



МАТЕРИАЛЫ

VI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

«ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ»



**Чебоксары
2011**

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
I. КОАГУЛЯНТЫ, ФЛОКУЛЯНТЫ. ОПТИМИЗАЦИЯ КОАГУЛЯЦИОННОЙ ВОДООБРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД	9
<i>С.В. Гетманцев.</i> Выбор эффективных коагуляционных технологий очистки природных вод ОАО «АУРАТ».....	9
<i>К.Л. Косарев, Г.Б. Рашковский, Л.В. Гандурина.</i> Очистка сточных вод молокоперерабатывающих заводов с применением высокоэффективных коагулянтов (полиоксихлоридов алюминия).....	14
<i>С.В. Гетманцев, С.Н. Линевич, С.А. Бреус.</i> Анализ эффективности метода коагуляционно-обеззараживающей обработки донской воды.....	19
<i>Д.Д. Педашенко, Л.Н. Божко, А.Ю. Скрябин, Г.В. Поповьян.</i> Влияние коагуляционной обработки донской воды на равновесие форм угольной кислоты.....	23
<i>П.А. Рафф.</i> Изучение влияния реагентов на качество очищенной воды Волжского водозабора г. Казани.....	27
<i>В.И. Кичигин, А.В. Цыпин, Анд.В. Севостьянов, Ант.В. Севостьянов.</i> Исследование процессов реагентного осаждения железа и цинка из промывных вод линии оцинкования стальной полосы.....	33
<i>С.Н. Линевич, С.А. Бреус, Г.Ю. Пивненко.</i> Дестабилизационный метод коагуляции и осветления донской воды.....	42
<i>Л.В. Гандурина, С.В. Гетманцев, А.В. Сычев.</i> Исследование коагулирующих свойств «АКВА-АУРАТ™18» и сульфата алюминия при самостоятельном и совместном применении.....	45
<i>Н.Н. Гризодуб, Л.Г. Спиридонова, Н.С. Серпокрылов, Д.А. Терещенко, И.И. Лесников.</i> Экспресс-методика оценки реагентной очистки вод.....	52
<i>Д.В. Астраханцев, Ю.А. Егорова, А.А. Кирсанов</i> Эффективность применения полиоксихлорида алюминия в производственных условиях водоподготовки МП г. Самара «Самараводоканал» г. Самара.....	56
II. ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ОЧИСТКЕ ПРИРОДНЫХ ВОД	63
<i>Л.Н. Фесенко, А.Л. Фесенко, А.Ю. Скрябин, С.И. Игнатенко.</i> Сравнительный анализ электрохимических методов получения хлорсодержащих реагентов для обеззараживания воды.....	63
<i>Л.Н. Фесенко, Д.В. Кашарин, К.С. Тер-Матиосова, О.И. Драй,</i>	

С.И. Маркграф. Удаление нефти на малых водотоках с использованием шерстяного сорбента.....	71
Н.Н. Куля, Н.С. Серпокрылов. Исследование водоструйного аэратора.....	76
Л.Н. Фесенко, Р.В. Федотов, С.И. Игнатенко. Обескремнивание воды фильтрование через модифицированный активный оксид алюминия.....	79
Е.Д. Хецуриани, А.Ю. Душенко, А.В. Пельчер, Р.С. Бечвая. Применение комплекса водозаборно-очистных сооружений в условиях ковшевого водозабора.....	84
А.Л. Фесенко, О.И. Драй, И.В. Пчельников. Концентрирование солевого раствора электролитического гипохлорита натрия.....	87
С.Я. Мацов, С.Е. Алексеев. Опыт реконструкции и модернизация сооружений очистки питьевой воды из поверхностных водоисточников.....	91
Е.И. Давыдов, Б.Ф. Лямаев. Устройство вертикального отстойника со спирально-навитой насадкой.....	95
И.Н. Рождов, П.В. Костюков, И.И. Рождов. О применении замедлителей выпадения карбоната кальция в оборотных охлаждающих циклах.....	97
С.Н. Линевич, С.А. Бреус, Г.Ю. Пивненко. Современные и перспективные технологии кондиционирования питьевой и технической воды.....	99
В.В. Денисов, А.Л. Фесенко, А.В. Денисова. К проблеме широкомасштабного внедрения гипохлоритной технологии водоподготовки.....	105
Е.И. Давыдов, Б.Ф. Лямаев. Методика расчета вертикального отстойника со спирально-навитой насадкой.....	110
И.А. Денисова. УФ-ионные технологии обеззараживания воды в стационарных и полевых условиях.....	116
III. ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД	119
Е.В. Вильсон, Н.С. Серпокрылов, И.И. Лесников. К вопросу о методике выбора оптимальной технологии реагентной дефосфотизации сточных вод.....	119
С.В. Кожин, М.И. Коробка, Н.С. Серпокрылов. Технология физико-химической обработки воды бассейнов для содержания китообразных в стационарных дельфинариях.....	124
Е.Л. Лагутина, В.В. Катаев. Опыт совместной обработки водопроводных и канализационных осадков на очистных	

сооружениях канализации г. Ижевска.....	129
В.П. Костюков, Е.Г. Узрватова. Сорбционная очистка производственных сточных вод от хлорорганических соединений на примере хлороформа.....	134
Н.С. Серпокрьлов, С.Н. Мордвиненко, Е.Н. Серпокрьлов, Я.Ю. Каменев. Контроль режимов очистки сточных вод по эмиссии газов.....	138
Л.Н. Фесенко, Н.И. Куликов, Д.В. Попов. Особенности технологии очистки ливневых вод в условиях Сочинского курортного региона.....	141
Ю.Ю. Смирнов, Т.В. Кирсанова, И.В. Хамидулина. Опыт разработки биохимической технологии очистки сточных вод металлургического комбината от ионов тяжелых металлов и сульфатов.....	146
В.Ю. Борисова, Е.В. Скибина, Н.С. Серпокрьлов, Я.Ю. Каменев. Влияние освещенности биомассы на технологические параметры азротенков.....	149
А.А. Рученин, С.Ф. Осипов. Результаты внедрения узла обезвоживания осадка промывных вод фильтров и отстойников в цехе ОС и ВК (водозабор) на ОАО «Казаньоргсинтез».....	154
В.П. Костюков, П.А. Ермаченко, П.В. Костюков. Оптимизация технологического режима работы биологических очистных сооружений канализации на основе компьютерного моделирования открытых динамических систем.....	157
А.В. Кузнецов. Сбор, очистка и использование парового конденсата на ОАО «Казаньоргсинтез».....	163
А.С. Смоляниченко, С.А. Щербаков, И.И. Лесников, Д.А. Гацков, А.В. Подгорный. Расширение функциональных возможностей азраторов RAUBIOXON в процессах водоочистки.....	166
IV. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВЫ И ИХ ВЫПОЛНЕНИЕ В ОБЛАСТИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД	170
И.В. Михеева. Водные объекты и состояние водоснабжения на территориях ЮФО.....	170
С.А. Бреус. Качественная характеристика основного источника водоснабжения Ростовской области, реки Дон.....	175
V. ИНФОРМАЦИОННО-РЕКЛАМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	181
И.А. Грачев, И.В. Антонович. Современные методы контроля качества и безопасности воды.....	181
Реклама	187

основным показателям, рассчитанный на процессы вторичного загрязнения воды при транспортировке по разводящей сети до потребителя, т.к. исключает влияние на процесс коагуляции температуры и pH обрабатываемой воды, что повышает стабильность процесса обработки воды. Расход сульфата алюминия сократился на 50 %, при этом в затраты на реагент-коагулянт добавился пункт затраты на ПОХА, общая сумма затрат аналогична $\approx 8,0$ млн. руб.

2. Общий расход флокулянта Магнафлок ЛТ-20 по НФС-1, за 2009 год, сокращён на 50 %, за 2010 год – 80 %.

3. Эффективность обеззараживания водоподготовки, при коагуляционной обработке с применением ПОХА «АКВА-АУРАТ™30», в 1,5 – 2 раза выше, чем с сульфатом алюминия, что позволило снизить дозу хлора на первичном обеззараживании, а, следовательно, снижается образование хлорорганических соединений.

Общий расход хлора по НФС-1 за 2009 год сокращён на 15 %.

В 2010 году на 26 % (257,9 т – 4201,182 тыс. рублей).

4. Достигнуты экологические преимущества технологии водоочистки с использованием полиоксихлорида алюминия за счёт уменьшения дозы реагента (по Al_2O_3) – снижено до 30 % шламообразование в очистных сооружениях. Улучшены условия дезинфекции сооружений, что гарантирует эпидемическую безопасность воды.

5. В 2009 и 2010 годах повышены экономические показатели работы сооружений НФС-1 за счёт упрощения работы реагентного хозяйства, высвобождения техники, механизмов, улучшены условия труда, а, следовательно, амортизационные, энергетические и другие затраты.

6. Применение комбинированной схемы водоподготовки с использованием коагулянтов: сульфата алюминия и полиоксихлорида алюминия «АКВА-АУРАТ™30», повышает стабильность процесса реагентной очистки маломутных вод Саратовского водохранилища. Общие затраты на реагенты в 2010 году сокращены на 16 %.

II. ПОВЫШЕНИЕ

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ

ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ

ПО ОЧИСТКЕ ПРИРОДНЫХ ВОД

УДК 628.166

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

Л.Н. Фесенко, А.Л. Фесенко, А.И. Вергунов

Южно-Российский государственный технический университет (НПИ),
г. Новочеркасск, Россия

А.Ю. Скрыбин

ОАО «ПО Водоканал г. Ростова-на-Дону», г. Ростов-на-Дону, Россия

С.И. Игнатенко

ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск, Россия

Проведен сравнительный анализ электрохимического получения хлорсодержащих реагентов методами диафрагменного электролиза и без мембраны. Дана оценка образования при электролизе побочных продуктов и пути обеспечения безотходности и экологичности технологии производства гипохлорита натрия с установками «Хлорэфс».

В последние годы в России постоянно совершенствуется нормативная база в области промышленной безопасности, ужесточающая требования к условиям производства, хранения, транспортирования и применения хлора. Сопоставление требований данных документов и фактического технического уровня действующих хлораторных установок показывает, что на сегодняшний день сложилась ситуация, опасная последствиями в отношении экологической и производственной безопасности на площадке водоочистных сооружений, в связи с чем она относится к опасным производственным объектам.

Опасность использования жидкого (2 класса опасности) хлора, а также невозможность соблюдения водоканалами ряда положений и

«Правил по производству, транспортированию, хранению и потреблению хлора» (ПБ 09-594-03) вызвало необходимость поиска альтернативных путей по обеспечению промышленной безопасности и антитеррористической устойчивости систем водоснабжения. По сути вопроса для многих водоканалов есть только три варианта его решения: либо перенос станции в более безопасное место (т.е. строительство новой за территорией города); либо отселение жителей за пределы радиуса опасной зоны; либо 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. Менее опасным (3 класс опасности) является технический (товарный) высококонцентрированный раствор гипохлорита натрия марки А с высоким значением pH и содержанием активного хлора 14 – 18 %, производимый на химических заводах и доставляемый к объекту специальным транспортом. На месте потребления он разбавляется водой до состояния наименьшей скорости разложения (до 10 %-ой концентрации) и с той же целью хранится в помещении с поддерживаемой температурой воздуха 10 ± 5 в резервуарах, обеспечивающих его 15-ти суточный запас. Наиболее же безопасным (4 класс опасности), малотоксичным для человека и более простым в эксплуатации хлорсодержащим реагентом признан низкоконцентрированный гипохлорит натрия, получаемый непосредственно на месте потребления при прохождении электрического тока через раствор поваренной пищевой соли.

Технологически получение хлорсодержащих растворов электролизом возможно двумя путями: с диафрагменным мембранным разделением межэлектродного пространства и без мембраны. В первом случае вырабатывается молекулярный хлор и кислород (в анодной камере), каустик и водород (в катодной камере), во втором – гипохлорит натрия и водород. На рынке появляется все большее количество усиленно рекламируемых устройств мембранного типа, которые зачастую декларируются как «безопасная и экономичная альтернатива известным технологическим процессам синтеза хлора», «новый процесс в технологии электрохимических производств» и т.п., а производимый этими аппаратами продукт именуется в рекламной продукции как: «электрохимически активированный антимикробный раствор», «более современный в технологическом и функциональном плане аналог хлорной воды» и т.д.

Получаемый в анодной камере диафрагменного электролизера газ различные фирмы называют по-разному:

- «обычный хлор-газ» (компания Pro Minent, Германия; компания Chlorimax, США);
- «окислительный газ-хлорин, состоящий из хлор-газа, диоксида хлора, перекиси водорода, атомарного кислорода (фирма Oxi со., США);
- «нестабильная влажная газообразная смесь окислителей, представленная хлором (95 %), диоксидом хлора (3 %), озоном (1,5 %), гидропероксидными соединениями (перекись водорода, синглетный кислород, супероксидные радикалы)» (ОАО «НПО Экран», Россия).

В литературе имеются многочисленные данные о том, что «раствор смеси окислителей» обладает более эффективным окислительным и бактерицидным действием по сравнению с гипохлоритом натрия, получаемым в бездиафрагменном электролизере. 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 в присутствии высоких концентраций активного хлора в растворе проблематично.

Авторы также утверждают, что при диафрагменном электролизе полученный газ смешивается с водой, и в результате получаем «раствор смеси окислителей», «анолит АНК», «аналог хлорной воды» и т.п. (название продукта в зависимости от производителя оборудования), но который фактически ничем существенно не отличается от насыщенной газообразной хлорной воды в обычном хлораторе.

Результаты исследований, изложенных в докладе «Foundation for Water Research» (Великобритания) № 832/1100 от 08.12.2003 г., показали, что генераторы «смеси окислителей» не вырабатывают анолит или «раствор смеси окислителей» с заявленными свойствами, как утверждает в многочисленных рекламных проспектах фирм-производителей, а протестированное оборудование не вырабатывает продукт, отличный от хлора.

Необходимо подчеркнуть, что с точки зрения обеспечения эпидемиологической безопасности централизованного водоснабжения все хлорсодержащие реагенты одинаково надежны и эффективны, а преимущества применения хлор-газа, диоксида хлора, хлорамина, «окислителей», высоко- или низкоконтентрированного гипохлорита натрия следует искать не в их каком-то супербактерицидном эффекте, а в безопасности производства, технологичности, образовании побочных продуктов и их воздействии на экологию или обрабатываемую воду, их стоимости, наконец.

На рис. 1 показана принципиальная схема получения хлорной воды диафрагменным методом на месте потребления. Отличительной

особенностью работы электролизных установок с диафрагмой является генерирование хлор-газа, что требует соблюдения норм и правил хлорной безопасности, аналогичных при использовании жидкого хлора.

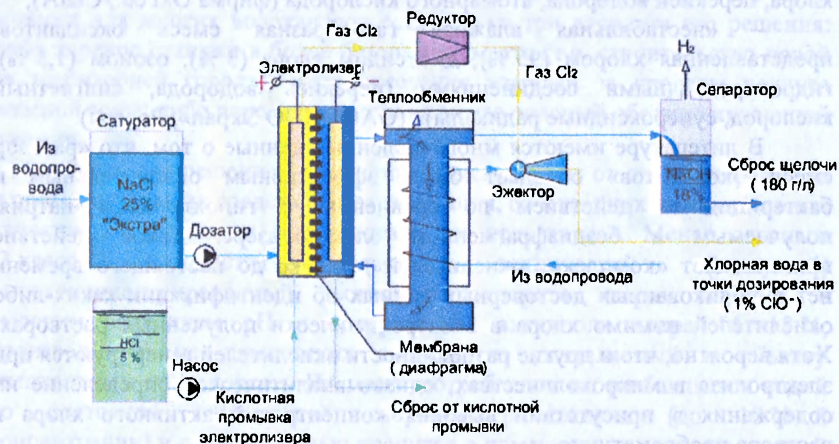


Рисунок 1. Принципиальная схема получения хлорной воды диафрагменным методом на установках «Аквахлор»

Еще одной важной особенностью работы диафрагменных электролизеров является сопутствующее образование каустической соды. Теоретически (стехиометрически), получение 1 кг хлора сопровождается выделением 1,14 кг едкого натра или выход 15 %-ой щелочи (150 г/л) составит около 10 л на каждый кг вырабатываемого хлора. Производители мембранных аппаратов в технологических схемах не предусматривают этапа нейтрализации или утилизации каустика, а лишь предлагают его использовать «в процессах коагуляционной очистки воды, для промывки фильтров или для продажи на фабрики первичной мойки шерсти, на нефтеперерабатывающие предприятия, на транспортные предприятия...» и т.п., вплоть до того, что: «В случае отсутствия возможности реализации раствора гидроксида натрия его можно вводить в воду сразу после насосной станции первого подъема или перед ней непосредственно в водозаборное устройство».

Однако образующуюся при диафрагменном электролизе щелочь в обрабатываемую воду «спрятать» невозможно, уж слишком большое её количество. Например, для обеззараживания воды на Центральных очистных сооружениях водопровода г. Ростова-на-Дону (ОСВ-1) необходима 1 т хлора в сутки, получение которой мембранным электролизом будет сопровождаться производством более 10 м³ каустика ежесуточно и которого для мойки шерсти, нефтяных цистерн и т.п. будет

явно с переизбытком. В водовод же сырой воды добавление щелочи, да еще в таких объемах совершенно неуместно, а сбрасывать каустик в канализацию недопустимо.

Другая проблемная особенность диафрагменных электролизеров – это их невысокая производительность. Конструктивно в них предусмотрено монополярное подключение электродов в связи со значительными техническими трудностями при производстве высокопроизводительных многокамерных аппаратов. Вследствие этого установки представляют собой пакет параллельно работающих мелких электролизных ячеек, количество которых достигает нескольких десятков на каждый килограмм производимого хлора.

Надежность работы электролизеров любого типа, в том числе и диафрагменных, обеспечивается периодической промывкой кислотой для устранения карбонатных отложений на поверхности катода или диафрагме. В работе В.В. Максимова «Богатство многообразия» (Вода Magazine. 2008. № 5) отмечается: «наработка на «отказ» диафрагменного электролизного блока составляет всего 10 – 25 часов. Практика эксплуатации показывает, что на каждый килограмм полученного активного хлора требуется 0,2 – 0,3 л концентрированной соляной кислоты для промывки, а продолжительность кислотной промывки составляет около 1 часа». Т.е. суточное потребление 39 %-ой соляной кислоты, например, для ОСВ-1 г. Ростова-на-Дону составило бы 200 – 300 л, а распределить и подать эти литры (которые следует еще и разбавить до 3 – 5 %) необходимо по всем установкам, (80 шт. «АКВАХЛОР-500»), каждая из которых состоит еще из 16 мелких диафрагменных ячеек, что нельзя назвать технологичным, ремонтпригодным и легкоуправляемым процессом.

Технологическая схема и эксплуатация электролизного оборудования значительно упрощается при бездиафрагменном способе получения хлорсодержащих растворов, при котором электролиз хлоридных растворов проводят без разделения электродных продуктов. Отсутствие мембранного разделения позволяет создавать многоэлектродные с биполярным подключением компактные высокопроизводительные аппараты.

Электролизные установки для получения низкоконтрированного гипохлорита натрия без разделения электродных продуктов лишены недостатков, присущих диафрагменному электролизу, в частности: отсутствие этапа выделения газообразного хлора и образования побочного продукта – щелочи и, соответственно, проблем, связанных с обеспечением хлорбезопасности и утилизацией каустика.

На рис. 2 и 3 представлены принципиальные схемы получения низкоконтрированного гипохлорита натрия на установках большой производительности известных иностранных фирм и отечественного

производителя ООО НПП «ЭКОФЕС». Принципиальное отличие установок заключается в марке используемой поваренной соли, в технологии подготовки воды для приготовления солевых растворов и, соответственно, в образующихся при этом отходах и экологичности производства.

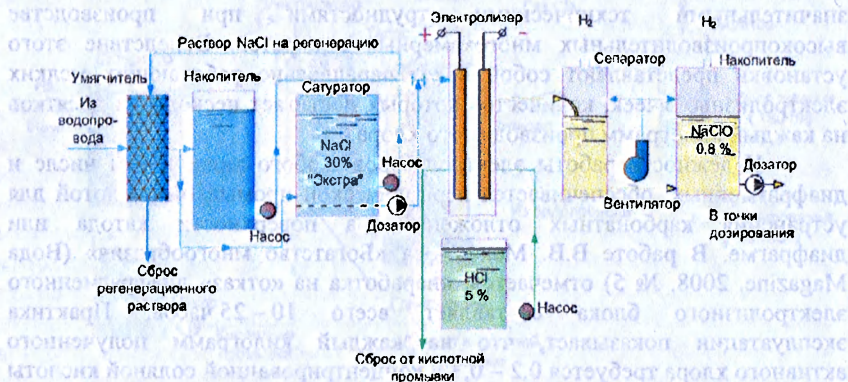


Рисунок 2. Принципиальная схема получения гипохлорита натрия электролизом на установках «NEWTEK» и «Wallace & Tiernan» (OSEC) в г. Санкт-Петербурге и Уфе

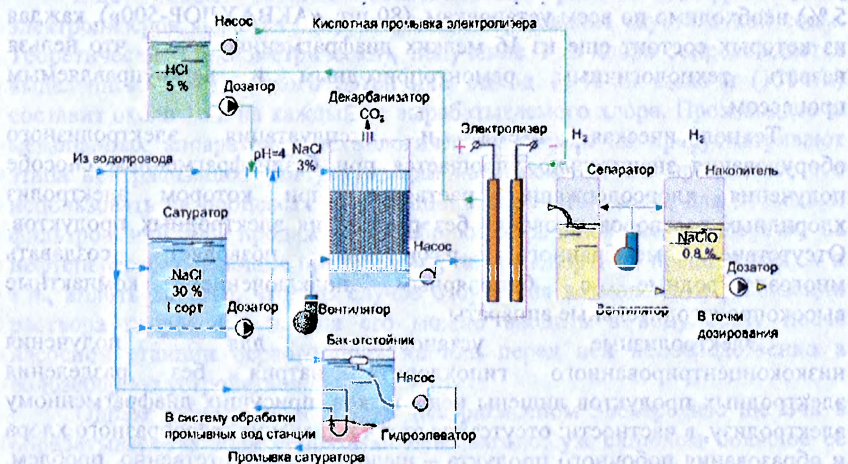


Рисунок 3. Принципиальная схема получения гипохлорита натрия электролизом на установках «Хлорэкс» в г. Ростове-на-Дону

Для предотвращения катодных отложений необходимо удалить из воды ионы кальция и (или) гидрокарбоната. Зарубежные компании для

удаления катионов жесткости проводят нагрый-кагионирование воды, идущей на приготовление соли. Соответственно, для исключения вторичного насыщения воды кальцием при солерастворении обязательно не только применение глубокооумягченной воды, но и использование соли марки «ЭКСТРА» или, в крайнем случае, высшего качества (например, производство ОАО «ИЛЕЦКСОЛЬ»), что удорожает солерастворение в 2,5 – 3 раза. Кроме того технология Na -катионирования кроме дополнительного потребления воды и соли на регенерацию Na -фильтров требует и решения вопроса переработки или ликвидации отработанных высококонцентрированных хлоридно-кальциевых регенерационных растворов, отмывочных и взрыхляющих сбросных вод. В системах OSEC эти вопросы не решаются, так же как и сброс кислотных промывочных вод, который должен быть, по крайней мере, если не обессолен, то, как минимум нейтрализован. При приготовлении насыщенного раствора соли в сатураторе, даже при использовании соли марки «ЭКСТРА», происходит накопление на дне нерастворимых примесей, постепенно коагулирующих гравийную подложку дренажной системы. Промывка же обратным током воды (по типу водопроводных фильтров) в сатураторах иностранных фирм не предусмотрена, в связи с чем отмывку гравийного слоя проводят вручную с выгрузкой гравия.

Все указанные недостатки, а также собственный 20-летний опыт производства и совершенствования электролизных установок привели к решению ряда вопросов, улучшающих эксплуатационные показатели системы и позволяющих наиболее полно использовать преимущества технологии получения гипохлорита бездиафрагменным электролизом. В результате в 2007 г. была разработана технология и запроектирована электролизная станция производительностью 1 т эквивалентного хлора в сутки, которая была построена и в декабре 2008 г. пущена в эксплуатацию на очистных сооружениях Центрального водопровода г. Ростова-на-Дону, рис. 4 – 6.



Рисунок 4. Зал электролизной на ОСВ-1 г. Ростова-на-Дону

Тенденция дальнейшего развития безотходности и экологичности технологии производства гипохлорита натрия с установками «Хлорэфс» нашла воплощение в запроектированной нами сегодня и прошедшей

Госэкспертизу электролизной станции мощностью 7 т эквивалентного хлора в сутки на Александровских водоочистных сооружениях г. Ростова-на-Дону. В обобщенном виде разработанная схема показана на рис. 3.

В настоящей технологии проблема использования соли любого



Рисунок 5. Электролизер УГ-25МК-250

качества (даже самой низкосортной) решается методом декарбонизации рабочего 3% -ого солевого раствора, т.е. удалением осадкообразующего иона гидрокарбоната путем подкисления воды до $pH \approx 4,0$ с переводом иона HCO_3^- в свободную двуокись углерода и последующей отдувкой ее в пленочном дегазаторе.

В электролизных установках «Хлорэфс»

предусмотрена и периодическая промывка 5 %-ой соляной кислотой. Как показала практика, при такой схеме декарбонизации воды периодичность промывок составляет не чаще 1 раза за 300 – 400 ч непрерывной работы электролизера. Кислота для промывки используется многократно, причем 250 л 5 %-ой соляной кислоты (кислотный контур одного электролизера



Рисунок 6. Зал водно-солевого хозяйства

производительностью 300 кг хлора в сутки) оказалось достаточным для 5500 мото-часов (230 сут) до её замены в контуре. В отличие от отечественных и зарубежных аналогов, отработанная кислота не сбрасывается в сток, а используется повторно в кислотной схеме декарбонизации. Т.е. какие-либо отходы и сбросы,

требующие удаления и переработки, отсутствуют.

Проблему использования низкосортной соли удалось решить следующим образом: приготовление насыщенного солевого раствора производится наиболее простым и надежным способом путем

фильтрации воды через неподвижный слой поваренной соли, загружаемой в сатуратор на гравийную подложку (поддерживающий слой), внутри которой расположена трубчатая распределительная система (по типу дренажа скорых водопроводных фильтров). Частицы глины и мелкого песка, поступающие с поваренной солью (особенно с низкосортной) и оседающие на дне, периодически удаляются из сатуратора методом обратной промывки восходящим (обратным) потоком воды. Частота промывок зависит от качества применяемой соли. Так, для марки «Артемсоль» первый сорт, как показала практика на ОСВ-1 г. Ростова-на-Дону, промывку сатуратора емкостью 4,7 м³ производят в 7 – 15 дней.

Вода после промывки сатуратора сбрасывается в два попеременно работающих бака-отстойника и после её отстаивания используется повторно в схеме приготовления солевого раствора (т.е. возвращается в сатуратор). Накапливающийся в отстойниках осадок, содержащий мелкий песок и глинистые фракции, периодически гидрозелеваторм направляется в сооружения повторного использования промывных вод фильтров водоочистной станции (т.е. в песколовки и, далее по схеме, в резервуары-усреднители).

Таким образом, технология приготовления солевых растворов, подготовки воды для электролиза с целью минимизации катодных отложений, процесс кислотной промывки катодов на проектируемой в настоящее время крупнейшей в России (да и в Европе) электролизной станции по получению низкоконцентрированного гипохлорита натрия на водопроводных очистных сооружениях являются экологически чистыми и полностью безотходными со 100 %-ным использованием всех применяемых в технологии реагентов (воды, поваренной соли, соляной кислоты).

УДК 628.161:665.61:504.55.054:667.3.081.3

УДАЛЕНИЕ НЕФТИ НА МАЛЫХ ВОДОТОКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШЕРСТЯНОГО СОРБЕНТА

Л.Н. Фесенко, Д.В. Кашарин, К.С. Тер-Матюсова,

О.И. Драй, С.И. Маркграф

Южно-Российский государственный технический университет (НПИ),
г. Новочеркасск, Россия

Рассмотрены источники загрязнения водных ресурсов нефтепродуктами. Предложено мобильное нефтеочистное сооружение для малых водотоков с применением картриджей, заполненных шерстью. Описаны исследования шерсти в качестве сорбента для удаления нефтепродуктов с водной поверхности.

фабрики первичной обработки шерсти.

Для исследования была собрана лабораторная установка, представляющая собой цилиндр с мешалкой, соединённый посредством гибкой трубки с сорбционной колонкой. Цилиндр был заполнен нефтяной эмульсией, а колонка шерстью. Для моделирования однородной эмульсии (нефть в воде) использовали механическую мешалку с регулируемым приводом. Для того чтобы эмульсия легко продавливала слой сорбента на выходе из колонки установили гидроструйный насос (рис. 3).

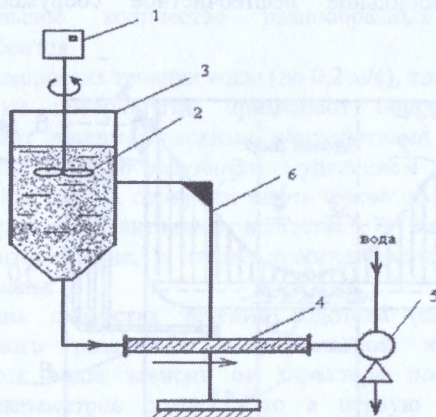


Рисунок 3. Установка для сорбции нефти на шерсти:

1 – двигатель с регулированием оборотов титровального приспособления ТПР-М, 2 – лопасти механической мешалки ТПР-М, 3 – емкость с водонефтяной эмульсией, 4 – колонка с сорбентом, 5 – гидроструйный насос, 6 – штатив

Для определения концентрации НП после обработки водонефтяной эмульсии шерстью была использована методика определения нефтепродуктов методом колоночной хроматографии с весовым окончанием в природных и сточных водах.

Данные о концентрации нефтепродуктов в очищенной воде после прохождения через слой шерсти представлены на рис. 4. В ёмкость 3 (рис. 3) прилили 3 л 2 % нефтяной эмульсии, что составляет 9,8 г/л, а колонку 4 заполнили шерстью (17,5 г). Исходя из массы забитой шерсти и объема колонки, удельная плотность шерсти равна $0,165 \text{ г/см}^3$. Пропускали через слой сорбента эмульсию и производили непрерывный отбор проб по 250 мл. Опыты закончили после очевидного появления в пробе нефти.

Из графика видно, что с течением времени сорбент постепенно насыщается нефтью, и концентрация НП в фильтрате увеличивается. Через некоторый промежуток времени происходит резкий скачок концентрации НП в фильтрате, что говорит о величине нефтеёмкости сорбента.

В наших исследованиях была определена предельная нефтеёмкость

шерсти, она составила 8 кг/кг. Итак, применительно к мобильному нефтеочистному сооружению (рис. 2), при плотности набивки рукава 10 шерстью 160 кг/м³, длине рукавов 10 м, диаметре 100 мм, один рукав может задержать 130 кг нефти.

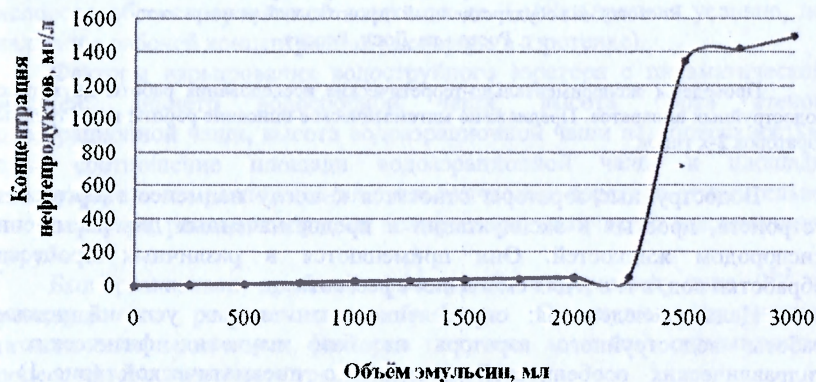


Рисунок 4. Зависимость концентрации нефтепродуктов от объема прошедшей через колонку эмульсии

Исходя из результатов всех проделанных опытов, можно сказать, что шерсть является достаточно эффективным нефтяным сорбентом. Нам удалось получить достаточно низкие концентрации остаточной нефти в воде. Данный сорбент имеет небольшой вес, что очень упрощает его хранение, транспортировку и эксплуатацию.

Это даёт основание полагать, что данный сорбент может широко применяться для очистки водных объектов от нефтепродуктов при локальных авариях на малых водотоках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каменщиков Ф.А., Богомольный Е.И. Нефтяные сорбенты. М., Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 268 с.
2. Фесенко Л.Н., Кашарин Д.В, Тер-Матисова К.С. Мероприятия по локализации и ликвидации последствий поступления нефтепродуктов в поверхностные водные объекты / Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2008»: материалы IV Межд. науч.-практ. конф., г. Калуга, 26 – 29 фев. 2008 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. (НПИ). – Новочеркасск: «Оникс+», 2008. С. 75 – 80.

где X_4 – длина патрубков, мм.

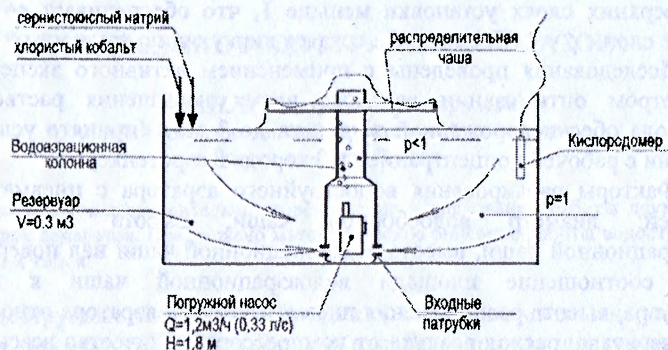


Рисунок 2. Схема установки водоструйного аэратора с элементом струйной аэрации

Переход от кодированных значений факторов (2) позволил получить выражение скорости насыщения кислородом жидкости в натуральных величинах (3):

$$V = 0,4 + 0,001L \quad (3).$$



Рисунок 3. Скорость насыщения воды кислородом в зависимости от длины патрубка

Из графика на рис. 3 следует, что скорость насыщения кислородом с помощью струйного аэратора линейно зависит от длины патрубка

Таким образом, полученные выражения математического описания процесса для водоструйного аэратора рекомендуются к практическому использованию в технологических процессах водоочистки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахназарова С.Л. Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. М.: «Высшая школа», 1978. – 365 с.
2. Помогаева В.В. Повышение эффективности струйной аэрации естественных водоемов и биологических прудов. Автореф. диссерт. на соискание..... – М. 2009.
3. Аэратор водосливной типа ВАр, Технические условия ТУ 4859-002-48268309-2003, от 01.07.2003 г. ОКП 485913. ГР. Ж21. Регистрационный номер № 007660, от 02.07.2003 г. Госстандарт России, ФГУ РЦСМ.
4. Попкович Г.С., Репин Г.Н. Системы аэрации сточных вод. – М: Стройиздат, 1986. – 136 с.

УДК 628.161.3

ОБЕСКРЕМНИВАНИЕ ВОДЫ ФИЛЬТРОВАНИЕМ ЧЕРЕЗ МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АКТИВНЫЙ ОКСИД АЛЮМИНИЯ

Л.Н. Фесенко, Р.В. Федотов

Южно-Российский государственный технический университет (НПИ),
г. Новочеркасск, Россия

С.И. Игнатенко

ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск, Россия

Рассмотрена возможность удаления из воды кремния путем фильтрования через зернистый слой активного оксида алюминия, модифицируемого растворами оксихлорида алюминия, гидроксида или гидроалюмината натрия. Установлено, что наибольшая продолжительность фильтроцикла достигается при использовании в качестве модифицирующего реагента раствора гидроалюмината натрия.

На значительной части территории России (Сибирь, Дальний Восток, Северный Кавказ и др.) содержание кремния в используемых для питьевого водоснабжения подземных водах превышает норматив СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода» (не более 10 мг/дм³), а кондиционирование воды по этому компоненту не осуществляется [1].

Кремниевая кислота и ее производные удаляются из воды следующими известными методами: осаждением известью; сорбцией гидроксидами железа, алюминия, оксидом или гидроксидом магния; фильтрованием через магнезиальный сорбент или через активированный оксид алюминия и бокситы; ионным обменом; методом мембранного разделения.

Тем не менее, перечисленные выше методы имеют ряд существенных недостатков, основными из которых являются: так, при

осаждении известью необходимо проводить предварительный нагрев воды и последующее удаление избытка гидроксида кальция, применение солей железа, алюминия при коагуляции в свободном объеме требует значительных доз (до 400 мг/л) реагентов, что ведет к возрастанию общей минерализации декремнизированной воды, возможному проскоку ионов Al^{3+} и Fe^{3+} в очищенную воду и сопутствующему образованию значительных количеств влажных гидроксидных осадков, трудно поддающихся обезвоживанию. Магниевого реагента дефицитны, имеют высокую стоимость и требуют значительных энергозатрат на предварительный подогрев очищаемой воды. Магнезиальные сорбенты (полубожеженный доломит, а также специальный сорбент, получаемый обработкой измельченного каустического магнезита соляной кислотой) не регенерируются и требуют полной замены после исчерпания обменной емкости (один кубометр загрузки сорбирует не более 90 кг SiO_2). Применение ионного обмена позволяет добиться наиболее глубокой степени обескремнивания воды, но данный метод, как и мембранное разделение, связан с сопутствующим образованием концентрированных солевых стоков, требующих затрат на их переработку, сопоставимых с самой водоочисткой. Метод удаления кремния в электрокоагуляторах с растворимыми электродами на практике не нашел широкого применения из-за относительно высоких энергозатрат, пассивации растворимых электродов и необходимости постоянной их замены. Применение диафрагменных электролизеров снижает эффект пассивации, однако при этом образуется большое количество высокощелочных сточных вод (католита).

Поскольку рассмотренные выше технологии удаления кремния в большей или меньшей степени не удовлетворительны применительно к очистке значительных объемов воды и с концентрацией кремния до 35 – 40 мг/л, нами была исследована эффективность обескремнивания методом фильтрования воды через модифицированные загрузки. Данный метод выгодно отличается меньшим расходом применяемых реагентов и количеством образующихся при водоочистке побочных продуктов, он не требует периодической замены фильтрующей загрузки, позволяет добиться компактности установок и простоты их обслуживания.

При выборе материала загрузки фильтров, работающих в режиме модификации, необходимо руководствоваться не только гранулометрическим составом, механической прочностью, химической стойкостью и т.д., но и способностью сорбировать на себе примеси органического и минерального происхождения, а также функционировать в режиме избирательного ионного обмена. Основываясь на исследованиях проведенных Е.Ф. Золотовой и И.Э. Апельциным. [2, 3, 4] представляется наиболее целесообразным в качестве загрузки фильтров применить активный оксид алюминия марки АОА-1 ГОСТ 8136-85.

Цель исследований заключалась в экспериментальном изучении эффективности обескремнивания фильтрованием через слой активного оксида алюминия и выборе наиболее оптимального реагента для модификации зернистой загрузки.

В качестве объекта исследований использовали модельную воду, содержащую соединения кремниевой кислоты. Модельную воду готовили на водопроводной воде добавлением в нее основного стандартного раствора силиката натрия (4,73 г Na_2SiO_3 в 1 л дистиллированной воды или 1 мг SiO_2 в 1 мг раствора) в количестве из расчета 65 мг/л SiO_2 (65 мл раствора Na_2SiO_3 на 1 л водопроводной воды) с последующим доведением pH раствора до 7,8 – 8,0, добавлением 0,01 н раствора соляной кислоты (аналог воды Северо-Левомуковского месторождения подземных вод). Концентрацию кремния в полученной модельной воде проверяли аналитически и она составляла 30,7 мг/л в расчете на Si^{4+} .

В связи с тем, что активный оксид алюминия (АОА) выпускается в гранулах (диаметр – 1 – 5 мм, длина – не более 18 мм), для приготовления зернистой загрузки АОА дробили и просеивали на ситах до получения однородного материала с диаметром зерен 1 – 2 мм. Полученную загрузку помещали в фильтровальную колонку, до включения в работу которой активированную окись алюминия отмывали от пыли и мелких фракций.

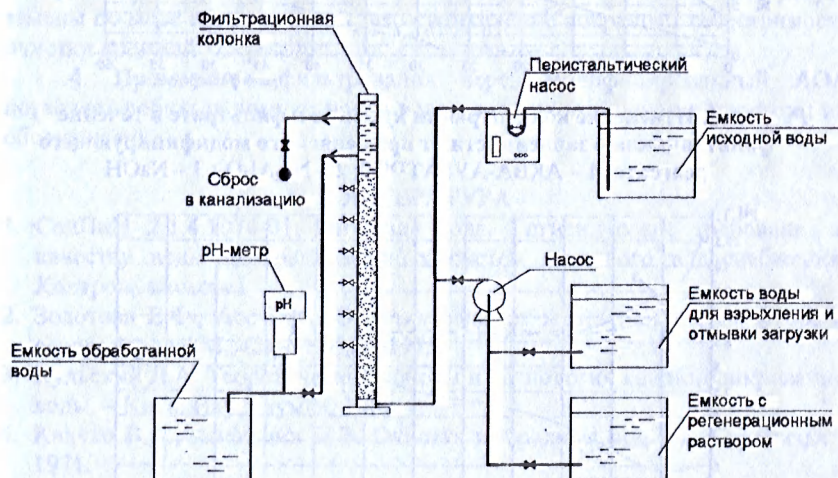


Рисунок 1. Схема опытной установки по удалению кремния из воды

Схема работы установки следующая (рис. 1): исходную модельную воду подавали перистальтическим насосом в фильтровальную колонку диаметром 0,032 м. Высота загрузки составляла 1,2 м. Расход воды устанавливали исходя из скорости фильтрования 5 – 6 м/ч. Во время

фильтрации определяли концентрацию кремния на выходе из колонки и величину pH обработанной воды. По достижении концентрации кремния равной 10 мг/дм^3 фильтроцикл заканчивали. Модификацию загрузки проводили растворами реагентов: оксихлорид алюминия торговой марки «АКВА-АУРАТTM30», гидроксид натрия, путем пропускания модифицирующего раствора через фильтрационный слой со скоростью $2,5 - 3,0 \text{ м/ч}$. Очистку сорбента после регенерации производили при подаче воды снизу вверх с интенсивностью $3,5 - 5 \text{ л/(с·м}^2\text{)}$. Такая же интенсивность была принята и при взрыхлении сорбента.

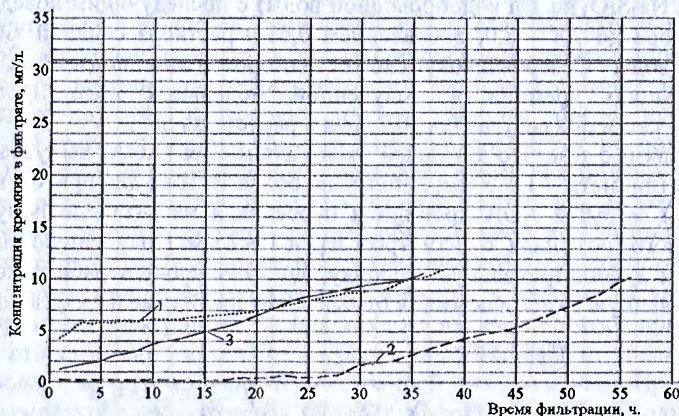


Рисунок 2. Изменение концентрации кремния в фильтрате в течение фильтроцикла в зависимости от применяемого модифицирующего реагента: 1 – АКВА-АУРАТTM30; 2 – $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$; 3 – NaOH

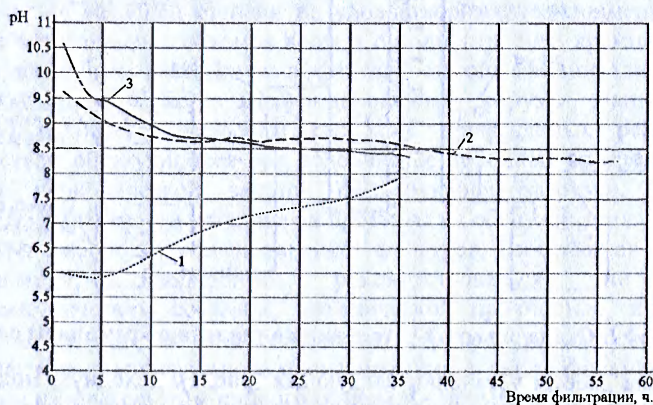


Рисунок 3. Изменение pH фильтрата в течение фильтроцикла в зависимости от типа модифицирующего реагента: 1 – АКВА-АУРАТTM30; 2 – $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$; 3 – NaOH

Основные результаты исследований представлены в виде графиков на рис. 2 и 3, из которых следует: применение всех модифицирующих растворов позволяет восстановить сорбционные свойства АОА; продолжительность фильтроцикла, обеспечивающего предельно допустимые концентрации кремния в фильтрованной воде для алюмината натрия на 35 % больше, чем у полиоксихлорида алюминия и гидроксида натрия. Однако применение щелочных реагентов приводит к повышению рН обработанной воды в начале фильтроцикла до значений 9,0 – 9,5.

На основании результатов проведенных исследований можно сделать следующие основные выводы.

1. Предлагаемая технология обескремнивания воды, может быть применима в условиях очистки больших количеств обрабатываемой воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения, практически не оказывая влияния на минеральный состав обрабатываемой воды.

2. По сравнению с «классическими» технологиями удаления кремния из воды метод фильтрования через модифицированную загрузку позволяет значительно сократить расходы реагентов, вследствие чего снижается и количество образующихся при водоочистке побочных продуктов.

3. Модифицированный раствором алюмината натрия зернистый материал АОА приобретает высокие сорбционные свойства и не требует замены по мере его истощения, что существенно сокращает себестоимость очистки кремнийсодержащих вод.

4. Применение фильтрования через модифицированный АОА позволяет добиться компактности водоочистных установок и простоты их обслуживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
2. Золотова Е.Ф., Асс Г.Ю. Очистка воды от железа, марганца, фтора и сероводорода. М., Стройиздат, 1975.
3. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – Киев: Наук. думка, 1980.
4. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. М., Стройиздат, 1971.

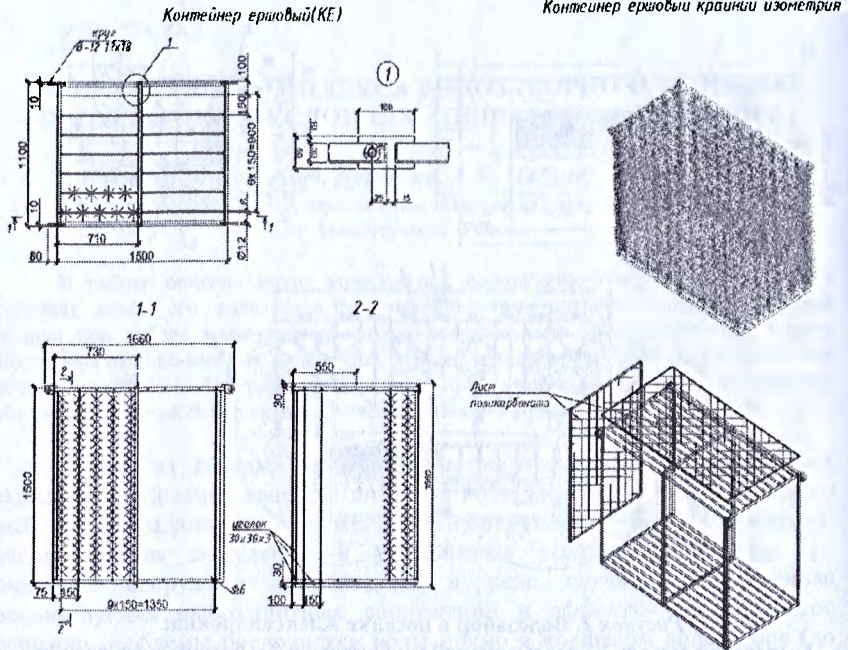


Рисунок 2. Ершовый контейнер

2. Оздоровление речных систем – отвод рыб от места забора воды к местам нагула и нереста. Для этого в ковшовом водозаборе производится установка искусственных нерестилищ на основе «синтетических водорослей». Подвижные элементы «ершей» вызывают своеобразный интерес у молоди, тем самым заставляя её перемещаться к зоне установки искусственных нерестилищ. Прикрепленная биомасса, таким образом, служит непосредственным источником питания рыб, а синтетическая загрузка являет собой место нереста.

3. Защита водозабора от сине-зеленых водорослей осуществляется с использованием «ершей» в виде основы для закрепления микроорганизмов. Данная конструкция обеспечивает наибольшую поверхность для закрепления естественных биоценозов природной воды, что позволит эффективно улавливать и уничтожать сине-зеленые водоросли перед водозаборным узлом, снижая последующую нагрузку на очистные сооружения, тем самым избегая применения перехлорирования очищаемой воды. В качестве иммобилизованной биомассы применяется загрузка в виде брюхоногих моллюсков рода *Arpeha* Нурпогит, встречающихся в мелких, обычно пересыхающих болотцах, на опаде и

детрите. Данный вид представляет собой больший интерес из-за наибольшей скорости размножения и питания.

Предложенный нами комплексный подход к решению жизненно важных проблем на особо ответственном объекте Александровского водозабора позволит бесперебойно, при любых сочетаниях возможных помех в источнике (шуга, взвесь, планктон и др.), осуществлять подачу потребителям требуемых расходов и качественной воды. Одновременно комплекс водозаборно-очистных сооружений будет оздоравливать речную экосистему.

УДК 628.166-432.2

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ СОЛЕВОГО РАСТВОРА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ

А.Л. Фесенко, О.И. Драй

Южно-Российский государственный технический университет (НПИ),
г. Новочеркасск, Россия

И.В. Пчельников

ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск, Россия

Рассмотрены вопросы концентрирования гипохлорита натрия. Описан процесс концентрирования раствора методом вымораживания. Предложены оптимальные скорость размораживания и условия хранения раствора.

Гипохлорит натрия (ГХН) относится к реагентам-дезинфектантам, используемый в качестве альтернативы газообразному хлору, обеспечивает эффективное обеззараживание и защиту от патогенных бактерий, вирусов, грибковых инфекций и простейших. Гипохлорит натрия применяется обычно в двух формах: товарный (технический) – высококонцентрированный раствор с высоким значением рН, концентрацией 170 – 190 г/л, производимый на химических заводах, и низкоконцентрированный с концентрацией активной части 6 – 8 г/л, производимый на месте потребления в необходимом количестве путём электролиза раствора поваренной соли.

В случае транспортирования низкоконцентрированного раствора ГХН на дальние расстояния от места производства до места использования его стоимость значительно возрастает. Поэтому актуальной задачей является концентрирование солевого раствора ГХН после электролиза раствора поваренной соли.

Однако известно [1], что, чем выше концентрация водного раствора ГХН, тем интенсивнее он подвергается разложению в процессе хранения.

На стабильность солевых растворов ГХН влияет и наличие хлоридов, которые ускоряют разложение.

Цель работы – определение возможности концентрирования раствора электролитического ГХН методом вымораживания и условий хранения полученного солевого раствора с минимальной потерей активной части.

В качестве исходного раствора ГХН в проведённых исследованиях применяли электролитический гипохлорит натрия, полученный в электролизной установке «Хлорэфс» производства ООО НПП «Экофес», г. Новочеркасск.

Низкоконцентрированный исходный раствор ГХН с концентрацией активного хлора 7,6 г/л и содержанием хлоридов 19 г/л в количестве 0,5 л медленно замораживали в течение 8 часов при температуре $-17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$. Твёрдая фаза представляла собой неоднородную смесь рассола, льда и кристаллов солей. Размораживание вели в двух режимах: в горячем воздухе при 65°C и при температуре окружающего воздуха 20°C . В первом случае средняя скорость таяния составила 25 мл/мин, во втором – 1,5 мл/мин. Пробы отбирали фиксированным объёмом от начала таяния, в которых определяли концентрации активного хлора и хлоридов [2].

Оптимальные условия для хранения растворов ГХН, полученных методом вымораживания, оценивали по скорости разложения активного хлора в течение 10 суток. Контрольные пробы получали смешением первых четырёх порций при размораживании со средней скоростью таяния 1,5 мл/мин. Концентрация активного хлора в первые сутки составляла 20 г/л, а хлоридов 27 г/л. В ходе эксперимента пробы ГХН термостатировали при температурах 10, 20, 30 и 40°C в тёмном месте. Потерю содержания активного хлора в пробе находили как разницу между исходной концентрацией и определённой через 10 дней.

Данные экспериментальных исследований приведены на рис. 1 – 3.

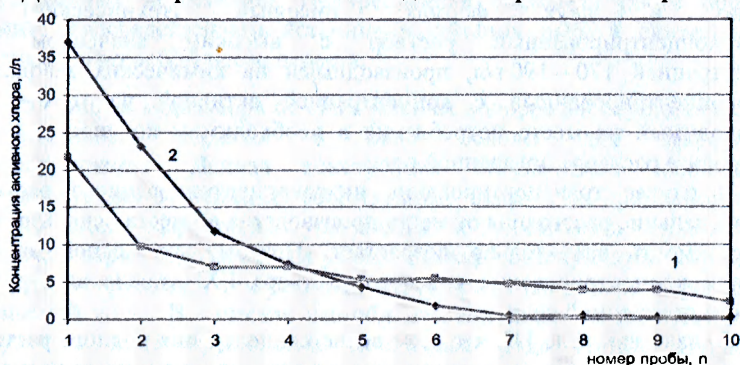


Рисунок 1. Концентрация активного хлора, г/л, в пробах размороженного солевого раствора ГХН при скоростях таяния, мл/мин; 1 – 25, 2 – 1,5

Из рис. 1 видно, что характер распределения концентрации активного хлора по пробам в обоих случаях идентичен. В первой порции находится концентрированный раствор. Резкое снижение концентрации происходит в пробах 2 – 4, достигая исходного значения. В следующих порциях содержание активного хлора уменьшается медленно до 2,4 г/л в первом случае, а во втором – до 0,25 г/л, что указывает о концентрировании полученного ГХН в первых порциях от начала размораживания.

В первой пробе солевого раствора ГХН, полученной размораживанием горячим воздухом, концентрация активного хлора оказалась выше исходной в 2,8 раза. Совмещённая проба 1 – 4 имеет концентрацию 11,4 г/л, что превышает исходную в 1,5 раза.

В случае размораживания при температуре 20 °С концентрация активного хлора в первой пробе повысилась в 4,8 раза и составила 37 г/л. Пробы 1 – 4 общим объёмом 200 мл имеют концентрацию 20 г/л, что в 2,5 раза превышает концентрацию исходного ГХН до заморозки. Оставшаяся часть размороженного раствора ГХН содержит около 8 % начального количества активного хлора и имеет концентрацию 1,2 г/л.

Таким образом, концентрирование раствора ГХН методом вымораживания зависит от температурного режима размораживания и происходит тем эффективнее, чем меньше скорость таяния замороженного продукта.

Изменение концентрации хлорид-иона в пробах полученного ГХН по мере перевода твёрдой фазы в жидкую показано на рис. 2.

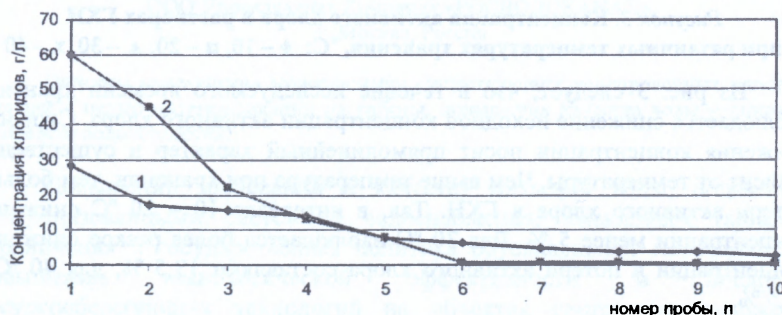


Рисунок 2. Концентрация хлорид-иона, г/л, в пробах размороженного солевого раствора ГХН при скоростях таяния, мл/мин:
1 – 25, 2 – 1,5

Рисунок 2 иллюстрирует аналогичный характер снижения концентрации хлоридов по пробам, как и в случае с активным хлором. Но, концентрация активного хлора в первой пробе режима разморозки № 1 увеличивается в 2,8 раза, а хлориды – в 1,5 раза. Для второго режима

размораживания содержание активного хлора в первой порции превышено в 4,8 раза, а хлорид-иона – в 3,2 раза. Совмещённые пробы 1 – 4 в первом случае имеют концентрацию активного хлора в 1,5 раза выше от исходного солевого раствора ГХН до заморозки, а содержание хлоридов остаётся на первоначальном уровне – 19 г/л. Во втором случае в пробах 1 – 4 концентрация активного хлора увеличена в 2,5 раза, а хлоридов – в 1,8 раза. Это чрезвычайно важно, поскольку при дозировании такого концентрированного раствора ГХН (20 г/л по активному хлору) снижается засаливание обрабатываемой воды по отношению с введением низкоконтрированного ГХН (8 г/л по активному хлору) при равных дозах активного хлора.

На рис. 3 приведены результаты влияния температуры окружающей среды на изменение концентрации активного хлора во времени.

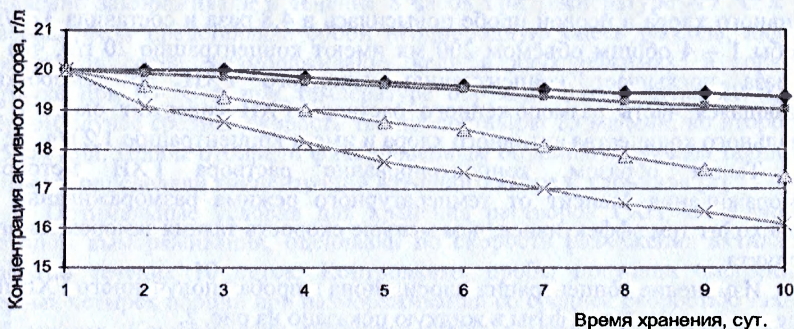


Рисунок 3. Концентрация активного хлора в растворах ГХН при различных температурах хранения, °C: ◆ – 10, ■ – 20, ▲ – 30, x – 40

Из рис. 3 следует, что в течение исследуемого времени хранения наблюдается снижение исходной концентрации активного хлора. Скорость снижения концентрации носит прямолинейный характер и существенно зависит от температуры. Чем выше температура при хранении, тем больше потери активного хлора в ГХН. Так, в интервале 10 – 20 °C снижение концентрации менее 5 %. Для 30 °C наблюдается более резкое снижение концентрации и потери активного хлора составляют 13,5 %, для 40 °C – 19,5 %.

ВЫВОДЫ

1. Показано, что методом вымораживания можно повысить содержание активного хлора в низкоконтрированном растворе ГХН, полученном электролизом поваренной соли, в 4,8 раза при размораживании со средней скоростью таяния 1,5 мл/мин.

2. Установлено, что температура окружающей среды влияет на концентрацию активного хлора при хранении. Так, при температуре 10 –

20 °С потери активного хлора менее 5 %, а при 30 – 40 °С – от 13,5 до 19,5 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Слипченко А.В., Кульский Л.А., Мацкевич Е.С. Современное состояние методов окисления примесей воды и перспективы хлорирования // Химия и технология воды, 1990, Т.12, № 4. – С. 326 – 349.
2. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984. – 448 с.
3. Колодин М.В. Опреснение воды замораживанием. Под ред. В.А. Клячко и Л.З. Мельцера. Ашхабад: «Ылым», 1977. – 244 с.
4. Пат. 2167809 Россия, МПК 7, С 01 В 11/06 Способ получения концентрированного водного раствора гипохлорита щелочного металла / Г.М. Бородина, С.Л. Гуло, А.Б. Леонтьев, В.М. Соколов, А.И. Янкевич – № 2000117231/12; Заявл. 04.07.2000; Опубл. 27.05.2001.

УДК 628.16.065

ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ

С.Я. Мацов, С.Е. Алексеев

ООО Управляющая Компания «РОСВОДОКАНАЛ»,
г. Москва, Россия

Описаны направления модернизации существующих водопроводных очистных станций с целью интенсификации их работы, повышения качества воды и снижения стоимости водообработки.

Повышение требований к качеству питьевой воды, подаваемой централизованными системами водоснабжения, имеющиеся тарифные ограничения и государственная политика обуславливают необходимость повышения технологической эффективности и внедрения ресурсосберегающих технологий на объектах систем водоснабжения городов, в том числе, водопроводных очистных сооружениях (ВОС). В связи с этим становится актуальным решение целого ряда задач по повышению эффективности работы ВОС. Характерными задачами сегодняшнего дня являются:

- выполнение нормативных требований к качеству питьевой воды по показателям мутности, окисляемости и остаточному алюминию (особенно в паводковый период), содержанию хлорорганических соединений;
- повышение эффективности обеззараживания воды в отношении

ЛИТЕРАТУРА

1. Серпокрылов Н.С., Каменев Я.Ю., Кузьмина Ю.С., Земченко Г.Н., Вильсон Е.В. Обоснование технологий очистки сточных вод по эмиссии диоксида углерода / Технологии очистки воды «Техновод-2008»: материалы IV Межд. науч.-практ. конф., г. Калуга, 26 – 29 фев. 2008 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун.-т (НПИ). – Новочеркасск: ООО «ОНИКС+», 2008. С. 184 – 189.
2. Серпокрылов Н.С., Калиникова Е.Н., Каменев Я.Ю. Обоснование методики экспресс-контроля режима очистки сточных вод по выделению диоксида углерода // Водоснабжение и канализация. 2010. № 7 – 8. С. 69 – 73.

УДК 628.1.037(470.620-21):628.16

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ЛИВНЕВЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ СОЧИНСКОГО КУРОРТНОГО РЕГИОНА

Л.Н. Фесенко, Н.И. Куликов

Южно-Российский государственный технический университет (НПИ),
г. Новочеркасск, Россия

Д.В. Попов

ООО «Учебно-научный производственный центр», г. Сочи, Россия

Рассмотрено влияние крупномасштабного олимпийского строительства в г. Сочи на качественный состав хозяйственных, поверхностных сточных вод и на экологию. В связи с этим разработана и предложена новая высокоэффективная технология очистки городских сточных вод.

Организованное отведение и очистка дождевых вод является одним из основных требований благоустройства городов и важной проблемой охраны окружающей среды. В зависимости от физико-географического положения, климатических и геологических условий, эта проблема решается по-разному для большинства регионов нашей страны, в частности, для г. Сочи.

Условия, влияющие на характер формирования потоков поверхностных сточных вод с территории г. Сочи, являются уникальными по сравнению с большинством других регионов и климатических зон России. Из основных гидрометеорологических параметров, определяющих уникальность климата Сочинского курортного региона, можно выделить высокие показатели суммарной величины годовых атмосферных осадков (до 2500 мм/год), величины наблюдаемых суточных максимумов слоя атмосферных осадков (до 247 мм/сут), количество дождей со слоем осадков более 10 мм (до 50 в году), интенсивности выпадения дождевых

осадков (до 200 л/с-га), а также отсутствие зимнего периода с отрицательными среднесуточными температурами, что приводит к круглогодичному формированию больших объёмов поверхностных сточных вод [1].

Современный Сочи – это, с одной стороны, уникальный приморский и горноклиматический курорт федерального значения, самый крупный бальнеологический курорт, а с другой – быстроразвивающаяся столица Зимних Олимпийских игр 2014 года. Строительство почти всех олимпийских объектов ведётся с нуля, что наносит огромный вред экосистемам всех уровней Сочинского курортного региона. Значительное загрязнение поверхностных водоёмов стало неизбежным при столь крупном строительстве, это отразилось на ухудшении качества воды в реках рыбохозяйственного и питьевого назначения, а также прибрежной зоны Чёрного моря.

Особые условия формирования ливневых стоков, высокие требования к степени очистки ливневых вод, неравномерность расхода и состава поверхностного стока, необходимость обеспечения круглогодичной готовности к работе очистных сооружений, всё это требует принятия особого технологического решения в вопросе сбора, регулирования, очистки и сброса ливневых вод.

При выборе технологической схемы очистки ливневого стока с селитебных территорий городов, необходимо ориентироваться на следующие основные показатели качества воды: содержание взвешенных веществ, нефтепродуктов, значение показателей БПК и ХПК.

Исходя из характеристик ливневого стока, наиболее целесообразным, для его очистки могут предусматриваться сооружения механической и физико-химической очистки. В большинстве случаев состав очистных станций ливневой канализации включает в себя следующие технологические узлы: аккумулирующий резервуар, отстойник, механические фильтры, двухступенчатые адсорбционные фильтры, систему обеззараживания, обезвоживание осадка.

С целью изучения параметров работы локальных очистных станций ливневой канализации, в модельных условиях была разработана и смонтирована на площадке действующих очистных сооружений хозяйственно-бытовой канализации опытная установка. В качестве основного метода механической очистки, учитывая высокие требования к её эффективности для последующей очистки сорбцией, в установке был рассмотрен метод тонкослойного отстаивания. Отстаивание является одним из основных методов выделения из сточных вод взвешенных веществ, а применение тонкослойного отстойника для этих целей интенсифицирует процесс осветления [2]. Адсорбция является одним из наиболее перспективных методов выделения из поверхностных сточных вод ароматических углеводородов, нефтепродуктов и других органических

веществ, в качестве адсорбента использовалась, ранее не апробированная в очистке поверхностного стока, волокнистая загрузка типа «ёрш» [3]. В состав установки вошли: тонкослойный отстойник особой конструкции [4], две ступени адсорбционного фильтра – волокнистый (ершовый), зернистый, объединенные между собой технологическими трубопроводами обвязки. Так же, установка была оборудована реагентным хозяйством, включающим в себя: рабочий бак раствора флокулянта, насос-дозатор, запорно-регулирующую арматуру. На время проведения испытаний установку подключали к трубопроводу, подающему воду из накопительного резервуара в тонкослойный отстойник. На очистку подавался сток, привезенный с места выпуска неочищенной ливневой канализации в р. Сочи (Хлудовский ручей), предварительно отстаиванный в баке, играющим роль аккумулирующего резервуара-отстойника. Состав стока характеризуется следующими показателями: ПАВ 3 мг/л, азот аммония 5 мг/л, БПК_{полн} менее 50 мг/л, взвешенные вещества менее 200 мг/л, нефтепродукты менее 20 мг/л. Схема опытной установки представлена на рис. 1.



Рисунок 1. Схема опытной установки
(ВВ – взвешенные вещества, НП – нефтепродукты)

Пилотная установка работает следующим образом: ливневой сток из накопительного бака поступает по напорной линии в пазухи тонкослойного отстойника, куда насосом-дозатором добавляется раствор

флокулянта ПРАЕСТОЛ, в результате реагентного отстаивания сток осветляется в полочном пространстве, и через водосборные лотки, расположенные над ним направляется в двухступенчатый фильтр глубокой очистки. Фильтрация в первой ступени фильтра осуществляется сверху вниз, нисходящий поток проходит через ершовую загрузку и через перелив направляется на вторую ступень фильтрации, где проходит сверху вниз через зернистый фильтр.

В конструкции предлагаемой пилотной установки был использован тонкослойный отстойник противоточного типа с пирамидальным днищем для накопления и удаления выделившегося осадка. Тонкослойный отстойник выполнен из металла, а полочное пространство из пластиковых пластин толщиной 3 мм, расстояние между пластинами 50 мм, размеры полочного пространства в плане 1х1 м и высотой 1,2 м, ширина пазух 150 мм, габаритные размеры отстойника 1,7х1,3 м высотой 2,1 м. Для периодической регенерации полочного пространства под ним устроена система водовоздушной регенерации, состоящей из перфорированных пластмассовых трубок диаметром 32 мм. Тонкослойный отстойник данной конструкции широко используется в действующих комплектно-блочных установках очистки бытовых сточных вод, а также при реконструкции действующих очистных станций. Основными параметрами режима работы тонкослойного отстойника являются скорость движения нисходящего потока осветляемой воды, обеспечивающая флокуляцию взвесей и хлопьеобразование, а так же скорость движения воды и нагрузка на зеркало воды в полочном пространстве. В ходе экспериментов на тонкослойном отстойнике были получены следующие параметры: скорость нисходящего потока (в пазухах) 12 – 15 мм/с, скорость движения воды в полочном пространстве (восходящий поток) не более 5 м/ч (1,4 мм/с), нагрузка на зеркало воды 5 – 6 м³/м²·ч. Данные параметры позволили добиться 80 – 90 % (с 200 до 20 мг/л) снижения загрязнённости воды по взвешенным веществам, и 75 % по нефтепродуктам (с 20 до 5 мг/л). Удаление нефтепродуктов происходит благодаря их адсорбции на образовавшихся за счёт флокуляции хлопьях, которые в процессе отстаивания остаются в пирамидальном днище.

Для глубокой очистки используются две ступени сорбционного фильтра – волокнистый и зернистый. Грязеёмкость и скорость фильтрования являются основными параметрами работы сорбционного фильтра, они и были получены на пилотной установке.

Волокнистый фильтр представляет собой ёмкость в виде пластмассовой трубы диаметром 300 мм и высотой 2 м, заполненную синтетическим водорослями типа ерш полиэтиленовый (сечение волокна 0,5 мм, диаметр ерша 140 мм, вес 140 г/п.м., объём загрузки составил 0,17 м³). В своей нижней части фильтр оборудован системой водовоздушной регенерации состоящей из трёх трубчатых аэраторов. Шаг

ершей в плане между их осями составляет 100x100 мм, что позволяет максимально использовать пространство фильтра. Ершовая загрузка фильтра обладает развитой поверхностью 120 м²/м³ и гидравлическим сопротивлением 1 см/м, эффективная грязеемкость (т.е. при которой вынос из фильтра взвешенных веществ не превышает 3 – 5 мг/л) этой ступени фильтра по взвешенным веществам составила 10 г/м², а по нефтепродуктам 1,5 г/м² поверхности ершей.

Вторая ступень фильтра, предназначенная для снижения концентрации нефтепродуктов до уровня 0,05 мг/л, представляет собой тканевый мешок, заполненный зернистым сорбентом С-ВЕРАД® на основе природного алумосиликата. Сток в фильтр подаётся через перфорированную трубу, расположенную внутри фильтра для максимального задействования поверхности фильтра. Обещанная производителем данного сорбента степень очистки по нефтепродуктам 96 – 98 % при скорости фильтрования 5 – 6 м/ч была подтверждена анализами стока на выходе – концентрация нефтепродуктов снизилась с 3 мг/л до < 0,05 мг/л.

Блок реагентного хозяйства предназначен для приготовления и подачи раствора флокулянта в пазухи тонкослойного отстойника. Работа коагулянта оказалась не эффективной по сравнению с флокулянтом, это связано с низкой карбонатной щёлочностью ливневого стока (менее 1 мг-экв/л), что характерно для поверхностного стока Сочинского региона, в процессе гидролиза коагулянта привносятся ионы водорода, понижающие величину рН стока, в результате происходит сдвиг рН, это приводит к ухудшению процесса коагуляции. Щёлочность воды играет роль буферной системы, которая не позволяет колебаться величине рН, ионы щелочности нейтрализуют ионы водорода. Без регулирования рН, применение коагулянтов для интенсификации удаления взвешенных веществ не целесообразно. Оптимальные условия работы пилотной установки были отработаны при использовании катионактивного флокулянта ПРАЕСТОЛ 853 – снижение взвешенных веществ составило 90 %.

В связи с необходимостью готовности очистной станции к круглогодичной работе, каждый её узел должен иметь возможность к быстрой регенерации или замене. Так, в предложенной пилотной установке, тонкослойный отстойник оснащен системой воздушной регенерации полочного пространства; волокнистый сорбционный фильтр также легко регенерируется с помощью воздуха, подаваемого аэраторами системы регенерации, закрепленными на дне фильтра, регенерационные воды из тонкослойного отстойника и волокнистого фильтра отводятся в аккумулирующий резервуар; сорбционный фильтр С-ВЕРАД®, полностью заменяется, либо регенерируется выжиганием.

флокулянта ПРАЕСТОЛ, в результате реагентного отстаивания сток осветляется в полочном пространстве, и через водосборные лотки, расположенные над ним направляется в двухступенчатый фильтр глубокой очистки. Фильтрация в первой ступени фильтра осуществляется сверху вниз, нисходящий поток проходит через ершовую загрузку и через перелив направляется на вторую ступень фильтрации, где проходит сверху вниз через зернистый фильтр.

В конструкции предлагаемой пилотной установки был использован тонкослойный отстойник противоточного типа с пирамидальным днищем для накопления и удаления выделившегося осадка. Тонкослойный отстойник выполнен из металла, а полочное пространство из пластиковых пластин толщиной 3 мм, расстояние между пластинами 50 мм, размеры полочного пространства в плане 1х1 м и высотой 1,2 м, ширина пазух 150 мм, габаритные размеры отстойника 1,7х1,3 м высотой 2,1 м. Для периодической регенерации полочного пространства под ним устроена система водовоздушной регенерации, состоящей из перфорированных пластмассовых трубок диаметром 32 мм. Тонкослойный отстойник данной конструкции широко используется в действующих комплектно-блочных установках очистки бытовых сточных вод, а также при реконструкции действующих очистных станций. Основными параметрами режима работы тонкослойного отстойника являются скорость движения нисходящего потока осветляемой воды, обеспечивающая флокуляцию взвесей и хлопьеобразование, а так же скорость движения воды и нагрузка на зеркало воды в полочном пространстве. В ходе экспериментов на тонкослойном отстойнике были получены следующие параметры: скорость нисходящего потока (в пазах) 12 – 15 мм/с, скорость движения воды в полочном пространстве (восходящий поток) не более 5 м/ч (1,4 мм/с), нагрузка на зеркало воды 5 – 6 м³/м²·ч. Данные параметры позволили добиться 80 – 90 % (с 200 до 20 мг/л) снижения загрязнённости воды по взвешенным веществам, и 75 % по нефтепродуктам (с 20 до 5 мг/л). Удаление нефтепродуктов происходит благодаря их адсорбции на образовавшихся за счёт флокуляции хлопьях, которые в процессе отстаивания остаются в пирамидальном днище.

Для глубокой очистки используются две ступени сорбционного фильтра – волокнистый и зернистый. Грязеёмкость и скорость фильтрования являются основными параметрами работы сорбционного фильтра, они и были получены на пилотной установке.

Волокнистый фильтр представляет собой ёмкость в виде пластмассовой трубы диаметром 300 мм и высотой 2 м, заполненную синтетическим водорослями типа ерш полиэтиленовый (сечение волокна 0,5 мм, диаметр ерша 140 мм, вес 140 г/п.м., объём загрузки составил 0,17 м³). В своей нижней части фильтр оборудован системой водовоздушной регенерации состоящей из трёх трубчатых аэраторов. Шаг

ершей в плане между их осями составляет 100x100 мм, что позволяет максимально использовать пространство фильтра. Ершовая загрузка фильтра обладает развитой поверхностью $120 \text{ м}^2/\text{м}^3$ и гидравлическим сопротивлением 1 см/м, эффективная грязеёмкость (т.е. при которой вынос из фильтра взвешенных веществ не превышает 3 – 5 мг/л) этой ступени фильтра по взвешенным веществам составила $10 \text{ г}/\text{м}^2$, а по нефтепродуктам $1,5 \text{ г}/\text{м}^2$ поверхности ершей.

Вторая ступень фильтра, предназначенная для снижения концентрации нефтепродуктов до уровня 0,05 мг/л, представляет собой тканевый мешок, заполненный зернистым сорбентом С-ВЕРАД® на основе природного алюмосиликата. Сток в фильтр подаётся через перфорированную трубу, расположенную внутри фильтра для максимального задействования поверхности фильтра. Обещанная производителем данного сорбента степень очистки по нефтепродуктам 96 – 98 % при скорости фильтрования 5 – 6 м/ч была подтверждена анализами стока на выходе – концентрация нефтепродуктов снизилась с 3 мг/л до < 0,05 мг/л.

Блок реагентного хозяйства предназначен для приготовления и подачи раствора флокулянта в паузы тонкослойного отстойника. Работа коагулянта оказалась не эффективной по сравнению с флокулянтом, это связано с низкой карбонатной щёлочностью ливневого стока (менее 1 мг-экв/л), что характерно для поверхностного стока Сочинского региона, в процессе гидролиза коагулянта привносятся ионы водорода, понижающие величину pH стока, в результате происходит сдвиг pH, это приводит к ухудшению процесса коагуляции. Щёлочность воды играет роль буферной системы, которая не позволяет колебаться величине pH, ионы щёлочности нейтрализуют ионы водорода. Без регулирования pH, применение коагулянтов для интенсификации удаления взвешенных веществ не целесообразно. Оптимальные условия работы пилотной установки были отработаны при использовании катиоактивного флокулянта ПРАЕСТОЛ 853 – снижение взвешенных веществ составило 90 %.

В связи с необходимостью готовности очистной станции к круглогодичной работе, каждый её узел должен иметь возможность к быстрой регенерации или замене. Так, в предложенной пилотной установке, тонкослойный отстойник оснащен системой воздушной регенерации полочного пространства; волокнистый сорбционный фильтр также легко регенерируется с помощью воздуха, подаваемого аэраторами системы регенерации, закрепленными на дне фильтра, регенерационные воды из тонкослойного отстойника и волокнистого фильтра отводятся в аккумулирующий резервуар; сорбционный фильтр С-ВЕРАД®, полностью заменяется, либо регенерируется выжиганием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Режим атмосферных осадков по г. Сочи, ГУ «СЦГМС ЧАМ», Сочи, 2009.
2. Климухин И.В. Опыт использования ячеистых тонкослойных модулей при реконструкции очистных сооружений канализации г. Ростов-на-Дону / И.В. Климухин С.В. Посупонько, В.Д. Климухин, А.Ю. Скрыбин, С.В. Носов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. № 11. – С. 50 – 54.
3. Пат. РФ на изобретение № 2264252. Каталитический ерш-насадка для массообменных реакторов.
4. Пат. РФ на полезную модель № 65493. Блок тонкослойных илоотделителей.

УДК 628.35

**ОПЫТ РАЗРАБОТКИ БИОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
КОМБИНАТА ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
И СУЛЬФАТОВ**

Ю.Ю. Смирнов, Т.В. Курсанова, И.В. Хамидуллина

ООО «ЭК «БиоТехПром»», г. Уфа, Россия

Описана сравнительно сложная биохимическая технология, предназначенная для очистки сточных вод металлургического комбината, основной целью которой является удаление из сточных вод ионов тяжелых металлов и сульфатов.

Сточные воды металлургического комбината, нуждающиеся в глубокой очистке, состоят из отработанных травильных растворов с травильных отделений и термотравильных агрегатов цехов и промывных вод, образующихся при гидросмыве и гидросбиве окалины, а также при промывке проволоки до и после химической обработки. На комбинате, как и на большинстве металлургических предприятий России, применяется сернокислотное травление поверхности металлоизделий [1]. Таким образом, в сточной воде наблюдается постоянное превышение содержания ионов железа до 1–2 г/л (как двух-, так и трехвалентного) и сульфатов до 2,5 г/л.

В настоящее время очистка сточных вод на очистных сооружениях комбината проводится классическим методом известкования, при котором загрязненные воды нейтрализуются известковым молоком, аэрируются воздухом, освещаются в осветлителях коридорного типа (с применением коагулянта Аквапол-ФТ-2). Часть осветленных вод возвращается в оборотный цикл, остальные воды сбрасываются в водоём. Осветленные