

ВОДООЧИСТКА

ТЕМА НОМЕРА

**«Экологичность и безотходность
крупнотоннажного производства
гипохлорита натрия»**

№3/2014

УДК 628.16

ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ И БЕЗОТХОДНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВЫХ ВОД

Скрябин А.Ю., канд. техн. наук, генеральный директор, ОАО «ПО Водоканал»,
344019, Россия, Ростовская обл., г. Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, д. 295
e-mail: info@vodokanal.rnd.ru

Фесенко Л.Н., д-р техн. наук, профессор кафедры водного хозяйства, инженерных сетей и
защиты окружающей среды, Южно-Российский государственный политехнический универ-
ситет им. М.И. Платова;

Пчельников И.В., инженер-технолог, аспирант,
e-mail: pchelnikov.igor@mail.ru

Игнатенко С.И., канд. техн. наук, зам. директора по научной работе, ООО НПП «ЭКОФЕС»
346400, Россия, Ростовская обл., г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 200в
e-mail: 65613@mail.ru

*Дана сравнительная оценка высоко- и низкоконтрированного гипохлорита натрия для де-
зинфекции питьевых вод. Показано, что дальнейшее развитие электролизных станций по пути
увеличения их производительности по вырабатываемому активному хлору требует включения
в общую технологическую схему производства электролитического гипохлорита натрия узлов
очистки и повторного использования сточных вод, образующихся при кондиционировании воды,
солерастворении, и кислотной промывки электролизеров. Описаны методы, обеспечивающие
экологичность и безотходность крупнотоннажного производства гипохлорита натрия.*

Ключевые слова: обеззараживание, электролиз, гипохлорит натрия, карбонатные отложения,
водоумягчение, декарбонизация, промывные воды, повторное использование.

WAYS OF SOLUTION OF ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS AND NON-WASTE CHARACTER OF PRODUCTION OF ELECTROLYTIC SODIUM HYPOCHLORIDE FOR DISINFECTION OF DRINKING WATER

Skryabin A.Yu., Ph. D. of technical sciences, general director at "PO Vodokanal" OAO, Rostov-on-Don;

Fesenko L.N., Dr. Habil. of technical sciences, professor at the department "Water economics, engineering
networks and environmental protection", South-Russian state polytechnic university named after M. I.

Platov, director; **Pchelnikov I.V.**, industrial engineer at scientific and production enterprise "ECOFES" OOO,
postgraduate, South-Russian state polytechnic university named after M. I. Platov; **Ignatenko S.I.**, Ph. D. of
technical sciences, deputy director on scientific work at "ECOFES" OOO, Rostov region, Novochoerkassk

*Comparative estimation of highly and low concentrated sodium hypochloride for disinfection of drinking
water has been stated. It was shown that further development of electrolytic stations towards the way of
improvement of their productivity in produced active chlorine requires inclusion into general technological
scheme of production of electrolytic sodium hypochloride of purification nodes and reusing of waste
waters forming during water conditioning, salt solution and acidic washing of electrolysis cells. Methods
providing environmental friendliness and non-waste character of large-scale production of sodium
hypochloride have been described.*

Key words: disinfection, electrolysis, sodium hypochloride, carbonate deposits, water softening,
decarbonization, flushing waters, reusing.

Санитарно-эпидемиологическая безопасность питьевой воды в подающих и распределительных сетях, износ которых в большинстве случаев уже достиг критического уровня, обеспечивается обязательным обеззараживанием воды на финишном этапе реагентами, обладающими пролонгированным бактерицидным действием. Традиционно проблема решается хлорированием, которое продолжает оставаться самым распространенным в мире способом обеззараживания воды в силу своей санитарно-гигиенической надежности, относительной простоты и экономичности.

С точки зрения обеспечения эпидемиологической безопасности централизованного водоснабжения все хлорсодержащие реагенты одинаково надежны и обеспечивают эффективное обеззараживание и защиту от всех известных болезнетворных бактерий, вирусов, грибковых инфекций и простейших. Во всяком случае, до настоящего времени нет опубликованных достоверных данных о случаях массового микробного отравления населения водой, содержащей одновременно и патогенную микрофлору, и остаточный активный (свободный или связанный) хлор. За исключением диоксида хлора, дезинфицирующее действие всех хлорсодержащих реагентов (газообразного хлора, хлорной извести, гипохлоритов, хлораминов и др.) основано на одном механизме, суть которого заключается в том, что при введении их в воду независимо от исходной формы все они образуют хлорноватистую кислоту, которая оказывает непосредственное окисляющее и антимикробное действие. При выборе конкретного реагента, преимущества того или иного хлорного дезинфектанта следует искать не в его какой-то супербактерицидной активности или иных, свойственных только ему, отличительных особенностях (зачастую не отвечающих заявляемым изготовителем продукта характеристикам), а в безопасности его доставки и хранения, технологичности применения, образовании и количестве сопутствующих отходов при производстве реагента и их воздействии на окружающую среду (экологичности), сроках и условиях сохранения рабочих характеристик продукта, а также его стоимости.

В схеме обеззараживания воды газообразным хлором наиболее слабым звеном остается его транспортировка через населенные территории и хранение многотонных запасов на водоочистных станциях. Многие из них уже стали опасно соседствовать с расширяющейся городской жилой застройкой. Опасность использования жидкого хлора (2-й класс опасности), а также невозможность соблюдения водоканалами ряда положений Правил по производству, транспортированию, хранению и потреблению хлора (ПБ 09-594-93) привели традиционную хлорную технологию дезинфекции питьевой воды в тупиковую ситуацию. Выход из нее возможен либо переносом водоочистной станции в более безопасное место (строительство новой за городской чертой), либо отселением жителей за пределы опасной зоны (не менее 500 м от места хранения контейнеров с хлором) или переводом станции на менее опасный дезинфектант, сочетающий положительные качества хлорирования и отсутствие его недостатков.

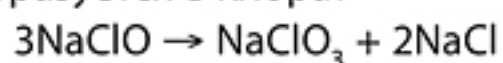
Токсичность хлора, усиленная высокой концентрацией сжиженного реагента, а также необходимость его транспортировки по селитебной территории и хранения под избыточным давлением послужили основанием поиска альтернативных путей обеспечения промышленной безопасности и антитеррористической устойчивости систем водоснабжения. Отметим при этом, что еще в начале 1980-х гг. Министерство энергетики Великобритании объявило мораторий на строительство хлораторных, работающих на жидком хлоре [1].

К числу альтернативных хлору реагентов прежде всего относятся электрохимический и электролитический гипохлорит натрия (ГХН). Благодаря высокой антибактериальной активности и широкому спектру действия на различные микроорганизмы ГХН продолжает приумножаться на рынке дезинфицирующих средств и остается вторым по объему применения после хлора.

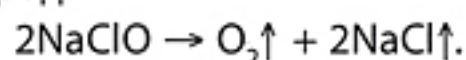
Электрохимический или технический (товарный) высококонцентрированный раствор ГХН (3-й класс опасности) с высоким значением pH (12 и более ед. pH) и концентрацией актив-

ного хлора 14–19 % (140–190 г/л) производится на химических заводах путем пропускания хлор-газа через раствор едко-натровой щелочи и доставляемый к объекту специальным транспортом. Более эффективен мембранный электролиз насыщенного раствора поваренной соли, в результате которого возможно производство ГХН концентрацией 17–18 %. Качество получаемого продукта должно соответствовать ГОСТ 11086-76 (марка «А»).

При хранении высококонцентрированный ГХН преобразуется в хлорат



и кислород



Скорость разложения технического гипохлорита натрия по первой реакции составляет 4–5 % в сутки (гарантии поставщика – не более 30 % потери продукта в течение первых 10 дней хранения); по второй – образование кислорода составляет примерно 1 % в сутки (при контакте с металлами процесс разложения катализируется до 2–3 %/ч). Для сокращения потерь активной части реагента при хранении привозимого ГХН необходимы: низкая температура складского помещения ($10 \pm 5^\circ\text{C}$); разбавление водой до концентрации, отвечающей наименьшей скорости разложения (до 8–10 % по активному хлору); отсутствие контакта с металлами; кратчайшее время хранения. В соответствии с п. 9.173 СП 31.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 2.04.02.-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения») продолжительность хранения не должна быть менее 15 сут.

Соответственно, и объем емкостей хранения ГХН должен обеспечивать как минимум его 15-суточный запас, считая по периоду максимального потребления реагента. Если учесть затраты на обеспечение мер безопасности, высокую стоимость реагента, станет ясной ограниченная перспектива использования технического ГХН в хозяйстве водоканалов. Немаловажным обстоятельством является зависимость покупателя (водоканала) от поставщика. Количество поставщиков ограничено, многие потребители находятся на экономически не выгодном расстоянии от них, а создавать запас

впрок поставкой больших партий затруднительно ввиду нестабильности раствора ГХН во времени.

К вышеперечисленным недостаткам высококонцентрированных растворов ГХН следует также отнести [2, 3]:

- они агрессивны (требуется хранение в емкостях из титана или светостабилизированного спецполимера);

- вызывают ожоги и поражение глаз (вплоть до слепоты);

- при контакте с горючими материалами (опилками, ветошью и др.) могут способствовать их возгоранию;

- при разбавлении водой (до 8–10-процентной концентрации с целью снижения скорости разложения при хранении) с повышенным содержанием кальция и магния возможно образование отложений нерастворимых карбонатов и гидроксидов, в связи с чем необходима подготовка воды в направлении ее глубокого умягчения или декарбонизации;

- высокое значение рН дозируемого на дезинфекцию воды раствора способствует образованию карбоната кальция, что разрушительно воздействует на обвязку, арматуру, детали ввода реагента, эжекторные устройства и расходомеры вплоть до их полного обрастания карбонатными отложениями, закупоривания и остановки;

- преобразование ГХН в кислород способствует скоплению газа в транспортных цистернах, емкостях хранения, трубопроводах слива-налива продукта, шаровых клапанах, насосах-дозаторах и т. п., что может привести к газовым пробкам или риску взрыва;

- возможны аварии из-за случайных или ошибочных соединений с соляной кислотой (рН-корректоры или коллекторы кислотной промывки от карбонатных отложений), в результате чего выделяется газообразный хлор с высокой влажностью, что особенно опасно.

Электролитический низкоконцентрированный (6–8 г/л) раствор ГХН, получаемый на месте потребления электролизом раствора поваренной соли (2,5–3,5 % NaCl), снимает многие из проблем, возникающих при применении электрохимического привозного ГХН. Низкоконцентрированный ГХН (марки «Э») является более чистым и мало-

токсичным продуктом, оказывает умеренно раздражающее действие на кожные покровы и слизистые оболочки, не горюч, не взрывоопасен, не относится к веществам остронаправленного действия [3–5].

По сравнению с газообразным хлором и техническим гипохлоритом при производстве низкоконцентрированного продукта исключается зависимость от большого объема поставок химически опасных реагентов, а следовательно, и проблем, связанных с их транспортировкой и сопровождением, последующим хранением и дозированием. Поэтому к числу немаловажных достоинств электролитического ГХН следует отнести и то, что обязательного 15-суточного запаса требует не готовый продукт, а сырье, из которого он производится, т. е. поваренная соль, хранение которой на складе не сопровождается экологическими, санитарно-гигиеническими, террористическими и другими рисками, присутствующими при привозимому на объект концентрированному продукту. Срок хранения пищевой соли не ограничен, что позволяет создавать запас впрок с гарантией бесперебойного получения дезинфектанта.

ГХН марки «Э» разлагается медленно (0,1 % в месяц) благодаря низкой исходной концентрации, относительно невысокое значение pH (9,0–9,2 ед. pH) такого раствора ГХН сводит проблему образования карбонатно-кальциевых отложений до минимума. В общем виде основные преимущества получаемого на месте потребления низкоконцентрированного ГХН по сравнению с товарным это: безопасность (малотоксичное вещество 4-го класса опасности); стабильность раствора во времени; низкая коррозионная активность; независимость от поставщиков; более низкая стоимость (в 1,5 раза дешевле применения хлора и в 4–5 раз – товарного ГХН) [3].

Надежность и долговечность аппаратов генерирования электролитического ГХН обеспечивается и напрямую зависит от эффективности мероприятий, направленных на минимизацию образования отложений карбоната кальция на поверхности катодов электролизера. Незнание или несоблюдение особенностей при под-

готовке воды, используемой для растворения соли, приводят к перегреву и деформации покрытой отложениями электродной системы, разрушению дорогого оксидно-рутениевого (иногда иридиевого) покрытия, увеличению напряжения и падению концентрации активного хлора в получаемом продукте. На скорость роста катодных отложений влияют качество соли (наличие примесей в виде хлоридов и сульфатов кальция и магния) и концентрации присутствующих в воде ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} и HCO_3^- . По чистоте приемлема соль категории «Экстра», которая, как правило, и используется в зарубежных технологиях. Однако она, кроме того что существенно дороже обычной соли, вовсе не исключает необходимость предварительного глубокого умягчения воды (особенно с высокой карбонатной жесткостью), используемой для растворения. В иностранных установках последнее достигается Na-катионированием воды, что не только усложняет и удорожает производство ГХН, но и создает проблему утилизации или захоронения высококонцентрированных хлоридных кальциево-магниевых отработанных регенерационных растворов. Технически более простым и безотходным, а экономически менее затратным, позволяющим использовать соль любой марки будет декарбонизация воды, впервые предложенная и реализуемая на отечественных установках «Хлорэфс», выпускаемых ООО НПП «ЭКОФЕС» (Новочеркасск, Ростовская обл.). Декарбонизация осуществляется подкислением воды соляной кислотой до pH 4,0–4,3 (при этом бикарбонат- и карбонат-ионы полностью переходят в CO_2) и последующей отдувкой свободной углекислоты в дегазаторе пленочного, барботажного, вакуумно-эжекционного или иного типа [6].

Процесс получения низкоконцентрированного ГХН в бездиафрагменных электролизерах достаточно изучен и широко применяется в практике обеззараживания во всех развитых странах мира как на водоочистных станциях небольшой производительности, так и на сооружениях подготовки сотен тысяч кубических метров питьевой воды в сутки (рис. 1 и 2) [2, 3, 6, 7].

Поскольку тенденция дальнейшего развития установок получения электролитического ГХН направлена на увеличение их мощности, то она потребовала решения вопросов, связанных не только с оптимизацией электрохимических процессов, протекающих при электролизе хлоридных растворов. Крупнотоннажное производство ГХН на станциях подготовки и обеззараживания сотен тысяч кубометров питьевой воды вызвало необходимость включения в общую технологическую схему электролиза и узлов очистки и повторного использования производственных отходов и стоков (с выводом из материального баланса и утилизацией нерастворимой фазы), образующихся при:

- кондиционировании воды (умягчении), используемой для растворения соли;
- промывке сатураторов (солерастворителей);

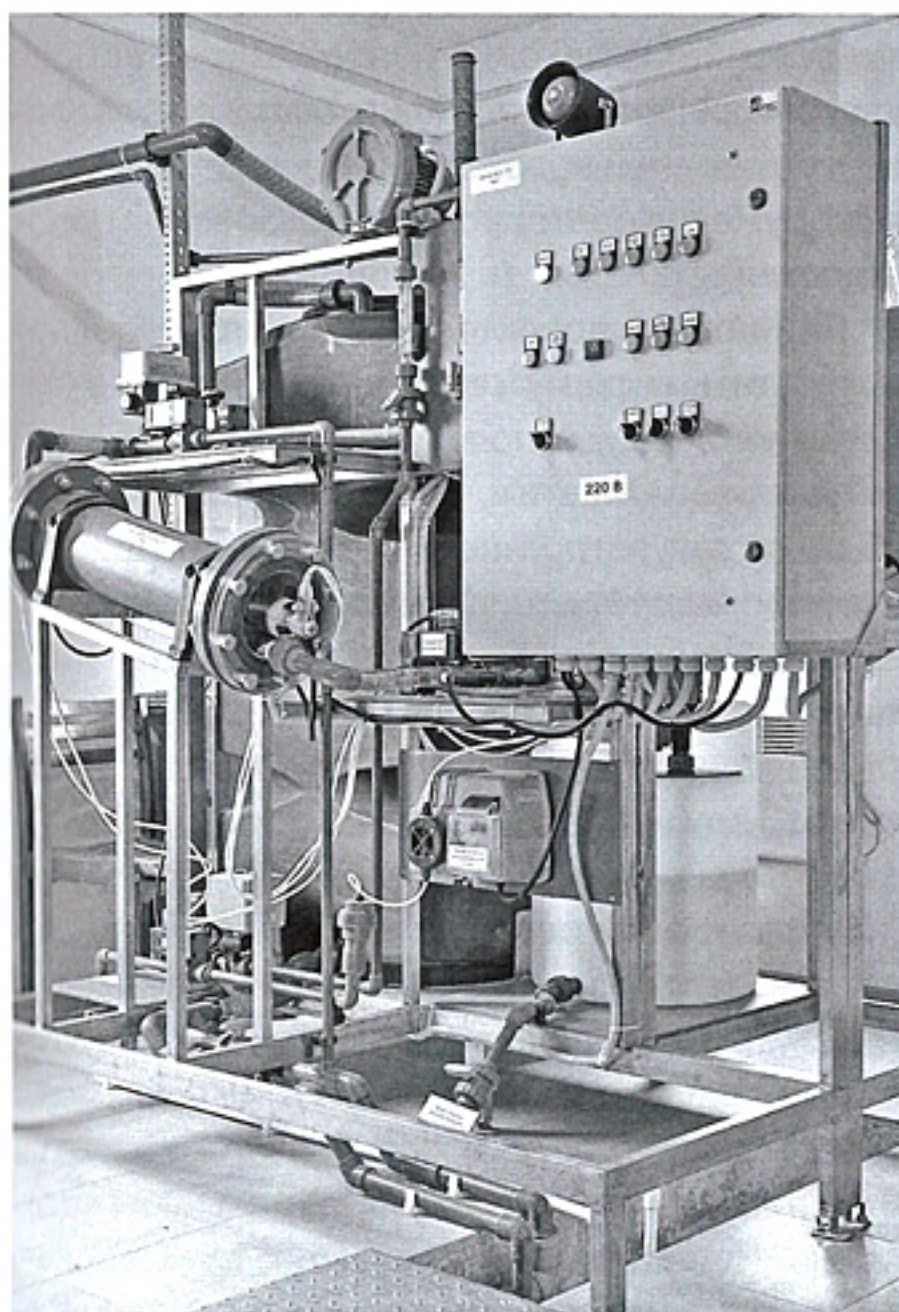


Рис. 1. Модульная электролизная установка «Хлорэфс» УГ-7МК производительностью 10 кг/сут по активному хлору

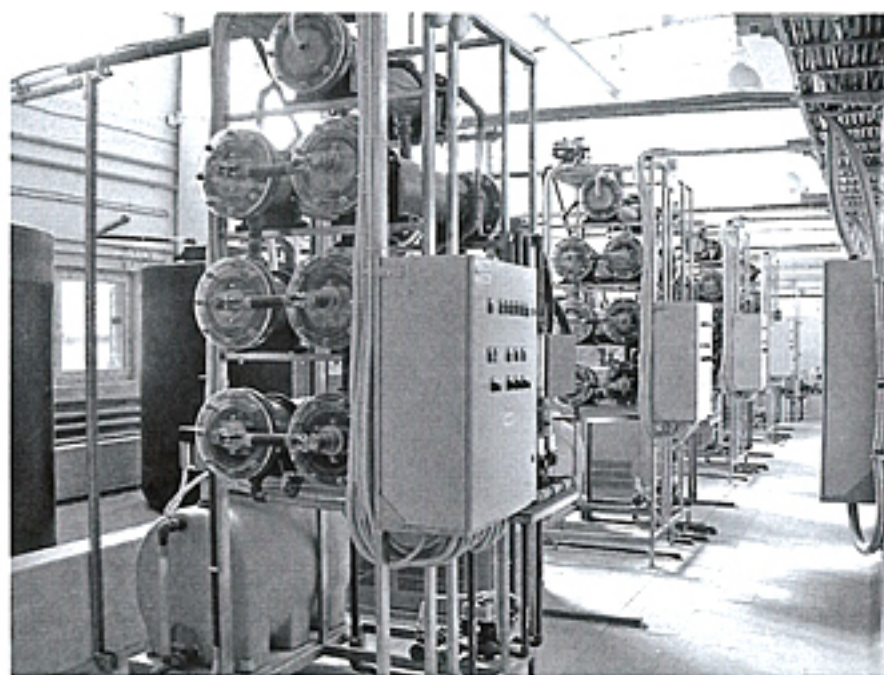


Рис. 2. Четыре электролизных установки «Хлорэфс» УГ-25МК-250 производительностью 250 кг/сут по активному хлору каждая для обеззараживания питьевой воды (Ростов-на-Дону)

- кислотной промывке электролизеров от катодных отложений;
- промывке песчаных фильтров тонкой очистки насыщенного солевого раствора и отстоянной возвратной воды от промывки сатураторов.

Вопросы экологической безопасности на самой мощной в России электролизной станции (7 т/сут по активному хлору) на Александровских ВОС г. Ростова-на-Дону решались следующими путями [8]: во-первых, для исключения образования стоков, сопровождающих – катионитовое умягчение (около 200 м³/сут отработанных взрыхляющих, регенерационных и отмывочных вод), проектом принята полностью безотходная и экологически чистая декарбонизация 3%-ного солевого раствора с отдувкой свободной углекислоты в пленочном дегазаторе с насадкой из колец Рашига (остаточное в электролите не более 3–4 мг/л). Во-вторых, проблема использования низкосортной соли в проекте решена применением сатуратора, оборудованного системой водо-воздушной промывки (по типу скорых водопроводных фильтров). Приготовление насыщенного раствора соли производится фильтрованием водопроводной воды через неподвижный слой поваренной соли, загружаемой периодически в сатуратор на гравийную подложку (поддерживающий

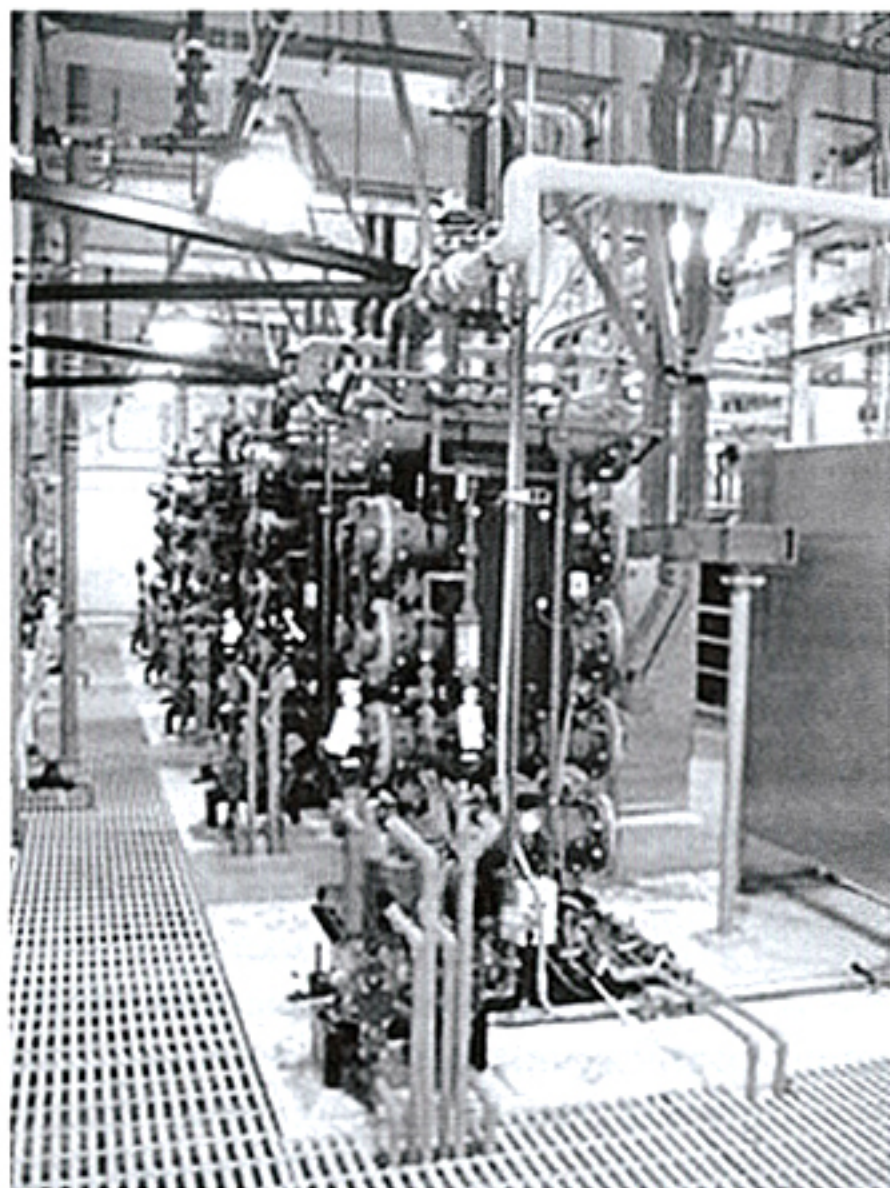


Рис. 3. Девять установок системы OSEC производства фирмы Wallace & Tiernan суммарной мощностью 8,2 т эквивалента хлора в сутки для обеззараживания питьевых вод Лас-Вегаса, США

слой), внутри которой расположена трубчатая дренажная распределительная система. насыщение воды солью происходит в режиме медленной фильтрации (0,1–0,5 м/ч), частицы глины, песка и другие нерастворимые примеси, поступающие с досыпаемой в сатуратор солью, постепенно накапливаются в фильтрующем слое и должны из него периодически удаляться. Частота промывок сатуратора зависит от качества применяемой соли, в частности от массовой доли в ней нерастворимого в воде остатка. Для соли марки «Экстра» эта доля составляет до 0,03 %; для высшего сорта – до 0,16 и первого – до 0,45 % [9].

Сооружения повторного использования промывных вод сатуратора запроектированы в виде последовательно расположенных вертикальной песколовки и отстойника промывных вод периодического действия. Удаление песка из приемка песколовки производится по мере

его заполнения песковым насосом с подачей пульпы на пескоотмывочную машину со шнековой выгрузкой отмытого песка в сменный контейнер.

Отстойник промывных вод конструктивно представляет собой горизонтально расположенную цилиндрическую емкость с уклоном днища к грязевому приемку. Отбор осадка из приемка осуществляется периодически по мере накопления путем взмучивания его системой гидросмыва и перекачкой погружным насосом в производственную канализацию водоочистных сооружений (сооружения обработки и повторного использования промывных вод скорых фильтров). Отбор отстоянной воды производится с верхнего уровня при помощи гибкого рукава, закрепленного на поплавке. Вода из отстойника направляется на напорный песчаный фильтр (проектом приняты два попеременно работающих фильтра с автоматической промывкой) и далее возвращается в сатуратор. Промывка фильтров производится водопроводной водой с последующим сбросом в сооружения повторного использования водоочистной станции.

Принятая в проекте технология позволяет вернуть в схему солерастворения практически всю воду, используемую для промывки сатуратора. Отметим, что сброс промывной воды от сатуратора не в специально предназначенные для этой цели сооружения, например в сооружения по обработке и возврату воды от промывки фильтров ВОС, не приемлем по причине высокой минерализации таких стоков по хлориду натрия.

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

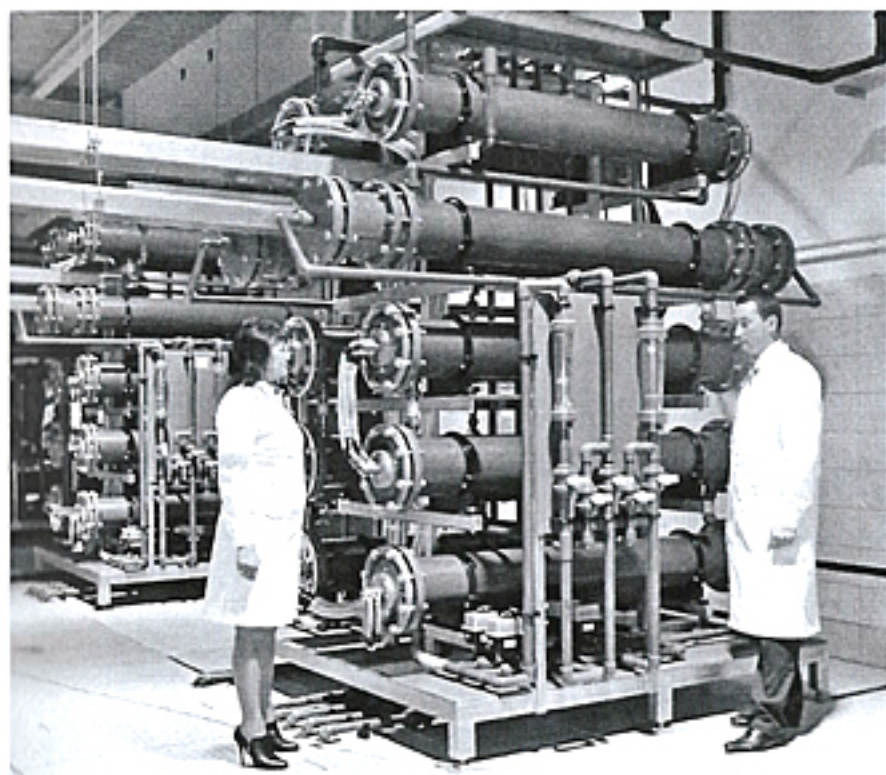


Рис. 4. Электролизная станция с семью установками «Хлорэфс» производительностью 7 т/сут по эквиваленту хлора для обеззараживания питьевой воды Ростова-на-Дону

контуре 4 %-ным раствором соляной кислоты [10]. 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). Возможно, она нейтрализуется (например, известью) и подлежит сбросу в канализацию ВОС.

В проекте электролизной станции, разработанном ООО НПП «ЭКОФЕС», предусмотрено стационарно установленное кислотное хозяйство с подачей 5–7 %-ного раствора HCl отдельно на каждый из семи установленных электролизеров. Соляная кислота многократно используется до полной ее нейтрализации, и уже нейтральный раствор насосом возвращается в сатуратор небольшим расходом (по проекту – 48 л/ч).

Таким образом, технологии приготовления солевых растворов, подготовки воды для электролиза с целью минимизации катодных отложений, кислотной промывки катодов на запроектированной, уже смонтированной (рис. 4) и в настоящее время крупнейшей в Рос-

сии станции по получению электролитического гипохлорита натрия на ВОС г. Ростова-на-Дону являются экологически чистыми и полностью безотходными со 100%-ным использованием или оборотом всех применяемых в технологии реагентов (воды, поваренной соли, соляной кислоты).

Библиографический список

1. **Ричмонд Ч.** Прошлое, настоящее и будущее методов хлорирования // Британско-советский семинар по водным ресурсам и сточным водам. – 1988. – С. 25–31.
2. **Головачев А.В., Абросимова Е.М.** Применение гипохлорита натрия при обеззараживании воды // Водоснабжение и сан. техника. – 2009. – № 4. – С. 8–12.
3. **Григорьев А.Б., Расс Р.** Сравнительная оценка высоко- и низкоконтрированного гипохлорита натрия для дезинфекции питьевых вод // Водоснабжение и сан. техника. – 2006. – № 10. – С. 42 – 46.
4. **Поршнеv В.Н., Привен Е.М.** Перевод московских станций водоподготовки на использование гипохлорита натрия // Водоснабжение и сан. техника. – 2009. – № 10. – Ч. 1. – С. 24–30.
5. **Кудрявцев С.В.** Совершенствование технологических параметров установок получения электролитического гипохлорита натрия для обеззараживания воды: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Новочеркасск, 2009. – 21 с.
6. **Фесенко Л.Н., Скрыбин А.Ю., Игнатенко С.И.** Опыт применения гипохлорита натрия при обеззараживании воды на очистных сооружениях Центрального водопровода г. Ростова-на-Дону // Водоснабжение и сан. техника. – 2009. – № 9. – С. 46–51.
7. **Кинебас А.К.** Внедрение обеззараживания воды гипохлоритом натрия и ультрафиолетовым облучением в системах водоснабжения и водоотведения Санкт-Петербурга // Водоснабжение и сан. техника. – 2005. – № 12. – Ч. 1. – С. 33–36.
8. **Фесенко Л.Н., Скрыбин А.Ю., Игнатенко С.И.** и др. Обеспечение безотходности

и экологичности технологии производства гипохлорита натрия на установках «Хлорэфс» // Водоснабжение и сан. техника. – 2011. – № 8. – С. 25–29.

9. **ГОСТ Р 51574-2000.** Соль пищевая. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000.

10. **Кинебас А.К., Нефедова Е.Д., Бекренев А.В.** и др. Обеззараживание воды низкоконцентрированным гипохлоритом натрия на водопроводных станциях Санкт-Петербурга // Водоснабжение и сан. техника. – 2010. – № 3. – С. 24–29.

КАК СБЕРЕЧЬ ЭНЕРГИЮ И ДЕНЬГИ

<http://glavenergo.panor.ru>

В каждом номере: материалы, отражающие все направления деятельности главного энергетика промышленного предприятия: организация работы служб главного энергетика; внедрение новой техники и энергосберегающих технологий; экспертиза и тестирование нового оборудования; вопросы энергоаудита, а также все необходимые для работы нормативные документы, в том числе пошаговые инструкции по проведению различных работ; технические данные на новые образцы выпускаемого электротехнического и теплового оборудования для промышленного производства; описания, схемы, цены изготовителя; информация о дилерах; рекомендации по охране труда работников службы главного энергетика, средствам обучения, технике безопасности, организации работ в электроцехах и многое другое. Структура издания построена в соответствии с должностной инструкцией главного энергетика.

Наши эксперты и авторы: **П.Н. Николаев**, заместитель технического директора ОАО «Кольчугинский завод «Электрокабель»; **Ю.М. Савинцев**, генеральный директор корпорации «Русский трансформатор», канд. техн. наук; **В.В. Жуков**, член-корр. Академии электротехнических наук РФ, директор Института электроэнергетики, проф.; **Р.М. Хусаинов**, технический директор компании «Сантерно», канд. техн. наук; **Г.Ф. Быстрицкий**, проф. МЭИ; **А.Н. Назин**, директор ЗАО «ЦЭВТ», канд. техн. наук; **А.В. Самородов**, зам. начальника отдела

Управления государственного энергетического надзора; **В.А. Янсюкевич**, инженер службы энергоснабжения «Севергазпром»; **С.А. Федоров**, директор компании «Манометр-Терма»; **Л.И. Решетов**, главный энергетик ОАО «Ижавто»; **Б.Н. Бородин**, главный энергетик ОАО «Ижавто», и многие другие специалисты.

Председатель редсовета – В.В. Жуков, директор Института электроэнергетики, д-р техн. наук, проф.

Издается при информационной поддержке Российской инженерной академии и Московского энергетического института.

Входит в Перечень изданий ВАК.

Ежемесячное издание.

Распространяется по подписке и на отраслевых мероприятиях.

ОСНОВНЫЕ РУБРИКИ

- От первого лица
- Энергосбережение
- Электрохозяйство
- Теплоснабжение
- Воздухо- и газоснабжение
- Диагностика и ремонт
- Обмен опытом
- Новые разработки
- Рынок и перспективы
- Охрана труда и техника безопасности



На правах рекламы



индексы

16579

82717

Для оформления подписки через редакцию необходимо получить счет на оплату, прислав заявку по электронному адресу podpiska@panor.ru или по факсу (495) 664-2761, а также позвонив по телефонам: (495) 749-2164, 749-4273.