

ВСТ

ISSN 0321-4044

1
2007



ВОДОСНАБЖЕНИЕ И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

*С Новым годом
и Рождеством!*

*Мой мир, который перед Вами,
и мы творим по мере наших сил*

Компания Катализ

665841, Россия, Иркутская область, г. Ангарск, а/я 4575, 4455
Тел./факс: (3951) 578550, 502248, 502304, 502324, 502326
E-mail: kataliz@angarsk.ru, kataliz@katrise.ru, www.katrise.ru, www.katrise.com

На правах рекламы

СОДЕРЖАНИЕ

В РОССИЙСКОЙ АССОЦИАЦИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Кармазинов Ф. В., Карлик Д. А.,
Воробьев Г. В., Пименов М. Ю.,
Будницкий Д. М. Реализация норм
Федерального закона «Об основах
регулирования тарифов организаций
коммунального комплекса» как
условие финансового оздоровления
и привлечения инвестиций
в сфере ВКХ 2
В Совете Саморегулируемой
организации – Российской
ассоциации водоснабжения и водо-
отведения 4

ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Беляева С. Д., Гюнтер Л. И.
Управление осадками сточных вод –
важнейшая экологическая
проблема 5
Швецов В. Н., Морозова К. М.,
Нечаев И. А., Киристаев А. В.
Теоретические и технологические
аспекты применения биомембран-
ных технологий глубокой очистки
сточных вод 10
Воронов Ю. В., Саломеев В. П.,
Гогина Е. С. К вопросу перехода
высшего образования по направле-
нию «Строительство» на двухуров-
невую систему подготовки
специалистов 14

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ

Калашникова Е. Г., Арутюнова
И. Ю., Смирнов А. Д. Исследование
различных методов дезодорации
воды при водоподготовке 17
Фесенко Л. Н., Игнатенко С. И.,
Кудрявцев С. В. Опыт эксплуатации
электролизных установок для полу-
чения гипохлорита натрия 25
Петров В. Б., Синяков А. Е.,
Драгинский В. Л. Установки
по производству электролитического
гипохлорита натрия 33
Никифоров Г. И., Кибирев Д. И.,
Куприков Н. П. Отечественные элек-
тролизные установки для обеззара-
живания воды низкоконцентриро-
ванным гипохлоритом натрия 38

ЗА РУБЕЖОМ

Тавастшерна К. С. Крупные
насосные станции г. Парижа 45
Рефераты статей, опубликованных
в № 1 журнала 48

CONTENTS

AT THE RUSSIAN ASSOCIATION OF WATER SUPPLY AND WATER DISPOSAL

F. V. Karmazinov, D. A. Karlik,
G. V. Vorobiev, M. Yu. Pimenov,
D. M. Budnitsky. Realization of Norms
of the Federal Law *On the Principles
of Tariffs Regulation by Municipal
Complex Organizations* as a Condition
of Financial Normalization and Invest-
ments Attraction in the Field of Water
Supply and Sewerage Economy 2
At the Council of Autonomic Organiza-
tion – the Russian Association
of Water Supply and Water
Disposal 4

PROBLEMS, PERSPECTIVES

S. D. Belyaeva, L. I. Gyunter.
Management of Wastewater Sludge
is the Most Important Ecological
Problem 5
V. N. Shvetsov, K. M. Morozova,
I. A. Nechaev, A. V. Kiristaev.
Theoretical and Technological Aspects
of the Use of Biomembrane Technolo-
gies for Advanced Wastewater
Treatment 10
Yu. V. Voronov, V. P. Salomeev,
E. S. Gogina. On the Problem
of Conversion of Higher Education
in the Field of Construction
to a Two-Level System of Specialists
Training 14

TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR WATER TREATMENT

E. G. Kalashnikova, I. Yu. Arutyunova,
A. D. Smirnov. Study of Different
Methods of Water Deodorization
in the Course of Water Treatment ... 17
L. N. Fesenko, S. I. Ignatenko,
S. V. Kudryavtsev. Experience in Op-
eration of Electrolytic Units for Produc-
tion of Sodium Hypochlorite 25
V. B. Petrov, A. E. Sinyakov,
V. L. Draginsky. Units for Production
of Electrolytic Sodium
Hypochlorite 33
G. I. Nikiforov, D. I. Kibirev,
N. P. Kuprikov. Domestic Electrolytic
Units for Water Disinfection
with Low-Concentrated Sodium
Hypochlorite 38

ABROAD

K. S. Tavastsherna. Big Pumping
Stations of Paris 45
Abstracts of the Articles Published
in the Issue № 1 48

УЧРЕДИТЕЛИ:

ИНСТИТУТЫ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ –
СОЮЗВОДОКАНАЛПРОЕКТ,
НИИ ВОДГЕО,
ЦНИИЭП ИНЖЕНЕРНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ,
ГПКИИ САНТЕХНИИПРОЕКТ.
МГП «МОСВОДОКАНАЛ»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В. Н. ШВЕЦОВ
(главный редактор)
Р. А. ЧУБУКОВА
(зам. главного редактора)
С. В. ГЕТМАНЦЕВ
В. Л. ДРАГИНСКИЙ
Е. Н. ЖИРОВ
Н. А. ЗЕНИТОВ
Ф. В. КАРМАЗИНОВ
С. В. КОСТЮЧЕНКО
А. И. КУНАХОВИЧ
Р. Ш. НЕПАРИДЗЕ
П. П. ПАЛЬГУНОВ
А. Ф. ПОРЯДИН
Е. И. ПУПЫРЕВ
М. Н. СИРОТА
Л. Н. ФЕСЕНКО
С. В. ХРАМЕНКОВ
А. Я. ШАРИПОВ

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА НАХОДИТСЯ ПО АДРЕСУ:

Россия, 119992, Москва, ГСП-2,
Комсомольский пр-т, 42,
строение 2
Тел./факс: (495) 245-9633
Тел.: 245-9638
E-mail: vst@aha.ru
<http://www.vstmag.ru>

© ООО «Издательство ВСТ»,
журнал «Водоснабжение
и санитарная техника», 2007
Регистрационный № 01109

Опыт эксплуатации электролизных установок для получения гипохлорита натрия

Хлорирование воды остается наиболее доступным и надежным средством ее обеззараживания, поскольку хлор является дезинфектантом продленного действия, присутствие которого в питьевой воде необходимо для защиты ее от возможного повторного заражения при транспортировке потребителям. Вместе с тем при кажущейся простоте и дешевизне применения жидкого хлора процесс хлорирования требует обязательного соблюдения «Правил по производству, транспортированию, хранению и потреблению хлора» (ПБ 09-594-03), в связи с чем затраты на обеспечение безопасности воды многократно превосходят затраты на сам процесс хлорирования. Затраты же на ликвидацию последствий возможной разгерметизации емкости с многотонными запасами жидкого хлора, хранящихся на площадках очистных и других водопроводно-канализационных сооружениях, размещенных, как правило, вблизи жилой и промышленной застройки, вообще предсказать невозможно.

Потенциальная опасность жизни и здоровью людей, связанная с хранением и применением жидкого хлора, вызвала необходимость поиска и практической реализации но-

вых методов хлорирования для обеззараживания питьевых и сточных вод. Наиболее безопасным, малотоксичным для человека (IV класс токсичности) и более простым в эксплуатации хлорсодержащим реагентом признан низкоконтентрированный гипохлорит натрия, получаемый электролизом раствора поваренной соли непосредственно на месте потребления. Опыт применения гипохлорита натрия показал его высокую технологическую надежность, эксплуатационную безопасность и бактерицидную эффективность.

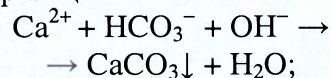
Тенденция массового применения гипохлорита натрия вместо жидкого хлора привела к повышению конкурентоспособности предлагаемых разработок и расширению круга специалистов и предприятий в этой области. В то же время рекламируемые электролизные установки не всегда или не в полной мере учитывают весь спектр проблем, возникающих при эксплуатации электролизеров.

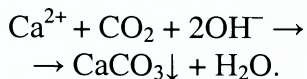
Хотя метод получения гипохлорита натрия в бездиафрагменных электролизерах давно вышел за пределы научных исследований и опытно-промышленных испытаний, эксплуатация электро-

лизных установок имеет свои особенности, знание и соблюдение которых в значительной степени определяют надежность работы и срок их службы.

Научно-производственное предприятие «Экофес» (г. Новочеркасск Ростовской области) в течение 15 лет выпускает установки «Хлорэфс» различной производительности, оснащенные электролизерами с электродами ОРТА. Опыт эксплуатации установок «Хлорэфс» более чем на 150 объектах Южного федерального округа показал, что основная проблема надежности их работы связана с образованием отложений карбоната кальция на поверхности катодов электролизера. Это приводит к нештатному режиму электролиза, перегреву и коррозии электродной системы, разрушению оксидно-рутиниевого покрытия анодов.

Образование осадка CaCO_3 связано с наличием ионов кальция и гидрокарбоната в воде, используемой для приготовления солевых растворов. В щелочном прикатодном пространстве свободная углекислота и ионы HCO_3^- переходят в CO_3^{2-} с последующим образованием CaCO_3 по реакциям:





Применяемый на практике метод ликвидации отложений путем периодической промывки электродной системы 3–5-процентным раствором соляной кислоты не всегда экономически оправдан, поскольку требует частых остановок электролизера и значительного расхода кислоты (0,5–1 л на 1 кг вырабатываемого эквивалентного хлора). Так, для электролизных установок «Санер» (г. Подольск) инструкция по эксплуатации предусматривает кислотную очистку катодов через каждые 9–18 ч работы (в зависимости от жесткости воды). Поэтому представляется экономически целесообразным, помимо узла кислотной промывки электродов, включать в состав электролизной установки и блок кондиционирования воды, используемой для приготовления солевых растворов, с целью удаления из нее солей жесткости и снижения щелочности (декарбонизации).

Интенсивность образования карбонатных отложений зависит не только от химического состава воды (концентраций Ca^{2+} и HCO_3^-), но и от качества поваренной соли, из которой готовят электролит. Как правило, в природной воде присутствует кальций. Значительные количества хлорида кальция содержит и поваренная соль астраханских и украинских месторождений. Экспериментально установлено, что приращение концентраций Ca^{2+} в насыщенном растворе NaCl (Артемсоль, I сорт, ГОСТ Р 51574–2000) составляет 32–45 ммоль/дм³.

При этом концентрация гидрокарбоната практически не менялась: в исходной воде 4,1 ммоль/дм³; в насыщенном солевом растворе 4,15 ммоль/дм³. Для предотвращения образования осадка необходимо удалить из воды ионы кальция и гидрокарбоната либо одного из них. Компания «Wallace and Tiernan» (Англия) пошла по пути удаления катионов жесткости (Ca^{2+} и Mg^{2+}) из воды, идущей на приготовление насыщенного раствора соли, комплектуя свои электролизные установки типа OSEC Na-катионитовыми фильтрами. В первых установках «Хлорэфс» также предусматривалось умягчение воды Na-катионированием, однако, как выяснилось впоследствии, этот способ теряет всякий смысл вследствие вторичного насыщения воды кальцием из-за низкого качества используемой поваренной соли.

Применение соли марки «Экстра» значительно удорожает производство гипохлорита натрия. В данной ситуации, очевидно, следует остановиться на варианте декарбонизации воды, поскольку поваренная соль не содержит примесей гидрокарбоната. Таким образом, удаление ионов HCO_3^- из воды, на которой готовятся солевые растворы, представляется наиболее рациональным способом предотвращения катодных отложений.

Для оценки методов снижения щелочности были проведены исследования по трем вариантам декарбонизации: известковая обработка, подкисление воды с последую-

щей отдувкой CO_2 , Cl-анионирование. В качестве исследуемой взята вода Новочеркасского водопровода (донская) со следующими исходными концентрациями веществ, ммоль/дм³: гидрокарбонаты HCO_3^- – 4,5, кальций Ca^{2+} – 4,1, магний Mg^{2+} – 2,9, свободная углекислота CO_2 – 0,09.

Обработка воды известью. Известкование проводили в цилиндрах объемом по 500 мл, объем воды 400 мл. Известь добавляли в виде известкового молока с концентрацией CaO 0,742 % в интервале доз 1–8 ммоль/дм³. После добавления расчетной дозы реагента воду тщательно перемешивали в течение 30 с и отстаивали от 1 до 1,5 ч. Компоненты карбонатной системы (CO_3^{2-}), а также концентрации Ca^{2+} , Mg^{2+} и OH^- определяли в отфильтрованных пробах по стандартным методикам. Все опыты проводили в трехкратной повторяемости с последующим усреднением результатов экспериментов. Динамика изменения ионного состава донской воды при обработке известью представлена в таблице.

Как следует из таблицы, максимальное снижение щелочности воды известкованием составляет 0,8 ммоль/дм³, доза извести при этом примерно равна концентрации HCO_3^- в воде, т. е. карбонатной жесткости, как это и рекомендуется СНиП 2.04.02–84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» при соотношении концентраций $\text{Ca}^{2+} > \text{HCO}_3^-$.

Подкисление воды с азотацией. Продувку воды объемом

Номер пробы	Доза извес-ти, ммоль/дм ³	Концентрация ионов в воде, ммоль/дм ³					Общая жест-кость, мг/л
		HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	ОН ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
1	0	4,5	0	0	4,1	2,9	7
2	1	3,2	0,4		3,3	2,7	6
3	2	2			2,2	2,6	4,8
4	3	1,2	0,6		1,2		3,8
5	3,5	0,8	0,8		0,9		3,5
6	4	0,3	1		0,8	2,4	3,2
7	4,5	0,2		0,6	1,1	2	3,1
8	5	0	0,8	0,8	1,5	1,5	3
9	6		0,6	1,1	2	1	
10	7		0,8	1,3	2,8	0,2	
11	8			1,6	3,7	0,1	3,8

1 л, подкисленной соляной кислотой до концентрации HCO₃⁻, равной 0,2 ммоль/дм³, осуществляли микрокомпрессором через фильтросную насадку в цилиндре объемом 1 л с интенсивностью подачи воздуха от 1,2 до 4,2 л/(л·мин) воды. Динамика изменения концентрации CO₂ в зависимости от времени аэрации представлена на рис. 1, из которого видно, что снижения концентрации CO₂ при расходе воздуха 4–4,5 л/(л·мин) воды можно достичь уже в первые 4–5 мин продувки. Дальнейшее увеличение интенсивности аэрации заметного эффекта снижения concentra-

ции CO₂ не дает, только сокращает время обработки до 2–4 мин.

Cl-анионирование. Снижения щелочности можно добиться фильтрованием воды через слой анионита, регенерация которого осуществляется раствором поваренной соли. При этом Cl-анионит поглощает ионы SO₃²⁻ и HCO₃⁻, отдавая эквивалентное количество хлор-ионов. Анионитом могут служить как слабоосновные, так и сильноосновные ионообменные смолы.

Исследования проводили в колонке диаметром 10 мм, загруженной высокоосновным анионитом марки Cybber

AX-400 (производство компании «Cyber Prosper Industrial Limited», КНР) в Cl-форме с высотой слоя 200 мм (объем анионита 16 см³). Предварительно анионит был отрегенирован 3-процентным раствором NaCl. Скорость фильтрования воды 10 м/ч. Изменение качества Cl-анионированной воды (по HCO₃⁻) в течение фильтроцикла представлено на рис. 2. При таких условиях работы анионита продолжительность фильтроцикла составляет около 1 ч (пропущено 600 мл воды), а рабочая обменная способность по HCO₃⁻ – всего 160 г-экв/м³. Столь низкая обменная емкость объясняется достаточно высокой (до 300 мг/л) концентрацией сульфатов в донской воде, на которые и приходится основная часть обменного иона. Данный метод декарбонизации можно рекомендовать для воды с низкой концентрацией ионов SO₄²⁻.

На следующем этапе исследований оценивалась интенсивность осадкообразования в процессе электролиза рабочих (3-процентных) растворов соли, приготовленных

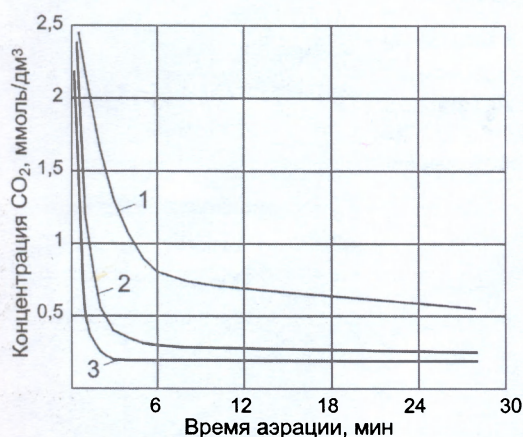


Рис. 1. Зависимость концентрации свободной углекислоты от времени аэрации при интенсивности подачи воздуха
1 – 1,2 л/(л·мин); 2 – 3 л/(л·мин); 3 – 4,2 л/(л·мин)

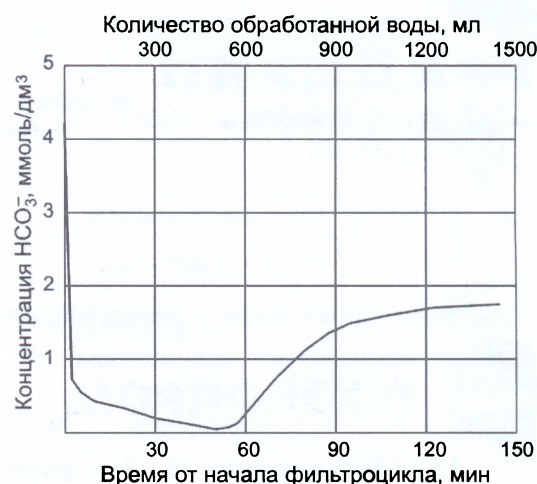


Рис. 2. Изменение щелочности воды в течение фильтроцикла

на необработанной и обработанной (известкованием и подкислением с аэрацией) воде. Интенсивность осаждения CaCO_3 определяли в процессе электролиза по снижению концентрации кальция в растворе получаемого гипохлорита. Эксперимент проводили на лабораторном электролизере непроточного типа с объемом камеры 1 дм^3 при плотности тока 150 мА/см^2 , рабочие площади анода и катода составляли по 40 см^2 . Рабочий цикл электролизера (время достижения концентрации эквивалентного хлора в растворе 7 г/дм^3) составлял 5 ч. В результате исследований установлено, что при работе электролизера на декарбонизированной воде концентрация кальция не снижалась и после 30-го цикла (спустя 150 ч) как с использованием известкованной воды, так и дегазированной с подкислением. При этом отложений карбоната кальция на поверхности катода не наблюдалось. Совершенно иная ситуация имела место при электролизе раствора NaCl , приготовленного

на необработанной воде. К концу каждого цикла концентрация кальция в растворе гипохлорита снижалась с 4 до $1,5\text{--}2 \text{ мг-экв/дм}^3$, т. е. за цикл на поверхности катода осаждалось CaCO_3 до 100 мг и более. К началу пятого цикла были хорошо заметны катодные отложения, и температура раствора была на $8\text{--}10^\circ\text{C}$ выше, чем при работе на декарбонизированной воде.

Как показала практика эксплуатации электролизных установок «Хлорэфс» на водных объектах Южного федерального округа, применение декарбонизации воды позволяет продлить срок службы электродных пластин до трех и более лет. Опыт эксплуатации узлов декарбонизации воды также показал, что метод снижения щелочности воды известью более сложен из-за запыленности рабочей зоны при работе с известью, хотя оба метода декарбонизации равноценны по своей эффективности.

Описанные технические решения позволили НПП «Экофес» успешно внедрить

свои установки на ряде объектов с неблагоприятным для электролитического получения гипохлорита натрия составом воды и неудовлетворительным качеством поваренной соли.

Выводы

Результаты долговременных технологических исследований и промышленной эксплуатации электролизных установок «Хлорэфс» для получения гипохлорита натрия в системах обеззараживания на водных объектах Южного федерального округа подтверждают необходимость декарбонизации воды, идущей на приготовление растворов поваренной соли. Для исключения процесса отложения карбоната кальция на поверхности катодов возможно применение как известковой обработки воды, так и ее подкисления с последующей аэрацией. Применение метода катионитового умягчения нецелесообразно из-за низкого качества поваренной соли, используемой в технологическом процессе.

ЭКОНОМЬТЕ НА ВОДЕ

ГРАДИРНИ

«Росинка»

для охлаждения воды в системах
оборотного водоснабжения
конденсаторов холодильных машин, установок
кондиционирования воздуха и другого
технологического оборудования

Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	5–100
Тепловая нагрузка, Мкал/ч	32–570

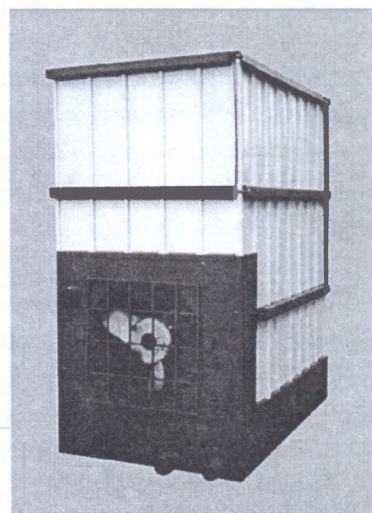
Выполняем расчет, проект и монтаж систем оборотного водоснабжения



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА

ТЕХЭКОПРОМ

123557, Москва, а/я 29 Тел./факс: (495) 253-3737, 253-9450
E-mail: teco@tsr.ru <http://www.tecopro.ru>



На правах рекламы