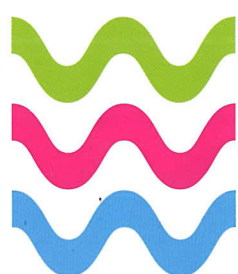


ISSN 2072-2710
2017/7 (115)

Производственно-технический
и научно-практический журнал



ВОДОЧИСТКА
ВОДОПОДГОТОВКА
ВОДОСНАБЖЕНИЕ



УСТАНОВКИ ПОЛУЧЕНИЯ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ МОРСКОЙ ВОДЫ



Фесенко Л.Н.¹
д-р. техн. наук,
проф.

Игнатенко С.И.²
канд. техн. наук,
заместитель директора

Пчельников И.В.¹
канд. техн. наук,
ст. преподаватель

Териков А.С.¹
магистрант

¹ - Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. Кафедра «Водное хозяйство, инженерные сети и защита окружающей среды»
² - ООО НПП «ЭКОФЕС»

На сегодняшний день наиболее экономичным, надежным и безопасным дезинфектантом считается гипохлорит натрия. В качестве сырья для получения электрохимического низкоконцентрированного гипохлорита перспективно использование неистощаемого естественного источника хлоридов – морской воды. Природные минерализованные воды, с повышенными концентрациями хлорид-ионов, обеспечивают значительную экономию при получении гипохлорита и упрощают технологическую схему. В статье рассмотрены существующие технологии и установки получения гипохлорита натрия прямым электролизом морской воды зарубежных производителей.

Ключевые слова: электрохимический низкоконцентрированный гипохлорит натрия, электролиз морской воды, обеззараживание, прямой электролиз.

В настоящее время обеззараживание питьевых, технологических и сточных вод хлором и его производными признано одним из самых эффективных и распространенных решений по дезинфекционной обработке воды. Наиболее безопасным, малотоксичным и простым в эксплуатации реагентом, содержащим активный хлор, в мировой практике признан низкоконцентрированный электрохимический гипохлорит натрия (ГХН), получаемый на месте потребления электролизом специально приготовленных для этой цели растворов поваренной соли [1]. Работа электролизных установок на искусственно приготовленном сырье требует дополнительных затрат электроэнергии и, соответственно, соли [2].

Гипохлорит натрия может быть получен электролизом не только искусственных растворов поваренной соли, но и естественных хлоридных вод морей и океанов.

Разнообразие ионного состава морской воды (табл. 1), наличие в которой хлоридных ионов и ионов натрия позволяет использовать морскую воду в качестве сырья для получения обеззараживающего реагента – гипохлорита натрия, что представляется перспективной классической методика получения ГХН из искусственных растворов как в экономическом, так и в технологическом плане.

Усредненные характеристики химического состава вод некоторых морей

Таблица 1

Показатели	Раствор поваренной пищевой соли (3% по NaCl)		Вода Средиземного моря		Вода Черного моря		Вода Каспийского моря	
	мг/л	мг-экв/л	мг/л	мг-экв/л	мг/л	мг-экв/л	мг/л	мг-экв/л
Ca ²⁺	130,0	6,5	420,0	21,0	204,0	10,2	400,0	20,0
Mg ²⁺	54,68	4,5	1470,0	120,7	704,7	58,0	800,0	65,84
Na ⁺ +K ⁺	11782,9	512,3	12150,0	528,1	6095,0	264,5	3300,0	143,48
HCO ³⁻	189,1	3,1	140,0	2,3	173,9	2,85	180,0	2,95
SO ⁴⁻²	187,2	3,9	3050,0	63,5	1248,0	26,0	3500,0	72,92
Cl ⁻	18303,0	516,3	21410,0	604,0	10741,0	303,0	5000,0	140,85
Минерализация (Р, мг/л)	30646,9		38640,0		19430,0		13180,0	
pH	7,9		8,5		8,4		8,3	

Зарубежные компании - производители электролизного оборудования, работающего на морской воде

Таблица 2

№ п/п	Компания	Название электролизной установки, модель	Страна производитель
1	2	3	4
1	Chemical Newtech (CNT) Подразделение HISEOCHLOR Electrochlorination Systems	NT	Италия (Брешиа)
2	Newtec Umwelttechnik GmbH Borsigturm	nt-CLE	Германия (Берлин)
3	«GRUNDFOS/ ALLDOS»	Selcoperm SES	Дания (Бьеррингбро)
4	«Severn Trent De Nora»	SEACLO®	Италия (Милан)
5	«Wallis & Tiernan»	OSEK®-S	Англия (Лондон)
6	SESPI	CHLOROPURE	Италия (Милан)
7	SCITEC	NT-H 100000 Series Seawater electrolysis disinfection equipment	Китай (Шанхай)



Рисунок 1
Электролизные установки компании «Walles & Tiernan».

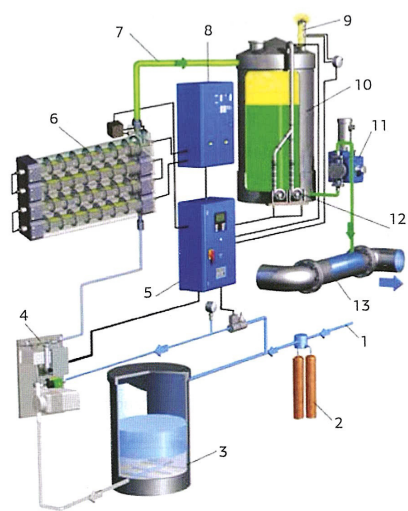


Рисунок 2
Принципиальная схема получения гипохлорита натрия на установке OSEK®-S.
1 – подача морской воды; 2 – блок механической очистки; 3 – ёмкость исходной морской воды; 4 – узел подачи морской воды на электролиз; 5 – шкаф управления; 6 – электролизная установка; 7 – подача гипохлорита натрия в накопитель; 8 – блок питания; 9 – система вентиляции накопителя ГХН (удаление водорода); 10 – накопитель ГХН; 11 – узел дозирования гипохлорита натрия; 12 – воздуходувка; 13 – точка ввода гипохлорита натрия.

Область применения гипохлорита натрия, получаемого электролизом морской воды, обширна и охватывает как промышленные (энергетика, судостроение), так и рекреационно-оздоровительные (бассейны, аквапарки, дельфинарии и др.) объекты [3].

Актуальным следует считать и потребность в получении низкоконцентрированного ГХН прямым электролизом морской воды на объектах тепловой и атомной энергетики [2], на морских платформах по добыче шельфовой нефти, в судостроительной отрасли [3].

На предприятиях энергетики для обеззараживания технологической воды в теплообменных системах с технической точки зрения целесообразно применение электролизных установок, поскольку обеспечение электроэнергией энергоёмкого электролизного процесса не вызывает дополнительных трудностей. Возможность же использования в технологическом процессе производства ГХН в качестве сырья морской воды делает такую схему предотвращения биообрастаний в охлаждающих конденсаторах еще более экономически привлекательной. В настоящее время в России технология биоцидной обработки охлаждающих оборотных циклов с использованием ГХН, получаемого на базе морской воды, не применяется, а мощные генераторы ГХН (до 300 и более кг/ч по активному хлору) отечественной промышленностью не выпускаются. В России нет известных примеров реализации крупнотоннажного производства низкоконцентрированного ГХН из морской воды. Однако мировой опыт зарубежных компаний (табл. 2) говорит об успешном применении технологии получения гипохлорита натрия прямым электролизом морской воды.

Так, английская компания «Walles & Tiernan» разработала электролизную установку OSEK®-S для получения низкоконцентрированного ГХН из морской воды (рис. 1) [4].

Морская вода, перед подачей на электролизер, проходит предварительную очистку на механических фильтрах, затем подается в электролизер. В результате применения постоянного тока образуется гипохлорит натрия и водород. Водород вместе с раствором гипохлорита натрия поступает в накопительный бак готового продукта. Для разбавления водорода ниже его воспламеняемости и выброса его через систему вентиляции используется воздуходувка (рис. 2) [4].

Аноды, используемые в установке, изготовлены из титана с покрытием из металлов платиновой группы. Катоды изготавливают из специального сплава торговой марки Hastelloy® С и оснащены прокладками из поливинилденфторида, которые позволяют обеспечивать столь важное для процесса неизменное расстояние от анода [5].

Количество анодов в электролизере может быть подобрано для получения желаемого количества хлора. Такая гибкость системы обеспечивает значительное снижение потребляемой мощности и стоимости установки. Система управления обеспечивает полностью автоматический режим работы устройства, включая все функции управления, контроля, сигнализации и блокировки. Датчики уровня, установленные в накопителе ГХН, управляют включением и выключением электролизера.

Поскольку системы OSEC®-S работают с постоянным расходом морской воды, концентрация производимого гипохлорита натрия определяется величиной постоянного тока на входе. В зависимости от производительности электролизера концентрация раствора гипохлорита натрия составляет 1-2 г/л эквивалента хлора [4].

Компанией «Shanghai Sclyee Water Sci. & Tech. Co., Ltd.» (в дальнейшем упоминаемой как «SCITEC») в сотрудничестве с компаниями «Chlorine Engineers Corp., Ltd.» («CEC», Япония) реализованы многочисленные проекты, благодаря которым в настоящее время введено в эксплуатацию более сотни систем электрохлорирования основанных на электролизе морской воды (рис.3) [6].

Применив современные технологии и продукцию компаний «Chlorine Engineers Corp.» («CEC»), компании «SCITEC» удалось добиться продления срока службы электродов, значительного повышения экономичности процесса электролиза и увеличения периода между кислотными промывками.

Китайской компанией запатентованы биополярные электроды DSA (со стабильными по размеру анодами), срок службы которых составляет более пяти лет. Малый вес и компактность конструкции цилиндрического электролизера не требует значительных площадей для размещения, а осуществление технического обслуживания, ремонта и замены оборудования реализуется силами двух рабочих [6].

Система электрохлорирования находит широкое применение на многих промышленных предприятиях, например, на электростанциях, станциях



Рисунок 3
Установки компании «SCITEC» типа NT-H.

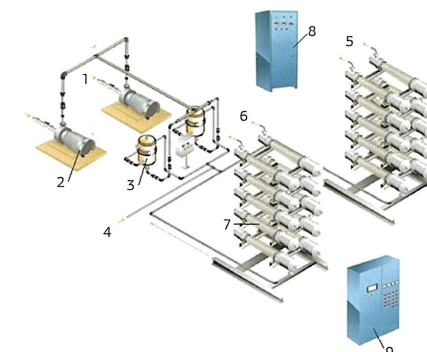


Рисунок 4
Схема получения гипохлорита натрия электролизом морской воды на установке «SCITEC» типа NT-H.
1 – исходная морская вода; 2 – насос подачи морской воды; 3 – самопромывающийся механический фильтр; 4 – подача воды на промывку фильтра; 5, 6 – отвод ГХН в накопитель; 7 – электролизная установка; 8 – блок питания; 9 – шкаф управления.

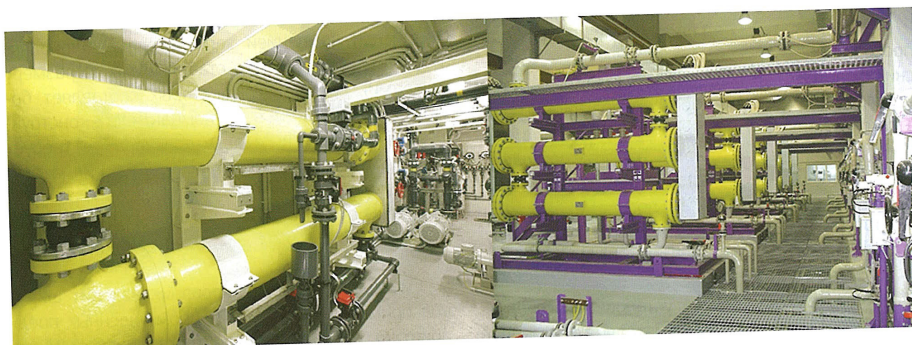


Рисунок 5
Установка компании «De Nora» типа SEACLOR®.

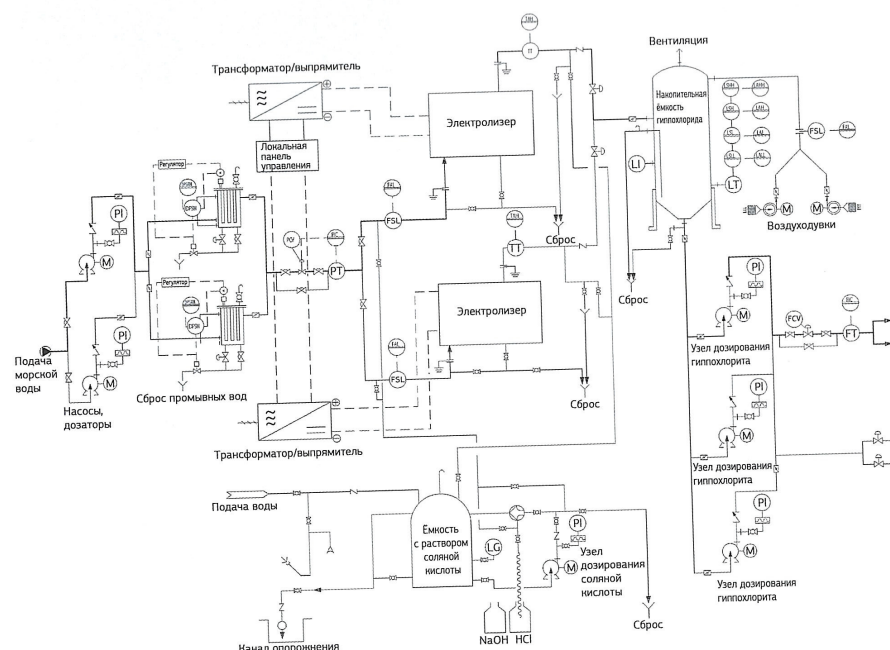


Рисунок 6
Технологическая схема получения гипохлорита натрия электролизом морской воды на установке SEACLOR®.

приема сжиженного природного газа, в опреснителях. Электролизный элемент имеет модульную конструкцию. Предусмотрена возможность регулирования мощности генератора в соответствии с конкретными требованиями заказчика (рис. 4) [6].

Одним из мировых лидеров в области электролизных технологий, производства электродов для реализации протекания электрохимических реакций и обеззараживания воды является компания «De Nora» [7].

Установки SEACLOR®, разработанные «De Nora» имеют мощность от 10 до 900 кг/ч по активному хлору (рис. 5). Системы SEACLOR® предназначены для непрерывной работы в автоматическом режиме и требуют только периодического контроля [7].

Установки SEACLOR® состоят из электролизеров модульной конструкции, которые соединяются в единую электрическую и гидравлическую сеть. Перед подачей в электролизер морская вода проходит через сетчатые фильтры для удаления взвешенных веществ, поскольку вода с повышенным содержанием взвешенных органических веществ и нефти не пригодна для получения ГХН. Далее вода поступает в электролизер (рис. 6). Уникальной особенностью электродного узла является быстрота и легкость замены электродов. Электродный пакет может быть вставлен или удален из электролизера за короткое время без использования специализированной механики [7]. Электролитические ячейки имеют двухполюсную конструкцию, катоды каждой ячейки непосредственно связаны с анодами следующей ячейки. Электролизеры работают при постоянном расходе морской воды, в то время как ток регулируется таким образом, чтобы генерация хлора мгновенно отвечала потребностям по концентрации получаемого продукта [7].

Другая итальянская компания «SESPI» разработала электролизную установку CHLOROPURE® (рис. 7), которая также работает на морской воде [8].

Электролизер CHLOROPURE® состоит из набора биполярных электродов в виде пластин, расположенных горизонтально, и образующих ряд ячеек, заключенных в высокопрочную изолирующую оболочку. Аноды покрыты оксидами благородных металлов на титановой основе,



Рисунок 7
Электролизная установка CHLOROPURE®.

а катоды из специально обработанного титана для минимизации образования карбонатных отложений. Под электродами каждой ячейки предусмотрено специальное пространство для сбора оседающих нерастворимых веществ (песка, окислы и т. д.), что исключает необходимость вскрытия электролизера для очистки [8].

Природные минерализованные воды с повышенными концентрациями хлорид-ионов обеспечивают существенную экономию при получении гипохлорита и упрощают технологическую схему. Мировая практика показывает растущую востребованность технологий производства гипохлорита натрия прямым электролизом морской воды, что указывает на необходимость разработки и внедрения отечественных аппаратов электролиза природных вод, способных к импортозамещению в стратегических для нашей страны областях – энергетике, судостроении и добычи углеводородов.

Литература:

1. Кудрявцев, С. В. Совершенствование технологических параметров установок получения электролитического гипохлорита натрия для обеззараживания воды. – Новочеркасск, 2009. – 161 с.
2. Исследования получения электролитического гипохлорита натрия электролизом морской воды персидского залива для нужд ТЭС «Хормозган» Исламской Республики Иран.
3. Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И., Пчельников И.В. Области применения гипохлорита натрия, получаемого электролизом морской воды // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД – 2012».
4. «Wallis & Tiernan» Электролитическая система хлорирования [Электронный ресурс] http://www.evoqua.com/en/brands/Wallace_and_Tiernan/Pages/Hypochlorite-Generation-Equipment.aspx
5. Системы OSEC® для производства низкоконтентированного гипохлорита натрия [Электронный ресурс] <http://www.ecocontrol.ru/clauses/stati-pro-obezrazazhivanie-vody/sistemy-osec-dlya-proizvodstva-nizkokontsentririvov/>
6. NT-H Series Electro-chlorination from seawater [Электронный ресурс] <http://en.cnciye.com/djss/html/722.html>
7. SEACLOR® [Электронный ресурс] <http://www.denora.com/markets-products/electrolyzers/seaclor.html>
8. Chlorpure® Electrolyzer [Электронный ресурс] <http://www.sespi.it/tech-information/electrochemistry/chlorpure-electrolyzer-by-sespi>