

ВСТ

ВОДОСНАБЖЕНИЕ
И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

ISSN 0321-4044

8
2011



«ТЕХНОВОД-2011»

Добро пожаловать!



**ОАО «АУРАТ» приглашает
принять участие в Международной
научно-практической конференции
«Технологии очистки воды»
«Техновод-2011»**

Место проведения: г. Чебоксары

Срок проведения: 20–23 сентября 2011 г.

По организационным вопросам обращаться: ОАО «АУРАТ»

Тел.: +7 (916) 524-14-47 – Гетманцева Елена

E-mail: reclam@aurat.ru

По вопросам размещения обращаться: ОАО «Санаторий «Чувашия»

Тел.: +7 (8352) 300-701

**С пожеланиями добра, здоровья, благополучия
и надежных партнеров!**

СОДЕРЖАНИЕ

ПИТЬЕВОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

- Гетманцев С. В. Система выбора эффективных технологий очистки природных вод с применением алюмосодержащих коагулянтов 4
- Линевич С. Н., Бреус С. А. Оптимизация коагуляционной обработки воды 10
- Линевич С. Н., Бреус С. А. Эффективность обеззараживания природных вод при коагуляционной обработке 15
- Алексеева Л. П. Влияние условий образования и состава промывных вод фильтров на процесс их очистки 18
- Фесенко Л. Н., Игнатенко С. И., Скрябин А. Ю., Федотов Р. В. Обеспечение безотходности и экологичности технологии производства гипохлорита натрия на установках «Хлорэкс» ... 25
- Педашенко Д. Д., Божко Л. Н., Скрябин А. Ю., Поповьян Г. В. Влияние коагуляционной обработки воды на равновесие форм угольной кислоты 31
- Бойчук С. Н. МУП «Сыктывкарский Водоканал» – 80 лет! 38
- Фомина В. Ф. Состав водного гумуса реки Вычегды в створе водозабора г. Сыктывкара 42
- Фомина В. Ф. Особенности коагулирования маломутных цветных вод реки Вычегды в условиях низких температур 48

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

- Поромпка С., Махов Л. М. Дождевая вода как фактор повышения энергетической эффективности тепловых насосов 57
- Шибяев С. Ю. Защита бетонных поверхностей, имеющих постоянный контакт с водой 62

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

- Гандурина Л. В., Гетманцев С. В., Сычев А. В. Исследование коагулирующих свойств «АКВА-АУРАТ™18» и сульфата алюминия при самостоятельном и совместном применении 65
- Насосы производства KSB Omega и RDLO с рабочим колесом двустороннего входа 71

CONTENTS

POTABLE WATER SUPPLY

- Getmantsev S. V. System of Selection of Effective Technologies of Natural Water Treatment with the Use of Aluminium-Containing Coagulants 4
- Linevich S. N., Breus S. A. Optimization of Coagulation Water Treatment 10
- Linevich S. N., Breus S. A. Efficiency of Natural Water Disinfection in the Course of Coagulation Treatment 15
- Alekseeva L. P. Influence of Conditions of Formation and Composition of Filter Wash Water on the Process of Their Treatment 18
- Fesenko L. N., Ignatenko S. I., Skryabin A. Yu., Fedotov R. V. Ensuring of Wastelessness and Ecological Compatibility of Technology of Sodium Hypochlorite at the *Chloreks* Units 25
- Pedashenko D. D., Bozhko L. N., Skryabin A. Yu., Popovian G. V. Influence of Coagulation Treatment of Water on Equilibrium of Carbonic Acid Forms 31
- Boychuk S. N. Municipal Unitary Enterprise *Syktvykar Vodokanal*: 80 Years! 38
- Fomina V. F. Water Humus Composition of the Vychegda River at Water Intake Site of the City of Syktvykar 42
- Fomina V. F. Features of Coagulation of Low Turbid, Color Water of the Vychegda Under Conditions of Low Temperatures 48

ENERGY AND RESOURCES SAVING

- Porompka S., Makhov L. M. Rain Water as a Factor of Enhancement of Power Efficiency of Heat Pumps 57
- Shibaev S. Yu. Protection of Concrete Surfaces Having the Constant Contact with Water 62

WASTEWATER TREATMENT

- Gandurina L. V., Getmantsev S. V., Sychev A. V. Research in Coagulation Properties of *AQUA-AURAT™18* and Aluminium Sulphate at Independent and Combined Application 65
- Pumps with a Double-Entry Impeller Manufactured by KSB *Omega* and *RDLO* 71

Обеспечение безотходности и экологичности технологии производства гипохлорита натрия на установках «Хлорэфс»

Л. Н. ФЕСЕНКО¹, С. И. ИГНАТЕНКО², А. Ю. СКРЯБИН³, Р. В. ФЕДОТОВ⁴

¹ Фесенко Лев Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Водное хозяйство предприятий и населенных мест», Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт) 346428, Россия, г. Новочеркасск Ростовской области, ул. Просвещения, 132, тел.: (86352) 55-3-34, e-mail: vhpintm@vh.srstu.novoch.ru

² Игнатенко Сергей Иванович, кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, ООО НПП «ЭКОФЕС»

346421, Россия, г. Новочеркасск Ростовской области, Баклановский пр., 200В, тел.: (86352) 6-56-13, e-mail: 65613@mail.ru

³ Скрябин Александр Юрьевич, кандидат технических наук, исполнительный директор – главный инженер, ОАО «ПО Водоканал г. Ростова-на-Дону»

344019, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, 295, тел.: (863) 83-14-08, e-mail: skryabin@rvdk.ru

⁴ Федотов Роман Валерьевич, аспирант, Южно-Российский государственный технический университет Тел.: (86352) 55-3-34, e-mail: vhpintm@vh.srstu.novoch.ru

Рассмотрены пути решения проблем обеспечения безотходности и экологичности технологии крупнотоннажного производства гипохлорита натрия на электролизных станциях водоочистных сооружений большой производительности. Показано, что при кондиционировании воды, используемой для приготовления солевых растворов, более предпочтителен метод кислотной декарбонизации, как исключающий образование каких-либо сопутствующих стоков. Он значительно дешевле катионитного умягчения и позволяет использовать соль любой сортности. Сатураторы для приготовления насыщенного раствора соли должны быть оборудованы системами промывки по типу скорых водопроводных фильтров с отводом промывной воды в систему очистки и повторного ее использования в схеме солерастворения.

Ключевые слова: обеззараживание, гипохлорит натрия, электролиз, солерастворение, катионитовое водоумягчение, декарбонизация, промывные воды.

The ways of solving the problem of ensuring of wastelessness and ecological compatibility of the technology of large-tonnage production of sodium hypochlorite at electrolysis stations of high-capacity water treatment facilities are considered. It is shown that for conditioning of water used for preparation of salt solutions the method of acid decarbonization is more preferable as excluding the generation of some accompanying waste water. It is considerably cheaper than the cationite softening and makes it possible to use the salt of any quality. The saturators for preparation of saturated salt solution should be equipped with the washing systems similar to high-rate water supply filters with wash water discharge into the system of treatment and its reuse in the scheme of dissolution.

Key words: disinfection, sodium hypochlorite, electrolysis, dissolution, cationite softening, decarbonization, wash water.

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 антимикробным 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.

В схеме обеззараживания воды жидким хлором наиболее слабым звеном остается его транспортировка через населенные территории и хранение на станциях, расположенных вблизи жилой застройки. Опасность использования жидкого хлора (2-й класс опасности), а также невозможность соблюдения Водоканалами ряда положений «Правил по производству, транспортированию, хранению и потреблению хлора» (ПБ 09-594-03)

вызывали необходимость поиска альтернативных путей обеспечения промышленной безопасности и антитеррористической устойчивости систем водоснабжения. По сути вопроса для многих Водоканалов остаются только три варианта его решения: перенос станции в более безопасное место (т. е. строительство новой за территорией города); отселение жителей за пределы опасной зоны; перевод станции на менее опасный обеззараживающий реагент.

Реальным решением проблемы является отказ от опасного реагента и применение иных средств обеззараживания, сочетающих положительные качества хлорирования и отсутствие их недостатков. С точки зрения обеспечения эпидемиологической безопасности централизованного водоснабжения все хлорсодержащие реагенты одинаково надежны и эффективны, 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. Как следствие, при выборе конкретного реагента преимущества применения жидкого хлора, диоксида хлора, хлорамина, «влажной газообразной смеси оксидантов», высоко- или низкоконтрированного гипохлорита натрия и т. д. 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 и их воздействии на окружающую среду, сроках и условиях сохранения рабочих характеристик продукта, а также его стоимости.

Мировой опыт научного поиска альтернативных жидкому хлору дезинфектантов обозначил, а в дальнейшем и подтвердил на практике перспективность применения для обеззараживания воды низкоконтрированного гипохлорита натрия, производимого на месте потребления в нужном количестве путем электролиза раствора поваренной соли.

Основные преимущества низкоконтрированного (0,8% по эквиваленту хлора) гипохлорита натрия (ГХН) в сравнении с товарным (привозным марки А с концентрацией 15% по активному хлору) или жидким (контейнерной поставки): безопасность (малотоксичные вещества 4-го класса опасности); стабильность раствора во времени; низкая коррозионная активность; независимость от поставщиков; более низкая стоимость (например, цена высококонтрированного ГХН марки А ГОСТ 11086-76,

производимого в Волгограде ОАО «Каустик», составляет 18 880 руб/т, или 126 руб. в пересчете на 1 кг эквивалентного хлора).

На технологии обеззараживания воды гипохлоритом натрия уже перешли (или переходят) крупнейшие в России водопроводные станции в Санкт-Петербурге, Ростове-на-Дону, Иванове, Уфе и других городах. Тенденция дальнейшего развития, направленного на увеличение мощности электролизной станции по вырабатываемому хлору, потребовала решения ряда вопросов, связанных с обеспечением безотходности технологии крупнотоннажного производства гипохлорита натрия на станциях подготовки сотен тысяч кубометров питьевой воды в сутки. Прежде всего это включение в общую технологическую схему узлов очистки и повторного использования стоков (с выделением и утилизацией нерастворимой фазы), образующихся при:

- кондиционировании воды, используемой для приготовления насыщенного и рабочего (для электролиза) растворов поваренной соли;

- солерастворении при получении насыщенного раствора хлорида натрия в сатураторе и последующей тонкой очистке рассола фильтрованием;

- кислотной промывке электролизеров от катодных отложений;

- очистке отработанной промывочной воды сатураторов и песчаных фильтров (сток от сооружений повторного использования промывной воды).

Рассмотрим последовательно пути решения обозначенных проблем на примере прошедшего в июне 2011 г. госэкспертизу проекта электролизной станции мощностью 7 т/сут (по эквиваленту хлора) на Александровских водоочистных сооружениях г. Ростова-на-Дону (генеральный проектировщик – ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск) и построенных по технологии компании «Newtec Umwelttechnik GmbH» цехов по производству низкоконтрированного гипохлорита натрия на Южной (5 т/сут по активному хлору, эксплуатируется с 2006 г.) и Северной (3 т/сут, работает с 2008 г.) водопроводных станциях Санкт-Петербурга. Технологические схемы приготовления растворов ГХН с электролизерами NT-40000 компании «Newtec» (по данным [1]) и «Хлорэкс» – УГ 25 МК-1000 производства «ЭКОФЕС» представлены на рис. 1 и 2.

Не останавливаясь на конструктивных особенностях примерно равнозначных по вырабатываемому хлору электролизеров NT (960 кг/сут) и «Хлорэкс» (1000 кг/сут), отметим, что обе схемы предполагают получение насыщенного солевого раствора с последующим его разбавлением до

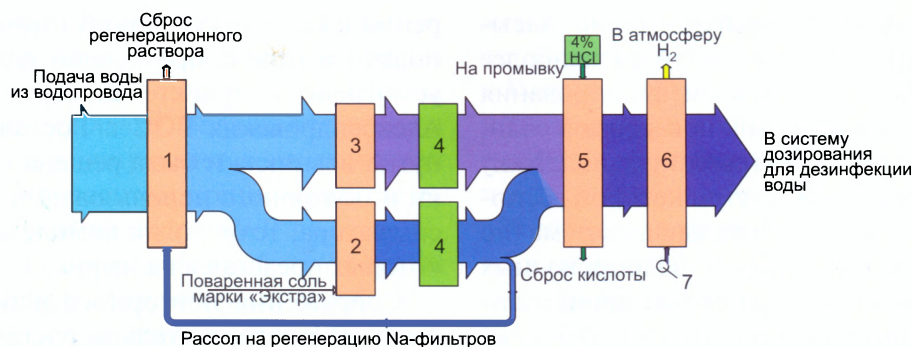


Рис. 1. Технологическая схема получения гипохлорита натрия в установках «Newtec»

1 – Na-катионитовый фильтр; 2 – солерастворитель; 3 – емкость умягченной воды; 4 – насосы; 5 – электролизер; 6 – емкость для хранения гипохлорита натрия; 7 – вентилятор

рабочей 3-процентной концентрации перед подачей на проточные электролизеры, электролиз хлоридно-натриевого раствора с отводом вырабатываемого гипохлорита натрия в емкости для его хранения (вентилируемые накопители) и последующее дозирование в точки технического процесса очистки воды.

Для минимизации катодных отложений раствор соли, поступающий в электролизер, не должен содержать ионов кальция и (или) гидрокарбоната. В технологии «Newtec» для удаления катионов жесткости проводится натрий-катионирование воды, используемой для растворения соли и последующего разбавления насыщенного раствора. Однако при солерастворении происходит вторичное насыщение воды кальцием, поэтому получение глубоко умягченной воды имеет смысл только при использовании соли марки «Экстра» с массовой долей кальций-иона не более 0,02% (норматив ГОСТ Р 51574-2000). Для соли высшего сорта содержание кальция допускается уже до 0,35%, или 3,5 г/кг продукта, т. е. $30 \text{ г} \times 3500 \text{ мг}/1000 \text{ г} = 105 \text{ мг/л} = 5,25 \text{ мг-экв/л}$ катионов кальция в рабочем 3-процентном растворе соли, что дает образование $5,25 \times 50 = 262,5 \text{ мг/л}$ нерастворимого CaCO_3 в прикатодной зоне. С другой стороны, российские Водоканалы желают иметь установки, надежно работающие независимо от качества (и соответственно поставщика) приобретаемой соли. А при суточных расходах поваренной соли в десятки тонн немаловажными становятся и ценовые ориентиры потребляемых реагентов.

Основная проблема Na-катионирования – сопутствующее образование хлоридно-кальциево-магниевого рассола, требующих переработки и ликвидации (утилизации), что заведомо будет стоить значительно дороже, чем собственно само умягчение. Для производства 5 т хлора на Южной водопроводной станции Санкт-Петербурга требуется около $5 \times 150 = 750 \text{ м}^3/\text{сут}$ умягченной

воды, подготовка которой сопровождается образованием около $150 \text{ м}^3/\text{сут}$ регенерационных, взрыхляющих и отмывочных стоков, очистка или захоронение которых по технологии «Newtec» не предусмотрены. Аналогичные проблемы солевых стоков присущи и водоподготовке по мембранным технологиям.

В технологии ООО НПП «ЭКОФЕС» для исключения образования стоков при Na-катионировании вместо умягчения применена декарбонизация, т. е. удаление осадкообразующего иона гидрокарбоната путем подкисления воды до $\text{pH} \approx 4$ с переводом иона HCO_3^- в свободную двуокись углерода и последующей отдувкой ее в пленочном дегазаторе. При этом параллельно решается и проблема использования соли любой сортности.

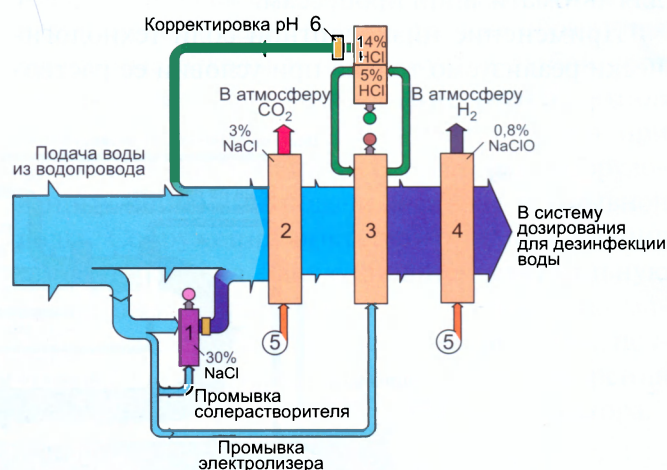


Рис. 2. Технологическая схема получения гипохлорита натрия в установках «Хлорэфс»

1 – солерастворитель; 2 – декарбонизатор; 3 – электролизер; 4 – накопитель гипохлорита натрия; 5 – вентилятор; 6 – насос-дозатор; ● отвод промывной воды электролизера в сооружения повторного использования; ● возврат отработанной кислоты в солерастворитель; ● отвод промывной воды солерастворителя в сооружения повторного использования

В обеих технологиях приготовление насыщенного раствора соли производится наиболее простым и надежным способом фильтрования воды через неподвижный слой поваренной соли, загружаемой в сатуратор на гравийную подложку (поддерживающий слой), внутри которой расположена трубчатая распределительная система (по типу нижнего дренажа скорых водопроводных фильтров). Насыщение воды солью происходит в режиме медленной фильтрации (0,1–0,5 м/ч), и частицы глины, песка и другие нерастворимые примеси, поступающие с досыпаемой в сатуратор солью, постепенно накапливаются в фильтрующем слое и должны из него периодически удаляться. В противном случае потери напора возрастут до значений, при которых фильтрование станет невозможным (вплоть до возникновения вакуума в слое соли).

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% [2]. В сатураторах технологии «Newtec», рассчитанных на соль марки не ниже «Экстра», промывка обратным током воды (по типу водопроводных фильтров) не предусмотрена, в связи с чем происходит постепенное накопление на дне нерастворимых примесей, постепенно кольматирующих гравийную подложку дренажной системы. В этом случае отмывку поддерживающего слоя проводят вручную с выгрузкой гравия, что нельзя отнести к технологичным и удобным для автоматизации процессам.

Применение низкосортной соли технологически реализуемо только при условии ее раство-

рения в сатураторах, оборудованных системами подачи и отвода промывной воды, что и предусмотрено в проекте электролизной станции Александровских ВОС г. Ростова-на-Дону. Попутно возникла и была решена проблема очистки и повторного использования промывных вод сатуратора, технология комплексной обработки которых представлена на рис. 3.

Сооружения повторного использования состоят из последовательно расположенных вертикальной песколовки и отстойника промывных вод периодического действия. Песколовка представляет собой круглый резервуар с наклонным к приемке днищем. Вода от промывки сатуратора поступает в нижнюю часть цилиндрической формы. На выходе из песколовки для поддержания постоянной скорости движения воды предусмотрен водосливной трубопровод, соединяющий песколовку с отстойником. Удаление песка из приемки песколовки производится периодически (по мере его заполнения) песковым насосом. Песковая пульпа направляется на пескотомывочную машину (в проекте принят агрегат HSW-S8 производства компании «Hydromatic») со шнековой выгрузкой отмытого песка в сменный контейнер. Вода, используемая при отмывке песка, возвращается в отстойник (рис. 3).

Отстойник промывных вод конструктивно представляет собой круглую емкость с уклоном днища к грязевому приемку. Отбор осадка из приемки осуществляется периодически по мере накопления путем взмучивания его системой гидросмыва и перекачкой на рядом расположенную канализационную станцию и далее в производственную канализацию водоочистных сооружений (в сооружения обработки и повторного

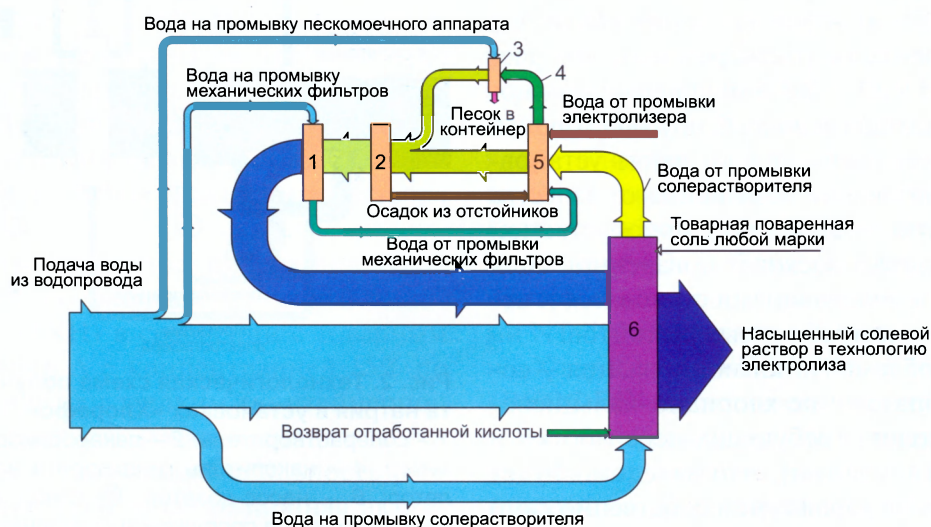


Рис. 3. Технологическая схема очистки и повторного использования промывной воды солеерастворителя
1 – механический фильтр; 2 – отстойник; 3 – пескомоечный аппарат; 4 – песковая пульпа; 5 – песколовка; 6 – солеерастворитель

использования промывных вод скорых фильтров). Отбор отстоянной воды производится с верхнего уровня при помощи гибкого рукава, закрепленного на поплавке. Вода из отстойника погружным насосом направляется на напорный песчаный фильтр (проектом приняты два попеременно работающих фильтра SWP производительностью 4 м³/ч с автоматической промывкой) и далее возвращается в сатуратор для повторного использования в технологии растворения соли. Промывка фильтров осуществляется водопроводной водой, сброс промывной воды — в производственную канализацию и далее в сооружения повторного использования промывных вод скорых фильтров водоочистной станции.

Предлагаемая технология позволяет вернуть в схему солерастворения практически всю воду, используемую для промывки сатуратора. Отметим, что сброс такой воды 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, еще один вид стоков, требующих перевода их в состояние, удовлетворяющее требованиям, предъявляемым либо к сбросу их в промышленную канализацию ВОС, либо возврату в схему электролиза. Имеются в виду стоки от промывки электролизеров раствором соляной кислоты. В технологии «Newtec» по мере образования на катодных пластинах карбонатных отложений кальция и магния проводится периодическая промывка электролизеров в закрытом контуре 4-процентным раствором соляной кислоты [1]. 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, очевидно, она нейтрализуется (возможно известью) и подлежит сбросу в канализацию ВОС.

В проекте электролизной станции, разработанном ООО НПП «ЭКОФЕС», предусмотрено стационарно установленное кислотное хозяйство с подачей 7-процентного 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 отло-

жений, кислотной промывки катодов на запроектированной и в настоящее время крупнейшей в России электролизной станции по получению низкоконтрированного гипохлорита натрия на ВОС г. Ростова-на-Дону являются экологически чистыми и полностью безотходными со 100-процентным использованием или оборотом всех применяемых в технологии реагентов (воды, поваренной соли, соляной кислоты).

Выводы

При выборе хлорсодержащего реагента его преимущества определяются безопасностью доставки и хранения, образованием и количеством побочных отходов при производстве реагента и их воздействии на экологию, сроках и условиях сохранения заявленных характеристик продукта. Реальным решением проблемы хлорбезопасности является применение низкоконтрированных растворов гипохлорита натрия, сочетающих положительные качества хлорирования и отсутствие их недостатков. Тенденция дальнейшего развития электролизных станций в направлении увеличения их производительности по вырабатываемому активному хлору требует включения в общую технологическую схему производства гипохлорита натрия узлов очистки и повторного использования стоков, образующихся при кондиционировании воды, солерастворении и кислотной промывке электролизеров. Подготовка воды Na-катионированием осуществляется только при использовании соли марки «Экстра», исключающей вторичное насыщение воды кальцием при солерастворении. При кондиционировании воды более предпочтительна кислотная декарбонизация, при которой не образуются вторичные отходы и используется любой сорт поваренной соли. Применение низкосортной соли технологически реализуемо только при условии ее растворения в сатураторах, оборудованных системами подачи и отвода промывной воды. Сооружения повторного использования промывных вод, включающие вертикальную песколовку, отстойник, пескоотмывочную машину и механические песчаные фильтры, позволяют вернуть в схему солерастворения практически всю воду от промывки сатуратора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кинибас А. К., Нефедова Е. Д., Бекренев А. В. и др. Обеззараживание воды низкоконтрированным гипохлоритом натрия на водопроводных станциях Санкт-Петербурга // Водоснабжение и сан. техника. 2010. № 3.
2. ГОСТ Р 51574-2000. Соль пищевая. Технические условия. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2000.