлорита натрия без разделения электродных продуктов лишены недостатков, присущих мембранному или диафрагменному электролизу, в частности: отсутствие этапов выделения газообразного хлора и образования побочного продукта – едконатровой щелочи и, как следствие, проблем, связанных с обеспечением хлорбезопасности и утилизацией каустика. Вырабатываемый в объеме электролизера продукт – гипохлорит натрия, вещество 4-го класса опасности, которое может беспрепятственно храниться в накопительных емкостях в объеме, обеспечивающем требуемый СП 24-часовый запас реагента на случай плановой или аварийной остановки электролизной станции. Возможность использования в качестве сырья поваренной соли любой сортности и, соответственно, цены также выгодно отличает метод безмембранного электролиза от технологий с аппаратами МБЭ.

Обеззараживание – обязательный этап обработки питьевой воды, необходимый для обеспечения ее гарантированной санитарно-эпидемиологической безопасности, а низкоконцентрированный гипохлорит натрия – альтернативный высокотоксичному газообразному хлору дезинфектант, который в мировой практике уже давно признан как самый безопасный, технологически надежный, экологически чистый хлорсодержащий реагент, получаемый в бездиафрагменных электролизных установках на месте последующего его потребления.

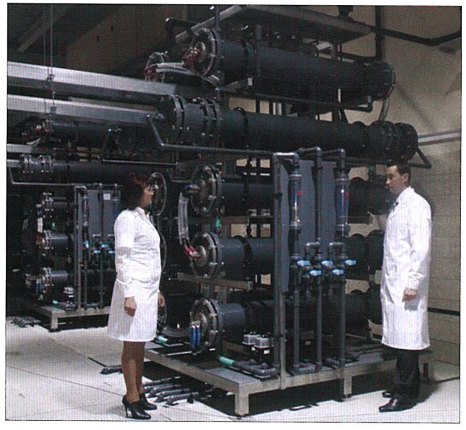


Рисунок 5. Самая крупная в России (вторая в мире) электролизная станция на Александровских ОСВ производительностью 7 т/сут по эквиваленту хлора с безмембранными электролизерами производства ООО НПП «ЭКОФЕС»

Вопросы экологической безопасности были полностью решены ООО НПП «ЭКОФЕС» на самой мощной в России (и второй в

мире) электролизной станции (7 т/сут по активному хлору с установкой 7 электролизных аппаратов по 1 т/сут каждый) на Александровских водопроводных очистных сооружениях г. Ростов-на-Дону, пущенной в работу в августе 2015 (рисунок 5). В отличие от импортных станций производства ГХН новая станция Ростовского водоканала является экологически чистой и полностью безотходной со 100% использованием или оборотом всех применяемых в технологии реагентов (воды, поваренной соли, кислоты) [8].

Среди эксплуатационных расходов на производство ГХН, наряду с затратами электроэнергии наибольшее влияние оказывает стоимость поваренной соли, используемой как источник хлорид-ионов [9]. Поэтому одним из перспективных и менее затратных методов химико-биоцидной обра-ботки воды является получение ГХН электролизом хлоридсодержа-щих растворов, в качестве которых могут использоваться морская, подземная и поверхностная вода. Особенно актуально применение прямого бездиафрагменного электролиза морской воды для биоцидной обработки балластной воды нефтяных и газовых платформ. В частности, как представляется, этот метод может быть крайне востребован в Азербайджанской Республике для предупреждения биообрастаний на нефтяных платформах добычи нефти в акватории Каспийского моря.

Выводы

1. Метод безмембранного электролизного получения ГХН остается перспективным и находит все более широкое практическое применение, постоянно совершенствуясь в направлении повышения эколого-технологических показателей.
2. Отсутствие у ряда отечественных производителей электролизных аппаратов автоматической кислотной промывки, регулярность которой не зависит от «человеческого» фактора вызывает неконтролируемый рост карбонатных отложений с закупоркой межэлектродного пространства.
3. Применяемая в отечественных и зарубежных установках система умягчения воды Na-катионированием рассчитана на применение соли не ниже марки «экстра», при этом не решен вопрос очистки (или утилизации) отработанных сильноминерализованных регенерационных растворов. Более экологична и менее затратна технология удаления осадкообразующего иона гидрокарбоната путем подкисления воды с переводом в CO2 и её последующей отдувкой в дегазаторе.
4. Продуктом электролиза поваренной соли в мембранных аппаратах является хлор-газ 2-го класса опасности, транспортирование которого по трубопроводу к точке дозирования переводит мембранный электролиз в ранг опас-

ного производственного объекта. Попутно с хлор-газом при мембранном электролизе генерируется и 10–15% едконатровая щелочь, продукт также 2-го класса опасности с особыми условиями его хранения, транспортирования, слива-налива и требований безопасности в соответствии с приказом № 559 Ростехнадзора по производству неорганических кислот и щелочей.

5. Вопросы экологической и промышленной безопасности полностью решены в отечественных электролизных установках «Хлорэфс» производства ООО НПП «ЭКОФЕС» (г. Новочеркасск) со 100% использованием или оборотом всех применяемых в технологии реагентов (воды, поваренной соли, кислоты).

Список литературы

1. Фесенко Л.Н., Денисов В.В., Скрябин А.Ю. Дезинфектант воды – гипохлорит натрия: производство и применение: монография / Л.Н. Фесенко, В.В. Денисов, А.Ю. Скрябин; под ред. проф. В.В. Денисова; ООО НПП «ЭКОФЕС», Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. Новочеркасск: Лик, 2012. 237 с.
2. Баранов С.В. Станции обеззараживания на основе мембранных электролизных установок // Мат. Всероссийского семинара «Техника и технология обеззараживания питьевых и сточных вод без использования элементарного хлора» / Москва, 2008 г.
3. Болдырев В.В. Обеззараживание воды методом мембранного электролиза // Водоснабжение и санитарная техника, 1999, № 11. С. 21–23.
4. Кинебас А.К., Нефедова Е.Д., Бекренев А.В. Обеззараживание воды низкоконцентрированным гипохлоритом натрия на водопроводных станциях Санкт-Петербурга // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 3 С. 24–29.
5. Бахир В.М. Обеззараживание воды: проблемы и решения // Вода Magazine. 2008. № 5.
6. Бахир В.М. К проблеме поиска путей повышения промышленной и экологической безопасности объектов водоподготовки и водоотведения ЖКХ // Водоснабжение и канализация. 2009. № 1.
7. Бахир В.М. Дезинфекция питьевой воды: проблемы и решения. Питьевая вода. 2003. № 1.
8. Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И., Пчельников И.В., Черкесов А.Ю., Федотов Р.В., Бессарабов С.Ю. Опыт эксплуатации современных электролизных установок производства низкоконцентрированного гипохлорита натрия // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2016. № 5. С. 54–60.
9. Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И., Пчельников И.В. Совершенствование технологии производства гипохлорита натрия электролизом морской воды. // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 1. С. 11-20.