

РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ
г. Москва

ОАО «АУРАТ»
г. Москва

ОАО «НИИ КОММУНАЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОЧИСТКИ ВОД»
(ОАО НИИ КВОВ), г. Москва

ООО «Фирменное специализированное предприятие «КРАВТ»
г. Калуга

ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НОВОЧЕРКАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)
ЮРГТУ (НПИ), г. Новочеркасск

ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ

«ТЕХНОВОД-2008»

Материалы IV Международной научно-практической конференции

26 – 29 февраля 2008 года
г. Калуга

Новочеркасск
ООО НПО «Темп»
2008

УДК 628.1/3
ББК 38.761
Т 38

Редакционная коллегия:

С.Н. Линевич, д-р техн. наук, профессор ЮРГТУ (НПИ), заслуженный деятель науки и техники РФ, ответственный редактор;

С.В. Гетманцев, канд. техн. наук, ген. директор ОАО «АУРАТ»;

Л.Н. Фесенко, д-р техн. наук, профессор ЮРГТУ (НПИ);

В.Н. Швецов, д-р техн. наук, профессор, гл. редактор журнала ВСТ;

В.Л. Драгинский, д-р техн. наук, профессор, ОАО «НИИ КВОВ»;

Н.В. Енгибарьянц, ведущий инженер, ответственный секретарь, ЮРГТУ (НПИ)

Т 38 Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2008»: Материалы
IV Межд. науч. - практ. конф., г. Калуга, 26 – 29 февр. 2008 г./
Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. (НПИ). – Новочеркасск: ООО НПО
«ТЕМП», 2008.- 264 с.

ISBN

В сборнике помещено краткое содержание основных докладов, представленных на IV Международную научно-практическую конференцию «Технологии очистки воды» – ТЕХНОВОД – 2008. Опубликованные в сборнике материалы посвящены оптимизации существующих и разработке новых высокоэффективных инновационных методов, технологий и установок по очистке и обеззараживанию природных и сточных вод. Достаточно большое количество материалов сборника посвящено вопросам оптимизации процессов коагуляционной и обеззараживающей обработки природных и сточных вод.

Помещенные в сборнике публикации носят научно-исследовательский, аналитический, эксплуатационно-производственный и реферативно-обзорный характер и представляют определенный интерес для научных работников, производственников, руководителей предприятий, работающих в области водоснабжения, водоотведения и на предприятиях по производству химреактивов и вспомогательного оборудования, используемого в водопроводно-канализационном хозяйстве.

В процессе редактирования сборника все основные положения авторов публикаций оставлены в авторском изложении, хотя некоторые из них могут явиться причиной дискуссии.

УДК 628.1/3
ISBN

© Южно-Российский государственный
технический университет (НПИ), 2008
© Авторы, 2008

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ВОДОСНАБЖЕНИЕ	11
<i>С.В. Гетманцев, С.Н. Линевич.</i> Исследования эффективности коагулянта «СКИФ 180» при обработке донской воды.....	12
<i>В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева.</i> Пути решения проблемы уменьшения концентрации хлорорганических соединений, образующихся при хлорировании воды.....	18
<i>С.Н. Линевич, С.В. Гетманцев.</i> Одновременное коагулирование и обеззараживание воды одним реагентом – оксихлоридом алюминия.....	24
<i>В.Б. Петров, А.Е. Синяков, В.Л. Драгинский.</i> Установки по производству электролитического гипохлорита натрия.....	31
<i>А.Б. Кожевников, А. Арх.</i> Эффективная система нейтрализации аварийных выбросов хлора в атмосферу.....	37
<i>А.Б. Григорьев, Р. Расс.</i> Сравнительная оценка высоко- и низкоконтрированного гипохлорита натрия для дезинфекции питьевых вод.....	44
<i>В.А. Михайлов, И.А. Костина, Н.А. Левченко, А.А. Лоскутов, А.А. Велигурина.</i> Выбор реагентов для очистки донской воды оптимизацией гидродинамических и реакционных параметров.....	50
<i>Д.Д. Педашенко, Л.Н. Башко.</i> Особенности очистки донской воды на Ростовском водопроводе обработкой «АКВА-АУРАТ™10» и полиДАДМАХ при высокой перегрузке водоочистных сооружений.....	53
<i>А.Б. Кожевников.</i> Сжатие данных при автоматизации процессов водоподготовки.....	57
<i>В.Д. Соколов, Д.В. Соколов.</i> Опыт использования технического гипохлорита натрия для обеззараживания питьевой воды в системе водоснабжения г. Кемерово.....	61
<i>Л.Н. Синёва, М.В. Тамадаева, С.В. Миргородская.</i> Обеззараживание воды с использованием аппарата «Ретона».....	65
<i>О.П. Петросян, В. Бобен.</i> Современный комплекс оборудования хлораторных большой производительности.....	68
<i>В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева.</i> Очистка промывных вод фильтров: примеры практической реализации метода.....	72
<i>Л.Н. Фесенко, Д.В. Кашарин, К.С. Тер-Матюсова.</i> Мероприятия по локализации и ликвидации последствий поступления нефтепродуктов в поверхностные водные объекты.....	75

А.А. Рученин, Ф.И. Чуриков, С.В. Снизгирев. Повторное использование промывных вод фильтров на водозаборе ОАО «КАЗАНЬОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ»	80
Н.Е. Садковская, Б.П. Садковский, А.Б. Кожевников, О.П. Петросян. Условия достижения эксплуатационного качества при проектировании хлораторных станций водоподготовки.....	88
А.Б. Кожевников, О.П. Петросян. Сравнительный анализ промышленных методов обеззараживания питьевой воды.....	92
М.Т. Иванова, Г.Н. Пукас, В.В. Янюшкин. Оптимизация поверхностных свойств фильтрующей загрузки осветлительных фильтров.....	99
С.Д. Беляева. Высокоэффективные методы обезвреживания и утилизации осадков водопроводных станций.....	104
В.М. Корабельников, А.А. Аскерния, В.Г. Миголь. Подготовка питьевой воды с использованием финишной мембранной технологии...	108
Д.А. Бутко, А.Б. Родионова. Некоторые аспекты повторного использования промывных вод скорых фильтров на водопроводных станциях южного региона.....	109
Н.С. Латышев, П.А. Ивкин, Л.В. Гандурина. Комплексные проектные и технологические решения совершенствования очистки высокоцветных природных вод.....	117
И.П. Турянский. Комбинированные камеры хлопьеобразования – вихревые и со слоем взвешенного осадка.....	122
Л.И. Вольтруб. Опыт широкого применения методов модернизации и интенсификации работы осветлителей и отстойников на станциях водоочистки.....	124
И.Абдурасулов, А.И. Абдурасулов. Исследование процесса фильтрования для осветления воды.....	130
В.М. Ульченко. Особенности формирования и усреднения промывных вод водопроводных очистных сооружений с целью дальнейшей обработки.....	137
А.Б. Кожевников, О.П. Петросян. Эффективная идентификация технологических объектов.....	140
М.И. Пономаренко. Определению основных параметров струераспределительных дифракционных высокопрочных сооружений.....	143
Е.Д. Хецуриани. Методика расчета экологически безопасного рыбозащитного устройства водохозяйственных систем.....	148

Н.Н. Беляев, М.В. Уракин, И.Н. Сукачева, С.А. Диваров. Совершенствование и оптимизация работы водопроводных сетей в процессе пусконаладочных работ.....	155
И.И. Рождов, П.Н. Шеметов. О потерях электроэнергии при подаче воды по стальным водоводам.....	160
И.Д. Артеменок, М.И. Урванцева. Способ обработки промывных вод водопроводных станций, расположенных на зарегулированных источниках.....	161
ВОДООТВЕДЕНИЕ.....	164
В.Н. Швецов, К.М. Морозова, С.В. Степанов, С.Е. Никифоров. Биомембранные технологии очистки нефтесодержащих сточных вод....	165
Л.В. Гандурина, И.А. Нечаев, А.М. Поляков, И.А. Богатеев, С.В. Гетманцев. Сравнение эффективности неорганических и органических коагулянтов при очистке промышленных сточных вод.....	168
С.Д. Беляева, Л.И. Гюнтер. Современные подходы к обработке и утилизации осадков сточных вод.....	174
Л.Н. Фесенко, С.И. Игнатенко, А.Ю. Черкесов, А.А. Филонич. О возможности использования гидроксида железа для извлечения сероводорода из сернисто-щелочных стоков предприятий нефтепереработки.....	178
Ю.С. Кузьмина, Г.Н. Земченко, Е.В. Вильсон, Н.С. Серпокрьлов. Обоснование технологий очистки сточных вод по эмиссии диоксида углерода.....	184
А.А. Моктар, В.А. Михайлов, Н.С. Серпокрьлов. Оптимизация процесса очистки сточных вод г. Сент-Эшаш (Канада).....	189
Г.Н. Земченко, А.А. Грачева, Н.С. Серпокрьлов, А.А. Марочкин, В.В. Толмачев. Экспериментальное обоснование использования шламов шахтных вод в водоочистке.....	194
И.В. Климухин, С.В. Посупонько, В.Д. Климухин, С.В. Носов. Перспективы использования тонкослойных модулей TUBEDEK при реконструкции очистных сооружений канализации г. Ростова-на-Дону.....	198
А.О. Душко. Третичная очистка сточных вод с использованием модифицированной пластиковой загрузки.....	201
В.А. Литвиненко, А.А. Сизов, М.Г. Зубов. Экспериментальное обоснование технологических параметров очистки сточных вод на мобильной установке.....	205

А.А. Марочкин, В.В. Толмачев, С.А. Щербаков, Л.Г. Спиридонова, И.И. Лесников, Н.И. Гонкало, Д.П. Сергеева, В.Н. Смирнова, Н.С. Серпокрылов, А.А. Черноус. Опытнo-промышленные исследования режима работы фазового сепаратора при очистке некоторых производственных сточных вод.....	209
М.С. Белов, В.Л. Хейфец, П.А. Ивкин, А.В. Казаков. Очистка и повторное использование промливневых сточных вод на предприятиях железнодорожного транспорта.....	214
Е.М. Булыжёв, Г.К. Рябов. Система очистки жидкостей и утилизации магнитного шлама.....	217
А.А. Грачева, Ю.А. Паничкина, И.А. Кулик, Л.Г. Спиридонова, Н.С. Серпокрылов. Лабораторная проработка технологических схем очистки концентрированных производственных сточных вод.....	220
В.П. Костюков, Е.Г. Угроватова, П.В. Костюков, П.А. Ермаченко. Влияние концентрации азота аммонийного на динамику окислительных процессов в аэротенках.....	224
Н.И. Куликов, Е.Н. Куликова, Д.Н. Куликов, Л.Н. Приходько. Использование модифицированной трехиловой системы биологической очистки сточных вод с тонкослойными пульсационными илоотделителями на очистных станциях различной производительности.....	229
Н.И. Куликов, Я.Ю. Каменев. Специфика комплектования и эксплуатации локальных очистных установок канализации жилья неканализованных территорий.....	234
П.А. Ивкин, Д.М. Любопытов, Н.И. Куликов, В.И. Лазарев. Вопросы очистки вентиляционных выбросов очистных сооружений канализации.....	237
О.Д. Лойцкер, Н.Л. Егоров. Принципы расчетно-инструментального метода определения количества сбрасываемых очищенных сточных вод.....	241
ИНФОРМАЦИОННО-РЕКЛАМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	246
Е.А. Волосникова. Контроль показателей безопасности природной питьевой и сточной воды с использованием аналитического оборудования компании "ЛЮМЭКС".....	247
Б.Л. Видер, Г.Е. Иткин, М.В. Климов. Электролизные установки НПК "Эколог" – результаты работы и перспективы.....	252
Реклама.....	256

ПРЕДИСЛОВИЕ

Водохозяйственный комплекс, главными составляющими которого являются системы водоснабжения и водоотведения, сегодня представляет собой ту базовую отрасль, от эффективности функционирования которой зависят стабильность и жизнеспособность общества. Любые напряженность и сбои в работе водохозяйственного комплекса ведут к тяжелым социальным и экономическим последствиям, к чрезвычайным, опасным для жизни населения ситуациям, к нарушению технологических производственных процессов и полной остановке производственных предприятий, к общей дестабилизации жизни.

Распад союзного государства (СССР), достаточно продолжительный спад экономики в нашей стране, переход на рыночные отношения и изменение форм собственности, реорганизация функций санэпиднадзора, комитетов охраны и использования водных ресурсов – все это негативно отразилось на работе водопроводно-канализационных комплексов, обеспечивающих добычу, кондиционирование и распределение между потребителями воды требуемого качества и под необходимым напором, а также сбор, отведение, очистку, нейтрализацию и утилизацию сточных вод.

Централизованные системы водоснабжения и водоотведения в нашей стране сегодня оказались в чрезвычайно тяжелом положении. Износ водопроводно-канализационных объектов составляет около 79 %. Используемые технологии, применяемые в системах водоснабжения и водоотведения, устарели, неэффективны и высокочастотны. Систематически повышаются отпускная цена на воду и стоимость канализования хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод. В то же время водоочистные комплексы систем водоснабжения и водоотведения не выполняют возлагаемые на них барьерные функции по задержанию и извлечению из природных и сточных вод вредных для здоровья веществ. На одном из последних заседаний Совета безопасности наш президент Путин В.В. обратил внимание на то, что в ряде регионов от 35 до 60 % подаваемой населению питьевой воды не удовлетворяют санитарным нормам. Работа канализационных комплексов также, в большинстве случаев, оказывается не эффективной и как результат этого, происходит сброс в природные водоемы недостаточно очищаемых сточных вод, что ведет к ухудшению общей экологической обстановки, усложнению организации водоснабжения и к серьезному эколого-экономическому ущербу.

Таким образом, вопросы организации водоснабжения и водоотведения; модернизации существующих и создания новых технологий, установок, сооружений, аппаратов; разработка и внедрение новых высокоэффективных реагентов, применяемых при очистке и

обеззараживании природных и сточных вод сегодня приобрели сверх актуальное значение.

В современных условиях научно-технического прогресса, информатизации общества, развития коммуникаций и интенсификации производственно-коммерческой деятельности, проведения реформы коммунального хозяйства и, прежде всего, в области водоснабжения и водоотведения, необходим систематический, широкий обмен новейшей информацией, последними достижениями научных разработок и практического опыта в области водоснабжения и водоотведения.

Все изложенное выше и явилось поводом организации в 2004 году и дальнейшего проведения ежегодных Международных научно-практических конференций «Технологии очистки воды» под сокращенным названием «ТЕХНОВОД».

Настоящая конференция «ТЕХНОВОД-2008» проводится в четвертый раз («ТЕХНОВОД-2004» в г. Новочеркасске, «ТЕХНОВОД-2005» в г. Казани, «ТЕХНОВОД-2006» в г. Кисловодске). Местом проведения «ТЕХНОВОД-2008» выбран город Калуга – в котором жил и работал известный русский выдающийся ученый, основоположник современной космонавтики Константин Эдуардович Циолковский.

Направленность конференции «ТЕХНОВОД - 2008» и содержание опубликованных в сборнике материалов (краткое содержание докладов), охватывают область технологий очистки природных и сточных вод, совершенствования сооружений и аппаратов по водообработке и внедрению новых высокоэффективных реагентов, используемых при коагуляционной и обеззараживающей обработке.

Опубликованные в настоящем сборнике материалы носят научно-исследовательский, аналитический, эксплуатационно-производственный и реферативный характер и могут представлять интерес для специалистов (ученых, производителей, руководителей и организаторов производства), работающих в области водоснабжения, водоотведения, а также для инженерно-технического персонала предприятий, выпускающих реагенты, используемые для коагуляционной и обеззараживающей водообработки.

Участники IV Международной научно-практической конференции «ТЕХНОВОД - 2008» смогут не только узнать о новейших методах и технологиях, предназначенных для крупномасштабных и малых (локальных) систем водоснабжения и водоотведения, но и предложить участникам и гостям конференции свои разработки, сделать коммерческие предложения, заключить контакты.

Оргкомитет «ТЕХНОВОД - 2008» благодарит всех докладчиков и гостей за участие в конференции и желает интересной творческой работы.

ОРГКОМИТЕТ

ПАМЯТИ ВИКТОРА ЛЬВОВИЧА ДРАГИНСКОГО



9 февраля 2008 года на 70-м году жизни скончался известный ученый в области коммунального хозяйства, доктор технических наук, заведующий лабораторией технологии очистки природных вод НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды, замечательный человек, наш коллега, товарищ, друг **Виктор Львович Драгинский**.

Виктор Львович более 40 лет проработал в НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды после окончания аспирантуры Академии коммунального хозяйства. Он прошел большой путь от инженера до ведущего специалиста отрасли в области очистки природных вод. Под его руководством и при непосредственном участии проведен большой комплекс работ и разработан целый ряд прогрессивных технологий по очистке природных вод для целей питьевого водоснабжения, среди которых технология с применением методов озонирования и сорбции, обеспечивающих получение качественной питьевой воды из вод сильно загрязненных источников.

Особенно хочется отметить работы по очистке воды, отличающейся сложным составом, в районах Крайнего Севера, Архангельской и Тюменской области. Разработки В.Л. Драгинского получили широкое внедрение на очистных водопроводных сооружениях многих регионов России, как в больших городах, так и в малых населенных пунктах. Московская область, Нефтеюганск, Набережные Челны, Новокузнецк, Кемерово, Рязань, Петрозаводск, Сургут, Салехард, Калуга, Ижевск, Архангельск, Людиново, Мегион, Ярославль – далеко не полный перечень объектов, на которых активно работал Виктор Львович.

Виктор Львович обладал глубокой научной эрудицией, широким кругозором, которые позволяли ему глубоко вникать в

сущность работ, а его великолепные организаторские способности способствовали получению наилучших практических результатов. Он неизменно внимательно и требовательно относился к качеству выполняемых работ, скрупулезно вникал во все тонкости и специфику поставленных задач, всегда старался дать наиболее объективную оценку и нужные рекомендации для их решения.

Виктор Львович принимал участие в разработке законодательных актов в области водного хозяйства и подготовке отраслевых нормативных документов, он является автором монографий, книг, многочисленных научных статей, опубликованных в печати.

Много сил и энергии Виктор Львович отдавал работе по пропаганде отечественной науки и техники, выступая с лекциями и докладами на различных симпозиумах и семинарах по обмену опытом в нашей стране и за рубежом. Он сам неоднократно являлся руководителем различных тематических семинаров и председателем оргкомитетов. Его выступления с лекциями, различными публикациями всегда вызывали большой интерес своей глубиной, яркостью, конкретными рекомендациями.

Виктор Львович выполнял большую общественную работу: он являлся председателем государственной аттестационной комиссии института МИКХиС, членом редколлегии журнала «Водоснабжение и санитарная техника», членом Международной озоновой ассоциации. Оргкомитет «ТЕХНОВОД» благодарен Виктору Львовичу за его активное участие в организации и проведении всех четырех (2004 – 2008 гг.) Международных научно-практических конференций «ТЕХНОВОД».

При всей фанатичной преданности работе Виктор Львович был человеком, любящим и понимающим искусство, обладающим высокой эрудицией, интересующимся литературой, музыкой, живописью.

Виктор Львович обладал прекрасными человеческими качествами – жизнелюбием, исключительной порядочностью, искренностью, прекрасным чувством юмора, доброжелательностью. Он всегда был готов оказать любую поддержку и помощь всем, кто нуждается в ней.

Уход из жизни **Виктора Львовича** – это большая невосполнимая утрата для близких, друзей, коллег и товарищей, для науки и техники в области коммунального хозяйства.

Члены оргкомитета «ТЕХНОВОД-2008» скорбят и выражают соболезнование близким в связи с кончиной нашего коллеги, товарища и друга **Виктора Львовича Драгинского**.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ

КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ

ОСВЕТЛЕНИЕ, ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ

ПРИРОДНЫХ ВОД

ОТВЕДЕНИЕ, ОБРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ

СБРОСНЫХ ПРОМЫВНЫХ ВОД

**ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВОДОПРОВОДНЫХ
РАЗВОДЯЩИХ СЕТЕЙ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ**

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОАГУЛЯНТА «СКИФ 180» ПРИ ОБРАБОТКЕ ДОНСКОЙ ВОДЫ

С.В. Гетманцев

ОАО «АУРАТ», г. Москва, Россия

С.Н. Линевич

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

Приведены и обсуждены результаты экспериментальных исследований эффективности нового коагулянта «СКИФ 180», сформулированы выводы и предложения.

Более 90 лет на водоочистных станциях Российских водопроводов для удаления из воды взвешенных и коллоидных, минеральных и органических примесей широко используется реагентный метод коагуляционной обработки воды. В качестве коагулянта получил широкое распространение сульфат алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Однако в последнее время все чаще приходится отмечать малую коагулирующую эффективность и повышенную зависимость сульфата алюминия от ряда внешних, не поддающихся регулированию факторов [1]. Последнее и явилось причиной изыскания, разработки, исследования и внедрения новых видов коагулирующих реагентов. Так, в последние 10 – 15 лет был предложен целый ряд новых коагулянтов и флокулянтов. Особое внимание, в настоящее время уделяется ряду модификаций коагулянта последнего поколения – полиоксихлорида алюминия торговой марки: «АКВА-АУРАТTM10», «АКВА-АУРАТTM14», «АКВА-АУРАТTM18», «АКВА-АУРАТTM30», «АКВА-АУРАТTM105», «АКВА-АУРАТTM170», «СКИФ 10», «СКИФ 18» и «СКИФ 180» [2]. В дальнейшем изложении «АКВА-АУРАТTM» заменим «А-АTM» с целью некоторого сокращения объема текста данной статьи.

Коагулянты «А-АTM10», «А-АTM14», «А-АTM18» и «А-АTM30» представляют собой сравнительно сложные химические соединения – оксихлориды алюминия, отличающиеся между собой различной относительной основностью, т.е. молярным соотношением $\text{OH} : 3\text{Al}$ и процентным содержанием хлорид-ионов. Коагулянты «А-АTM105» и «А-АTM170» в своем составе, кроме полигидрооксихлорида алюминия, содержат сульфат алюминия и полигидроксихлорсульфат алюминия, находящиеся в строго определенных соотношениях, что способствует приобретению у этих видов коагулянтов несколько отличных свойств в сравнении с другими модификациями оксихлоридного коагулянта. Наконец, в состав коагулянтов «СКИФ 18» и «СКИФ 180» дополнительно

введен флокулянт, что в ряде случаев позволяет несколько ускорить и активизировать процесс коагуляции (хлопьеобразования) примесей воды [3].

Обширные исследования, проведенные нами и другими авторами по определению коагулирующей активности выше перечисленных модификаций полиоксихлорида алюминия, позволяют сделать следующие выводы:

- все перечисленные выше модификации коагулянта – полиоксихлорида алюминия обладают более высоким коагулирующим действием при меньших дозах и значительно меньше подвержены влиянию температуры и pH обрабатываемой воды, чем при коагуляции ее сульфатом алюминия и хлорным железом;
- сложный и несколько различный химический состав модификаций оксихлорида алюминия и, как правило, сложный химический состав примесей в обрабатываемых природных водах требуют в каждом конкретном случае коагуляционной водообработки тщательно и обосновано (в результате экспериментально-теоретического анализа) подбирать оптимальный вид (модификацию) и дозу оксихлоридного коагулянта;
- использование в технологии коагуляционной водообработки оксихлоридных коагулянтов обеспечивает общее снижение расхода реагентов и объема образующегося осадка в сравнении с применением в качестве коагулянта сульфата алюминия. Все это способствует получению определенного эколого-экономического эффекта.
- из проведенного нами литературного и патентного анализа следует, что из всех перечисленных выше модификаций оксихлоридного коагулянта меньше всего имеется данных о коагулянтах марок серии «СКИФ».

На основании выше приведенных выводов и по предложению завода-изготовителя и поставщика оксихлоридных коагулянтов ОАО «АУРАТ» (г. Москва), нами выполнена серия исследований, целью которой явилось: определение коагулирующей эффективности коагулянта марки «СКИФ 180» в условиях обработки донской воды, изучение свойств этого коагулянта в процессе коагуляционной водообработки, установление оптимальной дозы для конкретного случая обработки донской воды, установление обеззараживающей эффективности «СКИФ 180».

Краткая характеристика коагулянта «СКИФ 180» приведена в табл. 1.

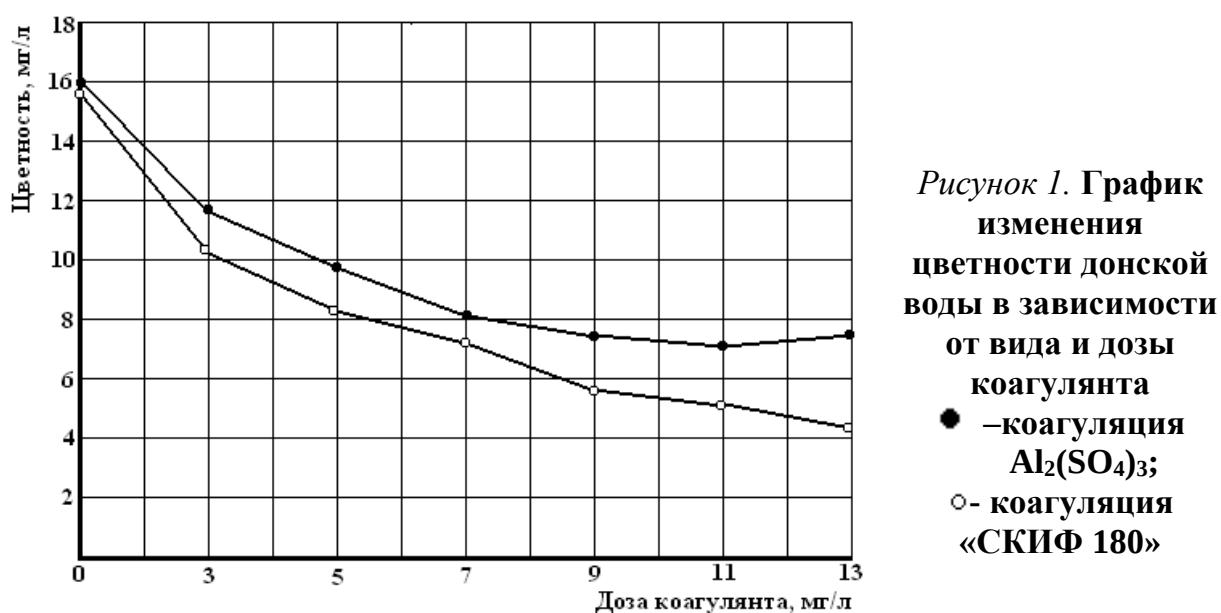
Предпринятые нами исследования были осуществлены в первой половине 2007 г. на водоочистой станции (ВОС-1) Новочеркасского центрального, городского водопровода, использующего в качестве водисточника реку Дон.

Таблица 1. Характеристика коагулянта «СКИФ 180»

Наименование показателей	Требования по ТУ 2163-014-00205067-00	Результаты анализа
1.Массовая доля оксида алюминия (Al_2O_3), %	12,0 – 17,0	14,4
2.Массовая доля хлора (Cl^-), %	16,0 – 24,0	20,3
3.Физическое состояние		жидкость слегка желтого цвета
4.Активная реакция, pH	-	0,5
5.Ионный характер	-	катионный

В процессе исследований за основу был принят стандартный метод пробного коагулирования. С целью сравнительной оценки пробное коагулирование проводилось коагулянтом «СКИФ 180» и для сравнения сульфатом алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ одинаковыми дозами в интервале от 3 до 13 мг/л. Для наиболее полной характеристики эффективности коагуляционной обработки донской воды проводился анализ ряда общих физико-химических и санитарно-бактериологических показателей качества обрабатываемой воды. Отдельная серия исследований была посвящена установлению зависимости величины остаточного алюминия в обработанной воде от величины ее pH. Особое внимание в проведенных исследованиях было уделено обеззараживающему эффекту коагулянта «СКИФ 180».

Результаты этих исследований приведены ниже в виде графиков на рис. 1 – 3 и в табл. 2.



Из графика на рис. 1 следует, что цветность донской воды более эффективно снижается при ее коагуляции «СКИФ 180», чем при обработке сульфатом алюминия при одних и тех же дозах.

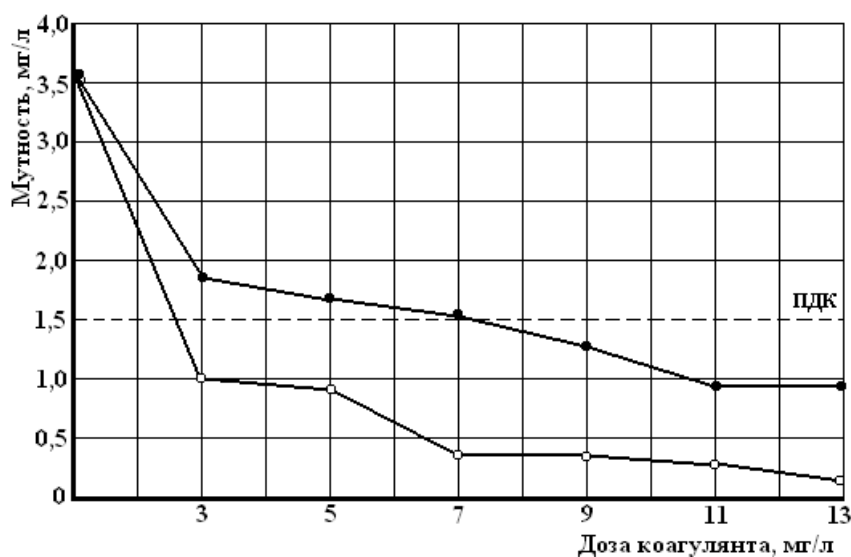


Рисунок 2. График изменения мутности донской воды в зависимости от вида и дозы коагулянта:
 ● - коагуляция $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$;
 ○ - коагуляция «СКИФ 180»

Из графика на рис. 2 также следует, что и мутность донской воды более эффективно снижается при ее коагуляции «СКИФ 180», чем при обработке сульфатом алюминия.

На основании графиков, изображенных на рис. 1 и 2, можно сделать вывод о том, что при коагуляционной обработке донской воды коагулянтом «СКИФ 180» оптимальной дозой (по мутности и цветности) является доза равная 5 – 7 мг/л, в то время как при коагуляции сульфатом алюминия оптимальная доза составляет 9 – 11 мг/л. Таким образом, при коагуляции донской воды коагулянтом «СКИФ 180» возможно снижение дозы коагулянта на 35 – 40 % по сравнению с использованием в тех же условиях сульфата алюминия.

При коагуляции воды алюминийсодержащими коагулянтами достаточно часто отмечается в обработанной воде увеличение остаточного алюминия [1, 3], что, прежде всего, зависит от значения pH воды. Наличие алюминия в водопроводной воде, предназначенной для хозяйственно-питьевых целей, регламентировано величиной не более 0,5 мг/л. В связи с этим следующая серия исследований была посвящена изучению влияния pH исходной донской воды на вероятность увеличения в ней содержания алюминия в процессе коагуляции воды коагулянтами «СКИФ 180» и сульфатом алюминия. В связи с этим для проведения этих исследований на основе донской воды были приготовлены пробы воды с различными значениями pH в диапазоне от 6,0 до 8,0. Далее, приготовленные пробы исследуемой воды были подвергнуты пробному коагулированию коагулянтами: «СКИФ 180» и сульфатом алюминия одинаковыми дозами – 7,0 мг/л. Результаты этой серии исследований представлены в виде графиков на рис. 3.

Анализ графиков на рис. 3 свидетельствует о том, что при коагуляции воды коагулянтом «СКИФ 180» в интервале pH 6,5 – 7,25 содержание остаточного алюминия в воде равно нулю, а при pH в

интервалах 6,0 – 6,5 и 7,25 – 8,5 содержание остаточного алюминия не превышает 0,15 мг/л. В то же время при коагуляции тех же проб воды сульфатом алюминия остаточного алюминия в воде оказалось в 1,5 – 4,0 раза больше, чем при использовании «СКИФ 180». Во всех исследуемых пробах донской воды до ее коагуляции содержание алюминия составляло 0 – 0,02 мг/л. Из того же графика (рис. 3) видно, что оптимальным значением рН при коагуляционной обработке донской воды с использованием коагулянта «СКИФ 180» является диапазон рН 6,25 – 7,5.

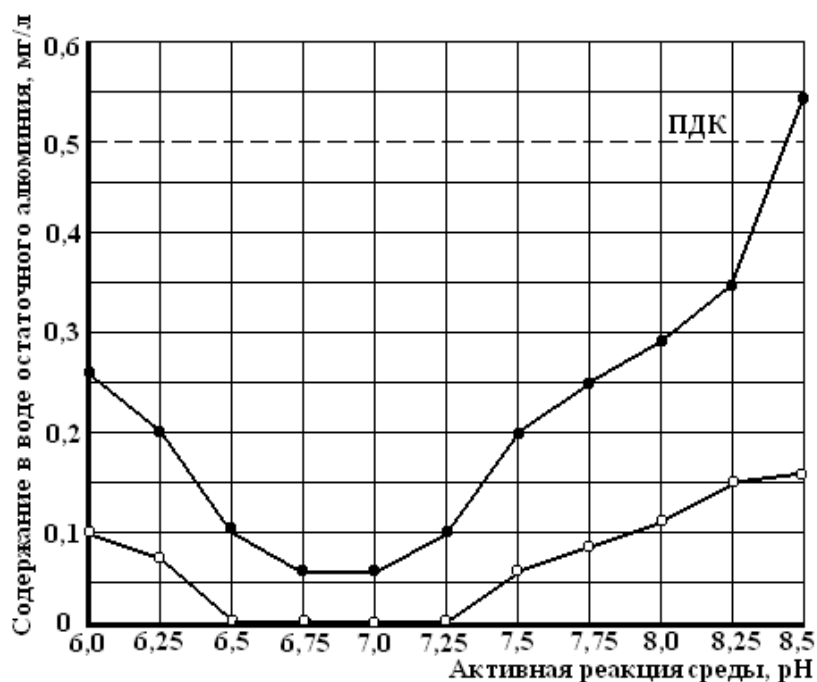


Рисунок 3. График изменения остаточного алюминия в зависимости от рН обрабатываемой воды при постоянной дозе 7,0 мг/л «СКИФ 180» и $Al_2(SO_4)_3$:
 ● – $Al_2(SO_4)_3$,
 ○ – «СКИФ 180»

Наконец, третья серия исследований была посвящена установлению бактерицидного действия «СКИФ 180» и сульфата алюминия при коагуляционной обработке донской воды и изменению ее основных качественных показателей. Результаты этой серии исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристика обеззараживающего воздействия коагулянта «СКИФ 180»

Качественные показатели воды	Донская вода (исходная) в начале исследований	Донская вода после коагуляции и отстаивания (30 мин) при использовании коагулянтов	
		сульфата алюминия, доза 7 мг/л	«СКИФ 180», доза 7 мг/л
1	2	3	4
Мутность, мг/дм	6,0 – 3,8	1,78 – 1,5	0,5 – 0,3
Цветность, град.	20,0 – 14,6	9,0 – 8,0	6,5 – 6,0

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
Температура, °С	19 – 15	20 – 23	20 – 23
рН	7,9 – 7,5	7,75 – 7,6	7,6 – 7,35
Щелочность, мг-экв/л	4,2 – 3,9	4,0 – 3,9	3,8 – 3,6
Окисляемость, мгО ₂ /дм ³	6,1 – 5,6	2,54 – 1,82	1,82 – 0,85
Al остат., мг/л	0,0 – 0,02	0,2 – 0,15	0,06 – 0,04
БПК ₅ , мг/л	0,94 – 0,78	0,6 – 0,5	0,58 – 0,48
ОМЧ, кол/мл	170 – 150	88 – 78	30 – 25

Из данных табл. 2 следует, что обеззараживающее действие коагулянта «СКИФ 180» по показателю ОМЧ (общее микробное число колоний бактерий в 1 мл) в 2,5 – 3,0 раза выше, чем при коагуляции сульфатом алюминия. После коагуляционной обработки донской воды коагулянтом «СКИФ 180» общие качественные показатели воды выше, чем при коагуляционной водообработке с использованием сульфата алюминия.

ВЫВОДЫ

Выпускаемый ОАО «АУРАТ» коагулянт марки «СКИФ 180» может быть достаточно эффективно использован для коагуляционной обработки природных вод.

Повышенное обеззараживающее действие «СКИФ 180» дает основание рекомендовать его использование:

- при необходимости исключения использования для обеззараживания природных вод хлора и его производных на этапе первичного хлорирования;
- при возможности и обоснованности переоборудования реагентного хозяйства водоочистой станции по замене твердого коагулянта на жидкий;
- при проведении доочистки и обеззараживания ряда категорий сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Линевич С.Н. Водные ресурсы, их подготовка и использование в хозяйственно-питьевом водоснабжении. Проблемы и решения/Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. -Новочеркасск: ЮРГТУ, 2005.-242 с.
2. Гетманцев С.В. Юденков Н.Г. Очистка сточных вод от соединений фосфора коагулянтами «АКВА-АУРАТ»//Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 8. С. 39 – 43.
3. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. М.: Наука, 1977. 355 с.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УМЕНЬШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ХЛОРИРОВАНИИ ВОДЫ

В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева

ОАО «Научно-исследовательский институт коммунального водоснабжения
и очистки воды», г. Москва, Россия

Пути образования в природных водах летучих высокотоксичных хлорорганических соединений (ЛХС). Характеристика и область применения вероятных методов предупреждения попадания или удаления ЛХС из водопроводной и сточной воды.

В процессе водоподготовки, при обеззараживании хлором воды, содержащей органические загрязнения, образуются токсичные летучие хлорорганические соединения (ЛХС). В основном это соединения, относящиеся к группе тригалогенметанов (ТГМ), такие как хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан, бромформ, а также четыреххлористый углерод, дихлорэтан, трихлорэтилен, хлорфенолы и др. При этом количество хлороформа, как правило, на 1 – 3 порядка превышает содержание других ЛХС.

Установлено, что некоторые из указанных соединений обладают выраженной мутагенной и канцерогенной активностью и способствуют возникновению онкологических заболеваний. В ряде стран установлены ПДК на ряд токсичных хлорорганических соединений в питьевой воде, а суммарная концентрация ТГМ ограничивается на уровне 100 мкг/л. В СанПиНе на питьевую воду также предусмотрено ограничение содержания некоторых хлорорганических соединений, наиболее часто встречающихся в питьевой воде. Новый разрабатываемый Федеральный закон и специальный технический регламент «О питьевой воде и питьевом водоснабжении», предусматривает уменьшение ПДК по ряду ХОС. Содержание хлороформа не должно превышать 100 мкг/л, дихлорбромметана – 30 мкг/л, дибромхлорметан – 30 мкг/л, бромформ – 100 мкг/л, четыреххлористый углерод – 6 мкг/л.

В 1996 г. Директивой Европейского Союза вводятся более строгие стандарты для броматов (10 мкг/л) и двух тригалоидметанов, максимальную общую концентрацию (хлороформ + бромдихлорметан), равную 40 + 15 или 35 + 25 мкг/л, в связи с подтверждением их канцерогенной активности.

Как правило, максимальные концентрации ЛХС образуются на этапе предварительного хлорирования при введении хлора в неочищенную воду. В хлорированной природной воде обнаружено свыше 20 видов различных ЛХС.

Процесс образования ЛХС при хлорировании воды сложный и продолжительный во времени. На него оказывают влияние многие факторы и, прежде всего качество исходной воды, т.е. содержание в ней органических соединений. К органическим веществам, ответственным за образование ЛХС, относятся оксосоединения, имеющие одну или несколько карбонильных групп, находящихся в орто- или пара-положении, а также вещества, способные к образованию карбонильных соединений при изомеризации, окислении и гидролизе. Это, прежде всего гумусовые вещества, обуславливающие цветность воды [1, 2], и нефтепродукты. Кроме того, концентрация образующихся ЛХС существенно зависит от содержания в исходной воде планктона. Большое влияние на процесс образования ЛХС оказывает доза хлора, рН воды и время его контакта с водой. Нарастание концентрации ЛХС в воде при условии наличия в ней свободного хлора наблюдается в течение длительного времени (до двух недель), однако более 50 % ЛХС образуются в первые 3 – 4 ч.

При изучении проблемы загрязнения питьевых вод летучими галогенорганическими соединениями в нашей стране было проведено обследование более 50 водопроводных станций [3]. В источниках водоснабжения ЛГС в основном или отсутствуют или их концентрация не превышает 2 – 4 мкг/л. Однако есть водоисточники, где концентрация ЛХС достигает значительных величин до 100 и более мкг/л, что связано с загрязнением природной воды сточными водами промышленных предприятий. Причем наличие ЛХС отмечается как в поверхностных, так и в подземных водоисточниках.

Исследования также показали, что, несмотря на значительное различие физико-химических характеристик исходных природных вод, во всех случаях образование основных концентраций ЛГС отмечается после первичного хлорирования воды, которое осуществляется на всех рассматриваемых водопроводных станциях независимо от последующей технологии обработки воды.

Качественный состав ЛГС, образовавшихся в результате хлорирования, на обследуемых водопроводных станциях отличался по некоторым компонентам. Это объясняется различным составом исходных природных вод. Однако следует отметить, что такие соединения как хлороформ (основной загрязняющий компонент), бромдихлорметан, дибромхлорметан, бромформ, относящиеся к группе тригалогенметанов, и четыреххлористый углерод в хлорированной воде были зарегистрированы на всех обследованных водопроводных станциях. Состав зарегистрированных ЛГС практически не изменялся по этапам очистки вплоть до резервуара чистой воды.

Суммарное количество ЛГС, образовавшихся после первичного хлорирования, отмечалось в пределах от 12,8 мкг/л до 512,7 мкг/л. Причем, при одной и той же дозе хлора 3,0 мг/л, концентрация ЛГС на разных

водопроводных станциях могла изменяться от 33,3 мкг/л до 269,2 мкг/л. Следовательно, концентрация образующихся при хлорировании воды ЛГС существенно зависит, прежде всего, от качества исходной воды.

При изучении количественных изменений ЛГС по этапам очистки на обследованных водопроводных станциях с разными технологическими приемами очистки воды и реагентной обработкой не удалось установить этапы очистки воды, после которых наблюдалось бы стабильное уменьшение концентрации ЛГС в воде. Даже применение сорбционных угольных фильтров не всегда приводило к снижению концентрации ЛГС, так как в процессе их длительной эксплуатации происходит обогащение питьевой воды ранее адсорбированными органическими примесями. Причем, к таким примесям могут относиться как непосредственно галогенсодержащие токсичные компоненты, так и органические соединения, способные вступать во взаимодействие с хлором при вторичном хлорировании с образованием ЛГС. Следует также отметить тенденцию роста концентрации ЛГС в пробах воды от момента ввода хлора до резервуара чистой воды.

Таким образом, было установлено, что существующие традиционные сооружения водоподготовки не осуществляют барьерных функций в отношении ЛГС. Содержание хлороформа в питьевой воде различных водопроводных станций изменялось в пределах от 10 до 466,1 мкг/л. Концентрация остальных ЛГС была на 1 – 3 порядка ниже. Почти во всех исследованных пробах питьевой воды, наряду с хлороформом, присутствовали бромдихлорметан в количестве до 5 мкг/л, дибромхлорметан – 0,3 – 1,2 мкг/л, бромформ – 0,2 – 2,3 мкг/л, 1,2 дихлорэтан – 0,2 – 1,0 мкг/л, четыреххлористый углерод – 0,4 – 0,9 мкг/л и др.

При наличии в источниках водоснабжения бромидов на уровне 0,12 – 0,46 мг/л, концентрация бромсодержащих ТГМ значительно возрастала: бромдихлорметана до 38 – 42 мкг/л и дибромхлорметана до 58 – 92 мкг/л.

НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды разработал «Руководство на технологию подготовки питьевой воды, обеспечивающую выполнение гигиенических требований в отношении хлорорганических соединений» [4], в котором представлены основные методы по уменьшению образования токсичных хлорорганических соединений в питьевой воде.

Существует два возможных пути уменьшения концентрации ЛХС в питьевой воде: предотвращение их образования при водоподготовке и удаление на заключительных этапах обработки воды.

Известные методы удаления – сорбция на фильтрах с гранулированным активным углем или синтетическими смолами и аэрация. Сорбцией на активных углях удаляется более 90 % ЛХС, однако сорбционная емкость угля по отношению к ЛХС невелика. При исходной

концентрации хлороформа 150 – 200 мкг/л время защитного действия угольного фильтра не превышает 2 – 3 месяца. После того как сорбционная емкость фильтров полностью исчерпана, необходима термическая регенерация угля. Метод аэрирования для удаления ЛХС эффективен при удельном расходе воздуха 9 м³ на 1 м³ воды.

Высокая степень очистки воды этими методами достигается при значительных капитальных и эксплуатационных затратах, что может быть оправдано лишь в случае загрязнения источников водоснабжения ЛХС в концентрациях, превышающих ПДК. При отсутствии ЛХС в исходной воде целесообразно применять мероприятия, предотвращающие их образование в процессе очистки воды.

Эти мероприятия можно разделить на три основных направления: изменение режима хлорирования воды, предварительная очистка воды от органических загрязнений перед хлорированием и замена хлора другими окислителями.

В настоящее время на действующих водопроводных станциях в Российской Федерации, предварительное хлорирование часто осуществляется высокими дозами хлора и проводится не только для обеззараживания воды и поддержания необходимого санитарного состояния водоочистных сооружений, но и с целью борьбы с планктоном, снижения цветности воды, интенсификации процессов коагуляции и т.п. При этом хлор вводится иногда в отдаленных от сооружений точках (водозаборы, ковши, каналы и т.д.). На многих водопроводных станциях весь хлор вводят только на этапе предварительного хлорирования, доза хлора при этом достигает 6 – 12 мг/л. Такие режимы хлорирования создают наиболее благоприятные условия для образования ЛХС вследствие длительного времени контакта присутствующих в воде органических загрязнений с высокими концентрациями хлора.

Для уменьшения концентрации образующихся ЛХС в процессе водоподготовки необходимо изменить режим предварительного хлорирования воды. Как показали исследования, доза хлора при обработке неочищенной воды поверхностного водоисточника не должна превышать 2 мг/л. При высокой хлорпоглощаемости воды необходимо проводить дробное хлорирование, в этом случае расчетная доза хлора вводится не сразу, а небольшими порциями (частично перед сооружениями 1 степени очистки воды, частично перед фильтрами).

С целью сокращения времени контакта неочищенной воды с хлором предварительное обеззараживание воды следует проводить непосредственно на очистных сооружениях. Изменение режима хлорирования воды позволяет уменьшить концентрацию ЛХС в питьевой воде на 15 – 30 %.

Технология подготовки воды в некоторых европейских странах исключает контакт органических загрязнений исходных природных вод с хлором, т.е. не проводится предварительное хлорирование. Еще до

поступления на водопроводную станцию вода подвергается очистке от основных количеств загрязнений. В Германии, например, 50 % поверхностных вод проходят предварительную очистку фильтрованием через почву (система береговых колодцев), при этом содержание органических веществ, находящихся в воде во взвешенном состоянии, уменьшается на 75 %.

В процессе коагулирования, отстаивания и фильтрования из воды обычно удаляется на 50 – 60 % растворенных органических загрязнений, соответственно на столько же уменьшается количество образующихся при последующем хлорировании ЛХС. В некоторых случаях, этого недостаточно для получения питьевой воды с концентрацией ЛХС ниже установленного норматива.

Наиболее эффективным методом удаления из воды растворенных органических загрязнений природного и антропогенного происхождения является сорбция на фильтрах с загрузкой гранулированным активированным углем. Сорбцией на ГАУ можно удалить до 80 – 90 % общего органического углерода и, соответственно, уменьшить концентрацию органических веществ, ответственных за образование ЛХС.

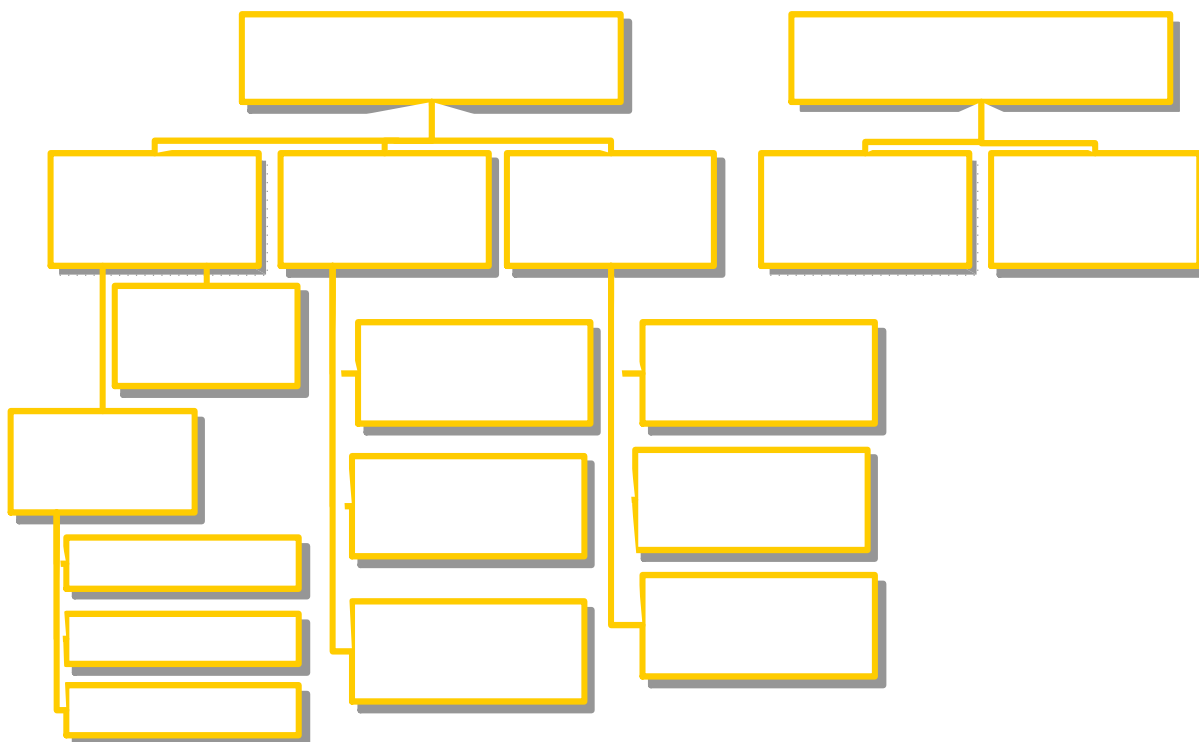
В тех случаях, когда отказаться от предварительного хлорирования воды нельзя (источник водоснабжения характеризуется высоким содержанием бактериальных загрязнений), хлор целесообразно заменить другими окислителями, например, озоном или перманганатом калия. Кроме того, для обеззараживания воды можно использовать связанный хлор в виде хлораминов.

Применение озона на стадии предварительной обработки воды вместо хлора позволяет на 70 – 80 % уменьшить концентрацию образующихся ЛХС. Озон является более эффективным дезинфицирующим реагентом, чем хлор, в отношении спор и вирусов. Однако в случае применения озона следует учитывать, что он неустойчив и быстро разлагается в воде, поэтому для пролонгирования обеззараживающего действия реагентов в очищенной воде, вместе с озоном применяется хлор. При этом условия их применения в технологии водоподготовки существенно влияют на концентрацию образующихся ЛХС. При совместном использовании озона и хлора озонирование должно предшествовать хлорированию. Озон подвергает деструкции органические загрязнения, уменьшает их способность к взаимодействию с хлором, предотвращает образование ЛХС. Уменьшается доза хлора, необходимая для окончательного обеззараживания воды.

Существенно уменьшить концентрацию ЛХС в питьевой воде можно при использовании для обеззараживания воды вместо хлора хлораминов, проводя предварительную аммонизацию воды. От величины соотношения аммиака и хлора в значительной степени зависит концентрация образующихся ЛХС, максимальный эффект достигается при условии, что весь хлор находится в воде в виде хлораминов. В идеальных условиях это

соотношение составляет 1 : 4. Для природных вод требуемое соотношение зависит от качества исходной воды и устанавливается экспериментально в каждом конкретном случае.

Основные приемы и методы уменьшения ЛХС в питьевой воде



Аммонизацию, с целью снижения концентрации ЛХС в питьевой воде, можно проводить на различных этапах обработки воды, в зависимости от качества исходной воды, технологии водоподготовки и необходимой степени уменьшения концентрации ЛХС.

Обеззараживание воды связанным хлором (хлораминами) применяется на многих водопроводных станциях. Например, в г. Ярославле хлораммонизация на 3-х водопроводных станциях обеспечивает требуемые бактериологические и органолептические показатели качества питьевой воды, при этом содержание ЛХС не превышает 20 мкг/л, и значительно снижается расход хлора.

Озонирование в сочетании с хлорированием или хлораммонизацией обеспечивает наиболее эффективный контроль над образованием побочных продуктов обеззараживания воды.

Представленные технологические приемы можно рассматривать как самостоятельные, многие из них доступны и высокоэффективны, однако в большинстве случаев лишь комплексное их применение позволяет снизить концентрацию ЛХС в питьевой воде до необходимого уровня.

Разнообразие технологических приемов позволяет применять их на самых различных объектах независимо от производительности, технологии водоподготовки и качества источника водоснабжения.

При оптимальном использовании перечисленных методов с учетом технологии водоподготовки на конкретном объекте можно с минимальными капитальными затратами значительно уменьшить содержание токсичных ЛХС в питьевой воде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гюнтер Л.И., Алексеева Л.П., Хромченко Я.Л. Влияние органических примесей в природной воде на образование токсичных галогеналканов при ее хлорировании. // Химия и технология воды. 1986. т.8, – № 1.
2. Hileman Bette. //Chem. and Eng. News, 1984. v.70, – N 28.
3. Гюнтер Л.И., Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Летучие галогенорганические загрязнения питьевых вод, образующиеся при водоподготовке.//Химия и технология воды. 1985. т. 7, № 5.– С. 59 – 64.
4. Руководство на технологию подготовки питьевой воды, обеспечивающую выполнение гигиенических требований в отношении хлорорганических соединений. НИИКВов.

УДК 628.166:661.432.3

ОДНОВРЕМЕННОЕ КОАГУЛИРОВАНИЕ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ ОДНИМ РЕАГЕНТОМ – ОКСИХЛОРИДОМ АЛЮМИНИЯ

С.Н. Линевич

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

С.В. Гетманцев

ОАО «АУРАТ», г. Москва, Россия

Рассмотрена возможность одновременного проведения коагуляционной и обеззараживающей водообработки одним коагулянтом – оксихлоридом алюминия, обсуждены результаты экспериментально-теоретических исследований, сделаны выводы и предложения.

До настоящего времени осветление и обесцвечивание природных вод на централизованных водопроводах осуществлялось путем коагуляционной обработки находящихся в воде мелкодисперсных и коллоидных примесей с последующим извлечением их из воды с помощью отстаивания и фильтрования. Имеется достаточно большое количество более или менее эффективных химических реагентов-коагулянтов и флокулянтов, используемых для коагуляционной водообработки ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, NaAlO_2 , FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$, ПАА, КФ-91 и др.).

Сущность коагуляционной обработки примесей воды заключается в укрупнении коллоидных и диспергированных частиц, происходящем в результате их взаимного сближения и объединения под воздействием сил межмолекулярного притяжения. Завершением процесса коагуляции

считается образование в обрабатываемой воде различаемых невооруженным глазом, агрегатов-хлопьев.

При коагуляционной водообработке гидролизующимися коагулянтами ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ и др.) необходимо учитывать ряд особенностей. Так, в процессе коагуляции принимают участие как частицы загрязняющих воду примесей, так и частицы вновь образующейся дисперсной структуры в результате гидролиза добавляемых в воду коагулянтов. Скорость образования новой дисперсной структуры может быть представлена как функция скорости химической реакции и последующей диффузии частиц. Размеры вновь образующихся хлопьевидных агрегатов в тысячи раз превосходят размеры элементарных частиц.

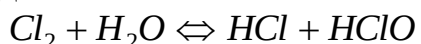
С химической точки зрения реакция гидролиза является определяющей в процессе коагулирующей водообработки. Поскольку в воде образуются малорастворимые основания ($\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$). Одновременно в воде происходит накопление ионов водорода, что ведет к снижению pH и замедлению реакции гидролиза – ухудшению процесса коагуляции.

Кроме того, на эффективность процесса коагуляционной водообработки оказывает влияние целый ряд факторов: характер и состав примесей воды, вид и доза используемых коагулянтов и флокулянтов, величина pH, общий химический состав и температура воды.

Процесс коагуляции воды гидролизующимися коагулянтами должен протекать в строго определенных условиях, прежде всего по pH. Так, благоприятным интервалом по величине pH для алюминийсодержащих коагулянтов является 6,5 – 7,5. За пределами этого интервала образующийся гидроксид алюминия подвергается растворению, что приводит к ухудшению процесса коагуляции и к насыщению обрабатываемой воды алюминием. Согласно действующего СанПиНа содержание алюминия в питьевой воде допускается не более 0,5 мг/л.

С начала XX века и до наших дней обеззараживание природных вод на водопроводах производится методом хлорирования.

При обработке воды хлором происходит окисление веществ, входящих в состав протоплазмы клеток бактерий, что вызывает угнетение жизнедеятельности, репродукционной деятельности и общую гибель. С химической точки зрения следует, что при введении в воду хлора образуется две кислоты – соляная и хлорноватистая:



Нестойкая хлорноватистая кислота диссоциирует в зависимости от pH. Чем ниже значение pH обрабатываемой воды, тем выше содержание в ней хлорноватистой кислоты и ниже содержание гипохлорит-иона (OCl^-). Таким образом, образование в воде HClO и OCl^- обладающих высокими

окислительно-восстановительными потенциалами и определяет бактерицидный эффект при обеззараживании воды хлором.

Метод обеззараживания воды хлором, имея определенные положительные стороны, в то же время обладает и рядом недостатков. Так, прежде всего, следует учитывать, что хлор и его соединения токсичны. Избыточные концентрации хлора в водопроводной воде, используемой населением, приводят к возникновению и распространению ряда тяжелых хронических заболеваний кишечника, желудка, почек, мочевого пузыря и др. В то же время, из-за общего ухудшения санитарно-бактериологического состояния воды в открытых водоемах, часто приходится производить обеззараживание воды повышенными дозами хлора. В результате содержание остаточного хлора в водопроводной воде порою составляет 2,5 – 3,0 мг/л и более, в то время, как согласно СанПиН допускается 0,3 – 0,5 мг/л.

Содержание в воде хлора и наличие в ней повышенных концентраций органических соединений приводит к образованию в водопроводной воде полихлорированных диоксинов (хлороформа, бромдихлорметана, четыреххлористого углерода и др.). Полихлорированные диоксины относят к группе «суперэкоотоксикантов» XXI века. Присутствие их в водопроводной воде недопустимо, поскольку они провоцируют заболевание людей онкологическими и другими тяжелыми заболеваниями. Таким образом, сегодня возникла необходимость замены метода обеззараживания водопроводной воды хлором на другой, более безопасный и надежный метод.

Анализ сущности и эффективности реагентных методов коагуляции и обеззараживания природных вод, используемых для целей водоснабжения, позволяет сделать следующие выводы:

- выбор вида и дозы коагулянта, флокулянта и бактерицидного реагента имеют громадное значение при осветлении, обесцвечивании и обеззараживании природных вод;
- при коагуляционной и обеззараживающей водообработке следует соблюдать соответствующий режим протекания этих процессов;
- в связи с заметным ухудшением качественных показателей природных вод и одновременным повышением требований к качеству воды со стороны потребителей, возникла необходимость нового подхода к организации осветления, обесцвечивания, обеззараживания природных вод, создания и использования новых, более эффективных реагентов, используемых в технологиях водообработки;

Учитывая вышеизложенное, нами была выполнена обширная серия экспериментально-теоретических исследований, целью которых было разработать, практически проверить и теоретически обосновать новый, высокоэффективный метод и соответствующую технологию комплексной

обработки природных вод в направлении осветления, обесцвечивания и обеззараживания.

Для выполнения этой задачи в качестве объекта исследований была использована вода р. Дон, а местом исследований – водоочистная станция (ВОС-1) Новочеркасского центрального городского водопровода.

Прежде всего, была поставлена задача – найти наиболее эффективные коагулянт и флокулянт для коагуляционной обработки донской воды. Так, были проведены исследования путем пробного коагулирования (в статических и динамических условиях) донской воды с использованием следующих видов коагулянтов: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$, $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ и флокулянтов: ПАА (полиакриламид, КФ-91 (гидрогель), ВПК-402 (полиэлектrolит). Исследования были проведены как в лабораторных, так и в производственных условиях (ВОС-1).

В результате этих исследований наиболее эффективным коагулянтом был определен оксихлорид алюминия. Поскольку оксихлоридный коагулянт в настоящее время выпускается в виде ряда модификаций с разными показателями основности («АКВА-АУРАТ™10», «АКВА-АУРАТ™14», «АКВА-АУРАТ™18», «АКВА-АУРАТ™30» и др.), следующая серия исследований предусматривала уточнение – какая же из модификаций оксихлоридного коагулянта является наиболее эффективной в условиях обработки донской воды. Наконец, специальная серия исследований была посвящена определению обеззараживающего воздействия оксихлоридного коагулянта при коагуляционной обработке донской воды. Основные обобщенные результаты перечисленных серий исследований представлены в виде графиков, изображенных на рис. 1 – 3.

На основании анализа обобщенных результатов проведенных исследований был составлен «ряд» исследуемых модификаций оксихлоридных коагулянтов, расположенных по возрастанию их коагулирующей активности в условиях обработки донской воды:

$\text{АКВА-АУРАТ}^{\text{TM}}10 < \text{АКВА-АУРАТ}^{\text{TM}}14 < \text{АКВА-АУРАТ}^{\text{TM}}18 < \text{АКВА-АУРАТ}^{\text{TM}}30$.

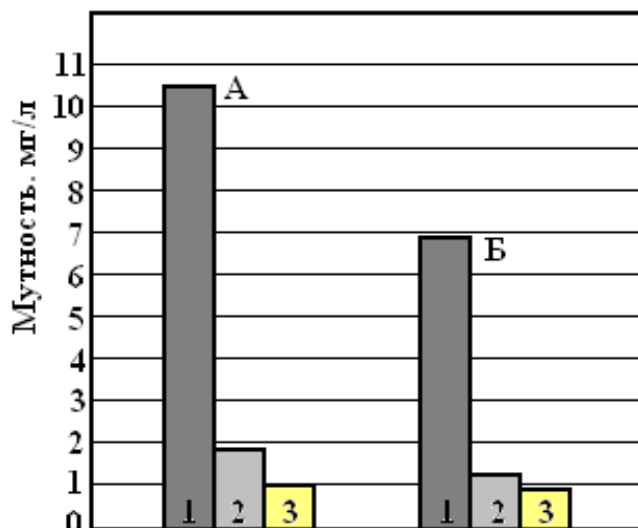


Рисунок 1. График изменения мутности воды в зависимости от вида и дозы коагулянта:
1 – мутность исходной донской воды; 2 – мутность после коагуляции дозой 5 мг/л; 3 – мутность после коагуляции дозой 7 мг/л;
А – при использовании «АКВА-АУРАТ™18»;
Б – при использовании «АКВА-АУРАТ™30»

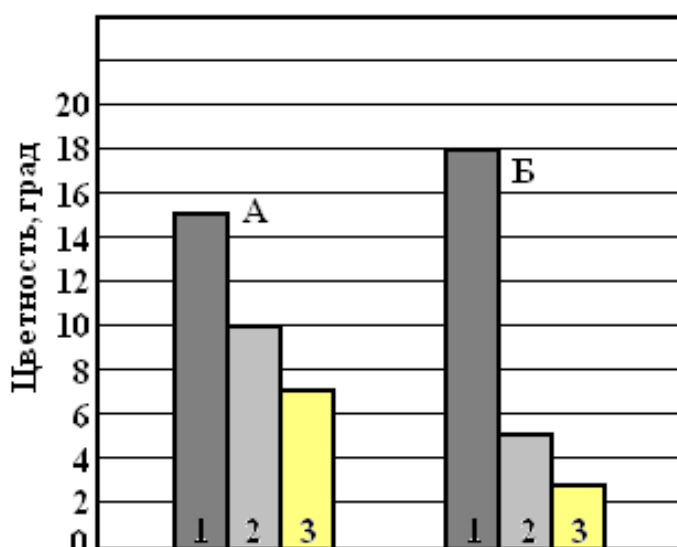


Рисунок 2. График изменения цветности воды в зависимости от вида и дозы коагулянта:

1 – цветность исходной донской воды; 2 – цветность после коагуляции дозой 5 мг/л; 3 – цветность после коагуляции дозой 7 мг/л;

А – при использовании «АКВА-АУРАТ™18»;

Б – при использовании «АКВА-АУРАТ™30»

Дальнейший анализ результатов исследований позволил сделать следующие выводы:

- при коагуляционной обработке донской воды в качестве коагулянтов следует отдать предпочтение оксихлоридным коагулянтам «АКВА-АУРАТ™30» и «АКВА-АУРАТ™18». На водоочистных станциях большой производительности следует использовать «АКВА-АУРАТ™30», а на станциях малой производительности – «АКВА-АУРАТ™18», который выпускается в жидком виде.
- использование при коагуляционной обработке донской воды «АКВА-АУРАТ™30» и «АКВА-АУРАТ™18» позволяет снизить дозу коагулянта по сравнению с $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и другими коагулянтами в 1,4 – 1,8 раза;
- использование оксихлоридных коагулянтов исключает необходимость применения дополнительных вспомогательных реагентов – флокулянта, щелочи;
- при использовании «АКВА-АУРАТ™30» и «АКВА-АУРАТ™18» при обработке донской воды наблюдается стабильность процесса хлопьеобразования независимо от колебаний pH и температуры воды на протяжении всего года;
- при коагуляционной обработке донской воды с применением «АКВА-АУРАТ™30» и «АКВА-АУРАТ™18», на протяжении всех исследований, не отмечено увеличение в обработанной воде концентрации остаточного алюминия;
- при использовании для коагуляционной обработки донской воды коагулянтов «АКВА-АУРАТ™30» и «АКВА-АУРАТ™18» происходит заметное обеззараживание воды.

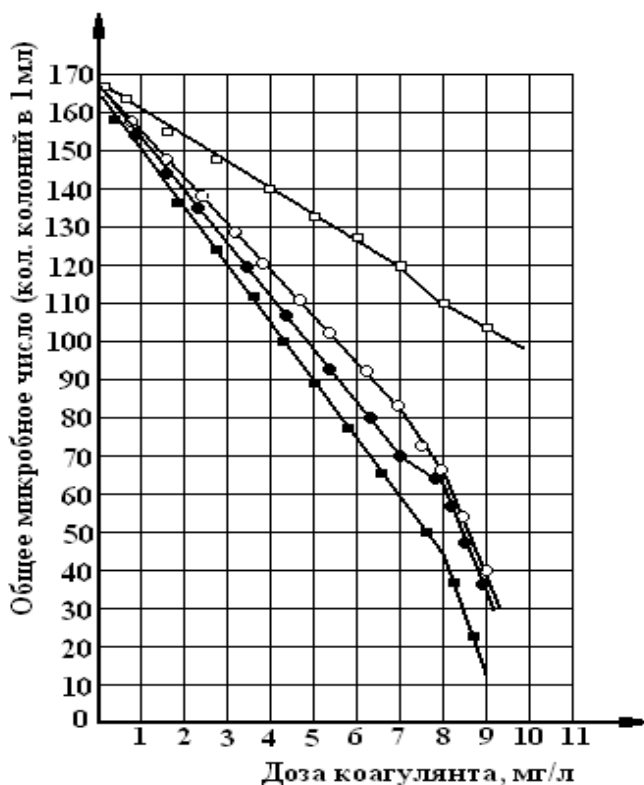


Рисунок 3. График изменения ОМЧ в донской воде в зависимости от используемого коагулянта и его дозы:
 ○ – «АКВА-АУРАТ™10»,
 ● – «АКВА-АУРАТ™18»,
 ■ – «АКВА-АУРАТ™30»,
 □ – $Al_2(SO_4)_3$

Так, при коагуляционной обработке донской воды оксихлоридными коагулянтами было зафиксировано более эффективное снижение общего числа мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (ОМЧ), чем при использовании $Al_2(SO_4)_3$ в следующих пределах:

при использовании «АКВА-АУРАТ™10» – в 4 раза,
 «АКВА-АУРАТ™18» – в 4,5 раза,
 «АКВА-АУРАТ™30» – в 12 раз,
 $Al_2(SO_4)_3$ – в 1,6 раза.

Кроме того, при коагуляционной обработке донской воды оксихлоридными коагулянтами, как правило, происходит более эффективное удаление из воды термотолерантных колиформных, общих колиформных бактерий и колифаг, чем это имеет место при использовании в тех же условиях коагулянта – сернокислого алюминия.

Ниже, приведем некоторые соображения, согласно существующим теоретическим положениям, в пользу обоснования полученных нами результатов исследований.

Повышенная коагулирующая активность полиоксихлоридных коагулянтов может быть объяснена тем, что в результате конденсации продуктов гидролиза в условиях пересыщения происходит образование полиядерных гидроксидных соединений, которые обладают гораздо более высокой коагулирующей и адсорбционной способностью, чем просто катионы Al^{3+} . Кроме того, при коагуляционной водообработке с использованием полиоксихлоридных коагулянтов, в процессе их гидролиза

образуется больше различных гидролизированных структурных форм соединений, обладающих большими зарядами, чем при использовании ряда других видов коагулянтов, что ускоряет процесс коагуляции, делает его более эффективным [1 – 3].

Процесс растворения оксихлорида алюминия в воде в отличие от большинства других применяемых коагулянтов протекает с выделением тепла, т.е. этот процесс является экзотермическим. Последнее способствует хорошему и быстрому растворению оксихлоридного коагулянта в воде, заметному снижению его зависимости от температуры обрабатываемой воды.

Более высокое бактерицидное действие оксихлорида алюминия, применяемого при коагуляционной водообработке, объясняется повышенными адсорбционными свойствами образующихся продуктов гидролиза оксихлоридного коагулянта. Кроме того, рядом авторов высказывается мнение о вероятности возникновения, так называемых «мостовых» связей между ионами Al^{3+} и линейными полимерными субстанциями бактерий и вирусов, приводящим к нарушению их жизнедеятельности и отмиранию [2]. Наконец, не следует отвергать существующее мнение о том, что механизм удаления вирусов из природных вод в процессе их коагуляции, в том числе и с помощью полиоксихлорида алюминия, заключается в комплексообразовании Al^{3+} с ионизированными группами протеинов, что так же может способствовать уничтожению вирусов и отдельных бактерий.

ВЫВОДЫ

1. Механизмы коагуляционной и обеззараживающей обработки природных вод представляют собой достаточно сложные, многофакторные процессы, требующие в каждом конкретном случае своего дополнительного изучения.

2. Правильный, обоснованный выбор вида, дозы и режима коагуляционной и обеззараживающей водообработки определяют общую технико-экономическую и экологическую эффективность технологии очистки воды.

3. Наиболее эффективным реагентом для коагуляционной обработки донской воды сегодня следует рекомендовать полиоксихлорид алюминия «АКВА-АУРАТ™30», позволяющий снизить расход реагентов в 1,5 – 1,8 раза, обеспечить более короткие сроки и повысить стабильность процесса хлопьеобразования независимо от сезонных изменений температуры и состава загрязняющих примесей обрабатываемой воды.

4. Применение полиоксихлорида алюминия в коагуляционной обработке донской воды позволяет исключить необходимость в использовании дополнительных, вспомогательных реагентов (флокулянта, щелочи и др.) и исключает вероятность повышения концентрации остаточного алюминия в водопроводной воде.

5. Использование при обработке донской воды «АКВА-АУРАТ™30» и «АКВА-АУРАТ™18» позволяет одновременно с осветлением и обесцвечиванием получить достаточно высокий эффект обеззараживания воды. Таким образом, появляется возможность отказаться от этапа первичного обеззараживания воды хлором или же заменить хлорирование одним из безопасных методов обеззараживания воды – ультрафиолетовым облучением. Последнее позволит снизить содержание остаточного хлора и исключить образование хлорорганических (диоксинов) и других токсичных соединений в водопроводной воде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Линевич С.Н. Водные ресурсы, их подготовка и использование в хозяйственно-питьевом водоснабжении. Проблемы и решения /Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. -Новочеркасск: ЮРГТУ, 2005.-242 с.
2. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. М.: Наука, 1977. 355 с.
3. Левицкий Э.А., Максимов В.Н. О составе продуктов гидролиза в растворах $AlCl_3$. Докл. АН СССР. М.: 1961, № 4. С. 865 – 867.

УДК 661.432.2.013

УСТАНОВКИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ

В.Б. Петров, А.Е. Синяков

ЗАО «Современные проектные технологии», г. Москва, Россия

В.Л. Драгинский

ОАО «Научно-исследовательский институт коммунального водоснабжения
и очистки воды», г. Москва, Россия

Приведены характеристики и описано устройство ряда электролизных установок по получению гипохлорита натрия. Описана технология электрохлорирования, отмечены преимущества.

На протяжении XX века и в настоящее время хлор и его соединения остаются наиболее эффективными веществами для химического обеззараживания питьевой и сточных вод. По данным Международной ассоциации «Еврохлор», более 90 % питьевой воды в Европе в процессе водоподготовки обеззараживают с помощью хлора и его соединений [1]. В России и за рубежом в последнее десятилетие в системах водоподготовки наблюдается устойчивая тенденция применения гипохлорита натрия в качестве окислителя и дезинфектанта взамен хлора.

Метод электролитического получения раствора гипохлорита натрия хорошо известен, но в силу ряда своих преимуществ по-прежнему остается перспективным и в последнее время находит все более широкое практическое применение. На предприятиях энергетики и химической промышленности для обеззараживания технологической воды в

теплообменных системах с технической точки зрения оптимально применение электрохлораторных установок, поскольку обеспечение электроэнергией энергоемкого электролитического процесса получения гипохлорита натрия (4 – 5 кВт·ч/кг активного хлора) не вызывает дополнительных трудностей.

При создании электролитических систем в ЗАО «Современные проектные технологии» реализуется модульный принцип: с помощью стандартных электролизеров различной мощности (1 – 270 кг/ч активного хлора) масштабируется производительность всей установки путем подбора необходимого количества электролитических аппаратов определенной модели. Желательно использовать как можно меньшее число отдельных аппаратов, поскольку это значительно облегчает монтаж, техническое обслуживание, автоматизацию и управление установкой. Кроме того, повышается надежность ее работы и упрощается регламент ликвидации нештатных или аварийных ситуаций.

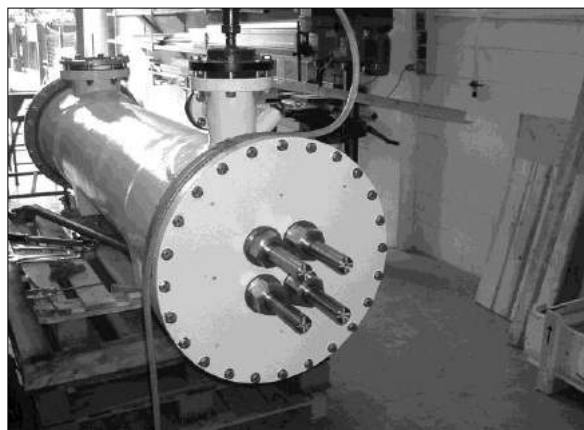
В качестве основы электролизного узла в установках выбраны электролизеры марки **CHLOROPURE®**, являющиеся в настоящее время весьма эффективным оборудованием. Эти аппараты зарекомендовали себя исключительно с позитивной стороны в промышленном производстве гипохлоритов натрия и калия благодаря ряду конструктивных особенностей. В первую очередь, применение системы последовательно расположенных электролитических ячеек с биполярными электродами в виде пластин, помещенных в общий непроводящий цилиндрический корпус из прочного и коррозионно-стойкого пластика (полихлорвинила), обеспечивает однородность потока электролита, равномерность скорости

его прохождения через каждую ячейку и, соответственно, высокую эффективность электрохимических процессов на катоде и аноде (рис. 1, 2). Другим важным моментом при проведении электролиза является необходимость подавления протекающей на аноде реакции образования газообразного кислорода. Кислород смешивается с выделяющимся на катоде водородом и при значительном количестве может образовывать с последним взрывоопасную смесь.

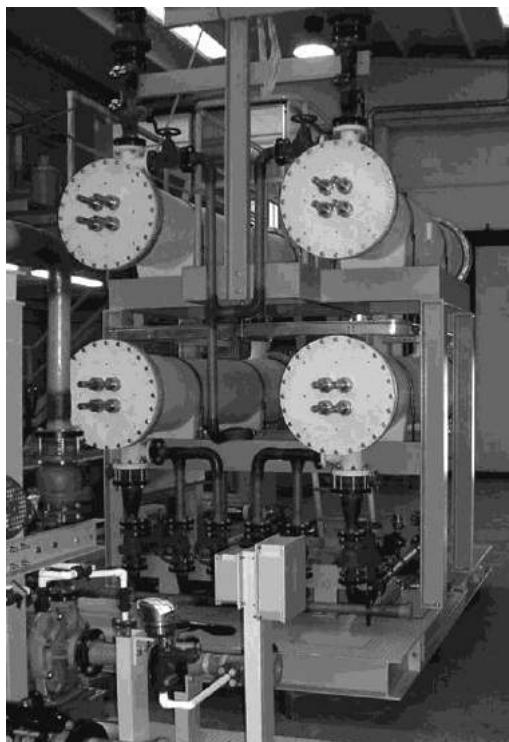


*Рисунок 1. Сборка электролизера
марки **CHLOROPURE®**
с биполярными электродами*

Рисунок 2. Цилиндрический корпус электролизера, изготовленный из полихлорвинила



Для предотвращения этого явления на поверхности анодов в электролизерах создается покрытие из окислов благородных металлов (платиновой группы), которое обеспечивает более высокое перенапряжение при выделении кислорода по сравнению с хлором и тем самым резко снижает количество выделяющегося кислорода. Коррозионная стойкость и механическая прочность катода, анода и биполярных электродов обеспечиваются применением металлического титана. Поверхность катода и катодной части биполярных титановых пластин имеет высокий класс механической обработки для минимизации образования на их поверхности труднорастворимых твердых осадков, что значительно увеличивает период непрерывной работы оборудования между профилактическими остановками.



Технологический процесс получения раствора гипохлорита натрия основан на использовании в качестве сырья специально приготовленного раствора или морской воды. Электрохлораторные установки с электролизерами марки **CHLOROPURE®** достаточно компактны и могут размещаться на небольшой площади (рис. 3, 4).

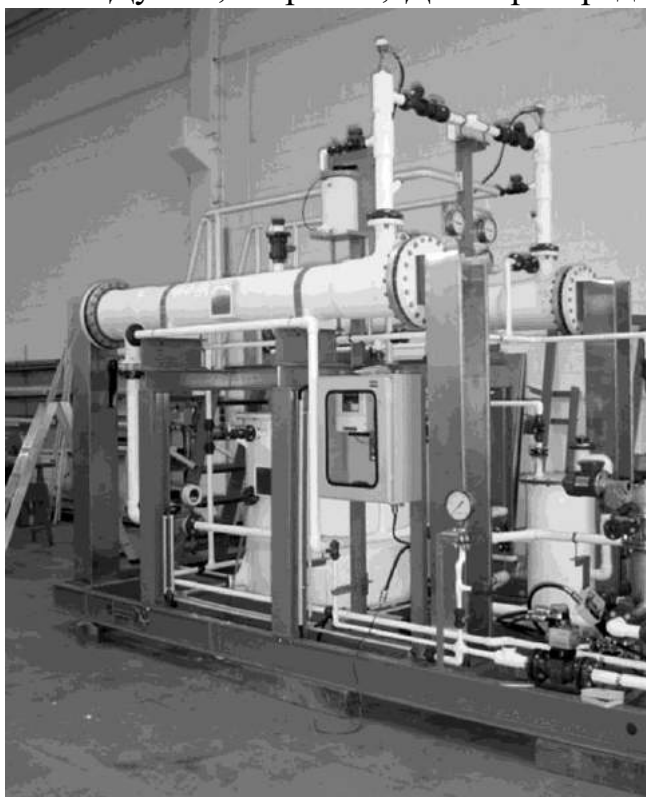
Рисунок 3. Электролизеры промышленной электрохлораторной установки для производства раствора гипохлорита натрия на монтажной конструкции

Технология электрохлорирования. В настоящее время в России технология обеззараживания питьевой и сточных вод техническим гипохлоритом натрия применяется на ряде объектов, в частности, в гг. Томске, Кемерове, Стерлитамаке, Тосно Ленинградской области, в

Водоканалах Саратовской области [2; 3]. Установки получения электролитического гипохлорита натрия действуют на водопроводных станциях городов: Старая Русса, Малая Вишера и Ивангород Ленинградской области, в Водоканалах Дубны, Нерехты, Дмитровграда Ульяновской области, Великого Новгорода, Череповца Вологодской области и др. [4].

Об увеличении масштабов применения электролитического гипохлорита натрия свидетельствуют публикации, характеризующие оборудование компании «Wallace and Tiernan» (Англия), ЗАО НПФ «ЮПИТЕР» (Санкт-Петербург) и предприятия «Экофес» [5; 6].

Рисунок 4. Общий вид промышленной электрохлораторной установки, поставляемой в сборном виде



ЗАО «Современные проектные технологии» реализовало технологию получения электролитического гипохлорита натрия для системы технологического охлаждения на атомных электростанциях в Иране и Индии.

Электрохлораторный комплекс первого энергетического блока с реактором ВВЭР-1000 атомной электростанции «Бушер» (Иран). В настоящее время осуществлен монтаж комплекса и проводятся пусконаладочные работы (рис. 5).



Согласно разработанной технологии раствор гипохлорита натрия получают непосредственно из морской воды, которая после предварительной механической очистки подается в электролизеры.

Рисунок 5. Промышленный генератор гипохлорита натрия, состоящий из четырех последовательно соединенных однотипных электролизеров

Поток исходной (морской) воды в генераторе гипохлорита натрия проходит последовательно через четыре однотипных электролизера.

Постоянный расход воды равен $230 \text{ м}^3/\text{ч}$. Каждый электролизер имеет десять биполярных ячеек, номинальный ток электролизера составляет 10700 А при рабочем напряжении на всех четырех последовательно соединенных электролизерах 167 В . Производительность установки может изменяться в пределах $60 - 100 \%$ от номинальной. Номинальная величина составляет 458 кг/ч активного хлора при его концентрации в растворе около 2 г/л . Доза хлора при введении в технологическую воду составляет 2 мг/л . Общий расход морской воды в системе охлаждения – более $200 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$.

Электрохлораторный комплекс для первого и второго энергетических блоков с реакторами ВВЭР-1000 для АЭС «Куданкулам» (Индия, 2005 г.). На объекте производство гипохлорита натрия осуществляется также из морской воды. Для обеспечения заданной производительности в комплекс включены четыре однотипных генератора гипохлорита натрия с номинальной производительностью 375 кг/ч активного хлора каждый, общая производительность электрохлораторного комплекса может достигать 1500 кг/ч активного хлора. В нормальном режиме работы предполагается функционирование трех генераторов, четвертый остается в резерве. При таком регламенте работы производительность комплекса составляет 1175 кг/ч активного хлора.

Генератор гипохлорита натрия состоит из трех электролизеров, через которые последовательно пропускается обрабатываемая морская вода (рис. 6). Номинальный электрический ток, проходящий через каждый



электролизер в отдельном генераторе, равен 11700 А при напряжении на всех трех последовательно соединенных электролизерах порядка 140 В .

Суммарный поток питающей морской воды, проходящий через все генераторы, может изменяться от 520 до $760 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Рисунок 6. Один из четырех генераторов гипохлорита натрия электрохлораторного комплекса АЭС «Куданкулам»
(в состав генератора входят три электролизера)

Параметры хлорирования аналогичны параметрам для АЭС «Бушер»: концентрация активного хлора в форме гипохлорита натрия на выходе около 2 г/л , для системы охлаждения доза активного хлора около 2 мг/л .

Общий расход воды в системе охлаждения, который электрохлораторная установка способна обработать, составляет более 600 тыс. м³/ч. На данный момент на объекте проведен цикл работ по проектированию, изготовлению и поставке оборудования, подготовлена производственная площадка для монтажа комплекса.

Намечается выполнение ряда новых проектов по применению гипохлорита натрия в системах подготовки питьевой воды для российских предприятий. В частности, подготовлены предложения по переводу водоочистных станций нескольких Водоканалов производительностью до 300 тыс. м³/сут на его использование. Кроме того, рассматриваются варианты строительства заводов по производству гипохлорита натрия, обеспечивающих хлорреагентом ряд городов в пределах некоторых областей. В настоящее время ЗАО «Современные проектные технологии» проводит предпроектные технические оценки электролитического производства хлора, систем хранения жидкого хлора и обращения с ним для химического предприятия в Липецкой области.

Отечественная и зарубежная практика водоподготовки свидетельствует, что перспективность применения гипохлорита натрия для обеззараживания воды как питьевого назначения, так и для технологических нужд на промышленных предприятиях не вызывает сомнения. Есть достаточные основания прогнозировать в ближайшем будущем значительное расширение масштабов применения этой технологии. В силу ряда особенностей технология электрохлорирования воды занимает особое место в сфере использования гипохлорита натрия и является весьма привлекательной для потребителей различных отраслей хозяйственной деятельности. Электрохлораторные установки ЗАО «Современные проектные технологии» в полной мере обладают всеми известными преимуществами электролитического оборудования для получения раствора гипохлорита натрия, а также имеют ряд отличительных особенностей, которые придают им высокую конкурентоспособность.

ВЫВОДЫ

1. Производительность электрохлораторных установок масштабируется увеличением числа стандартных электролизеров. Для этого создан модельный ряд электролизеров производительностью 1 – 270 кг/ч активного хлора для отдельного аппарата. Подбор соответствующей модели позволяет обеспечивать заданную производительность установки, а также оптимально проектировать резервные производственные линии.

2. Прочность и долговечность электролизеров (анодное покрытие из окислов служит 3 – 5 лет, все электроды – 15 – 20 лет), вспомогательного оборудования (емкостей, трубопроводов, арматуры, насосов) достигаются за счет использования высокопрочных и коррозионно-стойких материалов: титана и пластика (армированного полихлорвинила). Преимуществами

установок являются компактность и облегченный монтаж: установки малой и средней производительности (до 10 кг/ч активного хлора) поставляются уже полностью смонтированными на раме.

3. Высокая степень автоматизации процесса и безопасность его проведения (наличие ряда эффективных защитных блокировок) позволяют предотвратить аварийные ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.eurochlor.org: сайт Международной ассоциации «Еврохлор».
2. Технология подготовки питьевой воды с использованием технического гипохлорита натрия // Новые технологии и оборудование в водоснабжении и водоотведении: Сб. материалов. – М., 1999. Вып. 1.
3. Передовой опыт Водоканалов России // Новые технологии и оборудование в водоснабжении и водоотведении: Сб. материалов. – М., 2003. Вып. 3.
4. Никифоров Г.И. Применение электролитического гипохлорита натрия для обеззараживания питьевой воды // Новые технологии и оборудование в водоснабжении и водоотведении: Сб. материалов. – М., 2001. Вып. 3.
5. Григорьев А.Г., Расс Р. Сравнительная оценка высоко- и низкоконцентрированного гипохлорита натрия для дезинфекции питьевой воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2000, № 10.
6. Никифоров Г.И., Кабирев Д.И., Куприянов А.П. Опыт создания отечественных электролизных установок для обеззараживания воды низкоконцентрированным гипохлоритом натрия // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. № 12.

УДК 628.166

ЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА НЕЙТРАЛИЗАЦИИ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСОВ ХЛОРА В АТМОСФЕРУ

А.Б. Кожевников

ФСП «КРАВТ», г. Калуга, Россия

А. Арх

«Контролматик АБВ», г. Домжале, Словения

Обращается внимание на необходимость для хлорирования воды использовать надежное, эколого-экономически эффективное оборудование, исключающее утечку хлора. Рассматриваются технологии и оборудование по нейтрализации аварийных выбросов хлора. Предложен и описан авторский вариант системы нейтрализации газообразного хлора СНГХ М6000С.

Хлор и его соединения продолжают занимать доминирующее положение в существующей практике обеззараживания питьевой воды.. Такая популярность хлорирования связана, прежде всего, с тем, что это единственный способ, обеспечивающий микробиологическую

безопасность воды в любой точке распределительной сети в любой момент времени благодаря эффекту последствия, а также, как показывает практика – хлорирование есть наиболее экономичный и эффективный метод в сравнении с любыми другими известными методами дезинфекции питьевой воды [1].

Применение хлора в технологическом процессе приводит к повышению требований к объектам его использующим, как к опасным производственным объектам, оборудование которых и функционирование должны соответствовать требованиям ПБ 09-594-03 «Правила безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора». В частности отметим, что для повышения безопасности хлорных хозяйств необходимо базироваться на надежном и промышленном оборудовании, которое производится отечественными или зарубежными предприятиями, но под контролем Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ. Необходимо также более жесткий контроль за состоянием оборудования на опасных производственных объектах. Оборудование, выработавшее ресурс или срок эксплуатации, определенные технической документацией, в целях безопасности должно быть заменено на новое, либо подвергнуто капитальному ремонту предприятием-изготовителем с соответствующей аттестацией. И более того, с целью снижения влияния человеческого фактора на процесс хлорирования, повышения точности дозировки хлора и обеспечения большей безопасности обслуживающего персонала необходимо ориентироваться не просто на современное оборудование, а на оборудование, обеспечивающее автоматический процесс дозирования.

Конечно, наибольшую опасность для производственного персонала хлорных объектов представляют аварийные выбросы хлора. Причиной неконтролируемой утечки хлора является небрежность персонала, неправильная эксплуатация или выход из строя оборудования и другое. Наибольшую опасность представляет утечка хлора, находящегося под давлением, то есть на складах, где хранятся нормативные запасы хлора, и в трубопроводах их подачи к оборудованию, например, на участке между баллоном (контейнером) с хлором и вакуумным регулятором хлоратора. Как правило, утечка хлора связана с разрушением емкостей с хлором, запорных вентилей, иной арматуры и, собственно трубопроводов. Возникшая утечка хлора должна быть обнаружена, локализована и эффективно обезврежена в кратчайшие сроки. Эти функции и возлагаются на систему нейтрализации аварийных выбросов хлора в атмосферу. Кроме того, проектируя такую систему, необходимо руководствоваться также следующими критериями [2]:

1. Любая система нейтрализации аварийных выбросов хлора должна соответствовать ПБ 09-594-03. Все стадии проектирования, монтажа и

пуско-наладочных работ должны осуществляться организациями, имеющими соответствующие лицензии.

2. Система поглощения хлора должна обеспечивать максимальную эффективность по качеству и скорости нейтрализации хлора, быть технологичной, т.е. простой в эксплуатации, и автоматизированной, т.е. полностью исключать человеческий фактор в чрезвычайной ситуации.
3. При выборе системы нейтрализации должны учитываться факторы экономической целесообразности.

Первый и третий критерии в силу их очевидности и выполнения требований промышленной безопасности и экономической целесообразности должны выполняться всегда.

Рассмотрим технологии и оборудование, применяемые на объектах для нейтрализации аварийных выбросов хлора на их соответствие второму критерию. Известны адсорбционные и абсорбционные способы нейтрализации хлора и массообменные аппараты, применяемые для этих целей [3]. Адсорбционные способы нейтрализации хлора и устройства для их осуществления – адсорберы, где в качестве адсорбента применяют твердые среды (технические активированные угли), по степени нейтрализации считаются достаточно эффективными, но имеют существенные недостатки: не являются технологичными, так как требуют больших объемов адсорбентов, соответственно, габариты этого оборудования весьма значительны, а после регенерации адсорбента, которую обычно проводят водяным паром, снова выделяется хлор и снова встает задача его нейтрализации.

Абсорбционные способы нейтрализации хлора и устройства для их осуществления – абсорберы, насадочные колонны, традиционно используются в типовых проектах хлораторных и складах хлора, где в качестве абсорбента применяют жидкие щелочные среды. В насадочной колонне поглощающая хлор щелочная жидкость подается на насадку сверху через распределитель, а снизу противотоком подается воздух, загрязненный хлором. При столкновении потоков газа и жидкости на развитой поверхности насадки, смоченной поглощающей жидкостью, происходит взаимодействие хлора и жидкости. Очищенный от хлора воздух идет на выход, а поглощающий раствор перетекает в сливную камеру и выводится из колонны. Насадочная колонна для очистки газов содержит корпус с патрубками для ввода и вывода газа и жидкости, группу поддерживающих решеток, на которых размещены насадки, распределитель и перераспределители жидкости и камеру слива жидкости.

Данный способ и устройство для его осуществления имеют следующие существенные недостатки – недостаточно технологичны из-за того, что не обеспечивают полноту нейтрализации аварийных выбросов хлора, так как насадочная колонна при запуске должна быть заполнена поглотительным раствором, что требует значительного времени и

усугубляет результаты аварии. Во-вторых, при подаче хлора в колонну насадка требует выведения ее в рабочий режим, т.е. обеспечить равномерное пленочное течение жидкости по поверхности насадки. Поэтому в начальный период пуска колонны происходит проскок хлора, причем максимальной концентрации. К тому же насадочная колонна чрезмерно громоздка, требует наличия сложной схемы обвязки трубопроводами и занимает большое пространство.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ нейтрализации хлора с помощью массообменного аппарата [4], реализованный в установках ОХТА-9000К и ХПА-9000К, которые эксплуатируются «Водоканалом» г. Санкт-Петербурга для нейтрализации аварийных выбросов хлора и по степени очистки удовлетворяют требованиям Правил ПБ 09-594-03.

Данный способ включает в себя: подачу хлора в поглощающую жидкость в пространство под газораспределительным контактным устройством (ГКУ) и подачу насосом жидкости из емкости на ГКУ со скоростью 0,3 – 4 м/сек. Поступаемый газ выдавливает жидкость из пространства над ГКУ и реагирует с выдавленной жидкостью, а также жидкостью, подаваемой насосом. Процесс продолжается до окончания поглощения газа. В качестве поглощающей жидкости используют раствор Na_2CO_3 . Объем и концентрацию поглощающей жидкости готовят в соответствии с объемом газа, который должен быть поглощен.

Данный способ нейтрализации хлора и устройство для его осуществления, хотя и исключают проскок хлора в начальный пусковой период, обеспечивая подачу хлора в поглощающий раствор с первых минут аварии, поэтому не требуется дополнительного времени на подготовку и запуск (т.е. процесс безинерционный). Этим обеспечивается полнота нейтрализации хлора, однако имеет место следующий существенный недостаток: при использовании в качестве поглощающего раствора 10 % Na_2CO_3 в силу невысокой его химической активности, требуется большее время взаимодействия хлора с поглощающим раствором, т.е. нужно вести процесс при невысоких скоростях газового потока 0,3 – 4 м/сек. Эти пределы достаточно узки и выход за эти пределы приводит к снижению полноты нейтрализации хлора. Так, при $V < 0,3$ м/сек не обеспечивается эффективный объем обработки газа, а при $V > 4$ м/сек происходит вторичный унос жидкости. Хотя данный способ и устройство для нейтрализации газообразного хлора значительно проще, технологичнее, эффективнее и более компактно по сравнению с известными аналогами, например, использующими скрубберы, однако, не настолько, чтобы успокоить творческую мысль.

Коллектив конструкторов ФСП «КРАВТ» предложил свой вариант системы нейтрализации газообразного хлора, названной СНГХ М6000С (рис.1) и имеющей принципиальные отличия от предшествующих.

СНГХ М600С состоит из емкости для нейтрализующей жидкости 1, патрубка подачи хлоровоздушной смеси 2; патрубка вывода воздуха с воронкой 3; эжектора для смешивания хлора с нейтрализующей жидкостью 4; насоса 5, встроенного в магистраль 6 для прокачки раствора при нейтрализации хлора; эжектора 7 для приготовления раствора и рециркуляции нейтрализующей жидкости; нейтрализующей жидкости 8; патрубка с вентилем для слива отработанной жидкости 9; патрубка для всасывания щелочи 10; вентиля 11 для приготовления раствора и вентиля 12 для подачи жидкости на эжектор 4.

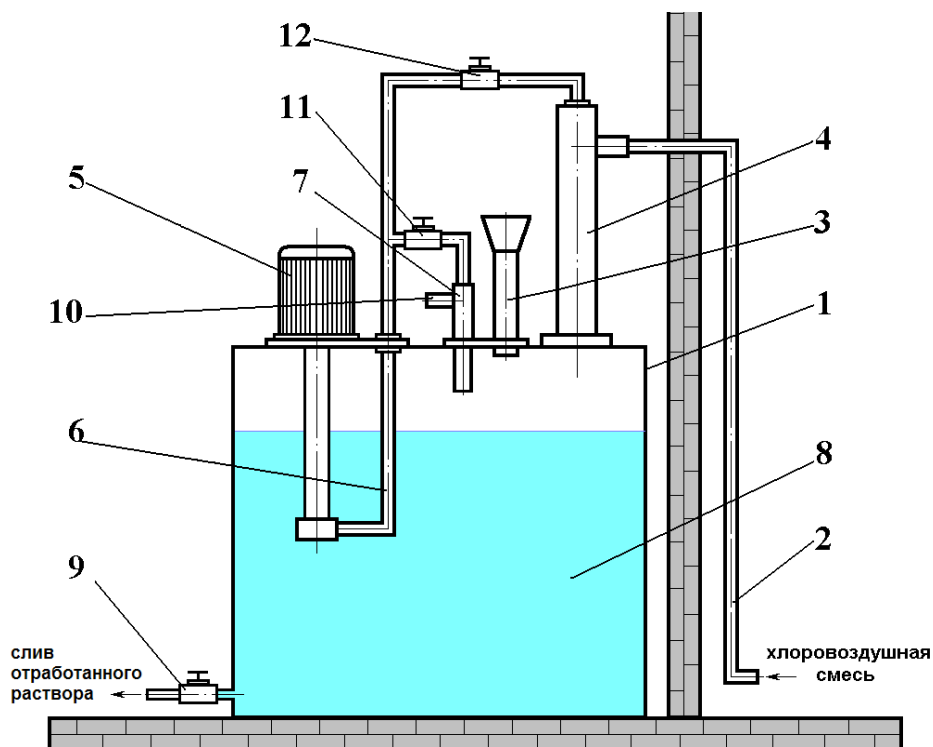


Рисунок 1. Система нейтрализации аварийных выбросов газообразного хлора СНГХ М600С

В момент аварийного выброса (аварийная ситуация) детектор хлора обнаруживает присутствие газообразного хлора в помещении и автоматически включается система аварийной сигнализации и при повышении заданного порога ПДК автоматически включается насос 5, который обеспечивает движение потока нейтрализующего раствора 8 через создающий вакуум эжектор 4, благодаря которому хлоровоздушная среда через патрубок 2 засасывается из помещения непосредственно в поток нейтрализующего раствора и далее в емкость 1 с тем же нейтрализующим раствором 8. В результате поэтапно обеспечивается нейтрализация хлора: сначала в первый момент при его попадании в поток нейтрализующего раствора, затем химическое взаимодействие с нейтрализующим раствором в эжекторе 4, имеющем определенную длину выхода, а затем возможно и в емкости 1 с нейтрализующим раствором 8. Очищенный от хлора воздух

выдавливается из емкости 1 через патрубок 3. По завершению процесса нейтрализации слив отработанного раствора осуществляется через вентиль 9.

Способ нейтрализации аварийных выбросов газообразного хлора, заключается и в том, что хлоровоздушная смесь подается в емкость со щелочной нейтрализующей жидкостью следующего состава: гидроксид натрия и тиосульфат натрия, а смешивание и взаимодействие двух сред происходит в процессе эжекции при вакуумном всасывании хлоровоздушной среды в поток нейтрализующего раствора.

Раствор гидроксида натрия в воде является стабильным, поэтому его концентрацию устанавливают максимальной и избыточной относительно ожидаемого количества хлора, выделившегося в результате аварии, так как при более высокой концентрации образующиеся соли при нейтрализации хлора при низких температурах кристаллизуются и приводят к разрушению насоса и других частей оборудования, и в свою очередь, к нарушению процесса нейтрализации. Низкие концентрации гидроксида натрия будут требовать дополнительных анализов и корректировок раствора, увеличивая трудоемкость. Раствор тиосульфата натрия является нестабильным, поэтому его концентрация в растворе должна соответствовать только ожидаемому количеству хлора, выделившегося в результате аварии. Низкие концентрации тиосульфата натрия снижают восстановительные свойства нейтрализующего раствора.

Таким образом, способ поглощения хлора, заложенный в работу СНГХ М6000С, обеспечивает нейтрализацию хлора сразу же в начальный момент аварии, предотвращая проскок хлора в атмосферу в результате эжекции при вакуумном всасывании. Полнота нейтрализации достигается также благодаря составу и химическим свойствам нейтрализующего раствора, который представляет собой восстановительный раствор гидроксида натрия и тиосульфата натрия, их применение по отдельности не обеспечивало тех свойств, которые они проявляют благодаря их совместному использованию. Восстановительные свойства раствору придают ионы тиосульфата натрия, который легко в воде реагирует с хлором, и его в быту даже называют «антихлором». Нейтрализация хлора происходит следующим образом. Хлор растворяется в воде с последующим окислением ионов хлора тиосульфатом натрия. С увеличением pH раствора (с увеличением щелочности) растворимость хлора в воде увеличивается. Присутствие восстановителя ускоряет процесс растворения хлора и перевод его из токсического состояния в нейтральное.

Продуктами нейтрализации являются практически безвредные хлорид натрия и сульфат натрия.

По сравнению с установками ОХТА-9000К и ХПА-9000К, в СНГХ М6000С нет ограничений по скорости газового потока благодаря более эффективному эжекционному смешению двух сред (процессу, специально

предназначенному для смешения двух сред) и их взаимодействию, а также более высокой химической активности нейтрализующего раствора. Благодаря этим преимуществам СНГХ М6000С становится еще более компактным.

Дополнительно для повышения технологичности и упрощения конструкции устройства в линию рециркуляции нейтрализующей жидкости встроены второй специальный эжектор, позволяющий автоматизировать процесс приготовления нейтрализующего раствора и сделать эту операцию технологичной и безопасной.

Тестирование СНГХ М6000С производилось фирмой Controlmatik-Gesta (г. Вараждин, Хорватия). В процессе тестирования контролировались следующие параметры: поток хлоровоздушной смеси через нейтрализатор, температура нейтрализационного раствора и концентрация хлорного газа на выходе нейтрализатора. Испытуемый нейтрализатор имел резервуар объемом 2 м³, поток воздуха через нейтрализатор составлял около 180 м³/ч. Тест проводился для наиболее вероятного сценария аварии – утечка хлорного газа через вентиль 150-кг баллона вследствие его разрушения, при этом средняя концентрация хлорного газа в воздухе составляла 5000 PPM, а в резервуаре 17000 PPM.

Были получены следующие результаты:

1. Хлорный газ не выходил из помещения, где хранятся баллоны с хлором, что характеризует достаточную всасываемость эжекционного насоса.
2. Максимальная концентрация хлора на выпуске нейтрализатора не превышала 0,2 PPM, что существенно ниже ПДК.
3. В процессе работы нейтрализатора наблюдался нагрев раствора на 5,4 °С, однако, со временем нагрев замедлялся из-за уменьшения истечения хлора из баллона и охлаждения емкости благодаря внешнему теплообмену.

ВЫВОДЫ

1. Нейтрализатор обладает высокой эффективностью (более 99,99 %).
2. Нейтрализатор полностью блокирует выход хлор-газа в атмосферу при разрушении вентиля, что является самым вероятным вариантом аварии.
3. Расчеты для наихудшего сценария аварии – разрушение баллона с хлором и, как следствие, залповый выброс всего количества жидкого хлора – показали, высокую эффективность СНГХ М600С. Концентрация хлора в воздухе в первые 10 мин будет максимальна и в радиусе 50 м от помещения будет достигать 3 PPM, в радиусе 100 м. не будет превышать 1 PPM, т.е. в зоне загрязнения (в радиусе 90 м) средняя концентрация хлора в воздухе составит 0,7 PPM, что означает отсутствие угрозы жизни и здоровью людей. Таким образом, нейтрализатор СНГХ М6000С

эффективен даже при залповом выбросе хлора вследствие разрушения контейнера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожевников А.Б., Петросян О.П. Для тех, кому не нравится хлор // «СтройПРОФИль», 2004. № 4/1.
2. Попов М.А. Новые методы обеззараживания // Промышленная безопасность труда, 2003, № 6.
3. Химическая энциклопедия. Т. 1, М. 1992. С. 4 – 14, 52 – 62. Т.3, М. 1992. С. 335 – 339.
4. Патент РФ 2195358, ВО1D 53/18, ВО1D 3/28.

УДК 628.166:661.432.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЫСОКО- И НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННОГО ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ ПИТЬЕВЫХ ВОД

А.Б. Григорьев

ООО «Экоконтроль С», г. Москва; Россия

Р. Расс

Компания «Wallace & Tiernan», Англия

Приведены свойства гипохлорита натрия (ГХН), правила выбора метода обеззараживания, безопасность работы, перечень установок по получению ГХН и стоимость его получения.

Гипохлорит натрия (ГХН) – NaOCl относится к реагентам-дезинфектантам, используемых в качестве альтернативы газообразному хлору, обеспечивает эффективное обеззараживание и защиту от всех известных патогенных (болезнетворных) бактерий, вирусов, грибковых инфекций и простейших. Гипохлорит натрия применяется обычно в двух формах: товарный (технический) – высококонцентрированный раствор с высоким значением рН, производимый на химических заводах; OSEC – раствор с более низкой концентрацией, производимый на месте использования в нужном количестве путем электролиза раствора пищевой соли.

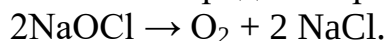
Содержание хлора в растворе ГХН обычно выражается в процентах от массы раствора, например, 1 дм^3 технического ГХН массой 1,14 кг содержит 14 %, или 0,159 кг активного хлора. Типичный состав различных форм ГХН: технический – 10 – 14 %; OSEC – 0,2 – 0,8 %.

Свойства гипохлорита натрия. Разложение ГХН происходит двумя путями:

преобразование в хлорат и хлорид



преобразование в кислород и хлорид



Первая из этих реакций зависит от концентрации: чем выше исходная концентрация ГХН, тем быстрее происходит разложение. Скорость разложения возрастает также с повышением температуры.

Катализатором второй реакции является ряд металлов. Микроконцентрации никеля или меди могут вызвать быстрое разложение до кислорода. Разложение ГХН до хлората имеет два недостатка. Во-первых, происходит потеря продукта, что приводит к увеличению расходов; во-вторых, в воду, подвергаемую обработке, попадают нежелательные побочные продукты, например хлораты.

При хранении технический ГХН разлагается до хлората. Чтобы избежать этого, необходимо минимизировать время и температуру хранения, для чего может потребоваться охлаждение ГХН во время транспортировки и при хранении на месте будущего использования. Присутствие ряда металлов в качестве загрязнений в техническом ГХН также ускоряет разложение. Это обуславливает потерю продукта и образование газообразного кислорода, что может вызвать проблемы при перекачивании и подаче.

ГХН, получаемый с помощью системы OSEC, разлагается гораздо медленнее благодаря низкой исходной концентрации. Обычно он производится на месте потребления по мере необходимости, что обеспечивает минимальное время хранения по сравнению с техническим ГХН.

Еще одной проблемой побочных продуктов является присутствие в ГХН бромата. Бромат является результатом окисления бромидов в соли, используемой для производства ГХН. Из-за потенциально канцерогенных свойств бромата в странах ЕС существует ограничение, согласно которому содержание этого соединения не должно превышать 10 мг/л. Водопроводные компании стран ЕС, Англии, США, Японии и др. стараются закупать технический ГХН с пониженным содержанием бромата, чтобы избежать указанной проблемы. Для производства ГХН OSEC с низким содержанием бромата рекомендуется использовать соль с низким содержанием бромидов.

Технический ГХН имеет высокое значение pH, что необходимо для обеспечения стабильности продукта. При введении его в воду с повышенным содержанием кальция и магния возможно образование отложений нерастворимых карбонатов и гидроксидов. Это, в свою очередь, может вызвать серьезные проблемы с обслуживанием, поскольку потребуется часто демонтировать и чистить эжекторные устройства. Низкое значение pH ГХН, производимого системой OSEC, сводит

проблему накали до минимума. Значительно сокращаются и работы по прочистке эжекторных устройств.

Система OSEC английской фирмы «Wallace & Tiernan» производит ГХН концентрацией до 0,8 % в зависимости от области применения или от типа используемой установки (рис. 1). Следует заметить, что при концентрации менее 1 % ГХН классифицируется в Англии как неопасный реагент, хотя и очень эффективный дезинфектант. Единственным побочным продуктом реакции является газообразный водород, который отводится в атмосферу в безопасной концентрации.

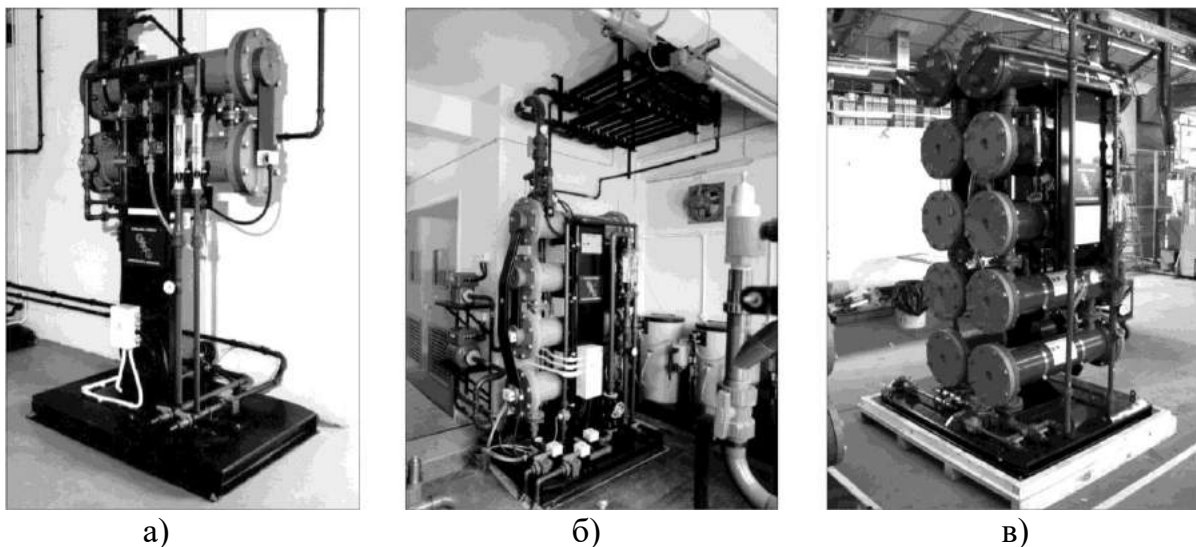


Рисунок 1. Установки OSEC для производства гипохлорита натрия:

- а) – OSEC B2-200 (производительность 118 – 227 кг экв. хлора в сутки);
б) – OSEC B4-200 (235–454 кг экв. хлора в сутки);
в) – OSEC B8-200 (470–907 кг экв. хлора в сутки)

Выбор метода дезинфекции. При оценке метода дезинфекции следует принимать во внимание следующие факторы: безопасность, образование побочных продуктов, экономичность, независимость от поставщиков, место расположения и обслуживание, установка оборудования и общие издержки, гарантии и многое другое. Электрохлорирование обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами дезинфекции. Об использовании ГХН в качестве дезинфектанта и о его химических свойствах уже говорилось выше. Однако вопрос применения системы электрохлорирования вместо установок дозирования технического ГХН требует дальнейшего рассмотрения. В некоторых случаях отказ от традиционных методов дезинфекции газообразным хлором диктуется изменением местного законодательства или безопасностью.

Безопасность. Переход на использование ГХН существенно уменьшает риски, связанные с применением газообразного хлора. Тем не менее, следует помнить, что технический ГХН концентрацией 14 – 18 % очень агрессивен из-за высокого значения pH и содержания хлора.

Поэтому при обращении с ним необходимо соблюдать дополнительные меры безопасности – надевать защитные очки и специальную одежду. Применение 0,8 процентного ГХН, производимого с помощью системы OSEC, снижает указанные риски до минимума. Безопасность населения, а также персонала на самих водопроводных сооружениях обеспечивается исключением транспортировки больших партий реагента, хранения и дозирования высококонцентрированных растворов реагентов или газообразного хлора (рис. 2 – 4). При обращении с 0,8-процентным ГХН также не требуется сложной индивидуальной защиты персонала.

Эксплуатация и обслуживание установок OSEC предусматривают периодическое добавление соли и наблюдение за панелью управления. Это

дает явные преимущества по сравнению со сложным обучением персонала и необходимостью установки защитного оборудования при использовании и смене контейнеров с газообразным хлором или при транспортировке и хранении (и связанное с этим разложение) технического ГХН (рис. 3).



*Рисунок 2. Мини-установка OSEC
(8 – 34 кг экв. хлора в сутки)*

*Рисунок 3. Установка OSEC
Containers*



Согласно регламентации МЧС, газообразный хлор – аварийное, химически опасное вещество: он ядовит, является сильным окислителем, оказывает остронаправленное действие на людей, относится ко второму классу опасности. Промышленный ГХН имеет третий класс опасности; ГХН системы OSEC относится к четвертому классу опасности, а по другим регламентирующим источникам система OSEC относится к четвертому-шестому классу опасности.

Химическая устойчивость. Коррозия. Из-за агрессивных свойств технического ГХН оборудование, которое используется для его хранения и дозирования, подвергается коррозии. Более всего подвержены утечкам накопительные резервуары, обвязка и дозирующее оборудование. Этого не происходит при использовании ГХН, производимого системой OSEC.

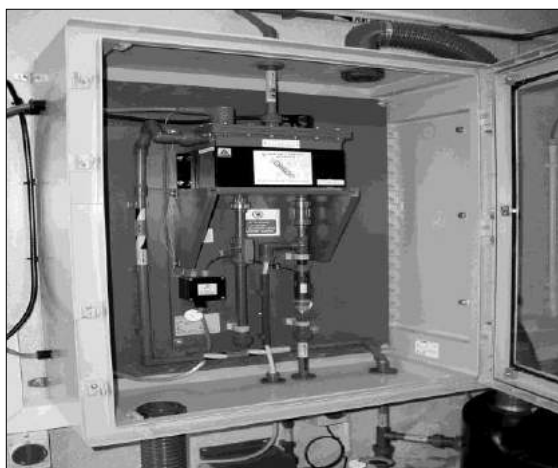


Рисунок 4. Установка DSC 00985

Накипь. Другой проблемой при использовании технического ГХН, если сравнивать с ГХН OSEC, является высокое значение pH (обычно около 12). Многие поставщики технического ГХН добавляют в раствор каустик для предупреждения газообразования и увеличения срока хранения продукта. При таком высоком значении pH кальций в воде вступает в реакцию с растворенным CO_2 и осаждается в виде накипи карбоната кальция. Накипь разрушительно воздействует на обвязку, арматуру и расходомеры, поэтому технический ГХН, по возможности, используется неразбавленным (с учетом всех рисков, связанных с этим реагентом) с самыми короткими отрезками трубопровода, которые только позволяет расход в системе.

В системах OSEC используется умягченная вода для предупреждения отложений минеральных веществ в электролизере, что обеспечивает бесспорное преимущество по сравнению с другими системами. ГХН, производимый установкой OSEC, имеет пониженное значение pH, т. е. оказывает меньшее влияние на щелочность воды. В ряде случаев это дает значительную экономию затрат на реагенты для регулирования pH, которые применяются при наличии в продукте ГХН.

Газообразование. Одним из наиболее серьезных недостатков использования технического ГХН является газообразование при разложении продукта. По мере того как концентрация ГХН снижается с течением времени, образуется газообразный кислород. При комнатной температуре образование кислорода составляет примерно 1 % в сутки. На практике скорость образования будет возрастать с увеличением концентрации, температуры и в присутствии металлических катализаторов. Требованиями к хранению ГХН являются низкая температура, кратчайшее время хранения и отсутствие контакта с металлами. Использование металлических компонентов (в трубопроводах, деталях, контактирующих с ГХН) может вызвать быстрое разложение ГХН – до 2 – 3 % в час. Опасность заключается в накоплении газа в

трубопроводах, шаровых клапанах и насосах-дозаторах, что может привести к газовым пробкам или риску взрыва.

Системы OSEC обеспечивают производство раствора ГХН по мере необходимости, что снижает степень разложения продукта до менее 0,1 % в месяц. Таким образом, проблема газообразования практически отпадает. Тем не менее, при необходимости хранения ГХН перед его дозированием следует избегать воздействия на него прямых солнечных лучей и исключать контакт с металлами.

Образование хлората. В зависимости от величины pH, интенсивности света, температуры и концентрации ГХН разлагается на: O_2 и NaCl (фотокаталитически), Cl_2 и NaOH (закон Генри о газообразовании), $NaClO_3$ и $3NaCl$ (перераспределение). При температуре 22 °C образование хлората в 0,8-процентном ГХН, произведенном в установке OSEC, практически невозможно обнаружить. В 15-процентном техническом ГХН 0,6 % активного хлора преобразуется в хлорат в течение первых 24 ч хранения с момента производства при той же температуре и концентрации. Чем выше концентрация ГХН, тем выше начальные уровни образования хлората.

В системе OSEC имеется принудительная вентиляция резервуара с ГХН, поэтому общий уровень разложения хлора (из-за испарения, преобразования в Cl^- и хлорат) составляет около 1,8 % в сутки. Для сравнения – разложение технического ГХН составляет 4 % в сутки.

Образование бромата – проблема как технического ГХН, так и вырабатываемого установкой OSEC. В обоих случаях бромид окисляется до бромата. Образование бромата увеличивается при щелочном pH, высокой дозе озона и концентрации ионов бромидов. В системах OSEC образование бромата обычно зависит от концентрации бромидов в исходной соли.

В законодательстве Великобритании предусмотрено, что операторы Водоканалов должны решать проблему снижения побочных продуктов при дезинфекции, т.е. количество хлора, дозируемого в питьевую воду, должно быть снижено путем контроля содержания бромата в исходном продукте. Для этого необходимо оптимизировать время хранения и разложения технического ГХН или произведенного на месте в установках OSEC.

Для уменьшения риска образования бромата в первую очередь необходима закупка сырья с пониженным содержанием бромидов, а затем – оптимизация условий хранения ГХН на месте.

Образование водорода. При производстве хлора электролитическим способом образуется водород в количестве 10 дм³/мин на каждые 45 кг/сут хлора, т. е. 1,3 кг водорода на каждые 45 кг хлора. Водород должен быть удален во избежание угрозы взрыва. Нижний порог взрывоопасности составляет 4 %, поэтому принудительная вентиляция должна обеспечить

удаление 250 дм³/мин водорода на 45 кг суточной производительности по хлору.

Независимость от поставщиков. По сравнению с газообразным хлором и техническим ГХН при производстве ГХН с помощью системы OSEC исключается зависимость от большого объема поставок химических реагентов, а также отсутствуют проблемы с транспортировкой, хранением и дозированием. В настоящее время новые правила фактически ограничивают применение газообразного хлора, что заставляет Водоканалы переходить на альтернативные методы обеззараживания. Производство ГХН установками OSEC на месте по мере потребления в большинстве случаев является наиболее дешевым решением.

Гарантия на непрерывную работу анодов системы OSEC составляет 5 лет. Для эксплуатации и обслуживания установок OSEC требуется минимальное обучение персонала. В России по вопросам, связанным с сервисным обслуживанием, ремонтом и поставкой сервисных запасных частей, необходимо обращаться к эксклюзивному российскому представителю фирмы «Wallace & Tiernan» – ООО «Экоконтроль С».

Сравнение цен на производство технического ГХН и вырабатываемого установкой OSEC.

Для получения 1 кг экв. хлора на установках OSEC необходимо: 3,7 кг соли + 5,5 кВт электроэнергии + 135 л воды, в среднем затраты составляют 14,7 руб. (без НДС).

Закупочная цена 6,67 л технического ГХН (в котором содержится 1 кг экв. хлора), производимого на Волгоградском химическом заводе, составляет 62,48 руб. (без НДС), или 9,37 руб/л (без НДС).

Свыше 1378 установок OSEC производительностью от 2 до 10000 кг экв. хлора в сутки успешно работают по всему миру. В августе 2006 г. на Северной водопроводной станции г. Уфы введена в пробную эксплуатацию установка OSEC по производству 0,8-процентного гипохлорита натрия, эквивалентного 340 кг хлора в сутки.

УДК 628.1.Д72

ВЫБОР РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДОНСКОЙ ВОДЫ ОПТИМИЗАЦИЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ И РЕАКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ

***В.А. Михайлов, И.А. Костина, Н.А. Левченко, А.А. Лоскутов,
А.А. Велигурина***

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

В работе дается анализ влияния на процесс осветления донской воды гидродинамического режима смешения и перемешивания обрабатываемой воды с

реагентами. Контрольными параметрами приняты градиент скорости и продолжительность перемешивания. Исследованы реагенты А-АTM30, СА и ВПК-402.

На очистных сооружениях Александровского водопровода г. Ростова-на-Дону донская вода, пройдя вихревые смесители, осветляется в горизонтальных отстойниках с встроенными в них камерами хлопьеобразования вихревого типа и на скорых фильтрах. В качестве реагента для улучшения процесса осветления воды на сооружениях уже более 12 лет применяется отечественный катионный флокулянт ВПК-402, вводимый в речную воду на водозаборе в приемные камеры насосных станций первого подъема, расположенных в 3 км от очистных сооружений. При этом мутность отстоенной воды во все периоды года (за исключением кратковременных паводков) не превышает 2 – 5 мг/дм³.

В научно-исследовательской лаборатории кафедры водоснабжения и водоотведения РГСУ, расположенной на территории очистных сооружений Ростовского водопровода функционирует установка типа Джар-тест, состоящая из 4^х стандартных химических сосудов, диаметром 130 мм каждый и электрической мешалки, позволяющей воспроизводить различные гидродинамические режимы смешения и перемешивания донской воды с реагентами при заданных параметрах: градиенте скорости (G, c^{-1}) и продолжительности перемешивания ($T, мин$).

В 2006 г. на установке выполнены исследования по определению эффективности осветления воды при различных гидродинамических режимах. Гидродинамический режим движения воды с реагентами в смесителях очистных сооружений Александровского водопровода и в трубопроводах между смесителями и камерами хлопьеобразования принят реальным, какой имеет место на сооружениях, а гидродинамический режим перемешивания в камерах хлопьеобразования варьировался (см. таблицу).

Таблица. Исследованные гидродинамические режимы

№ п/п	Параметры режима								Суммарный критерий Кэмпбелла GT	Характеристика режимов
	Напорные водоводы от водозабора до очистных сооружений		Смесители		Трубопроводы от смесителя до КХО		Камеры хлопьеобразования			
	G,с ⁻¹	T, мин	G,с ⁻¹	T, мин	G,с ⁻¹	T, мин	G,с ⁻¹	T, мин		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-	-	80	3,0	120	1,5	15	6	30600	Реальный режим

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-	-	80	3,0	120	1,5	30	10	43200	То же, с увеличением G и T в КХО
3	-	-	80	3,0	120	1,5	40	30	97200	То же, с еще большим увеличением G и T в КХО
4	120	30	80	3,0	120	1,5	15	6	246600	Реальный режим при вводе коагулянта на водозаборе

Ввод реагентов (коагулянтов) в режимах 1 – 3 осуществлялся в трубопровод перед смесителем, а в 4-ом режиме был принят вариант, предусматривающий введение коагулянта в воду на водозаборе, в приемные камеры насосов I-го подъема, по аналогии со схемой введения в воду флокулянта ВПК-402, осуществляемой в производственных условиях. В качестве реагентов были использованы хорошо зарекомендовавшие себя в последнее время оксихлориды алюминия – «АКВА-АУРАТ™10» и «АКВА-АУРАТ™30», а также очищенный сернокислый алюминий, содержащий 16 % Al_2O_3 . Каждый опыт имел трехкратное повторение.

На графиках рис. 1 и 2 показаны результаты эффекта осветления донской воды через 30 мин отстаивания.

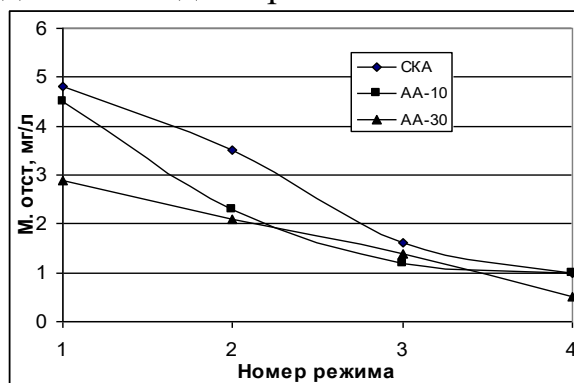


Рисунок 1. Зависимость эффекта осветления воды от критерия

Кэмпбелла: доза коагулянта - 5 мг/л;
 $M_{исх} = 28,7 - 33$ мг/л; $T = 5 - 6,3$ °C;
 $\Pi_{исх} = 4,6 - 5,07$ мг-экв/л.

Из приведенных данных следует:

– на эффективность осветления воды в отстойниках и на дозы применяемых реагентов серьезное влияние оказывают гидродинамические условия смешения и перемешивания воды с ними;

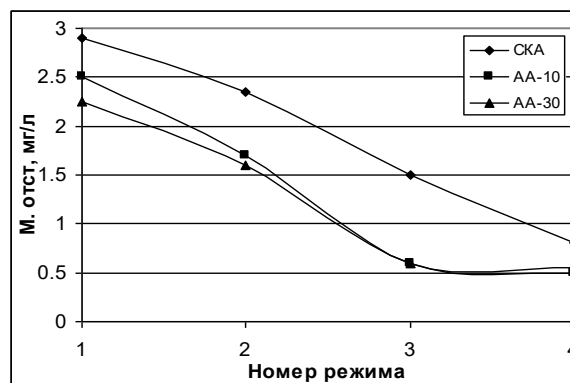


Рисунок 2. Зависимость эффекта осветления воды от критерия

Кэмпбелла: доза коагулянта - 10 мг/л;
 $M_{исх} = 35,1 - 40,25$ мг/л; $T = 5 - 5,67$ °C;
 $\Pi_{исх} = 4,63 - 5$ мг-экв/л.

– при увеличении продолжительности и интенсивности перемешивания в камерах хлопьеобразования мутность отстоянной воды может быть доведена до 0,5 – 1,5 мг/дм³, но это потребует серьезных капитальных вложений на переоборудование камер хлопьеобразования и оснащение их устройствами для механического или воздушного перемешивания воды в них;

– аналогичных результатов можно добиться путем переноса места ввода коагулянта на водозаборе при условии достаточной удаленности его от очистных сооружений;

– оптимальной величиной критерия Кэмпбелла, считая от места ввода коагулянта в воду до поступления ее в отстойник, обеспечивающей высокий эффект осветления, можно считать от $100 \cdot 10^3$ и выше;

– подтверждено преимущество оксихлоридов алюминия перед сернокислым алюминием, заключающееся, в частности, в том, что применение последнего ведет к более резкому изменению pH и щелочности воды, что может быть причиной ее неустойчивости.

В 2007 г. выполнен цикл экспериментов по совместной обработке донской воды на водозаборе (4-ый режим) ОХА «АКВА-АУРАТ™10» и катионным флокулянт ВПК-402. При этом установлено, что для достижения высокого эффекта осветления воды в отстойниках ($M_{отст} \cong 1 \text{ мг/дм}^3$) наиболее экономичным является вариант совместного введения в воду ОХА «АКВА-АУРАТ™10» дозой 0,5 мг/дм³ и ВПК-402 дозой, равной 1 % $M_{исх.}$

УДК 628.161.3 (282.247.367)

ОСОБЕННОСТИ ОЧИСТКИ ДОНСКОЙ ВОДЫ НА РОСТОВСКОМ ВОДОПРОВОДЕ ОБРАБОТКОЙ «АКВА-АУРАТ™10» И ПОЛИДАДМАХ ПРИ ВЫСОКОЙ ПЕРЕГРУЗКЕ ВОДООЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Д.Д. Педашенко, Л.Н. Божко

ОАО «Ростовский НИИКХ», г. Ростов-на-Дону, Россия

Описаны методика и результаты пробного коагулирования донской воды с помощью «АКВА-АУРАТ™10» и полиДАДМАХ. В исследованиях было использовано устройство по прерывному дозированию. Полученные данные обеспечивают приемлемое качество воды при форсированной работе водопровода.

На Александровские водоочистные сооружения г. Ростова-на-Дону проектной производительностью 320000 м³/сут подача речной воды осуществляется от двух насосных станций первого подъема № 2 и № 3. По производительности водоочистные сооружения не соответствуют возросшей потребности города в питьевой воде и поэтому вынуждены

работать в форсированном режиме. Они характеризуются следующими данными.

- 1-й блок ВОС: количество горизонтальных отстойников размером 6 х 54 х 4,5 – 20 штук, количество фильтров, площадью по 113,3 м² – 10 штук;
- 2-й блок ВОС: количество горизонтальных отстойников размером 6 х 72 х 4,5 – 16 штук, количество фильтров, площадью по 118,5 м² – 8 штук.

Объём подачи воды на очистку насосными станциями и показатели гидравлической нагрузки на отстойники и фильтры в течение продолжительных периодов времени являются чрезмерно высокими (табл. 1) и не укладываются ни в какие нормы.

Таблица 1.

Количество подаваемой воды насосными станциями, м ³ /сут				Время пребывания воды в отстойниках, ч	Скорость фильтрации, м/ч
н.с. № 2	н.с. № 3	всего	на Александровские ВОС		
431400 (4 работающих насоса)	230400 (2 работающих насоса)	661800	621800	1,69*	12,45

*с учётом коэффициента объёмного использования 1,3, высоты зоны осадка 0,5 м, отключения для ремонтных работ 4-х отстойников.

В этих условиях обеспечение нормативного качества питьевой воды является актуальной, но сложной задачей.

В качестве коагулянтов для осветления воды используется полиоксихлорид алюминия «АКВА-АУРАТ™10» и полиДАДМАХ. Реагенты вводятся на насосных станциях 1-го подъёма, а трубопроводы протяжённостью 1,9 – 2,3 км для подачи воды на ВОС, помимо своего основного назначения, служат в качестве дополнительных камер хлопьеобразования – камер, в которых в течение длительного времени (до 20 мин) происходит контакт обрабатываемой воды с реагентами в процессе перемешивания с градиентом скорости ~ 300с⁻¹. При этом большое значение имеет порядок ввода коагулянтов – вначале дозируется полиоксихлорид алюминия, а затем полиДАДМАХ.

Пробное коагулирование с соблюдением соответствующих условий перемешивания подтвердило, что именно такое решение позволяет достичь повышенной эффективности коагуляционной обработки воды. Результаты исследований (табл. 2) показали, что чем больше временной интервал при вводе коагулянтов, тем быстрее и полнее происходит осаждение взвешенных веществ. Достаточным и минимальным интервалом является 1 минута.

Таблица 2. Результаты пробного коагулирования при моделировании ввода реагентов на насосной станции 1-го подъёма
(мутность донской воды 16 мг/л, T = 16 °C)

Реагенты, дозы, мг/л	Условия обработки проб воды	Мутность, мг/л, время осаждения, мин			
		5	10	15	20
ПолиДАДМАХ -0,18	Перемешивание с $G = 300\text{с}^{-1}$ – 20 мин + 15 мин с $G = 20\text{с}^{-1}$, отстаивание 20 мин	7,53	5,1	4,03	3,4
Al ₂ O ₃ -0,72+ полиДАДМАХ – 0,18	Разрыв во времени 2 мин	1,0	0,95	0,5	0,4
	1 мин	1,06	1,0	0,52	0,42
	30 с	1,87	0,68	0,57	0,5
	15 с	1,97	1,08	1,06	0,9
Al ₂ O ₃ -0,72+ полиДАДМАХ – 0,18	Одновременный ввод реагентов	3,82	2,5	1,22	1,06
Al ₂ O ₃ – 1	Моделирование ввода на ВОС – перемешивание 15 мин с	14,2	11,3	10,4	8,0
Al ₂ O ₃ – 2	$G = 20\text{с}^{-1}$, отстаивание 20 мин	7,5	6,9	5,8	5,3

Кроме того, по эффективности хлопьеобразования и осаждения взвешенных веществ дозирование коагулянтов на водозаборах во всех случаях даёт более высокий результат, чем при дозировании на ВОС, даже в случае более высоких доз.

Технически коагуляционная обработка воды была решена следующим образом. Полиоксихлорид алюминия дозируется в самотечный трубопровод донской воды непосредственно у его выхода в приёмный колодец насосной станции, а полиДАДМАХ – во всасывающие патрубки сетевых насосов. Такое решение с учётом объёма приёмных колодцев обеспечивает предварительный контакт неорганического коагулянта с водой в течение 50 – 70 с до ввода органического. Но это бывает не всегда. В отдельные периоды времени – при большой производительности насосных станций, а также из-за частичного засорения решёток оголовков, в период шуги и пр., уровень и объём воды в приёмных колодцах резко снижаются, и время предварительного контакта полиоксихлорида алюминия с водой становится недостаточным.

Для устранения отрицательного влияния этого фактора был смонтирован узел прерывистого дозирования флокулянта (при постоянном вводе полиоксихлорида алюминия). Он включает в себя электронный блок из двух реле времени и клапан электрический соленоидный, установленный на трубопроводе подачи разбавляющей воды. Первое реле служит для регулирования длительности цикла закрытия соленоидного клапана, т.е., прекращения подачи разбавляющей воды. В этот промежуток времени, подаваемый винтовыми насосами-дозаторами товарный

флокулянт, накапливается в трубопроводе разбавляющей воды. С помощью второго реле регулируется продолжительность цикла открытия соленоидного клапана, в течение которого флокулянт, накопленный в линии подачи разбавляющей воды, вводится уже в виде раствора во всасывающий патрубок насоса, подающего воду с полиоксихлоридом алюминия на ВОС. Таким образом, зоны воды в водоводе, обработанные только полиоксихлоридом алюминия чередуются с зонами, в которые отдозированы одновременно (или почти одновременно) оба реагента, но с повышенными концентрациями флокулянта. По мере продвижения по трубопроводу эти зоны перемешиваются, и флокулянт постепенно переходит из зоны его повышенной концентрации в зону с полиоксихлоридом алюминия и наоборот: порции воды с полиоксихлоридом алюминия смешиваются с водой, обработанной повышенной дозой флокулянта. В результате создаётся эффект предварительного ввода полиоксихлорида алюминия. Ясно, что зона полиоксихлорид алюминия + флокулянт должна быть как можно короче, а зона с полиоксихлоридом алюминия – как можно длиннее, но после перемешивания реагентов ещё должно оставаться достаточное время (примерно 10 – 15 мин) для совместного контакта с водой до подхода к ВОС.

Результаты производственных испытаний, как для условий достаточного временного разрыва во вводе реагентов, так и прерывистого ввода флокулянта показали, что при высокой перегрузке водоочистных сооружений обработка обоими коагулянтами с дозированием их на водозаборе по сравнению с обработкой только полиДАДМАХ позволяет снизить мутность воды на выходе ВОС: в осенне-зимний период времени до 40 %, в остальные периоды года – в 2 раза. С увеличением доз полиоксихлорида алюминия эффективность осветления воды как после отстаивания, так и после фильтрования, повышается.

Таблица 3. Результаты производственных испытаний

Реагенты, дозы, мг/л	Средние значения мутности, мг/л		Примечание
	после отстойников	после фильтров	
1	2	3	4
Период до 04.07.06г. полиДАДМАХ – 0,22	3,4	0,7-0,9	Дон – М = 15 мг/л
С 04.07.06г. по 07.07.06г. Al_2O_3 -0,4+ полиДАДМАХ -0,22	1,5	0,3-0,45	Дозирование коагулянтов на водозаборах постоянное, разрыв 1 мин
Период до 27.11.07г. полиДАДМАХ – 0,1	1,65	0,8	Дон –М = 4 мг/л, Т = 1 °С

Продолжение табл. 3.

1	2	3	4
С 27.11.07г. по 30.11.07г. Al ₂ O ₃ – 0,41-0,6 + полиДАДМАХ- 0,11-0,12	1,8-1,9	0,6-0,55	Дон- М = 4 мл, Т < 1 °С Прерывистое дозирование флокулянта

ВЫВОДЫ

Коагуляционная обработка воды, принятая на Ростовском водопроводе, предусматривающая дозирование на водозаборах коагулянтов «АКВА-АУРАТ™10» и полиДАДМАХ, позволяет в условиях высокой гидравлической перегрузки водоочистных сооружений достигать приемлемых показателей по осветлению воды отстойниками и фильтрами.

УДК 628.16

СЖАТИЕ ДАННЫХ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ВОДОПОДГОТОВКИ

А.Б. Кожевников

ООО «Фирменное специализированное предприятие «КРАВТ», г. Калуга, Россия

Рассматривается математическая версия разработки программного обеспечения, позволяющего перевести ручное управление технологией водообработки на автоматический режим.

Перевод технологического оборудования водоподготовки на автоматизированный и автоматический режим работы связан, во-первых, с модернизацией этого оборудования и, во-вторых, с реорганизацией процедур контроля и управления технологическим процессом в сторону переложения их исполнения на вычислительную технику. Второе предполагает не только разработку соответствующего программного обеспечения, но и рациональное представление исходных данных, сопровождающих вычислительные процедуры. Под рациональным представлением понимается, прежде всего, минимизация памяти процессора, необходимая для хранения этой информации, т.е. возникает потребность в сжатии исходных данных, например, путем перевода емких баз экспериментальных данных в менее емкие аналитические зависимости на основе процедур интерполяции и аппроксимации.

Наиболее простым вариантом получения аналитической зависимости $z(x)$ на основе экспериментальных данных является кусочно-аналитическое представление этих данных на основе полигональной функции, все элементы которой есть линейные функции. Такой подход дает следующее выражение для $z(x)$:

$$z(x) = \sum_{k=1}^m \sigma_k(x) \cdot (a_k x_k + b_k), \quad (1)$$

где: $\sigma_k(x) = 0$ при $x \notin [x_k, x_{k+1}]$ и

$$\sigma_k(x) = 1 \text{ при } x \in [x_k, x_{k+1}].$$

Такое представление не дает существенных преимуществ, но является гарантом высокой точности интерполяции, если в пределах каждой подобласти $\sigma_k(x)$, $k=1, \dots, m$ реальная зависимость искомой функции от x линейна. Это является гарантией того, что $z(x)$ достаточно точно определяет искомую зависимость, но не достаточно сжато ее представляет, что позволяет продолжить процедуру ее преобразований в более компактную математическую форму.

Для этих целей умножим $z(x)$ на $x^{s_2} \cos(s_3 x + s_4)$ и преобразуем полученное выражение по Лапласу. Используя таблицы связи оригиналов и изображений, а также с учетом выражения для $z(x)$ будем иметь:

$$\int_{x_1}^{x_{k+1}} e^{-s_1 x} x^{s_2} \cos(s_3 x + s_4) z(x) dx = U(s), \quad (2)$$

где $U(s)$ – известная функция; $s = (s_1, s_2, s_3, s_4)$.

Обозначив $e^{-s_1 x} x^{s_2} \cos(s_3 x + s_4) = H(s, x)$ и через σ – область определения $x \in [x_1, \dots, x_{m+1}]$, получим следующее интегральное уравнение, необходимое для аппроксимации $z(x)$,

$$\int_{\sigma} H(s, x) z(x) dx = U(s). \quad (3)$$

Будем строить приближение для $z(x)$ как непрерывную, удобную для дальнейших аналитических и числовых расчетов аналитическую функцию $\tilde{z}(x)$ в пределах интервала аппроксимации по $x \in [x_1, x_{m+1}]$ следующего вида

$$\tilde{z}(x) = \sum_{i=1}^n D_i H(\alpha_i, x) = \sum_{i=1}^n C_i \Phi(\beta_i, x). \quad (4)$$

В этом выражении $\{\Phi(\beta_i, x)\}$ – система ортонормированных функций (ортонормированный базис), построенных по правилу

$$H(\alpha_i, x) = H(s, x)|_{s=\alpha_i} \text{ при } \beta_i = (\alpha_1, \dots, \alpha_i), \quad i = 1, \dots, n, \quad (5)$$

причем $\{H(\alpha_i, x)\}$ – последовательность линейно независимых функций (неортогональный базис).

При решении рассматриваемого варианта приближения искомой функции $z(x)$ для уверенности в достоверности полученных результатов желательно иметь оценку точности приближения, что возможно, так как в

среднем квадратическом точность приближения δ в процентах определяется по формуле

$$\delta = \sqrt{\frac{\|\tilde{z}\|_2^2 + F(\alpha)}{\|\tilde{z}\|_2^2}} \cdot 100\% , \quad (6)$$

$$\text{где } \|\tilde{z}\|_2^2 = \int_{t_1}^{t_{m+1}} \left[\sum_{k=1}^m \sigma_k(x)(a_k x + b_k) \right]^2 dx = \sum_{k=1}^m x \left[a_k x \left(\frac{a_k x}{3} + b_k \right) + b_k^2 \right] \Big|_{t_k}^{t_{k+1}}, \quad (7)$$

а значения функции $F(\alpha)$ появятся в процессе счета на компьютере, если дальнейшие вычисления строить на основе методологии спектральной оптимизации, которая предполагает следующие математические преобразования и процедуры.

В нашем случае искомая аналитическая зависимость строится на основе минимизации квадратичного функционала

$$I = \|z(x) - \tilde{z}(x)\|_2^2 = \int_{\sigma} \left[z(x) - \sum_{i=1}^n C_i \Phi(\beta_i, x) \right]^2 dx, \quad (8)$$

Для отыскания искомого базиса выполним в (8) возведение в квадрат и учтем, что $\tilde{z}(x)$ вычисляется по формуле (4). В результате с учетом свойства ортонормированности системы $\{\Phi(\beta_i, x)\}$ получим:

$$I = \int_{\sigma} [z(x)]^2 dx - \sum_{i=1}^n C_i^2. \quad (9)$$

В этом выражении учтено, что если коэффициенты $\{C_i\}$ вычисляются по формуле [2]:

$$C_i = \sum_{j=1}^i b_{ij} \int_{\sigma} H(\alpha_j, x) z(x) dx = \sum_{j=1}^i b_{ij}(\alpha_1, \dots, \alpha_i) Y(\alpha_j), \quad \alpha_i \in Q, \quad i = 1, \dots, n. \quad (10)$$

где $\{b_{ij} = b_{ij}(\alpha_1, \dots, \alpha_i)\}$ – коэффициенты ортонормализации, полученные их численные значения при некоторых фиксированных значениях $\{\alpha_i\}$ доставляют минимум функционалу (8), т.е. дают искомое приближение с некоторой точностью δ . Отсюда следует, что можно подобрать такую последовательность параметров $\{\alpha_i\}$, что минимум квадратичного функционала (8) окажется самым глубоким из всех возможных при вычислении коэффициентов $\{C_i\}$ по формуле (10) и точность приближения δ будет наивысшей. Отыскание таких значений параметров $\{\alpha_i\}$, если проанализировать выражение (9), равнозначно поиску абсолютного минимума функции

$$F(\alpha) = -\sum_{i=1}^n C_i^2 = -\sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^i b_{ij}(\alpha_1, \dots, \alpha_i) Y(\alpha_j) \right]^2 \quad (11)$$

по параметрам $\{\alpha_i\}$, а построенный при этом базис следует назвать оптимальным в смысле достижения требуемой точности приближения δ при минимальном значении n .

Это позволяет дать следующую формулировку задаче построения оптимального базиса и элемента $\tilde{z}(x)$.

Задача. Найти такие значения $n^0, \alpha^0 = (\alpha_1^0, \dots, \alpha_{n^0}^0)$, что

$$F(n^0, \alpha^0) = \min_{n \leq N, \alpha \in Q} \left\{ -\sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^i b_{ij}(\alpha_1, \dots, \alpha_i) Y(\alpha_j) \right]^2 \right\} \quad (12)$$

при ограничении $\|z - \tilde{z}\| \leq \delta_0$ и минимальном значении n .

Вычислительные процедуры, сопровождающие решение этой задачи, при наличии современной компьютерной техники достаточно весомо подкреплены программным обеспечением и не создают трудностей в получении искомого результата.

Решением этой задачи является базис $\{\Phi_i^0(x)\}$,

где $\Phi_i^0(x) = \Phi(\beta_i^0, x)$, $\beta_i^0 = (\alpha_1^0, \dots, \alpha_i^0)$, $i = 1, \dots, n^0$, и элемент

$$\tilde{z}^0(x) = \sum_{i=1}^{n^0} C_i^0 \Phi(\beta_i^0, x) = \sum_{i=1}^{n^0} D_i^0 H(\alpha_i^0, x). \quad (13)$$

Заметим, что предварительная ортонормализация системы $\{H(\alpha_i, x)\}$, согласно (13), позволяет решить поставленную задачу и определить выражение для $\tilde{z}(x)$ не только в виде ортонормированного ряда, но и в виде последовательности линейно независимых неортогональных функций, что часто оказывается достаточным, так как переход от коэффициентов $\{C_i^0\}$ к коэффициентам $\{D_i^0\}$ не вызывает затруднений

$$D_i^0 = \sum_{j=1}^n C_j^0 b_{ji}, \quad i = 1, \dots, n^0, \quad (14)$$

Часто на практике встречаются двумерные экспериментально построенные графические зависимости. Так, например, зависимость растворимости хлора в воде от pH (кислотности воды) и температуры воды. При водоподготовке оборотной воды плавательных бассейнов и аква-парков существенное значение имеет зависимость концентрации хлора в воде от pH и Redox (окислительно-восстановительного потенциала) воды. Нетрудно адаптировать вышеизложенное и на двумерные, и на многомерные зависимости.

Пусть графически задана двумерная характеристика объекта $z(x, y)$. Разбив ее на m_1 интервалов кусочно-линейной интерполяции по x и m_2 интервалов кусочно-линейной интерполяции по y , можем записать

$$z(x, y) = \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{m_2} \sigma_{ij}(x, y) \cdot [a_{ij}(y) \cdot x + b_{ij}(y)], \quad (15)$$

где

$$a_{ij}(y) = \alpha_{ij}y + b_{ij};$$

$$b_{ij}(y) = \gamma_{ij}y + \delta_{ij}; \quad i = 1, \dots, m_1; \quad j = 1, \dots, m_2,$$

причем

$$\sigma_{ij}(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \notin [x_i, x_{i+1}] \text{ и } y \notin [y_j, y_{j+1}] \\ 1 & \text{при } x \in [x_i, x_{i+1}] \text{ и } y \in [y_j, y_{j+1}] \end{cases}.$$

Применяя двумерное преобразование Лапласа с конечными пределами к (15), будем иметь

$$\int_{y_1}^{y_{m_2+1}} \int_{x_1}^{x_{m_1+1}} e^{-s_1 x} e^{-p_1 y} z(x, y) dx dy = U(s_1, p_1). \quad (16)$$

Ход дальнейших преобразований для получения приближения в среднем квадратическом для графически заданной двумерной зависимости $z(x, y)$ с требуемой точностью в классе оптимальных базисов очевиден, т.к. опирается на процедуры, изложенные выше для одномерных случаев. Очевидно продолжение этой методики и на случай трехмерных графических экспериментальных зависимостей и представление их в виде достаточно простых аналитических зависимостей с контролем точности аппроксимации.

УДК 628.144.166:661.432.2 (571.17)

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ г. КЕМЕРОВО

В.Д. Соколов, Д.В. Соколов
ОАО “Кемвод”, г. Кемерово, Россия

Приведен сравнительный экспериментально-теоретический анализ обеззараживания природных вод жидким хлором и гипохлоритом натрия. Отмечены преимущества гипохлорита над жидким хлором в процессе обеззараживающей водообработки.

Жидкий хлор, применяемый в технологии очистки воды, вследствие своей токсичности и взрывоопасности, представляет опасность для обслуживающего персонала и населения, проживающего вблизи водоочистных станций, а также при его транспортировке автомобильным транспортом по населенным пунктам.

В связи с этим, в настоящее время предпринимаются поиски методов и реагентов, исключающих использование опасного жидкого хлора, но обеспечивающих не менее продолжительную консервацию обработанной воды.

Одним из путей решения этой задачи является замена жидкого хлора другими препаратами, содержащими активный хлор (диоксидом хлора, хлораминами). Однако эти реагенты также небезопасны для организма человека. Например, диоксид хлора оказывает отрицательное влияние на щитовидную железу и может служить причиной острых токсикозов.

В начале 90-х годов прошлого столетия на Кемеровском водоканале для обеззараживания воды, впервые в России, на крупных водоподготовительных сооружениях, производительностью 250 тыс. м³ в сутки, в качестве окислителя и дезинфектанта был применён технический гипохлорит натрия (ТУ-6-01-1287-84), производимый на Кемеровском ПО «Химпром», содержание активного хлора в котором составляет 120 – 160 мг/дм³, щелочи – 40 – 90 г/л. Предварительно Международным Западно-Сибирским центром экологических исследований была осуществлена гигиеническая оценка этого продукта, на основании результатов которой Минздравом РФ выдано разрешение на применение технического гипохлорита натрия в хозяйственно-питьевом водоснабжении. Параллельно на кафедре аналитической химии Кемеровского института пищевой промышленности были проведены исследования технологических свойств гипохлорита натрия при его использовании в технологии приготовления питьевой воды.

Все исследования проводились на речной воде реки Томь, являющейся источником водоснабжения города Кемерово.

При хлорировании происходит окисление веществ, входящих в состав протоплазмы клеток бактерий, что вызывает их гибель. Однако лишь незначительная часть вводимого в воду хлора используется для разрушения бактериальных клеток. Основное его количество расходуется на взаимодействие с органическими и неорганическими веществами, присутствующими в воде. Суммарный расход хлора на окисление микроорганизмов, органических и минеральных примесей характеризует хлоропоглощаемость воды. Поэтому определение дозы хлора, необходимой для эффективного ведения процесса обеззараживания, находится в прямой зависимости от величины и скорости хлорпоглощения. Следует также отметить, что доза вводимого хлора должна быть больше величины хлорпоглощаемости на величину остаточного хлора, присутствие которого является гарантией того, что окисление бактерий и органических веществ практически завершено. Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 содержание свободного остаточного хлора в водопроводной воде должно быть в пределах 0,3 – 0,5 мг/л, а связанного хлора – 0,8 – 1,2 мг/л.

В целях определения доз гипохлорита натрия, необходимого для качественного обеззараживания воды, в лабораторных условиях изучали хлорпоглощаемость речной воды в зависимости от ряда показателей качества, обусловленных сезоном: мутности, температуры, pH, содержания примесей. Для сравнения эффективности применения реагентов и выяснения особенностей хлорирования параллельно находили дозу жидкого хлора, необходимого для достижения равноценных результатов в равных условиях.

Анализ полученных данных позволяет отметить следующее. Нормированные показатели воды, подготовленной с использованием гипохлорита натрия и жидкого хлора, достаточно близки и отвечают требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая». Однако содержание галогенорганических соединений, в среднем на 25 % выше в воде, обработанной жидким хлором. Токсичность воды с учетом содержания всех примесей и их токсического действия уменьшалась на 10 – 13 % в зависимости от сезона.

Проведённые испытания показали также, что при существующей технологии подготовки воды, основанной на использовании жидкого хлора, в отдельные периоды года (апрель, первая половина мая, последняя декада сентября, первая половина октября), когда щелочной резерв воды крайне низок, а дозы сульфата алюминия и активного хлора максимальны, для обеспечения эффективной коагуляции необходимо добавление подщелачивающего реагента (кальцинированной соды). При хлорировании гипохлоритом натрия эффективность коагуляции не снижается и такая необходимость отпадает, что упрощает технологию водоподготовки, повышает культуру производства и снижает затраты на подготовку питьевой воды.

Сравнительные лабораторные исследования позволили установить, что в зависимости от гидродинамических условий в трубопроводах, величины pH среды и содержания активного хлора в воде, обработанной жидким хлором, скорость коррозии в 1,3 – 46 раз выше, чем при использовании технического гипохлорита натрия. В реальных условиях эксплуатации системы водоснабжения эта разница составляет 4 – 20 раз. При этом скорость коррозии трубопроводов при подготовке воды с применением жидкого хлора изменяется в пределах 0,131 – 0,184 мм/год, что в 2,6 – 3,6 раза выше уровня, необходимого для обеспечения нормативного срока службы трубопроводов и технического оборудования.

При обработке воды техническим гипохлоритом натрия скорость коррозии металла трубопроводов находится в пределах 0,0058 – 0,020 мм/год, что в 2,5 – 8,6 раз ниже рекомендованного ВТИ уровня коррозионной агрессивности воды и позволяет продлить срок эксплуатации трубопроводов сверх нормативного.

Опыт шестнадцатилетней эксплуатации водоочистных станций после замены жидкого хлора гипохлоритом натрия показал следующее. Использование гипохлорита натрия:

- улучшило экологическую обстановку в г. Кемерово вследствие ликвидации хранилищ опасного и токсичного хлора в черте города;
- не требует конструктивных изменений в традиционной схеме подготовки воды;
- технология надежна и проста в эксплуатации;
- отпадает необходимость в применении подщелачивающего агента;
- не требуется стабилизационная обработка воды, так как присутствующая в растворе гипохлорита натрия щелочь снижает содержание углекислоты в питьевой воде;
- снизилась доза активного хлора для достижения адекватных результатов обеззараживания;
- процесс обеззараживания стал надежнее, т.к. свободный хлор является лучшим окислителем, чем связанный;
- проще осуществляется контроль за режимом обеззараживания, т.к. независимо от сезонных изменений качества воды форма остаточного хлора неизменна;
- обеспечивается стабильность величины остаточного хлора, поскольку концентрация дозируемого раствора гипохлорита натрия не зависит от внешних факторов, в то время как концентрация хлорной воды меняется в зависимости от температуры воздуха в хлораторных цехах, от объема жидкого хлора в бочке и т.д.;
- значительно повысилась экологическая и гигиеническая безопасность производства;
- улучшилось качество питьевой воды за счет снижения концентрации галогенсодержащих органических соединений вплоть до полного отсутствия;
- из-за снижения коррозионной активности воды уменьшилось количество аварий на водопроводных сетях.

ВЫВОДЫ

Опыт эксплуатации данной технологии на водоочистной станции г. Кемерово производительностью 250 тыс. м³/сут позволяет утверждать, что она может быть успешно применена на крупных водоочистных комплексах.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

2. ТУ 6-01-29-93 «Гипохлорит натрия технический. Технические условия».
3. Усольцев В.А., Соколов В.Д., Сколубович Ю.Л., Алексеева Л.П., Драгинский В.Л. Подготовка воды питьевого качества в г. Кемерово, Москва 1996.

УДК 628.035

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА «РЕТОНА»

Л.Н. Синева, М.В. Тамадаева, С.В. Миргородская

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

В работе приведены предварительные результаты исследования одного из перспективных безреагентных методов обеззараживания – обеззараживание воды ультразвуком с использованием электромеханического излучателя «Ретона».

В настоящее время общеизвестно, что 80 % болезней человека напрямую связано с использованием недоброкачественной воды. Повышение загрязненности источников водоснабжения, с одной стороны, и ужесточение требований к качеству питьевой воды с другой, привело к модернизации станций водоподготовки, к замене существующих простых технологий очистки на более сложные, в том числе, на мембранные технологии, позволяющие получить практически высокочистую воду.

Однако реализация даже таких, достаточно сложных и дорогих, химико-технологических процессов не позволит полностью удовлетворить требования, предъявляемые к качеству питьевой воды, если не будет обеспечена ее эпидемиологическая безопасность, так как опасность заболевания человека от микробиологического загрязнения воды во-много тысяч раз выше, чем опасность заболевания от загрязнения воды химическими соединениями различной природы.

Для целей обеззараживания во всем мире в 99 из 100 случаев используют чистый хлор, или хлорсодержащие продукты. Поскольку хлорирование используется уже более 100 лет, все достоинства и недостатки этого метода хорошо известны. Достоинством данного метода обеззараживания является относительная надежность и пролангированное действие хлора, что позволяет ему столь долго существовать, но многие весьма серьезные недостатки заставляют исследователей искать альтернативные способы обеззараживания воды.

К таким альтернативным способам следует отнести озонирование и УФ-облучение, использование многокомпонентных металлокомплексных катализаторов и использование метода ультразвуковой обработки воды.

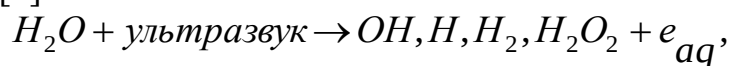
Последний метод имеет ряд достоинств, прежде всего, таких как простота, безопасность, удобство в обслуживании установок, их надежность в работе, возможность автоматизации управления процессом и т.д. Немаловажным является и то, что применение данного метода осуществляется без внесения в воду химических веществ, т.е. он относится к новым перспективным безреагентным методам обработки воды.

Сущность данного метода обеззараживания заключается в расщеплении молекулы воды и растворенных газов, осуществляемое в кавитационной полости с последующей рекомбинацией радикалов и окислительно-восстановительными реакциями между растворенными веществами и продуктами ультразвукового разложения воды.

Кроме того, ультразвук с частотой колебаний $16 \cdot 10^3$ Гц и более обладает дробящим эффектом, что приводит к простому механическому разрушению бактерий.

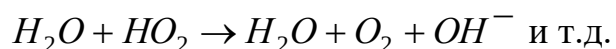
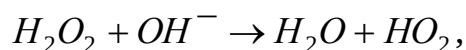
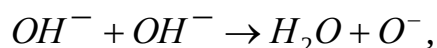
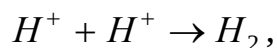
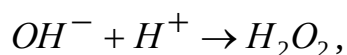
Из литературных данных известно, что вода после воздействия ультразвука приобретает окислительную способность, сохраняющуюся и после облучения [1, 2].

Суммарный первичный процесс может быть описан следующими реакциями [3]:



где: e_{aq} – медленный гидротированный электрон.

Вторичные процессы:



Для уточнения обеззараживающего эффекта ультразвука, разработки технологии обеззараживания, определения зависимости эффективности процесса от продолжительности обработки воды, ее температуры и начальной загрязненности были проведены лабораторные опыты. В качестве исходных проб были взяты пробы донской и очищенной сточной воды после вторичных отстойников. Время экспозиции в опытах не превышало 2 ч. Источником ультразвука с частотой 23 – 27 КГц был электромеханический излучатель «Ретона», который создавал звуковое давление в воде на частоте 22 КГц на расстоянии 200 мм от излучателя 80 дБ. Для уменьшения ошибки определения на исследование брали 3 параллельные пробы, в которых определяли общее микробное число (ОМЧ), концентрацию растворенного кислорода и величину рН.

Температура в опыте была постоянной. Усредненное значение перечисленных параметров в зависимости от времени экспозиции, температуры и исходной загрязненности пробы приведены в таблице.

Таблица. Усредненные значения контролируемых параметров

Время экспозиции, мин	0	10	20	30	60	90	120
Усредненная проба № 1, вода донская, t = 19 °С							
ОМЧ, кое	780	464	388	320	260	-	60
pH	9,26	9,22	9,2	9,17	9,14	-	9,1
O ₂ , мг/дм ³	8,1	8,0	7,64	7,62	7,7	-	7,8
Эффект инактивации, %		39	49	58	66	-	92,2
Усредненная проба № 2, вода донская, t = 18 °С							
ОМЧ, кое	1114	920	-	580	480	350	159
pH	8,8	8,6	-	8,55	8,5	8,52	8,6
O ₂ , мг/дм ³	8,4	8,2	-	8,1	8,2	8,4	8,5
Эффект инактивации, %		18	-	48	57	69	85,7
Усредненная проба № 3, сточная вода, t = 18 °С							
ОМЧ, кое	2000	1780	-	1364	968	792	704
pH	9,25	7,45	-	7,4	7,5	7,54	7,56
O ₂ , мг/дм ³	8,45	8,33	-	7,68	7,72	7,87	7,9
Эффект инактивации, %		15	-	32	52	61	65
Усредненная проба № 4, сточная вода, t = 30 °С							
ОМЧ, кое	1144	-	-	920	480	350	135
pH	8,6	-	-	8,55	8,52	8,5	8,5
O ₂ , мг/дм ³	6,8	-	-	6,3	6,15	6,1	6,1
Эффект инактивации, %		-	-	20	59	66	88

Анализируя полученные результаты опытов можно сделать вывод о том, что при принятой частоте ультразвука (22 КГц), эффективность обеззараживания находится в прямой зависимости от исходного количества микроорганизмов в пробе и времени экспозиции. При данной частоте колебаний происходит заметное снижение количества бактерий, однако полного обеспложивания воды не происходит, поэтому следует продолжить опыты с целью установления оптимальной величины частоты ультразвука, обеспечивающей более полное инаktivирование микроорганизмов, получение надежного эффекта обеззараживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физика и техника мощного ультразвука / Под ред. Л.Д. Розенберга. М.: Наука, 1968.-568 с.

2. Агранат Б.А. Основы физики и техники ультразвука. М.: Наука, 1978. 218 с.
3. Моргулис М.А. Исследования некоторых окислительно-восстановительных реакций, возникающих под действием ультразвуковых волн: автореф. дис....канд. техн. наук: 01.04.07.- М., 1968.- 18 с.

УДК 628.166

СОВРЕМЕННЫЙ КОМПЛЕКС ОБОРУДОВАНИЯ ХЛОРАТОРНЫХ БОЛЬШОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

О.П. Петросян

Ассоциация Водных Компаний «КРАВТ КОНТРОЛМАТИК», Россия-Словения

В. Бобен

«Контролматик АБВ», г. Домжале, Словения

Представлен и описан (устройство, действие и условия эксплуатации) разработанный Ассоциацией водных компаний «КРАВТ КОНТРОЛМАТИК» комплекс по хлорированию воды жидким хлором большой производительности.

Среди промышленно освоенных и применяемых в современных технологиях водоподготовки способов обеззараживания воды доминирующее положение занимает хлорирование. Его популярность связана с тем, что это единственный способ, обеспечивающий микробиологическую безопасность воды в любой точке распределительной сети в любой момент времени благодаря эффекту последствия. Основная техническая проблема при применении хлора – обеспечение безопасности, так как он относится к высокотоксичным и коррозионно-активным веществам.

Вышеизложенное позволяет утверждать о необходимости продолжения совершенствования аппаратов хлорирования воды (хлораторов) и оборудования хлораторной, обеспечивающих безаварийную подачу хлор-газа к хлораторам, а также сформулировать концептуальные позиции в этой сфере: простота технического решения введения хлора в воду; повышение уровня безопасности и надежности хлораторов и оборудования хлораторных в процессе совершенствования их конструкций; локализация хлора в аварийных ситуациях; обеспечение современными средствами контроля и индикации; дистанционное управление; стремление к полной автоматизации процесса хлорирования на основе автоматических систем регулирования и контроля. С точки зрения потребителей таких изделий следует дополнить этот перечень такими позициями как: преимущество и взаимозаменяемость конструкций; обеспечение требуемого уровня ремонтпригодности;

гарантии своевременного и качественного обслуживания уполномоченными организациями [1].

Эти концептуальные позиции являются основополагающими в производственной деятельности Ассоциации Водных Компаний «КРАВТ КОНТРОЛМАТИК», предприятия которой более 20 лет разрабатывают и производят оборудование, которое используется в одном из наиболее распространенных способов хлорирования – дозировании газообразного хлора в воду [2].

Одним из комплексов оборудования Ассоциации, отвечающим перечисленным требованиям, является комплекс оборудования хлораторной большой производительности (расход хлора более 10 кг/ч), схематично представленного на рис. 1. Принципиальной особенностью этого комплекса является наличие испарителя жидкого хлора. Необходимость его подключения обусловлена техническими требованиями, так как в качестве газообразной фракции из контейнера можно отобрать лишь 1 % содержимого в час, т.е. из контейнера весом в 850 кг может быть использовано в виде газообразной фракции только 8,5 кг/ч. Поэтому, в ПБ 09-594-03 предусмотрено использование испарителей для получения газообразного хлора.

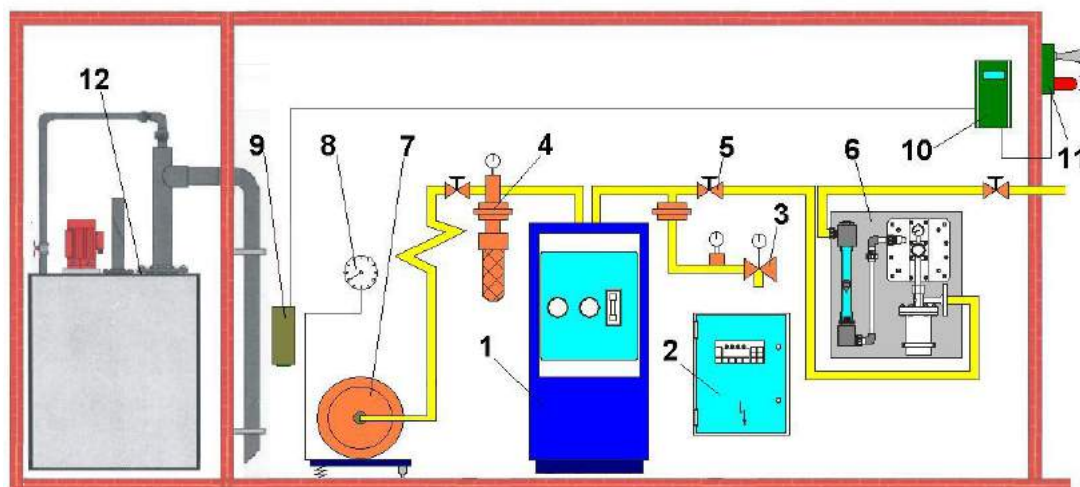


Рисунок 1. Схема расположения оборудования хлораторной большой производительности: 1 – испаритель жидкого хлора, 2 – коммутационный шкаф, 3 – предохранительный клапан, 4 – предохранительная разрывная мембрана с расширительной камерой, 5 – редукционный клапан, 6 – хлоратор, 7 – контейнер с жидким хлором, 8 – электронные весы, 9 – датчик хлора в воздухе, 10 – детектор хлора в воздухе, 11 – аварийная сигнализация, 12 – нейтрализатор аварийных выбросов хлора в атмосферу

Современные испарители должны соответствовать следующим требованиям:

1. автоматически контролировать расход жидкого и испаренного хлора;
2. автоматически контролировать и регулировать давление испаренного хлора;

3. предусматривать автоматическое предохранительное устройство для защиты от повышения давления хлора в испарителе;
4. предусматривать автоматическое перекрытие выхода хлора из испарителя при снижении его температуры, либо температуры теплоносителя ниже минимально допустимой;
5. автоматически контролировать и регулировать температуры теплоносителя в испарителе;
6. предусматривать устройство для улавливания и испарения жидкого хлора, выносимого с потоком испаренного хлора при сбоях испарителя.

На рис. 2 представлена схема подключения испарителя ИЖХ/М3100 производимого предприятиями АВК «КРАВТ КОНТРОЛМАТИК», состоящего из теплообменного аппарата, предохранительной разрывной мембраны с расширительной камерой для жидкого хлора, предохранительного клапана, фильтра газообразного хлора и редукционного клапана.

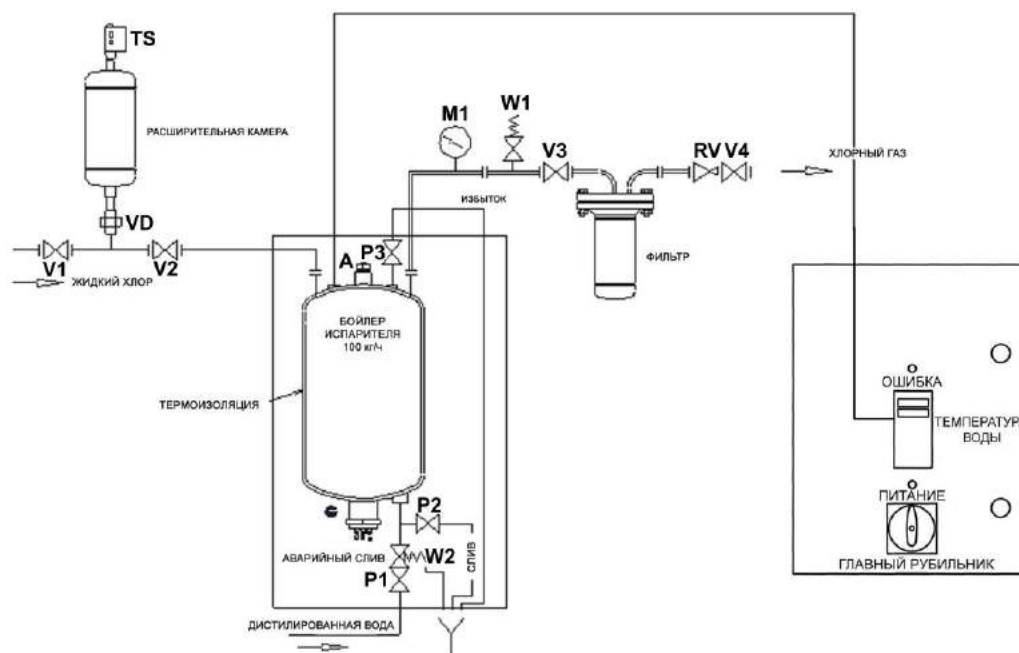


Рисунок 2. Схема испарителя жидкого хлора ИЖХ/3100:

G – нагреватель; P1, P2 – вентили подачи и спуска воды; VV1 – предохранительный клапан для газообразного хлора; A – анод; M1 – манометр; P3 – переливной водяной вентиль и вентилятор; M2 – индикатор выставленной температуры; V1, V2 – вентиль подачи жидкого хлора; V3 – вентиль газообразного хлора; V4 – выпускной вентиль газообразного хлора; VD – предохранительный клапан с разрушающейся мембраной; TS – предохранительный переключатель давления; RV – редукционный (понижающий давление) клапан; VV 2 – предохранительный клапан для воды

Перед началом работы теплообменный аппарат испарителя, который состоит из бойлера с нагревательными элементами и змеевика, через

который проходит жидкий хлор, заполняется дистиллированной водой. После того как вода нагреется до 70 °С, включается подача жидкого хлора, который находится под давлением в контейнере. Температура воды в бойлере контролируется автоматически. В теплообменном аппарате испарителя жидкий хлор преобразуется в газообразный и подается через фильтр, редукционный клапан на хлоратор, который дозирует хлор-газ и автоматически контролирует расход.

На линии подачи жидкого хлора расположена расширительная камера, которая используется для предупреждения перегрузки трубопровода. Камера крепится на трубопроводе и изолируется от него предохранительным клапаном с разрушающейся мембраной. Если трубопровод закрыт и температура падает, то при достижении давления 16 атм хлор разрывает мембрану и попадает в расширительную камеру, что приводит к сбросу давления.

Расширительная камера крепится вместе с реле (предохранительным переключателем) давления, который сигнализирует об обнаружении неисправности мембраны.

На линии хлор-газа расположен предохранительный клапан, который выпускает газ в нейтрализатор, если давление достигает 15 атм. Пройдя предохранительный клапан, хлор газ поступает на фильтр, где очищается от примесей, и через редукционный клапан, понижающий давление до 2 – 3 атм хлор-газ с давлением не больше чем 2 – 3 атм течет к хлораторам. Таким образом, предохранительный клапан является защитой при повышении давления в испарителе и вместе с редукционным клапаном автоматически контролируют и регулируют давление испаренного хлора.

Испаритель типа ИЖХ/М3100 относится к типу водяных термостатов. Эффект испарения достигается при прохождении жидкости через змеевик теплообменника внутри водяного термостата. Вода нагревается электрическим погружным нагревателем, который контролируется измерителем температуры. Потеря температуры предотвращается использованием эффективной изоляции бойлера. Такая система минимизирует потери электрической энергии при преобразовании жидкости в газ.

Когда вакуумный регулятор работает в максимальном режиме, а температура окружающей среды при этом колеблется, может случиться так, что жидкая фракция хлора попадет в вакуумный регулятор. Для исключения выхода из строя вакуумного регулятора фильтр снабжается нагревателем, это будет гарантировать предотвращение попадания жидкого хлора в вакуумный регулятор, и очистку хлора от примесей.

Таким образом, испаритель ИЖХ/М3100 соответствует требованиям ПБ 09-524-03 и может применяться в хлораторных, в которых используется жидкий хлор, хранящийся в контейнерах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожевников А.Б., Петросян О.П. Повышение безопасности хлорных хозяйств станций водоподготовки // СтройПРОФИль. 2004. № 7(37).
2. Кожевников А.Б., Петросян О.П., Антонюк Л.П. Модельный ряд хлораторов АХВ-1000 // 6-й Международный конгресс ЭКВАТЭК-2004 «Вода: экология и технология», 1 – 4 июня 2004 г.

УДК 628.16.067.1

ОЧИСТКА ПРОМЫВНЫХ ВОД ФИЛЬТРОВ: ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА

В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева

ОАО «Научно-исследовательский институт коммунального водоснабжения
и очистки воды», г. Москва, Россия

Рассмотрены варианты методов обработки и повторного использования промывных вод, образующихся на водоочистных станциях. Приведена технологическая схема повторного использования промывных вод ВОС.

На основании многочисленных исследований, проведенных на различных водопроводных станциях, рекомендуются два основных метода обработки промывных вод:

- безреагентное осаждение промывной воды в течение 1 – 2 ч и
- реагентное осветление.

Практически полное осветление промывной воды происходит при введении флокулянтов (ПАА или других анионных флокулянтов) в течение 15 – 20 мин.

Выбор метода осуществляется в зависимости от качества природной воды по периодам года и соответственно требованиям, предъявляемым к качеству осветленной промывной воды. Так, в периоды, характеризующиеся малой мутностью и низкой температурой обрабатываемой воды (осень и зима), когда процессы коагуляции протекают неэффективно, более предпочтительной является подача не осветленной или частично осветленной промывной воды. В этих случаях добавление в холодную обрабатываемую воду дополнительной взвеси улучшает процесс очистки воды.

В другие периоды (паводок и летом) может потребоваться более полное удаление взвешенных веществ и подача более глубоко очищенной промывной воды.

В случае применения на станции контактных осветлителей необходима глубокая реагентная очистка промывной воды.

По результатам выполненной работы могут быть сделаны следующие основные выводы [1, 2]:

1. Добавление неочищенных и отстаиваемых промывных вод без обработки их реагентами (время отстаивания 60 мин) к речной воде в количестве до 30 % не нарушает процесс ее очистки коагулированием, при этом повышается эффективность осветления воды при отстаивании. Возможно также некоторое снижение дозы коагулянта при очистке природной воды.

2. В случае необходимости очистки промывных вод и повышения эффективности их осветления целесообразно использовать ПАА или другие, более эффективные анионные флокулянты (например, Praestol-2530, Magnafloc LT-25, Fenopol A-321). Продолжительность отстаивания в этом случае может быть уменьшена до 5 – 15 мин в зависимости от вида и дозы флокулянта. Такой метод очистки промывных вод позволит уменьшить также нагрузки на очистные сооружения (отстойники и фильтры).

3. Использование промывных вод фильтров не ухудшает качество очищенной воды по микробиологическим показателям. В случае предварительного хлорирования обрабатываемой воды микробиологические загрязнения в очищенной воде по всем показателям отсутствуют.

4. Осадок, сбрасываемый из резервуаров промывной воды, подается на обработку вместе с осадком из отстойников.

5. Для уточнения расчетных параметров метода (вид и доза реагентов, эффективность совместной очистки природной и промывной воды, процентное соотношение этих вод, установление режима промывки фильтров и др.) на станциях должны быть проведены технологические изыскания. При этом на каждой станции перед решением вопроса использования промывных вод следует провести анализ микробиологического качества исходной воды по всем нормируемым показателям, включая, патогенные бактерии кишечной группы и энтеровирусы.

Обычно на водопроводных станциях устраивают специальные блоки, называемые станциями повторного использования промывной воды (СПИВ), которые включают приемный резервуар, песколовку, отстойник, насосное оборудование и трубопроводы для подачи воды на станцию и отвода осветленной промывной воды.

На некоторых действующих водопроводных станциях можно выделить один или два горизонтальных отстойника, предназначенных только для осаждения взвеси промывных вод (рис. 1).

Для реализации такого предложения потребуется строительство приемного резервуара-усреднителя, реконструкция коммуникаций и обвязки отстойников, строительство насосной станции перекачки промывных вод из приемного резервуара в отстойники и устройство насосного узла перекачки осветленных промывных вод в голову

сооружений (перед смесителем). Можно использовать часть камеры хлопьеобразования под устройство механического смесителя для перемешивания реагентов с водой.

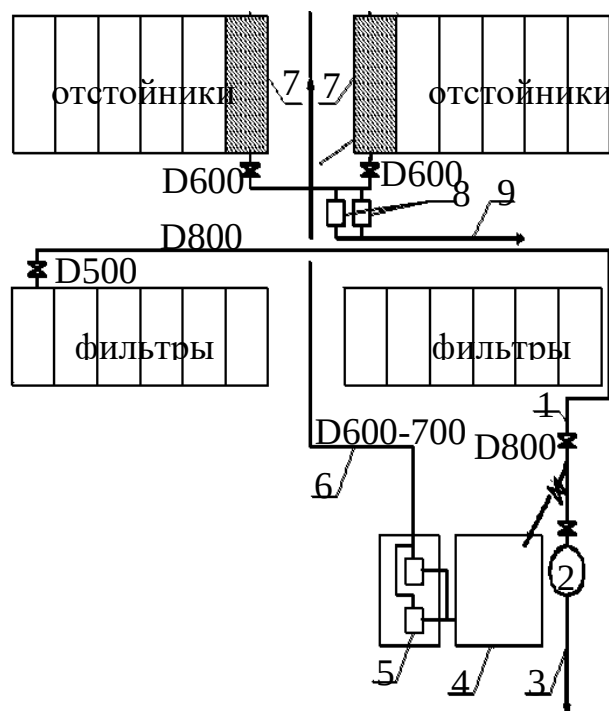


Рисунок 1. Схема повторного использования промывных вод фильтров:
 1 – линия отвода промывных вод фильтров; 2 – приемный колодец; 3 – сброс промывных вод в реку; 4 – промежуточный резервуар; 5 – насосная станция перекачки промывных вод; 6 – напорная линия; 7 – отстойники для обработки промывных вод; 8 – рабочие насосы перекачки осветленных вод в голову сооружений; 9 – линия подачи осветленных вод в смеситель

При проектировании новых станций Новосибирским институтом «Гипрокоммунводоканал» предусмотрено, в частности, для водопроводной станции г. Кемерово устройство специальных отстойников для обработки промывных вод фильтров (рис. 2), расположенных рядом с основными отстойниками станции.

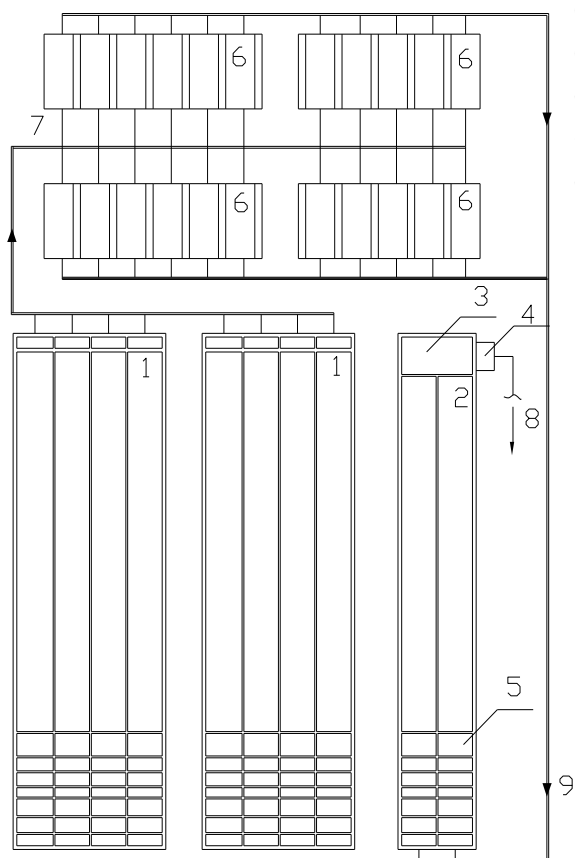


Рисунок 2. Проект водопроводной станции г. Кемерово:
 1 – отстойники; 2 – отстойники промывной воды; 3 – резервуар; 4 – насосная станция; 5 – камеры хлопьеобразования; 6 – фильтры; 7 – отвод осветленной воды; 8 – подача воды на очистку; 9 – отвод промывной воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Обработка промывных вод фильтров водоочистных станций России. Материалы II Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 1000-летию Казани; г. Казань: 2005.
2. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Обработка промывных вод фильтров водоочистных станций // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. № 10.

УДК 628.823

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОСТУПЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫЕ ОБЪЕКТЫ

Л.Н. Фесенко, Д.В. Кашарин

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

К.С. Тер-Матюсова

Пятигорский государственный технический университет, г. Пятигорск, Россия

Рассмотрены источники загрязнения окружающей среды и особенно водных ресурсов нефтепродуктами, определена их токсичность. Перечислены возможные мероприятия по локализации и утилизации нефтепродуктов, предложена облегченная мембранно-вантовая конструкция устройства по локализации нефтепродуктов.

Одной из актуальных в настоящее время проблем является загрязнение нефтепродуктами (НП) водной среды. Это связано как с широким развитием такого загрязнения, так и большими трудностями его локализации и ликвидации. Ни одно другое загрязняющее вещество не может сравниться с нефтепродуктами по широте распространения, количеству источников загрязнения, величине единовременных нагрузок на все компоненты природной среды.

Понятие НП имеет два значения – техническое и аналитическое. В первом значении – это сырые нефти и продукты их переработки: бензины, керосины, дизтоплива, мазуты, масла и др.

В «аналитическом» значении – это неполярные и малополярные углеводородные (УВ) соединения, растворимые в гексане (топлива, растворители и смазочные масла), а также смолы и асфальтены нефтей и битумов, а также вещества, образующиеся из НП в результате микробиологических и физико-химических процессов.

По химическому составу НП состоят преимущественно из парафиновых, ароматических, нафтеновых и непредельных УВ.

Наиболее токсичными являются ароматические УВ, которые одновременно являются наиболее растворимыми в воде, относительно

легко переходят из водной фазы в газовую фазу с последующей конденсацией [1].

Метановые углеводороды являются сильными наркотиками. Особенно быстро действуют нормальные алканы с короткой углеродной цепью, которые относительно хорошо растворимы в воде и легко проникают сквозь клеточные мембраны. Более тяжелые углеводороды медленнее проникают в клетки, но зато способны накапливаться в них и оказывать длительное токсическое действие. Наиболее опасным из них является канцероген первого класса опасности 3,4-бензо(а)пирен. Также при хлорировании загрязненных НП питьевых вод могут в ряде случаев образовываться чрезвычайно опасные для человека хлорорганические соединения.

Для предотвращения попадания НП в водозаборные сооружения необходимо своевременно принять превентивные меры по локализации нефтяного загрязнения на наиболее опасных объектах, что требует разработки новых мероприятий и технических решений по уменьшению распространения и очистки от НП поверхностных водотоков.

Для разработки мероприятий и технических решений необходимо определить условия и факторы распространения загрязнений в поверхностных водотоках.

На распространение НП в водной среде существенное влияние оказывают: схема поступления НП в водный объект, физические и физико-химические свойства нефтепродуктов, такие как плотность, вязкость, растворимость, температура кипения, поверхностное натяжение на границе с водой и воздухом, а также качественный состав, гидрологические и гидравлические параметры водного объекта.

Загрязнение НП происходит на всех этапах хозяйственной деятельности, связанной с добычей, транспортировкой, переработкой, хранением и распределением нефти и нефтепродуктов в результате аварийных и технологических утечек. Однако наибольший ущерб водной среде наносит разлив нефти при чрезвычайных ситуациях связанных с нарушением технологического цикла, авариями и катастрофами. Наибольшую угрозу представляет загрязнение нефтью поверхностных и подземных водоисточников.

По характеру и масштабу образующегося при эксплуатации соответствующих предприятий загрязнения можно выделить три основные типа источников загрязнения: площадные, линейные и очаговые (локальные).

К площадным источникам загрязнения геологической среды в основном относятся нефтепромыслы. Загрязнение здесь происходит, в первую очередь, благодаря инфильтрации пластовых и сточных вод, многочисленных утечек нефти из амбаров, нефтеловушек, отстойников,

трубопроводов и т.д., перетекания нефти в вышележащие водоносные горизонты через нарушения в обсадных колоннах и т.д.

Для этого типа характерна большая площадь, насыщенность нефтепродуктами, как с поверхности, так и в разрезе. В этом случае нефть поступает рассредоточено как с поверхности, так и с грунтовыми водами в водный объект.

К линейным источникам относятся нефте- и продуктопроводы, в первую очередь магистральные, длина которых на порядки превышает их поперечные размеры.

Все остальные объекты, связанные с нефтью и нефтепродуктами, могут быть охарактеризованы как очаговые или локальные. К ним относятся нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ), предприятия нефтепродуктообеспечения (НПО), резервуарные парки, базы и склады ГСМ, погрузочно-разгрузочные эстакады и терминалы, автозаправочные станции и т.д.

Именно этот наиболее массовый тип объектов-загрязнителей и является причиной большинства экологически опасных ситуаций. Опасность усугубляется еще и тем обстоятельством, что значительная часть подобных источников загрязнения находится либо в селитебных зонах городских агломераций, либо в непосредственной близости от них.

Плотность нефтепродуктов меньше плотности воды, что предопределяет возможность их накопления на свободной поверхности за исключением некоторых тяжелых и вязких НП, таких как мазут, газотурбинные и печные топлива, масла и смазки.

Растворимость НП в воде связана с их химическим составом и увеличивается в ряду парафиновые-циклопарафиновые-ароматические. Наибольшей растворимостью характеризуются: бензол (1600 – 1800 мг/л), толуол (500 – 600 мг/л), ксилол (170 – 200 мг/л) и этилбензол (130 – 150 мг/л).

Нефтепродукты, имеющие в своем составе значительное количество легких УВ (бензин и др.), могут легко испаряться в газовые ореолы.

Разрушение НП в водной среде происходит путем химического окисления и биогенного разложения. Ввиду особенностей биогенного и химического окисления ряды устойчивости УВ в этих процессах не совпадают. Так, скорость биodeградации уменьшается в порядке: алканы > ароматические УВ > циклопарафины, а скорость химического окисления – ароматические УВ > циклопарафины > алканы.

Самыми значимыми характеристиками качественного состава воды являются минерализация, содержание растворенного кислорода, видовой состав и количество биогенных элементов водного объекта.

К наиболее существенным гидрологическим параметрам относятся характеристики водосбора и условия формирования поверхностного и подземного стока, термический и ледовый режимы. К гидравлическим

параметрам водного объекта относят скоростную структуру, характеристики русла.

При малых скоростях течения, когда основная часть НП находится на поверхности, применяют боновые заграждения, распыляют сорбент пневматическими устройствами на поверхность нефтяного пятна или из-под поверхности воды (с последующим удалением с поверхности механическими средствами), собирают нефть с помощью вакуум насосов, применяют поверхностно-активные вещества (ПАВ) и т.д.

При изготовлении боновых заграждений и сорбентов применяют адсорбирующие материалы, которые можно подразделить на пористые полимерные материалы, а также неорганические и органические природные материалы.

Полимерные материалы могут быть представлены пенополиуретаном, который эффективно впитывает НП и может быть регенерирован механическим отжатием. Однако сравнительно высокая стоимость препятствуют их широкому применению.

Одним из наиболее перспективных неорганических материалов для сорбентов является перлит (вулканическое стекло, подвергнутое обжигу путем термоудара). Стоимость перлита меньше в сравнении с пенополиуретаном. Обладая плавучестью, он способен поглощать НП в 6 раз больше своей массы, достаточно легко регенерируется перегретым паром, а также возможна его утилизация при использовании в качестве топлива или добавки в асфальтобетон или битумоперлит. Данный материал в настоящее время импортируется из Греции.

Необходимо отметить версойл – сорбент нефти на основе вермикулита (природного материала, образующегося в результате выветривания магнезиально-железистых слюд), при создании углеродсодержащего слоя приобретает свойства, присущие активированному углю. Возможно его использование в качестве носителя нефтеокисляющей микрофлоры. Основным источником вермикулита является крупнейшее в мире месторождение на Кольском полуострове [2].

Учитывая значительные затраты на транспортировку данных сорбентов, можно использовать природные сорбенты из таких материалов, как древесные опилки, шелуха риса, гречихи, овса, ржи, подсолнечника, льняной костры. При термообработке данные материалы представляют собой органическую матрицу многомерной пористой структуры [3]. Доступность материала для сорбента позволяет использовать его единовременно без регенерации, утилизируя в качестве топлива.

При больших скоростях течения водотока не происходит четкого разделение между водой и НП. Толщина загрязненного слоя воды зависит от характера поступления НП и гидравлических параметров потока. Для разделения жидкости и НП необходимо изменить скоростную структуру потока, например при помощи водоподпорного сооружения и обеспечить

пропуск воды в нижней его части. Так как сооружение должно быть временным и его необходимо возвести в кратчайшие сроки можно применять облегченные гидротехнические сооружения из композитных материалов. К основным достоинствам таких сооружений относится возможность многократного использования, высокая мобильность. Конструкция облегченного мембранно-вантового сооружения представлена на рисунке

При работе сооружения с водовыпускными окнами уменьшаются скорости в верхнем бьефе, и поток воды проходит в нижней части сооружения через водовыпускные окна. Это позволяет создать условия для разделения воды и НП, а затем произвести в верхнем бьефе сбор нефти известными методами.

Однако при значительном распределении НП по глубине потока данный метод применяться не может, так как не исключается попадание НП в водопропускные окна. В связи с этим нами предлагается применять мембранно-вантовое сооружение с прикрепленными к отверстиям в его водоподпорной оболочке со стороны нижнего бьефа съемными картриджами, наполненными сорбирующим материалом, через которые будет происходить фильтрация потока загрязненного НП. В настоящее время подготавливаются материалы оформления заявки на патент.

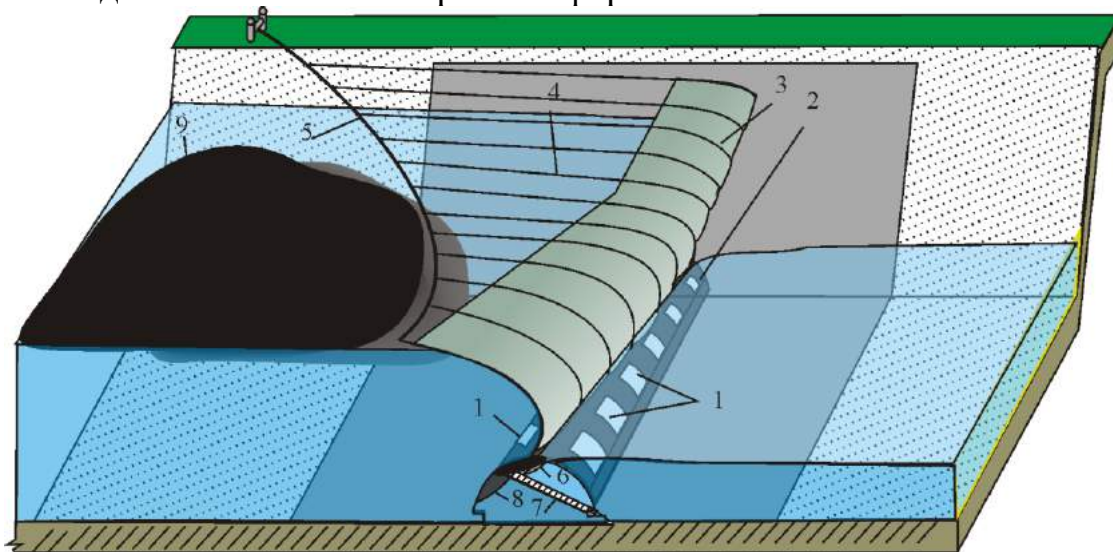


Рисунок. Схема облегченного мембранно-вантового сооружения

с водовыпускным устройством: 1 – водовыпускные отверстия;

2 – водовыпускное устройство; 3 – водоподпорная оболочка;

4 – вантовая ферма; 5 – ванта-подбор; 6 – струенаправляющая балка жесткости;

7 – щит затвора; 8 – гибкая оболочка затвора; 9 – нефтепродукты

Предполагается провести в дальнейшем экспериментальные исследования данной конструкции, в ходе которых должны быть определены оптимальные параметры сооружения, а также разработаны конструкции картриджей с подбором сорбентов для удаления НП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровский Л.В. Методические рекомендации по выявлению, обследованию, паспортизации и оценке экологической опасности очагов загрязнения геологической среды нефтепродуктами Гидрогеоэкологическая научно-производственной и проектной фирмой ТИДЭК, 2002.
2. Месяц С.П. Методические указания по использованию биоактивированного сорбента с целью уменьшения нефтяных загрязнений водоемов. РАН, Кольский научно-исследовательский центр, Горный институт., Апатиты 1993, 46 с.
3. Заявка на пат. 2003127907 РФ, МПК В01J. Сорбент для удаления нефти и нефтепродуктов и способ его применения из шелухи гречихи; заявл. 18.09.2003, опубл. 20.04.2005. Бюл. № 11.

УДК 628.179.2 (282.247.41)

ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫВНЫХ ВОД ФИЛЬТРОВ НА ВОДОЗАБОРЕ ОАО «КАЗАНЬОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ»

А.А. Рученин

ОАО «Казаньоргсинтез», г. Казань, Россия

Ф.И. Чуриков

ЗАО ПП «Таурат», г. Казань, Россия

С.В. Снигирев

Казанский государственный технологический университет, г. Казань, Россия

Представлен анализ работы узла повторного использования осадка, образующегося при работе водоочистных сооружений (фильтров, отстойников). Установлены факторы, влияющие на эффективность работы. Предложен и экспериментально обоснован возврат промывных вод фильтров (ПВФ) в голову технологии водообработки.

Серьезнейшей проблемой для многих водопроводов РФ является обработка промывных вод и осадков, образующихся в процессе очистки воды [1]. Эта проблема решается и на станциях централизованного водоснабжения Республики Татарстан. Например, волжский водозабор «Казаньоргсинтез» около 20 лет возвращал в источник своего водоснабжения ежедневно порядка 6600 м³ отработанных сточных вод, так как типовым проектом, по которому он был построен в начале 80-х годов прошлого века, не предусмотрены повторное использование промывных вод фильтров (ПВФ) и отстойников (рис. 1).

Первым этапом перспективного плана совершенствования экологической безопасности водозабора явились разработка проекта строительства, а затем и пуск (26.02.2006 г.) узла возврата ПВФ в основной

технологический процесс получения воды для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения химического предприятия. Последующими этапами модернизации станции было предусмотрено внедрение узлов возврата промывных вод отстойников, цеха обработки, а затем и утилизации осадков промывных вод отстойников.

В этой статье обобщены результаты анализа работы узла повторного использования ПВФ с позиций улучшения технико-экономических и экологических показателей функционирования водопроводной станции.

Систематизация и анализ работы узла возврата промывных вод позволяет оценить два основных критерия, характеризующие системы повторного использования ПВФ: а) влияние твердой фазы осадка на качество вырабатываемой воды по сезонам года; б) влияние узла возврата ПВФ на экономику цеха водоподготовки в целом. С 2001 г. на водозаборе в холодное время (5 – 7 мес./год) вместо сульфата алюминия стал применяться полиоксихлорид алюминия марки «АКВА-АУРАТ™30» [2]. С 2004 года станция перешла на использование полиоксихлорид алюминиевого коагулянта круглогодично, что упростило эксплуатацию реагентного хозяйства, стабилизировало режимы очистки, повысило качество готовой воды.

Для испытаний и внедрения ауратного коагулянта, а затем и узла повторного использования ПВФ, на станции сложились благоприятные условия для проведения промышленных испытаний по различным схемам и вариантам реагентной и безреагентной водоподготовки. Удобство технологической схемы заключается в том, что она состоит из двух симметрично построенных секций с идентичным составом и конструкцией сооружений: по пять горизонтальных со встроенными камерами хлопьеобразования отстойников, по семь скорых фильтров, одинаковые расходные и дозаторные емкости подачи рабочих растворов коагулянта и флокулянта (состав очистных сооружений указан на рис.1). Проектная производительность каждой секции 50,0 тыс. м³/сут. В настоящее время, в силу сложившегося водопотребления на предприятии, станция работает на расходах речной воды порядка 50,0 – 80,0 тыс. м³/сут. С точки зрения гидродинамики потоков воды недогрузка по мощности способствует более устойчивой оптимизации и стабилизации режимов получения качественной воды.

Ранее [2] исследована кинетика осветления промывных вод фильтров и отстойников по различным вариантам их обработки. Детально изучено влияние на очистку промывных вод сульфата алюминия и «АКВА-АУРАТА™30» в присутствии и отсутствии праестольных флокулянтов. Показано преимущество ауратного коагулянта, который хорошо сочетается с праестольными флокулянтами (неионогенный 2500 и анионоактивным 2515). Установлено, что осадки ПВФ хорошо агрегируют и осаждаются в присутствии праестольных флокулянтов. Оптимальные

дозы флокулянта по сезонам года составляют 0,7 – 0,1 мг/л (предпочтение следует отдавать неионогенным и анионактивным флокулянтам со степенью гидролиза не более 20 %). В этом случае при отстаивании в течение 1,5 – 2,0 ч качество осветленной нефильтованной ПВФ отвечает требованиям к питьевой воде: цветность не более 20 град, мутность не более 1,5 мг/л. Следовательно, ПВФ возможно очищать по отдельной технологии без применения минерального коагулянта, в присутствии только высокомолекулярных водорастворимых полимеров. Вариант, возможно, осуществить на тех ВОС, которые работают с недогрузкой по отношению к проектной мощности, и где имеется в наличии свободный отстойник (в этом случае не требуются дополнительные капитальные затраты). Осветленные ПВФ затем следует возвращать на фильтровальную станцию для последующего объединения в разводящих каналах перед фильтрами с осветленной речной водой в основных отстойниках.

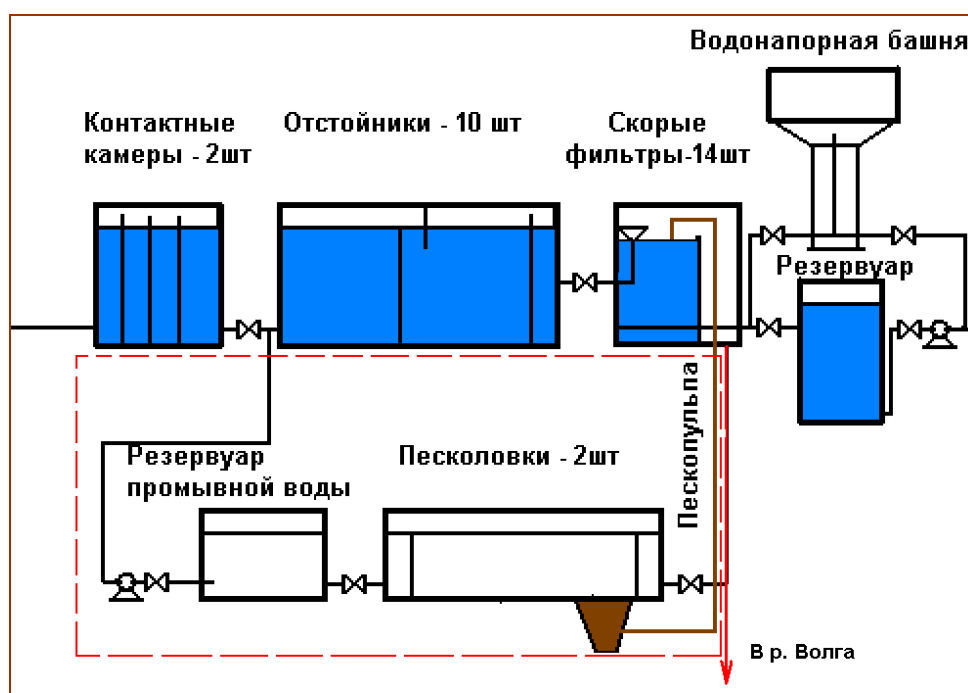


Рисунок 1. Схема возврата промывных вод фильтров в технологический цикл очистки воды в цехе ОС и ВК

Дополнительные исследования изменения гранулометрического состава осадка ПВФ (динамика изменения величины гидравлической крупности хлопьев) в присутствии и отсутствии реагентов позволили спроектировать и смонтировать компактный узел возврата промывных вод. На рис. 1 показана принципиальная технологическая схема станции, в которую встроен узел повторного использования ПВФ (обведен штрихпунктирной линией).

На станции разработаны три варианта возврата промывных вод фильтров.

Первый вариант – возврат ПВФ в «голову» ВОС для смешения с волжской водой в водоводе с последующей обработкой реагентами – аурадным коагулянтом и праестольным флокулянтом (этот вариант внедрен и обсуждается в этой статье);

Второй вариант – очистка ПВФ в отдельных отстойниках (вариант проходит испытания и в данной статье не обсуждается). Отметим, что для осуществления 2 варианта выделены 2 из 10 горизонтальных отстойников (по одному в каждой секции – отстойники № 5 и № 6). Цель варианта – сокращение потребления минерального коагулянта, касающееся обработки 6000 м³ ПВФ в сутки.

Третий вариант – возврат части ПВФ из отстойника № 5 или № 6 в таком количестве, чтобы с помощью его шлама создать оптимальное и стабильное замутнение речной воды в случае дефицита мутности в водоисточнике.

Необходимо отметить, что мутность смешанной воды в первом варианте меняется в широких диапазонах – от 3 до 25 мг/л. На нестабильность мутности смешанной воды, по нашему мнению [3], влияет явление возрастания барьерной роли фильтров в холодные сезоны года. Зимой соотношение массы шлама на фильтровальной станции по сравнению с массой шлама в отстойниках возрастает с 10 % до 40 %. Следовательно, водозабор из-за перераспределения нагрузки с отстойников на фильтры в значительной степени начинает функционировать по типу станций контактного фильтрования. Возрастание мутности (М) обрабатываемой воды, как известно, требует увеличения дозы (Д) коагулянта (связь $D = 3,5\sqrt{M}$).

Для выполнения цели третьего варианта требуются дополнительные испытания: а) нахождение оптимальной мутности смешанной с ПВФ речной воды, которая, как надеются авторы работы, позволит снизить потребление реагентов в сравнении с первым вариантом; б) изучение, как по первому, так и по третьему варианту, влияния остаточной сорбционной активности [4] алюминийсодержащего шлама фильтров на повышение качества питьевой воды по двум важным показателям – цветности и перманганатной окисляемости.

Для решения этой задачи приведем информацию, которая касается технологии возврата ПВФ. Суть работы узла возврата ПВФ состоит в следующем. Питьевая вода из башни подается на промывку фильтра ($V = 250$ м³). Режим промывки ведется по графику, который обеспечивает круглосуточно равномерное, проточное поступление ПВФ в «голову ВОС». Общий объем ПВФ – 6020 м³/сут. Шламная ПВФ сбрасывается по вновь построенному коллектору в песколовки (2 шт., $L = 12$ м, $H = 0,7$ м, время пробега воды 30 с). Удаление песка ведется 1 раз в неделю гидроэлеватором, установленным в прямках песколовки. Из песколовки ПВФ поступает в резервуар-накопитель ($V = 600$ м³). В резервуаре-

накопителе поддерживается такой уровень воды, который обеспечивает проточную систему без разрыва потока. Насосом 290К-30 (один резервный) ПВФ перекачивается в «голову» ВОС. Смешение с речной водой происходит в трубе. Автоматические задвижки позволяют переходить с первого варианта работы станции на второй вариант и обратно (описаны выше). При работе по II-му варианту очищенные ПВФ отбираются с верхних, тонких слоев с помощью модуля. Предусмотрено вторичное хлорирование ПВФ.

Обсуждение результатов работы водозабора с использованием узла повторного использования ПВФ по варианту подачи промывных вод в «голову ВОС». Состав и качество волжской воды за период работы ВОС по новой технологии менялись в широких пределах, особенно по показателям цветности и ХПК (табл.1).

Таблица 1. Изменение показателей качества волжской воды за период с января 2006 г. по сентябрь 2007 г.

Дата	Т, °С	Цветность, град. цвет.	Мутность, (мг/л)	ХПК, (мгО ₂ /л)
2006 год:				
Январь	0,8	26 – 30	0,65 – 0,75	25 – 30
Февраль	0,4	30 – 34	0,9 – 1,2	20 – 25
10-16.04.	0,8 – 3,0	32 – 40	50 – 182	25 – 33
Май	3,0 – 15	42 – 61	4,6 – 1,7	32 – 42
Июль	21 – 22	40 – 32	1,6 – 4,4	28 – 22
Август	21 – 18	32 – 26	2,8 – 2,1	23 – 29
Октябрь	14 – 7	27 – 24	1,7 – 1,0	26 – 24
Ноябрь-декабрь	2 – 0,6	26 – 55	0,8 – 2,2	25 – 38
2007 год:				
Январь	0,5 – 0,2	55 – 88	0,7 – 0,6	37 – 30
Март	0,2	66 – 54	0,8 – 0,7	26 – 22
Апрель	2 – 3,8	32 – 28 – 22	1,5 – 68 – 3,1	22 – 18
Май	3,8 – 14	23 – 89		19 – 24
Июль	19 – 22,5	56 – 47	2,7 – 2,1	23 – 18
Август-сентябрь	22 – 12,5	46 – 39	2,1 – 1,6	17 – 32

Примечание: 1) 26.02.2006 г. пуск узла возврата ПВФ; 2) щелочной резерв волжской воды достаточен для проведения коагуляционной обработкой «Аква-Ауратом™30» без операции подщелачивания речной воды (апрель-май min Щ = 1,4 – 1,8 мг-экв/л; ноябрь-февраль max Щ = 2,5 – 4,4 мг-экв/л); 3) особенность весеннего паводка 2007 г. – мутность была ниже многолетних значений (60 – 200 мг/л), держалась на уровне дождливых периодов года (не более 5 мг/л). Низкая мутность упрощала работу узла возврата ПВФ.

Концентрация взвешенных веществ и остаточного алюминия в ПВФ по сезонам года изменялась в широких пределах. Среднее содержание взвешенных веществ (ВВ) в ПВФ рассчитывалась с помощью методики,

предложенной авторами для оценки барьерной роли очистных сооружений, входящих в технологическую схему ВОС [3]. В табл. 2 приведены расчетные усредненные значения концентрации взвешенных веществ. Расчетные значения, на наш взгляд, более полезны для оценки ПВФ, чем экспериментальные аналитические значения. Последние, в силу высокой точности являются с позиций аналитической химии объективными. Однако они имеют с позиций водоподготовки принципиальный недостаток, так как характеризуют состав воды только в момент отбора пробы. Кроме того, для получения наиболее реальных результатов необходимо обработать огромное количество проб. Расчетный метод имеет еще одно важное преимущество перед опытным. Так, опираясь на результаты производственного контроля и наблюдений за работой ОС, возможно, восстановить физическую картину в отстойниках, фильтрах и резервуарах обработанной воды за любой период работы ВОС.

Таблица 2. Усредненные значения концентрации взвешенных веществ в ПВФ

Дата	Масса осадка в блоке фильтров (т/сут)	Усреднена концентрация взвешенных веществ в ПВФ (г/м ³)
Январь, 2006	0,732 – 0,890	146,4 – 178
Февраль, 2006	1,035 – 0,915	207 – 183
Март, 2006	0,900 – 0,975	180 – 195
Апрель, 2006	1,23 – 1,01	246 – 202
Май, 2006	1,14 – 1,0	228 – 200
Январь, 2007	0,675 – 0,785	135 – 157
Апрель, 2007	1,025 – 0,845	205 – 169

В таб. 3 приведены опытные значения концентрации взвешенных веществ и остаточного алюминия (общего) в ПВФ, прошедших песколовки и резервуар-накопитель, перед подачей в «голову ВОС». Как и следовало ожидать, содержание взвешенных веществ в ПВФ перед смешением с речной водой ниже расчетных и значений, полученных при анализе проб взятых на 3 – 4 минуте промывки фильтра (таких значения). Объяснение – при прохождении ПВФ через песколовки в них осаждаются до 2 т в неделю песка.

Таблица 3. Опытные результаты концентраций ВВ и остаточного алюминия в ПВФ перед их подачей в «голову ВОС»

Дата, год (месяцы)	Взвешенные вещества, мг/л	Остаточный Al ³⁺ , (общий, мг/л)	Остат. Al ₂ O ₃ (расчетный, мг/л)	Доля Al ₂ O ₃ в ВВ (%%)
1	2	3	4	5
2006(1-2)	131 – 114	19,5 – 43,5	36 – 81	27 – 71

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5
2006(4-5)	187 – 161	34,5 – 6,5	65 – 50	34 – 31
2006(9-10)	145 – 161	33,5 – 26	63 – 49	43 – 30
2006(11-12)	156 – 128	37,5 – 32,5	70 – 61	44 – 47
2007(1-2-3)	61 – 105 – 111	19,5 – 32,5	36 – 61	39 – 54
2007(4-5)	138 – 69	27,5 – 26,1	51 – 49	36 – 71
2007(6-7-8)	122 – 143 – 97	39,5 – 18 – 31,5	74 – 34 – 59	60 – 23 – 60
2007(9-10)	51 – 135	22,5 – 31	42 – 58	82 – 42

Результаты наблюдений за качеством питьевой воды, обработанной по технологии с учетом возврата ПВФ, приведены в табл. 4. Дозы «АКВА-АУРАТ™30» по Al_2O_3 при введении в речную воду, смешанную с ПВФ, менялась в интервале 4 – 12 мг/л, флокулянта Праестол 2015 в интервале 0,067 – 0,1 мг/л.

Таблица 4. Качественные показатели воды обработанной по модифицированной технологии водообработки с возвратом ПВФ в «голову ВОС»

Дата	Доза Al_2O_3	pH	Цветность, град	Мутность, мг/л	Остаточный Al^{3+} , мг/л	ПО, mgO_2/l
2006 г.,						
январь	4 – 10,6	7,57	20,0	0,78	0,21	4,89
Февраль*	8 – 10,4	7,41	18,1	0,97	0,14	4,16
Март*	8 – 11	7,38	12 – 16,1	0,12 – 0,23	< 0,05	4,14
Апрель	7 – 11	7,05	10 – 12	0,21	< 0,05	2,4 – 3,1
Май	8 – 9	6,9 – 7,2	12 – 14,2	0,44 – 0,55	0,14 – 0,18	3,3 – 3,6
Июнь-июль	7 – 8	7,4 – 7,1	8 – 11,3	0,63 – 0,46	0,2 – 0,35	3,0 – 3,6
Август	6 – 6,5	7,2	11,6 – 13	< 0,5	< 0,05	3,6 – 3,8
Сент.-октябрь	3,5 – 5	7,2 – 7,5	14,5 – 18	0,2 – 0,33	< 0,05	3,9 – 4,8
Дек.-январь	3,5 – 11	7,4 – 7,5	8,0 – 18,0	< 0,5 – 0,65	0,11 – 0,18	3,0 – 4,9
2007 г.:						
Январь-февраль	9,9 – 12	7,2 – 7,5	18 – 20	< 0,5	0,18 – 0,24	4,9
Март	9 – 10,5	7,4	16 – 19	< 0,5	0,05 – 0,42	4,2 – 4,9
Апрель	3 – 4	7,2	17 – 19	0,85 – 1,28	< 0,18	4,9
Май	3 – 12	7,3 – 7,5	18 – 20	0,36 – 0,52	< 0,17	5,0
Июнь	7 – 11	7,3 – 7,4	15,1 – 16,0	< 0,21	< 0,09	4,0 – 4,3
Июль	8 – 9	6,9 – 7,1	17 – 19	< 0,20	< 0,14	4,9
Август	9,5 – 13	7,2 – 7,4	11 – 15	< 0,5	< 0,08	4,0 – 4,4
Сентябрь	9 – 10,5	6,9 – 7,1	10-19	< 0,5	< 0,09	3,8 – 4,9

Примечание: *конец февраля – март внедрение узла ПИПВФ.

Сравнительный анализ работы технологии водоподготовки с использованием узла возврата ПВФ с обычной технологией без оборотной системы показывает позитивные результаты.

1. Добавление к речной воде неочищенных ПВФ, содержащий Al_2O_3 (табл. 3), не только не ухудшает процесс очистки реагентами, но и, наоборот, повышает эффект по ряду важных показателей, как остаточный А1 (не более 0,2 мг/л); перманганатная окисляемость (не более 3). Последнее возможно только в том случае, если ВОС работают с применением коагулянта круглогодично. Безреагентное осветление речной воды поверхностных источников в Европейской части РФ, на наш взгляд, недопустимо.

2. Применение узла ПВФ особенно эффективно зимой при наличии высокой цветности речной воды (50 – 100 град). При введении в волжскую воду осадка ПВФ отмечается улучшение показателей: цветность (не более 8 – 12 град при $\lambda = 413$ нм), остаточный А1 (не более 0,2 мг/л) и окисляемость (3 – 4,5 мг/л).

3. Подтверждаются результаты исследований Казанцевой [4], так в частности, что гидроксид алюминия осадка ПВФ, обладает значительной сорбционной способностью по отношению к органическим веществам. Использование алюминийсодержащего шлама ПВФ особенно полезно применять в холодные периоды года при дефиците мутности в воде водоисточника. Шлам выполняет две функции: является замутнителем и доступным сорбентом. Возврат шлама ПВФ исключает применение привозных замутнителей (бентонита и др.).

4. Возврат ПВФ позволяет в зимнее время работать с полиоксихлоридами алюминия средней основности (например, «АКВА-АУРАТ™30» – основность 43 %), которые дешевле, чем высокоосновные полиоксихлориды алюминия (66 – 80 %).

5. Применение дефицитных доз аурата при возврате ПВФ возможно. Однако в этом варианте появляются проблемы стабильной работы ВОС в отношении показателей цветности и окисляемости. Они исчезают при переходе на оптимальные дозы реагентов.

Испытания и внедрение узла использования ПВФ по вариантам 2 и 3 продолжаются. Внедрение узла ПВФ стало приносить Казанскому ОАО «Органический синтез» экономический эффект. Приводим официальные данные ПЭО (№ 36/333, 04.10.2007 г.). «За 9 мес. 2007 г. от возврата промывных вод фильтров в технологический цикл, от реализации очищенной промывной воды получено 11 833 701,87 руб (возврат очищенной воды $Q_{ПВФ} = 1\,742\,556,6 \text{ м}^3$; цена реализации воды = 6791 руб/1000 м^3)».

ВЫВОДЫ

1. Внедрение узла повторного использования промывных вод на станциях по очистке волжской воды не способствует улучшению качества питьевой воды при использовании алюминийсодержащего осадка.

2. Предлагаемая технология водообработки с повторным использованием ПВФ обеспечивает значительный экономический и экологический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Обработка промывных вод фильтров водоочистных станций // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. № 8.
2. Чуриков Ф.И., Снигирев С.В., Рученин А.А. Сокращение сброса сточных на водоочистных сооружениях ОАО «Казаньоргсинтез»// Водоснабжение и санитарная техника. 2003. № 9.
3. Чуриков Ф.И., Снигирев С.В., Рученин А.А., Гетманцев С.В. Барьерная роль водоочистных сооружений в отношении взвешенных веществ природной воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 1.
4. Казанцева Л.З. Новое в обработке воды. Южно-Уральское издательство. Челябинск. 1971. 47 с.

УДК 628.16.094.413.094.3:991.31

УСЛОВИЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО КАЧЕСТВА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ХЛОРАТОРНЫХ СТАНЦИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ

Н.Е. Садковская, Б.П. Садковский

ООО «КРАВТ ПРОЕКТ», г. Калуга, Россия

А.Б. Кожевников, О.П. Петросян

ООО ФСП «КРАВТ», г. Калуга, Россия

Рассмотрены вопросы безопасности проектируемых и действующих хлораторных систем. Приведена информация о выпускаемых ООО ФСП «КРАВТ» системных комплексах по автоматизации различных операций при водообработке.

Хлорирование сегодня является единственным способом обеззараживания воды с консервирующим эффектом, т.е. обеззараживание воды сохраняется на всем пути её следования от места ввода хлора до точки потребления независимо от протяженности и состояния водопроводных сетей. В то же время нормативная база в области промышленной безопасности при обращении с хлором ужесточается, в связи с этим у эксплуатирующих служб вместо приведения хозяйства к нормативным требованиям и обеспечения экологической безопасности возникает желание перейти к другим способам обеззараживания воды. Однако необходимо подчеркнуть, что ни ультрафиолетовое облучение, ни озонирование не обладают консервирующим эффектом, поэтому во всем мире широко применяется хлорирование, а самым доступным и дешевым способом хлорирования является эжекция газообразного хлора в воду [1].

Для обеспечения технической безопасности при проектировании хлораторных станций водоподготовки необходимо руководствоваться Федеральным законом от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», Правилами безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора ПБ 09-594-03 [2] (Постановление Госгортехнадзора РФ от 5 июня 2003 г. N 48), СНиПами и технической документацией на используемое в технологическом процессе оборудование, разрешенное Госгортехнадзором РФ к применению.

Применение надежного и экономичного промышленного оборудования, которое производится отечественными предприятиями под контролем Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ приводит к повышению безопасности хлорных хозяйств.

Выбор технологической схемы определяется оптимальным расходом хлора, учитывая тот факт, что с одной стороны максимальный забор газообразной фракции составляет не более 1 % емкости, с другой стороны в соответствии с ПБ 09-594-03 количество одновременно подключенных сосудов должно быть не более двух. В хлораторной должна размещаться как действующая линия с хлором, так и резервная, которые должны иметь возможность автоматического переключения с одной линии на другую, в случаях опустошения емкостей или в случаях выхода из строя какого-либо из узлов хлораторной. Автоматическое переключение обеспечивается вакуумным переключателем производства ФСП «КРАВТ».

При ограниченном потреблении хлора допускается отбор газообразного хлора непосредственно из тары. Требуемая интенсивность испарения отбираемого хлора в этом случае должна обеспечиваться теплопритоком от окружающего воздуха за счет естественной или принудительной конвекции, что следует обосновать соответствующими расчетами, согласованными со специализированной организацией по безопасности.

При большой производительности ПБ 09-594-03 предусматривают установку испарителей жидкого хлора, которые должны исключить возможность попадания жидкой фракции в вакуумные линии хлоропроводов. Однако при большой производительности хлораторов и перепаде температур в хлоропроводах может образовываться конденсат – капли жидкого хлора. Образованию конденсата так же способствует провисание хлоропроводов вследствие большой протяженности участка трубопровода. Для исключения попадания конденсата в вакуумный регулятор необходимо предусматривать устройства сбора и повторного испарения конденсата. Такими устройствами являются уловители испарители жидкого хлора производства «КРАВТ» М100С. При отсутствии уловителя-испарителя жидкого хлора в системах жидкая

фракция может попасть в вакуумный регулятор, что может привести сначала к нарушению режима работы вакуумного регулятора, а затем и к выходу его из строя.

Одним из важнейших элементов хлоратора является эжектор (вакуумный насос), обеспечивающий вакуум в хлоронесущих линиях и посредством которого хлор-газ поступает в воду и смешивается с ней, образуя хлорную воду. Хлораторы комплектуются эжекторами, рассчитанными на необходимую производительность. Давление на входе и расход воды через эжектор, обеспечивающие его максимальную производительность должны соответствовать эпюрам, связывающим эти параметры с противодавлением. На рис. 1 представлена эпюра, с помощью которой можно определить рабочий режим хлоратора.

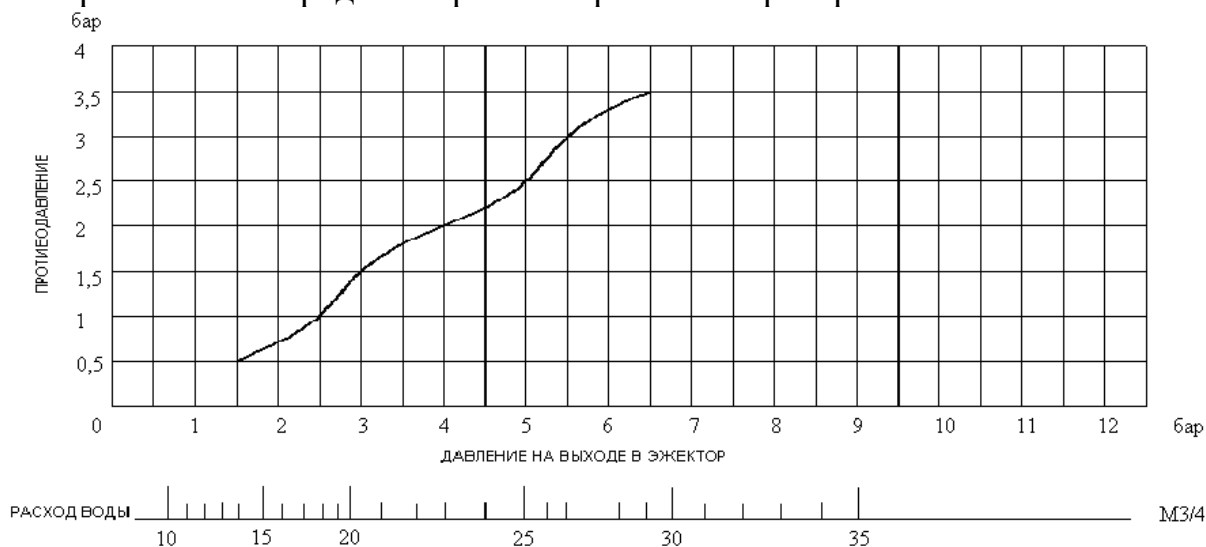


Рисунок 1. Эпюра определения рабочего режима хлоратора производительностью 20 кг/ч

Принимая во внимание, что работа эжектора очень чувствительна к противодавлению, за эжектором не должно быть устройств, влияющих на противодавление. Это обстоятельство необходимо учитывать при создании системы хлорирования с несколькими точками ввода хлора.

На рис.2 представлена схема с тремя точками ввода, где каждый эжектор подключен к отдельной линии водовода.

Помещения, где возможно выделение хлора, оснащаются автоматическими системами обнаружения и контроля содержания хлора в воздухе. При превышении предельно-допустимой концентрации хлора (ПДК) равной 1 мг/м^3 должна включаться световая и звуковая сигнализация, а также аварийная вентиляция, сблокированная с системой аварийного поглощения хлора. При использовании системы абсорбционного метода улавливания аварийных выбросов хлора по сигналу датчика наличия хлора в воздухе должны включаться насосы для циркуляции нейтрализующего хлор раствора и аварийная вентиляция. ООО ФСП «КРАВТ» разработала и производит двухпороговый детектор

хлора в воздухе (ДХВ) М4000С, который обеспечивает включение световой и звуковой сигнализации при превышении концентрации хлора в воздухе 1 ПДК, а при превышении 20 ПДК – аварийной вентиляции, сблокированной с системой аварийного поглощения хлора.

При проектировании хлораторной, с малым расходом хлора, для нейтрализации аварийных выбросов хлора часто используют водяную завесу.

Однако такой способ ликвидации аварийных выбросов хлора недостаточен, вследствие возможности проскока газообразного хлора. Система нейтрализации газообразного хлора (СНГХ) М6000 производства ФСП «КРАВТ» основана на способе, который обеспечивает нейтрализацию хлора сразу же в начальный момент аварии, предотвращая проскок хлора в атмосферу, в результате эжекции хлоровоздушной смеси в поток нейтрализующего раствора и их смешивании. Полнота нейтрализации достигается также благодаря составу и химическим свойствам нейтрализующего раствора, который представляет собой восстановительный раствор гидроксида натрия и тиосульфата натрия.

Очевидно, что необходимо, с одной стороны, минимизировать присутствие обслуживающего персонала на опасных производственных объектах, к которым относится и хлораторная, а с другой – максимально обезопасить его присутствие, если оно неизбежно. Этим требованиям в полной мере удовлетворяет хлораторная [3], представленная на рис. 2.

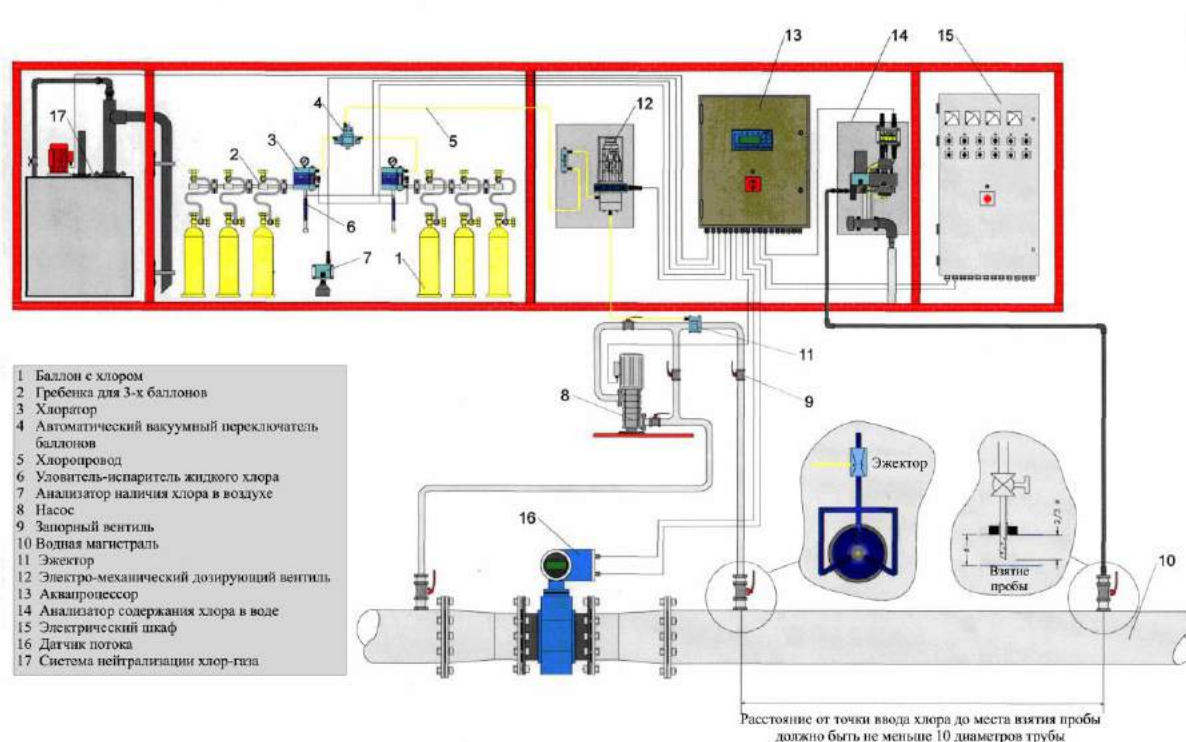


Рисунок 2. Схема автоматической дезинфекции воды на основе данных о потоке воды и содержании хлора в воде

Этот объект полностью автоматизирован и его оснащение в принципе полностью исключает необходимость участия человека в регулировании его работы. Именно такие хлораторные отвечают требованиям сегодняшнего дня и их проекты должны максимально ближе соответствовать такой планировке и конфигурации оборудования.

ООО ФСП «КРАВТ» производит и другие системные комплексы локальной автоматики различных операций технологического процесса водоподготовки (коагуляция, флокуляция, фильтрация и др.), которых в единую систему позволило получить АСУТП ВП – Автоматизированную систему управления технологическим процессом водоподготовки [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожевников А.Б., Петросян О.П. Промышленная и эпидемиологическая безопасность при обеззараживании воды // Водоснабжение и санитарная техника, 2005, № 5.
2. Правилами безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора ПБ 09-594-03, 2003.
3. Кожевников А.Б., Петросян О.П. Современные системы водоподготовки станций централизованного водоснабжения // СтройПРОФИль, 2006, № 2.
4. Кожевников А.Б., Петросян О.П. Комплексная автоматизация станций водоподготовки//Тез. докл. сем.-конф. «Правовое и техническое регулирование в области охраны окружающей среды, питьевого водоснабжения и водоотведения», 6 – 8 декабря 2005 г., Москва.

УДК 628.166

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕТОДОВ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

А.Б. Кожевников,

ООО ФСП «КРАВТ», г. Калуга, Россия

О.П. Петросян

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, Россия

Осуществлен достаточно подробный, сравнительный анализ свойств применяемых дезинфектантов для обеззараживания воды, сделаны общие выводы и отдельные рекомендации.

При рассмотрении вопросов безопасности функционирования ВКХ необходимо учитывать как техническую сторону безопасности объектов водоподготовки, так и санитарно-эпидемиологическую безопасность продукта – питьевой воды [1].

Обеззараживание воды осуществляется при помощи добавления в воду различных химических веществ или проведения специальных мероприятий. Минздравом разрешено применение более 200 средств для дезинфекции и стерилизации. Однако рассматривать их все нет необходимости, так как многие из них по тем или иным причинам не применимы для водоснабжения. Остановимся только на основных, применяемых в России и за рубежом.

Все технологические схемы очистки и обеззараживания воды (старые и новые) должны опираться на основные критерии, предъявляемые к качеству питьевой воды: питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом отношении, безвредна по химическому составу и обладать благоприятными органолептическими (вкусовыми) свойствами. Эти критерии и лежат в основе нормативных актов всех стран, в т.ч. и в России (СанПиН 2.14.1074-01). Причем эти документы учитывают тот факт, что опасность заболеваний человека от микробиологического загрязнения воды во много тысяч раз выше, чем при загрязнении воды химическими соединениями различной природы.

Первичные приоритеты.

В существующей практике обеззараживания питьевой воды хлорирование используется наиболее часто как наиболее экономичный и эффективный метод в сравнении с любыми другими известными методами. В США 98,6 % воды подвергается хлорированию. Аналогичная картина имеет место и в России, и в других странах для дезинфекции используют либо чистый хлор, либо хлорсодержащие продукты. Такая популярность хлорирования связана и с тем, что это единственный способ, обеспечивающий микробиологическую безопасность воды в любой точке распределительной сети в любой момент времени благодаря эффекту последействия. Этот эффект заключается в том, что молекулы хлора сохраняют свою активность по отношению к микробам и угнетают их ферментные системы на всем пути следования воды по водопроводным сетям от объекта водоподготовки (водозабора) до каждого потребителя. Другие методы обеззараживания воды, в т.ч. и промышленно применяемые в настоящее время озонирование и УФ-облучение не обеспечивают обеззараживающего последействия и поэтому требуют обязательного хлорирования перед направлением чистой воды в водопроводную сеть.

Тем не менее, отметим существующие *недостатки* применения *газообразного хлора* в системах обеззараживания воды.

1. Хлор является сильно действующим ядовитым веществом.
2. Необходимость точного дозирования хлора в воде.
3. Для обеспечения гарантированной дезинфекции необходимо достаточно продолжительный (не менее 30 мин) контакт хлора с водой.

В последние годы нормативная база в области промышленной безопасности при обращении с хлором ужесточается. В связи с этим у

эксплуатирующих служб возникает желание перейти к более безопасному способу обеззараживания воды, т.е. к способу, который не поднадзорен Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, но обеспечивает выполнение требований СанПиНа. Эта проблема обычно решается заменой хлорирования на первичном (предварительном) этапе обеззараживания озонированием или УФ-облучением. На вторичном этапе в подавляющем большинстве обязательно хлорирование, поскольку является единственным способом, обеспечивающим микробиологическую безопасность воды в любой точке распределительной сети благодаря эффекту последействия.

Рассмотрим с точки зрения безопасности применение озонирования и УФ-облучения.

К *недостаткам озонного* метода обеззараживания следует отнести:

1. Токсичность озона. Предельно допустимое содержание его в воздухе помещений, где находятся люди, составляет 0,00001 мг/л. В связи с этим в озонаторных установках должны быть приняты все меры по предотвращению возможности проникновения озона в помещение. Доза озона для обеззараживания воды зависит от ее свойств и колеблется в пределах от 0,6 до 3,5 мг/л.
2. Сложность и высокая стоимость получения озона. Атмосферный воздух, забираемый для производства озона, должен быть очищен от пыли, а также осушен. Наличие влаги в используемом воздухе вызывает увеличение расхода энергии, затрачиваемой на получение озона; кроме того, необходимо высокое напряжение (до 20 тыс. вольт). Озонаторные установки энергоемки и требуют квалифицированного обслуживания.
3. Образование побочных продуктов озонирования и их возможное воздействие на человека.
4. Необходимость специальных устройств введения озона и обеспечения требуемой продолжительности контакта озона с водой.
5. Озон не обладает эффектом последействия, что вызывает необходимость параллельно производить хлорирование воды.

К основным *недостаткам* бактерицидного обеззараживания воды *УФ-облучением* следует отнести:

1. Опасность загрязнения воды ртутью, используемой в бактерицидных лампах.
2. Особые требования к воде, подвергаемой облучению, приводит к удорожанию способа. Вода должна быть прозрачной и обладать наибольшей проницаемостью для бактерицидных лучей.
3. Необходимость пропуска всей обеззараживаемой воды через установку, т.е. производительность установки должна быть равна производительности водопроводной станции.

4. Большая энергоемкость установок. Например, установка УОВ-1000/288-B1 производительностью 1000 м³/ч потребляет 28 кВт·ч электроэнергии.

Из вышеизложенного следует, что метод УФ-обеззараживания недостаточно надежен как с точки зрения технической, так и с санитарно-эпидемиологической безопасности. При хлорировании не всегда используют чистый хлор. Последнее время многих привлекает гипохлорит натрия (ГХН). Его использование в некоторых схемах процесса обеззараживания воды обосновывается тем, что он не горюч и не взрывоопасен, поэтому применяемое при его использовании оборудование для обеспечения процесса обеззараживания на станциях водоподготовки сегодня не относится к категории промышленно опасного и поднадзорного Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору. Это «облегчает жизнь» эксплуатационникам. Но, как нам кажется, ошибочно то, что объекты, на которых он используется, не относятся к категории опасных производственных объектов. К сожалению, приходится говорить об относительной, а не полной безопасности. Это подтверждается опытом использования ГХН на объектах водоподготовки США, которые являются одной из лидирующих стран по масштабам использования ГХН, в том числе и для водоподготовки. Самая большая утечка хлора на станции водоподготовки (выше 5 т) была вызвана применением ГХН. Это произошло на одной из крупнейших станций водоподготовки США на востоке страны, когда водитель автоцистерны с хлорным железом (рН = 4) ошибочно слил продукт в резервуар с раствором ГХН. Это привело к мгновенному выбросу хлора. При этом следует учесть, что выделяется в таких случаях влажный хлор, который при проникновении в легкие наиболее опасен, т.к. не вызывает болевых ощущений [2].

Вторая проблема – это постоянные газовыделения в ходе естественного разложения ГХН. Поэтому в случаях, когда гипохлорит оказывался между двумя закрытыми запорными устройствами, наблюдались взрывы шаровых клапанов, фильтров, и других устройств. Причем в составе выделяемого газа содержится и хлор, поэтому помещения насосных, туннелей, фильтровальных установок и других аналогичных пространств потребовалось оснастить системами очистки воздуха, чего не было при использовании хлора.

Возникают проблемы и с подбором оборудования, и с его эксплуатацией в среде растворов ГХН, обладающих очень высокой коррозионной активностью. Требуются дополнительные мероприятия и по предотвращению кальцинации арматуры, особенно точек ввода – инжекторов и диффузоров. Это то, что касается промышленной безопасности.

Кроме того, замена газообразного хлора гипохлоритом натрия или кальция для дезинфекции воды вместо молекулярного хлора значительно

увеличивает вероятность образования ТГМ. Ухудшение качества воды при применении гипохлорита связано с тем, что процесс образования ТГМ растянут во времени до нескольких часов, а их количество при прочих равных условиях тем больше, чем больше рН. Наиболее рациональным методом уменьшения побочных продуктов хлорирования является снижение концентрации органических веществ на стадиях очистки воды до хлорирования. Санитарно-микробиологические исследования, проведенные в 2002 г. Санкт-Петербургским институтом медико-экологических проблем выявили недостатки гипохлорита с позиции функциональной эффективности и экологической чистоты. Оказалось, что раствор хлора в воде в несколько десятков раз эффективнее гипохлорита по остаточному количеству бактерий. Кроме того, гипохлорит неэффективен против цист, что ограничивает его применение на протяженных водопроводных сетях, теряет активность при длительном хранении, интенсивно образует побочные продукты дезинфекции.

Ниже приведем недостатки, выявленные в результате использования гипохлорита для обеззараживания воды на Мосводоканале [3]. В практике водоснабжения они используют концентрированный гипохлорит натрия марки А с содержанием активной части 190 г/л и низкоконтрированный гипохлорит марки Э с содержанием активной части около 6 г/л.

Гипохлорит натрия марки А:

- нестабильность водного раствора гипохлорита натрия (потеря активной части в результате хранения до 30 % первоначального содержания по истечении 10 сут);
- увеличение объемов расхода реагента в 7 – 8 раз по сравнению с хлором за счет низкого содержания активной части и, как следствие, увеличение объема транспортировки железнодорожных цистерн (ежедневно по одной цистерне объемом 50 т на каждую станцию);
- наличие складов значительного объема для хранения запасов реагента в соответствии с требованиями нормативных документов (запас 30 сут);
- замерзание в зимнее время при температуре - 25 °С и выпадение осадка в летнее время, что приводит к необходимости использования железнодорожных цистерн с термоизоляцией для перевозки реагента.

Гипохлорит натрия марки Э:

- значительные расходы сырья: около 20 т/сут поваренной соли на каждой станции (на 1 кг активного хлора приходится от 3 до 3,9 кг поваренной соли);
- неполное соответствие качества поваренной соли (отечественного сырья) требованиям, предъявляемым производителями электролизеров;

- образование побочного продукта – водорода;
- образование токсичных отходов, требующих утилизации.

Электролизные установки отечественного производства небольшой производительности для получения низкоконцентрированных растворов гипохлорита натрия имеют ограниченное применение и недостаточный опыт эксплуатации, а также при применении как товарного, так и низкоконцентрированного гипохлорита натрия из-за низкой его дезинфицирующей способности возрастают затраты на обеззараживание воды, что в свою очередь приводит к увеличению себестоимости очистки воды.

Наиболее сильным и пролонгированным бактерицидным эффектом обладает диоксид хлора – дезинфектант, широко используемый в западных странах и получающий распространение в России.

Ниже приведем основные достоинства диоксида хлора:

- эффективный окислитель и дезинфектант для всех видов микроорганизмов, включая цисты (*Giardia*, *Cryptosporidium*), споровые формы бактерий и вирусы;
- дезинфицирующее действие практически не зависит от pH воды, в то время как эффективность хлора снижается с увеличением pH;
- не образует хлораминов, наличие которых зачастую ухудшает органолептические показатели воды;
- не способствует образованию тригалометанов и других хлорорганических соединений;
- деодорирует воду, разрушает фенолы – источник неприятного вкуса и запаха;
- не образует броматов и броморганических побочных продуктов дезинфекции в присутствии бромидов;
- способствует удалению из воды железа и марганца путем их быстрого окисления и осаждения оксидов;
- стоимость применяющейся в настоящее время в России хлордиоксидной технологии сопоставима, а в ряде случаев дешевле по эксплуатационным затратам по сравнению с другими технологиями, в частности с гипохлоритом натрия, а по санитарно-эпидемиологическому эффекту значительно лучше.

Основными недостатками диоксида хлора, выявленными во время эксплуатации диоксидных установок в России, являются:

- обязательно получение на месте применения;
- образует побочные продукты – хлораты и хлориты, содержание которых в питьевой воде регламентируется.

В соответствии с СанПиН ПДК хлоритов – 0,2 мг/дм³ с санитарно-токсикологическим лимитирующим показателем, соответствующим третьему классу опасности. Эти нормы ограничивают предельную дозу

диоксида при дезинфекции воды. Для гарантирования эпидемической безопасности использования диоксида хлора поставлены опыты с искусственным загрязнением воды микроорганизмами E.Coli – от 100 до 500 кл/дм³ в МУП «Водоканал» г. Н. Тагила. В испытанных дозах диоксида хлора – 0,1; 0,2; 0,4 мг/дм³ отмечен бурный рост клеток. Лишь при дозах диоксида хлора 1,0 мг/дм³ (5 ПДК по хлоритам) удалось получить стопроцентную гибель бактерий. В то же время при обработке воды, содержащей E. Coli 1000 кл/дм³, хлором в концентрации 0,3 – 0,5 мг/дм³ остаточного свободного хлора достигалась полная гибель микроорганизмов. В случае заражения воды палочкой дизентерии Флекснера в концентрации 1000 кл/дм³ стопроцентный бактерицидный эффект диоксида хлора получен в дозе 1,4 мг/дм³, что превышало ПДК по хлоритам более, чем в 5 раз.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что использование диоксида хлора для обеззараживания воды, не прошедшей полный цикл очистки, не обеспечивает гарантированный бактерицидный эффект. Наиболее целесообразно применять диоксид хлора в комбинации с хлором [4].

ВЫВОДЫ

Мировой опыт подтверждает, что хлорирование воды чистым хлором является самым надежным санитарно-гигиеническим методом, предотвращающим распространение эпидемий и гарантирующим санитарно-эпидемиологическую безопасность питьевой воды. По мнению многих экспертов, хлорирование воды – это самое крупное изобретение в медицине XX века, принесшее наибольшую пользу человеку. Именно хлорирование воды, а не открытие антибиотиков, инсулина или пересадка сердца спасло больше всего жизней, остановив распространение кишечных инфекций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Русанова Н.А. Подготовка питьевой воды с учетом микробиологических паразитологических показателей // Водоснабжение и санитарная техника. 1998, №3.
2. Ягуд Б.Ю. Хлор как дезинфектант – безопасность при применении и проблемы замены на альтернативные продукты // 5-й Международный конгресс ЭКВАТЭК-2002 Вода: экология и технология. 4-7 июня 2002 г.
3. Подковыров В.П., Привен Е.М. Опыт МГП «Мосводоканал» по реконструкции объектов, использующих жидкий хлор // Водоснабжение и санитарная техника. 2004, №8, ч. 1.
4. В.Б. Гурвич, А.А. Хачатуров, К.П. Селянкина, Е.А. Борзунова, Э.Г. Плотко, С.П. Сайченко, Р.Л. Акрамов. О целесообразности комбинированного использования хлора и диоксида хлора для

обеззараживания питьевой воды в практике централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения города Нижнего Тагила // Сб. научн. ст. сотр. Центра госсанэпиднадзора в Свердловской области. К 80-летию службы. 2002.

5. Кожевников А.Б, Петросян О.П. Для тех, кому не нравится хлор // СтройПРОФИль, 2004, № 4.

УДК 628.16. 067.1.001. 26

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ

М.Т. Иванова, Г.Н. Пукас, В.В. Янющкин

Новочеркасская государственная мелиоративная академия, г. Новочеркасск, Россия

Приведены результаты исследований фильтрации через модифицированную зернистую загрузку. Разработанная методика расчета позволяет управлять параметрами фильтрования « α » и « β » и оптимизировать технологию осветления воды.

Обеспечение населения страны питьевой водой высокого качества является актуальной проблемой современности в свете ужесточения нормативных требований к ее качеству. Недостаточность инвестиций на ремонт и реконструкцию изношенных и морально устаревших сооружений и технологий водоподготовки (ВОС) обосновывает необходимость поиска ресурсо- и энергосберегающих способов и технологий, позволяющих решить поставленную задачу с минимальными затратами на реконструкцию системы водоснабжения в целом.

Особенно остро вопрос реконструкции ВОС стоит перед сельскими и групповыми водопроводами, снабжающими более 60 % сельского населения водой, степень износа сооружений которых приближается к 50 – 80 %.

Заключительным этапом традиционных технологий водоподготовки является фильтрование – процесс глубокого осветления мутных вод, надежно обеспечивающий нормативное качество фильтрата питьевого водоснабжения. Надежность очистки воды на ВОС зависит от эффективности работы фильтровальных сооружений (фильтров).

Современные методы оптимизации основаны на изменении одного или нескольких одновременно действующих факторов фильтрования, а именно: скорости фильтрации, продолжительности фильтроцикла, допустимой грязевой нагрузки, конструкции фильтрующей загрузки, ее физико-химических свойств.

Задержание взвеси в зернистом слое фильтрующей загрузки объясняется действием адгезионных, гидродинамических и электрокинетических сил, область действия и преобладание которых

зависит от физико-химических свойств поверхности контактирующих частиц (взвеси и загрузки) и гидродинамических характеристик фильтрационного потока (скорости и температуры жидкости).

Удаляемые в процессе фильтрования примеси являются изначально присутствующие в воде взвешенные частицы, или агрегаты дестабилизированных частиц – результат реагентной обработки воды.

Основным механизмом задержания взвеси в фильтрующем слое являются молекулярные связи (адгезия), возникающие между частицами взвеси и поверхностью зерен загрузки. Повышение сил адгезии обеспечивает увеличение количества задерживаемых из воды частиц, улучшение качества фильтрата, повышение производительности фильтра и осуществляется *модификацией* структуры поверхности зерен фильтрующей загрузки.

В общем смысле модификация означает разовое или периодическое изменение поверхностных свойств (структуры) зернистой загрузки в результате физического или химического воздействия на нее, что позволяет регулировать в нужном направлении величину сил адгезии, т.е. управлять процессом осветления фильтрованием.

Для практических целей имеет значение возможность регулирования в нужном направлении величины сил адгезии при химическом модифицировании зернистой загрузки, т.е. обработкой ее внутренней поверхности растворами химических реагентов.

Разработанный на кафедре ВХНМиТ НИМИ (НГМА) метод модификации зернистой загрузки [1 – 2] позволяет управлять физико-химическими свойствами фильтрующих загрузок путем обработки их внутренней поверхности малоконцентрированными растворами коагулянтов с целью увеличения грязеемкости и улучшения технологических показателей осветлительных фильтров. Практическое применение получил метод периодической модификации, предусматривающий обработку фильтрующего слоя перед каждым фильтрационным циклом, или через фильтрационный цикл, отличающийся простотой практической реализации при минимальных затратах. Направление движения раствора реагента при модификации может совпадать с направлением движения фильтрационного потока или быть ему противоположным.

Теоретические предпосылки, обоснование метода модификации были даны Н.В. Оводовой и уточнены в процессе исследований метода М.Т. Ивановой [1].

Фильтрующие материалы, как и взвесь, находящаяся в осветляемой воде, имеют отрицательный электростатический заряд. При введении реагента непосредственно в зернистую загрузку обеспечивается его гидролиз в сфере действия поверхностных сил и быстрое прилипание положительно заряженных коллоидных частиц $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ к отрицательной

поверхности кварцевых зерен. В результате действия электростатических и межмолекулярных сил притяжения между поверхностью зерен и частицами модификатора образуется сильная связь, способствующая образованию адсорбционного слоя. Полученная пленка, толщина которой может достигать нескольких тысяч ангстрем, не только изменяет значение потенциала твердой поверхности, но и ее молекулярную структуру, увеличивая константу молекулярного взаимодействия Ван-дер-Ваальса, что и способствует повышению сил адгезии.

Электростатические силы притяжения складываются с силами межмолекулярного взаимодействия, и интенсивность прилипания отрицательно заряженных взвесей к положительно заряженной поверхности фильтрующей загрузки увеличивается, тем самым, обеспечивая высокую эффективность осветления воды – таков механизм осветления воды на модифицированных загрузках.

Исследования доказали эффективность периодической модификации молекулярных групп поверхности зернистых загрузок для увеличения грязеемкости и производительности фильтров и ВОС в целом.

В таблице приведен сравнительный анализ эффективности осветления воды по наиболее характерным технологиям водоподготовки для сельскохозяйственного водоснабжения [1].

Таблица. Оценка эффективности осветления воды по основным технологиям для групповых с.х. водопроводов

Наименование	Доза хлора, мг/л	Доза коагулянта, мг/л	Скорость фильтрации, м/ч	Продолжительность фильтрационного цикла, ч	Производительность, м ³ /м ²
Групповые с.х. водопроводы с безреагентными медленными фильтрами (Ставропольский край)	3,0	–	0,1	24	15,3
Групповые с.х. водопроводы с реагентными скорыми фильтрами (Астраханская область)	6,0	30 – 40	5-6	12	113,4
Групповые с.х. водопроводы с модифицированными фильтрами (Краснодарский край)	3,0	2,5	8,5	12	193,4

Оценка эффективности технологий водоподготовки показала, что применение модифицированных фильтров позволяет сократить расход остродефицитных реагентов, увеличить производительность сооружений, снизить себестоимость фильтрата.

Анализ результатов исследований позволил получить уравнение, описывающее процесс объемного фильтрования и имеющее наиболее высокие корреляционные связи (в пределах 0,9) с действительным процессом осветления:

$$C/C_0 = \exp(-\alpha X/t^\beta), \quad (1)$$

где: C , C_0 – мутность воды до и после фильтрования, мг/л;

X – толщина фильтрующего слоя, м;

t – продолжительность фильтроцикла, ч;

α , β – технологические параметры фильтрования.

Задержание взвеси зернистым слоем является сложным процессом, включающим транспортировку примесей к поверхности зернистой загрузки, их закрепление, отрыв и перенос вглубь загрузки, вновь закрепление в нижерасположенном слое и т.д., до исчерпания толщины защитного слоя загрузки. На этот процесс влияют состояние контактирующих поверхностей, структура отложений, гидродинамическая ситуация в фильтрующем слое. Влияние отдельных факторов на процесс оценивается технологическими параметрами фильтрования α и β . В частности: кинетика процесса фильтрации характеризуется этими двумя безразмерными параметрами. Основным параметром, влияющим на скорость изменения концентрации взвеси в фильтре по высоте зернистого слоя, является α .

Коэффициент адгезии взвеси к зернистой загрузке α является показателем, характеризующим интенсивность прилипания взвеси к загрузке, и определяется количеством загрязнений, которое может прилипнуть к зерну исследуемой среды при конкретных условиях фильтрования.

Параметр β мало зависит от природы поверхности зерен загрузки, характеризует стадию прилипания частиц взвеси и учитывает степень снижения задерживающей способности фильтрующей среды в течение времени достижения предельного насыщения зернистого слоя взвесью.

Накоплено много сведений о зависимости параметров фильтрования α и β от свойств задерживаемой взвеси, а о влиянии дисперсионной среды, условий фильтрования и других технологических факторов на эти параметры, сведения практически отсутствуют, нет и методики расчета этих параметров.

Существующие методики позволяют определять усредненные значения параметров α и β . Однако, в силу физико-химической сущности,

эти параметры постоянно изменяются в пространстве (по глубине загрузки) и во времени (в течение фильтроцикла).

Изучение послойной фильтрации в лабораторных условиях с последующей проверкой в производственных условиях на ряде групповых водопроводов, позволило разработать методику ручного и машинного расчета параметров α и β , позволяющую анализировать кинетику изменения их величины по времени и глубине фильтрующего слоя.

Установлена взаимосвязь параметров фильтрации α и β , описываемая уравнением (2) и позволяющая определять величину коэффициентов α и β для любого слоя загрузки:

$$\alpha = \exp(\rho \cdot \beta) \cdot \sigma \quad (2)$$

где ρ , σ – расчетные величины.

Совместное решение уравнений (1) и (2) позволяет найти пару параметров α и β для любого момента времени фильтрации.

Определение величины коэффициента адгезии α каждого слоя и всей фильтрующей загрузки в целом позволяет уточнить факторы, влияющие на адгезионную способность зернистой загрузки в процессе осветления воды. Так: на эффективность работы модифицированных фильтров влияют концентрация модифицирующего раствора, предварительная реагентная обработка воды, температура осветляемой воды и незначительно влияет скорость фильтрования.

Повышение адгезионной способности модифицированных загрузок объясняется увеличением параметра α и его стабилизацией на уровне 0,055617, для немодифицированных загрузок величина α составляет около 0,019486. Модификация фильтрующей загрузки в 1,5 – 2 раза увеличивает величину параметра α .

При взаимодействии двух частиц следует учитывать силовой барьер, препятствующий их взаимному слипанию (прилипанию взвеси к поверхности зерна загрузки). Установлено, что величина силового барьера зависит только от потенциала поверхности, заряженной слабее, и быстро сокращается при уменьшении величины этого потенциала (дзета-потенциала). Целесообразно выразить эффективность осветления воды фильтрованием через электрокинетические показатели фильтрования воды через зернистые загрузки.

Для определения дзета-потенциала фильтрующих загрузок использован метод измерения потенциала протекания и осуществляется на приборе конструкции НИМИ [3], отличающемся простотой устройства и надежностью измерений. Погрешность определений составляет 10 – 20 %.

Расчетное уравнение для определения эффективности осветления воды фильтрованием, выраженное через величины дзета-потенциала взвеси в исходной воде и фильтрате имеет вид:

$$\zeta_2 = \zeta_1 - 1,44 \sqrt[1,8]{C_o \exp(-\alpha X / t^\beta)}, \quad (3)$$

где ζ_1 – величина дзета-потенциала взвеси в исходной воде, мВ;

ζ_2 – величина дзета-потенциала взвеси в фильтрате, мВ.

Изменяя расчетные параметры работы фильтра, можно прогнозировать и регулировать процесс фильтрования, через контроль величин ζ_1, ζ_2 .

Для питьевой воды, соответствующей нормам СанПиН 2.1.4.1074, уравнение (3) имеет вид

$$\zeta_2 = \zeta_1 - 1,82 \exp(-\alpha X / 1,8t^\beta).$$

ВЫВОДЫ

1) Разработанная методика послойного расчета α, β позволяет контролировать их изменения в процессе фильтрования.

2) Полученные зависимости (1 – 3) позволяют оперативно управлять технологическим процессом осветления воды фильтрованием через контроль величин α, β и ζ исходной и осветленной воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова М.Т. Оптимизация режима работы очистных станций групповых с.х. водопроводов: Автореф. Дис...канд. техн. наук. – Новочеркасск, 1997. – 25 с.
2. Модифицированные фильтры станции очистки групповых с.х. водопроводов/Иванова М.Т.: Инструкция по эксплуатации.– Новочеркасск, 2004. – 16 с.
3. Измеритель потенциала протекания фильтрующей загрузки / Янюшкин В.В., Оводова Н.В.: Инструкция по эксплуатации. - Новочеркасск, 1990. – 16 с.

УДК 628.169:001.3

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ ВОДОПРОВОДНЫХ СТАНЦИЙ

С.Д. Беляева

ЗАО НПФ «БИФАР», г. Москва, Россия

Дается краткое описание количества и свойств осадков, образующихся на водоочистных водопроводных станциях, рассмотрены методы обработки и утилизации осадков, обращено внимание на актуальность данной проблемы.

Проблема обработки осадков водопроводных станций, наряду с проблемой обработки осадков очистных сооружений канализации, в последние годы также становится актуальной. Особые трудности возникают на сооружениях водоподготовки крупных городов.

Исследования по обработке водопроводных осадков были начаты еще в 60-е годы в НИИ КВОВ под руководством В.М. Любарского. Были разработаны методы искусственного замораживания и оттаивания, механического обезвоживания на камерных фильтр-прессах с использованием реагентов, технологии кислотной и щелочной регенерации коагулянта и др., которые получили воплощение в опытно-промышленных установках и проектах. На практике основным способом обработки водопроводных осадков остается подсушивание в естественных условиях, на некоторых станциях осадок даже сбрасывается непосредственно в водоисточник. Отсутствие цехов по обезвоживанию осадков на большинстве водопроводных станций связано также с конструктивными особенностями отстойников и невозможностью непрерывного удаления осадков (осадок удаляется один раз в 3 – 4 месяца при полной остановке отстойника), а также отсутствием сооружений по обработке промывных вод фильтров. Строительство (или реконструкция) отстойников с системой гидроудаления осадков и сооружений по обработке промывных вод фильтров, делают возможным непрерывное удаление осадков и их подготовку к дальнейшему обезвоживанию.

Работы, проведенные НИИ КВОВ по заданию МГУП «Мосводоканал» в 2004 – 2005 г.г. позволили уточнить основные исходные технологические параметры, необходимые для разработки проектной документации, а именно:

- количество образующегося осадка в зависимости от дозы коагулянта и качественных показателей исходной воды;
- динамика изменения концентрации сухого вещества осадка в процессе гидроудаления из отстойников и сооружений промывных вод фильтров;
- распределение баланса масс по сооружениям водоподготовки и др.

НПФ «БИФАР» на основе многочисленных исследований разработаны технологические схемы обработки водопроводных осадков. Для обезвоживания гидроксидных алюмосодержащих осадков может быть использовано то же оборудование, что и для обезвоживания осадков сточных вод – центрифуги, сгустители, ленточные и камерные фильтр-прессы. Учитывая низкие водоотдающие свойства осадков, для их кондиционирования используются высокомолекулярные синтетические флокулянты. Особенностью кондиционирования водопроводных осадков является использование сочетания флокулянтов катионного и неионогенного или анионного типа. Марки и дозы флокулянтов должны подбираться в ходе лабораторных и опытно-промышленных испытаний. Особенно важен подбор флокулянта при обезвоживании осадков на ленточных фильтр-прессах. Добавление извести, придающей дополнительно жесткость осадкам, также положительно влияет на

повышение эффективности работы фильтр-прессов. Обезвоживание осадков на ленточных фильтр-прессах зарубежного производства с использованием сочетания катионных и анионных флокулянтов осуществляется на водопроводных станциях гг. Вологды и Череповца. Запроектированы цеха по обезвоживанию водопроводных осадков с использованием ленточных фильтр-прессов и сгустителей (разработчик и изготовитель НПФ «БИФАР») на водопроводных станциях г. Дубны (волжский водоисточник), на станциях обезжелезивания (Домодедово, Подольский р-н. и др.).

На основе совместных разработок НПФ «БИФАР» и ООО «ЭКОН» ОАО «Людиновский агрегатный завод» освоил производство новой конструкции центрифуг, специально-предназначенных для обезвоживания осадков с высокими значениями удельного сопротивления, коэффициентов сжимаемости и индекса центрифугирования, к которым относятся осадки водопроводных станций.

Исследования на Московских станциях показали, что при наличии достаточных мощностей очистных сооружений канализации на них может осуществляться совместная обработка водопроводных осадков и осадков сточных вод.

Выбор основных направлений утилизации или размещения осадков, прежде всего, определяется их химическим составом. Основными компонентами водопроводных осадков обычно являются гидроксид алюминия, который образуется в процессе гидролиза коагулянта, и адсорбированные на нем примеси, содержащиеся в воде: глинистые частицы, мелкий песок, карбонатные породы, органические вещества, фитопланктон и др. Химический состав осадков может изменяться в зависимости от водоисточника, времени года, дозы коагулянта. С учетом вышеуказанного состава осадков сделано предположение о возможности его использования в качестве алюмосодержащего сырья при производстве строительных материалов, в качестве удобрения или мелиоранта почв, а также для технической рекультивации нарушенных земель.

Для доказательства возможности использования осадков при производстве строительных материалов были проведены испытания осадков некоторых водопроводных станций (Рублевской, Восточной, г. Череповца) по показателям, определяемым при анализе сырья для строительных материалов. Анализ результатов показывает, что основными макрокомпонентами осадков, являются оксиды алюминия по Al_2O_3 – 25 – 45 %, кремния SiO_2 – 8 – 20 % и органические вещества 15 – 40 %. Другие компоненты (Fe_2O_3 , CaO , MgO , TiO_2 , K_2O , Na_2O и сульфаты) содержатся в незначительных количествах от 0,1 до 3,0 %. Примерный состав сырья для получения глиноземистого цемента колеблется в пределах: Al_2O_3 – 30 – 50 %, SiO_2 – 5 – 15 %, CaO – 35 – 45 %, Fe_2O_3 – 5 – 15 %. Опыт-

промышленные партии глиноземистого цемента высокого качества были получены на Подольском цементном заводе из осадков и извести при температуре обжига 1400 °С. Присутствие органических веществ и остаточного количества влаги не оказывают отрицательного влияния на качество цемента.

Осадок может быть использован при производстве других марок цемента, а также добавок, расширяющих цемент и в качестве глинистого сырья при производстве керамзита. Отличительной особенностью водопроводных осадков, как сырьевого компонента, является высокая дисперсность, гомогенность и реакционная способность, обусловленная природой их образования.

Одним из основных требований к осадку при производстве строительных материалов, кроме соответствующего химического состава, является снижение влажности до 20 – 40 % и обеспечение сыпучего состояния, что может быть достигнуто путем механического обезвоживания и дополнительного подсушивания осадков или изменением технологических режимов при производстве строительных материалов.

Химический состав осадков предопределяет также возможность их использования в качестве мелиоранта почв, особенно легкого механического состава, а также для рекультивации земель с повышенным содержанием тяжелых металлов, особенно в городской черте и придорожных зонах. При этом возможен определенный агрономический эффект, т.к. осадки содержат специфические органические соединения – фульво- и гуминовые кислоты, извлекаемые из воды и отвечающие за почвенное плодородие, а также соединения азота и фосфора.

В ходе исследований определялся также класс опасности осадков различных водопроводных станций, в т.ч. методом биотестирования. Для некоторых объектов установлен 5 класс опасности, для некоторых 4 класс.

Низкое содержание тяжелых металлов (на уровне ПДК и ОДК почв) и отнесение отхода к малоопасным для ОПС предопределяют возможность использования обезвоженных осадков для технической рекультивации нарушенных земель, в т.ч. карьеров или земель нарушенных строительными работами. Можно предположить, что осадок может использоваться самостоятельно или в смеси с грунтом и другими инертными отходами, например строительными.

Использование водопроводного осадка в качестве агрохимиката или для технической рекультивации также возможно после его обезвоживания. Таким образом, решение технической задачи механического обезвоживания водопроводных осадков является первостепенной в решении проблемы утилизации или экологически безопасном размещении осадков в окружающей среде.

ПОДГОТОВКА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИНИШНОЙ МЕМБРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

В.М. Корабельников, А.А Аскерния, В.Г. Миголь

ОАО «Научно-исследовательский институт коммунального водоснабжения
и очистки воды», г. Москва, Россия

Краткое перечисление оснований по применению метода глубокой очистки природных вод методом обратного осмоса в составе мембраной технологии.

В последние годы достаточно широкое применение стали находить комплексные методы кондиционирования воды, включающие, как один из важных этапов, обратноосмотическую технологию. Следует отметить, что ранее метод обратного осмоса использовался в узкой области водоподготовки – опреснение природных вод с минерализацией, превышающей показатели питьевой воды, в результате чего он имел ограниченное практическое внедрение в южных регионах России и стран СНГ, испытывающих дефицит в пресной воде.

В то же время большинство источников пресных вод содержат в себе вещества как природного, так и антропогенного происхождения в количествах, превышающих нормативные требования.

Подземные воды преимущественно нуждаются в очистке от таких растворимых примесей как: железо, соли жесткости, фтор, стронций, сульфаты и хлориды, а в некоторых случаях аммонийный азот, бром, бор, литий, а также растворенные органические вещества.

Применение только известных традиционных методов водоподготовки в большинстве случаев для этих целей все же малоэффективно и связано с большими расходами реагентов, что, в свою очередь, обусловлено необходимостью обработки и утилизации большого количества жидких отходов, образующихся в процессе очистки.

Имеющийся у нас опыт разработки, создания и эксплуатации станций, в комплекс оборудования которых на одном из этапов обработки включена обратноосмотическая установка, показывает высокую эффективность и экономическую рентабельность очистки воды.

Конструктивные особенности установок и свойства мембранных элементов позволяют в зависимости от качества исходной воды выбирать оптимальные режимы эксплуатации при небольших расходах реагентов и минимальных количествах сброса концентрата, не превышающего 10 – 25 % от общего объема исходной воды, поступающей на обработку.

Технологическая и экономическая целесообразность использования обратного осмоса определяется рядом преимуществ метода, основными из

которых являются – низкие эксплуатационные затраты, технологичность, компактность размещения оборудования, высокий уровень автоматизации.

На базе проведенных исследований разработаны, пущены в эксплуатацию и успешно работают в течение нескольких лет установки и станции с использованием процессов обезжелезивания и осветления (установки типа «Влага», «Струя», «Деферрит») и обратного осмоса в целях опреснения, обесфторивания, удаления стронция, солей жесткости, сульфатов, хлоридов и т.д. производительностью от 100 до 3 – 5 тыс. м³ в сутки.

УДК 628.35

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫВНЫХ ВОД СКОРЫХ ФИЛЬТРОВ НА ВОДОПРОВОДНЫХ СТАНЦИЯХ ЮЖНОГО РЕГИОНА

Д.А. Бутко, А.Б. Родионова

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

В работе дан достаточно полный анализ качественного состава промывки сточных вод после фильтров. Проведены исследования и предложено 3 возможных технологии по обработке и утилизации промывных вод после фильтров.

Применение на станциях водоподготовки повторного использования промывных вод скорых фильтров в настоящее время не находит широкого распространения, что связано, во-первых, с необходимостью проектирования и строительства дополнительных сооружений, т.е. увеличением капитальных и эксплуатационных затрат, во-вторых, с неоднозначностью мнений по данным схемам и, в-третьих, с недостаточной разработанностью данного вопроса. СНиП 2.04.02-84 рекомендует две схемы в зависимости от вида основных сооружений, которые являются унифицированными и, следовательно, некоторым компромиссом между достоинством и недостатками. На кафедре «Водоснабжение и водоотведение» РГСУ в течение длительного времени ведутся работы по исследованию вопроса систем повторного использования промывных вод скорых фильтров (СПИВ) на различных станциях Юга РФ, в городах Ростове-на-Дону, Таганроге и др.

Источниками водоснабжения городов: Ростова-на-Дону, Азова и Таганрога является река Дон, качество воды которой характеризуется повышенным содержанием взвешенных веществ и небольшой цветностью (табл. 1).

Все объекты исследований имеют в своем составе двухступенчатую схему очистки природных вод: отстойники – скорые фильтры с применением в качестве реагента высокомолекулярного флокулянта ВПК-

402. Объем промывных вод колеблется от 6 до 8 % от суточной производительности. Изучение качества промывной воды проводилось во все периоды года по следующим показателям:

Таблица 1. Качество воды р. Дон в створе водозабора г. Ростова-на-Дону

Показатели	Годы							
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Содержание взвешенных веществ, мг/дм ³	17,42	7,35	12,01	9,79	12,20	11,30	10,30	15,60
Цветность, °ПКШ	18,90	15,07	14,72	14,96	15,06	16,20	19,40	21,21
Щелочность, мг-экв/дм ³	3,10	3,06	3,44	3,38	3,33	3,38	3,63	3,68
Водородный показатель	8,11	8,06	8,09	8,14	8,17	8,00	7,96	7,97

1. Содержание взвешенных веществ

В настоящее время накоплено большое количество измерений концентрации взвешенных веществ в потоке промывных вод очистных сооружений на Центральном и Александровском водопроводах г. Ростова-на-Дону, Донском водопроводе г. Таганрога. Массив полученных данных представлен в виде гистограмм распределения по интервалам значения содержания взвешенных веществ (рис. 1 – 3).

Полученные гистограммы распределений в значительной мере отличаются, как по сооружениям, так и по времени отбора проб. Объяснить данный факт можно различной загруженностью сооружений, изменением схемы реагентной обработки природной воды (переход на совместное применение ВПК-402 и АКВА-АУРАТ на водопроводе г. Ростова-на-Дону) и другими факторами.

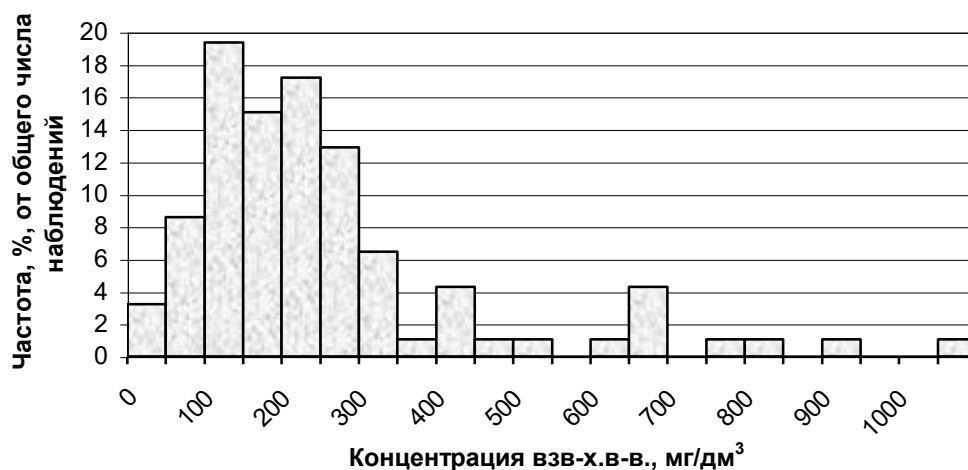


Рисунок 1. Частотное распределение концентрации взвешенных веществ в промывной воде очистных сооружений Центрального водопровода г. Ростова-на-Дону (1999 - 2000 гг.)

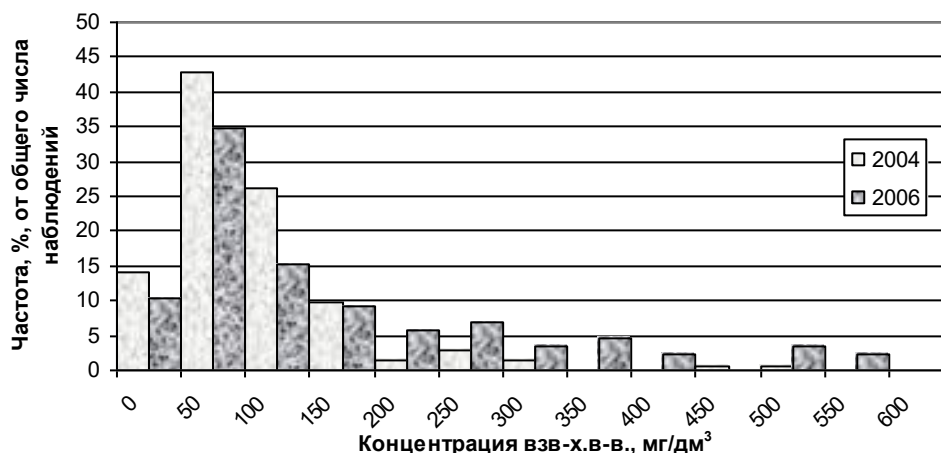


Рисунок 2. Частотное распределение концентрации взвешенных веществ в промывной воде очистных сооружений Центрального водопровода г. Ростова-на-Дону (2004, 2006 гг.)

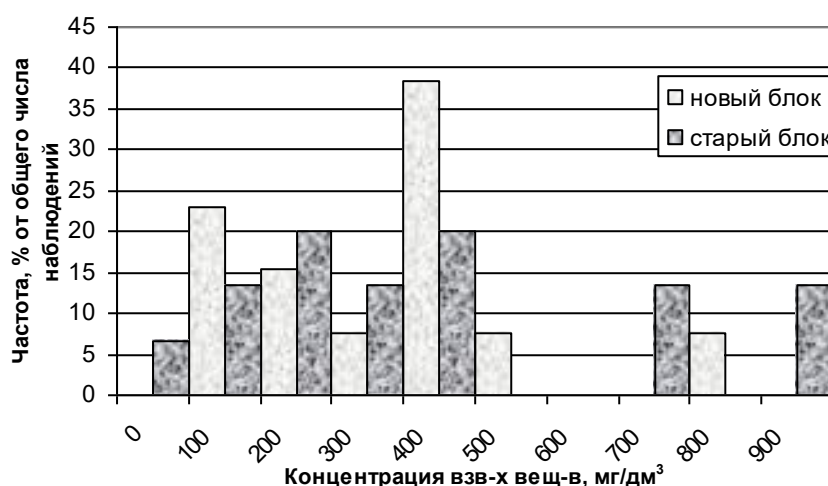


Рисунок 3. Частотное распределение концентрации взвешенных веществ в промывной воде очистных сооружений Донского водопровода г. Таганрога (2001 - 2002 гг.)

2. Цветность

Исходная вода в течение всего периода года имеет цветность менее 20°ПКШ, поэтому высокая цветность промывной воды маловероятна. Однако изучение этого фактора загрязнения весьма важно, т. к. снижение цветности в воде без применения реагентов в отстойном сооружении практически не происходит.

В период исследований цветность промывной воды очистных сооружений г. Ростова-на-Дону находилась в пределах: в зимний период от 8° до 14,7° ПКШ (среднее 14,43° ПКШ); в весенний период от 20° до 55° ПКШ (среднее 35,23°ПКШ); в летний период от 2,5° до 75,95° ПКШ (среднее 41,49°ПКШ); в осенний период от 10° до 55° ПКШ (среднее 18,1° ПКШ).

Однако характеристика предела не может отразить истинной картины изменения величины, поэтому все измеренные значения

обработаны с помощью статистических методов и получен 95 % доверительный интервал для цветности промывной воды в течение года от 29° до 47°ПКШ. Измерение цветности промывной воды на очистных сооружениях Донского водопровода г. Таганрога выявило колебание цветности воды в пределах $\pm 10^\circ\text{ПКШ}$ около значения 20°ПКШ.

3. Общая щелочность

В течение всего периода проведения исследований общая щелочность промывной воды находилась в пределах от 1,8 – 4,9 мг-экв/дм³.

4. Водородный показатель воды (рН)

Изменение активной реакции (рН) в процессе обработки воды может происходить под воздействием применяемых при очистке реагентов. Статистическая обработка показывает, что все измеренные значения рН находятся в пределах 6,6 – 8,21 с преобладанием значений в интервале 7,0 – 8,0.

5. Температура

Промывка скорых фильтров на обеих водоочистных станциях Ростовского-на-Дону водопровода и Донском водопроводе г. Таганрога производится водой, прошедшей полную очистку, поэтому температура сбрасываемой промывной воды незначительно отличается от обрабатываемой.

6. Остаточное содержание активного хлора

Вода для промывки скорых фильтров насосной станцией забирается из резервуаров чистой воды после вторичного хлорирования, следовательно, в промывной воде должны быть остаточные концентрации хлора. Содержание активного остаточного хлора в промывной воде на станциях водопровода г. Ростова-на-Дону колеблется в пределах 0,73 до 0,85 мг/дм³. В промывной воде от скорых фильтров Донского водопровода г. Таганрога содержание активного хлора от 0,88 до 1,95 мг/дм³.

7. Остаточный ВПК-402

В период исследований высокомолекулярный флокулянт ВПК-402, в зависимости от мутности исходной воды, применялся с дозами от 0,05 до 0,18 мг/дм³. Для определения содержания остаточного катионного флокулянта ВПК-402 в настоящее время применяется методика, разработанная РНИИ АКХ для питьевых вод, предусматривающая определение оптической плотности специально подготовленного раствора и последующий расчет содержания ВПК-402. Отбираемая вода после промывки скорых фильтров содержит большое количество взвешенных веществ, поэтому определение возможно только после предварительного отстаивания и отбора наиболее осветленной части пробы, что вносит большую погрешность в определение. Проведенные измерения дали интервал концентраций от менее 0,02 мг/дм³ до 0,23 мг/дм³, однако, в связи с выше сказанным, здесь не учтено определенное количество

флокулянта, находящегося на поверхности хлопьев и не потерявшего способность к связыванию частиц взвеси.

8. Содержание патогенных микроорганизмов

В течение всех периодов года совместно с Ростовским-на-Дону «НИИ микробиологии и паразитологии» производился анализ промывной воды на содержание в ней патогенных микроорганизмов. Выявлено, что в основном бактериальное загрязнение промывной воды наблюдается в период весна – осень (табл. 2).

Результаты исследования качества промывных вод позволяют сделать следующие выводы:

1. при возврате промывных вод в основной поток обрабатываемой воды необходимо учитывать стабильно высокое содержание взвешенных веществ, а в весенне-летний период – ее среднюю цветность;
2. промывная вода фильтров имеет бактериальное загрязнение в течение всего года меньше, чем подаваемая на обработку речная вода;
3. на процесс разделения суспензии большое влияние будет иметь высокое содержание остаточных реагентов, в частности ВПК-402.

Таблица 2. Результаты микробиологического исследования промывных вод скорых фильтров

Время года	№ пробы	Содержание патогенных микроорганизмов на 25 л воды
Весна	1	2 яйца аскариды, 4 цисты лямблии
	3	3 яйца токсакары, 1 яйцо аскариды, личинки
Лето	5	2 яйца аскариды, 2 цисты лямблии
	6	1 погибшая токсакара, 1 погибшая аскарида
	7	не обнаружено
Осень	8	1 погибшая аскарида
	9	1 погибшая токсакара
	10	1 погибшая токсакара, 2 погибших яйца аскариды, 1 циста лямблии
	11	1 погибшая токсакара

Кафедрой водоснабжения и водоотведения РГСУ выполнены исследования по изучению обработки промывных вод без использования и с использованием реагентов (оксихлориды – WAC HB, Полвак 40, Полвак 68, Бопак-Е и АКВА-АУРАТ™30, флокулянты – ПАА, флокулянты серии LT), в результате были предложены следующие схемы СПИВ.

Схема 1. Сбрасываемая после промывки скорых фильтров вода поступает в сооружения повторного использования, где различными способами не допускается осаждение взвешенных частиц. Из сооружений равномерно в течение суток промывная вода перекачивается в смеситель

основных сооружений (рис. 4). Предлагаемая схема работает следующим образом: из резервуаров чистой воды насосной станцией вода подается на промывку скорых фильтров, загрязненная промывная вода поступает в сооружения повторного использования, выполняющие функции усреднителей расхода, в которых происходит ее взмучивание тем или иным способом, а из него промывные воды равномерно в течение суток подаются в смеситель.

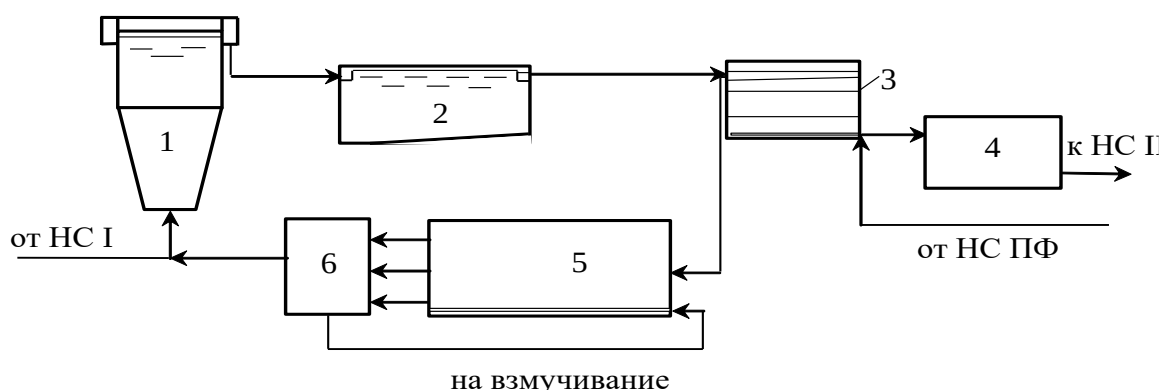


Рисунок 4. Технологическая схема возврата неосветленных промывных вод в основной поток природной воды.

1 - смеситель; 2 – отстойники; 3 – скорые фильтры; 4 – резервуар чистой воды; 5 – сооружение повторного использования; 6 – насосная станция промывных вод

Достоинства предлагаемой схемы:

1. сооружения повторного использования просты по конструкции, не требуют устройства системы удаления осадка, надежной и эффективной системы сбора и распределения промывной воды;
2. практически нет необходимости в ежедневном контроле;
3. весь осадок, образующийся на сооружениях обработки природных вод, концентрируется в отстойных сооружениях.

Недостатки предлагаемой схемы:

1. высокие затраты электроэнергии на перекачивание промывных вод (непосредственно на перекачивание в смеситель и на недопущение осаждения взвешенных веществ в сооружении);
2. введение в смеситель промывных вод с высоким содержанием взвешенных веществ в период низкой мутности природных вод приводит к ухудшению качества отстоянной воды;
3. введение дополнительного количества взвешенных веществ в отстойники приведет к уменьшению периода между промывками отстойника, что, в свою очередь, приведет к увеличению расхода воды на собственные нужды

Схема 2. Сбрасываемая после промывки скорых фильтров вода поступает в сооружения повторного использования, где и происходит

отстаивание промывных вод. Отстоянные промывные воды равномерно в течение суток перекачиваются в голову сооружений в смеситель (рис. 5).

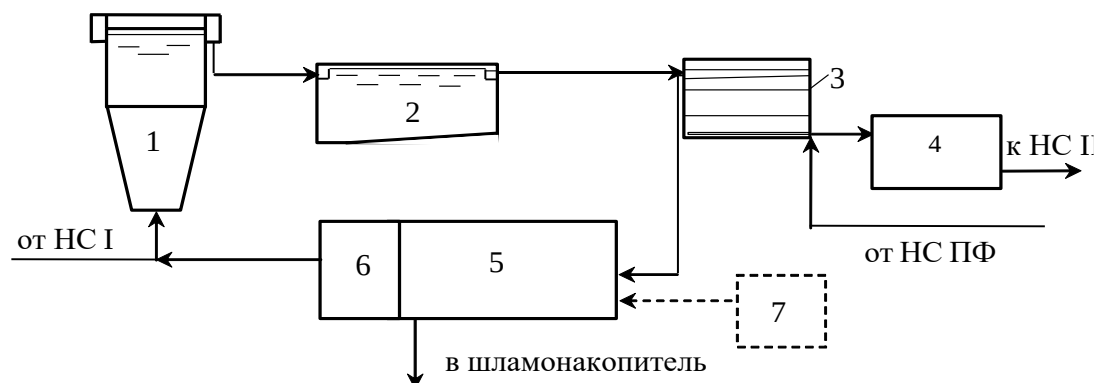


Рисунок 5. Технологическая схема возврата отстоянных без применения реагентов промывных вод в основной поток осветляемой природной воды:

1 – смеситель; 2 – отстойники; 3 – скорые фильтры; 4 – резервуар чистой воды;
5 – отстойное отделение отстойника-усреднителя; 6 – насосное отделение отстойника-усреднителя; 7 – воздуходувная станция

Во время промывки скорых фильтров вода поступает в отстойники-усреднители. Количество заполненных после промывки фильтров отделений отстойников на одно меньше, чем их общее число. Поступившая промывная вода отстаивается, либо сначала перемешивается воздухом, а затем отстаивается в течение определенного времени, достигая требуемого эффекта осветления. Осветленная промывная вода перекачивается насосами в голову сооружений в смеситель, а в отстойнике, в который во время промывки не поступала промывная вода, происходит удаление осадка. На время начала следующей промывки скорых фильтров остается заполненным одно отделение отстойника-усреднителя (из него происходит перекачка промывной воды во время наполнения остальных отстойников и осветления в них промывных вод). Далее процесс повторяется с выводом на промывку отстойников по очереди.

Достоинства предлагаемой схемы:

1. содержание взвешенных веществ в промывной воде, добавляемой в смеситель, намного меньше, чем в первой схеме, что уменьшает негативное влияние добавления промывных вод на процесс осветления основных сооружений;

2. удаление осадка из отделений отстойника-усреднителя производится периодически с применением напорной гидравлической системы удаления осадка;

3. процесс перекачивания промывных вод по энергоемкости более выгоден, чем при первой схеме.

Недостатки предлагаемой схемы:

1. требует постоянного квалифицированного обслуживания;
2. необходимо устройство шламонакопителя для сбора осадка.

Схема 3. Аналогично схеме 2 с обработкой промывной воды реагентом (рис. 6).

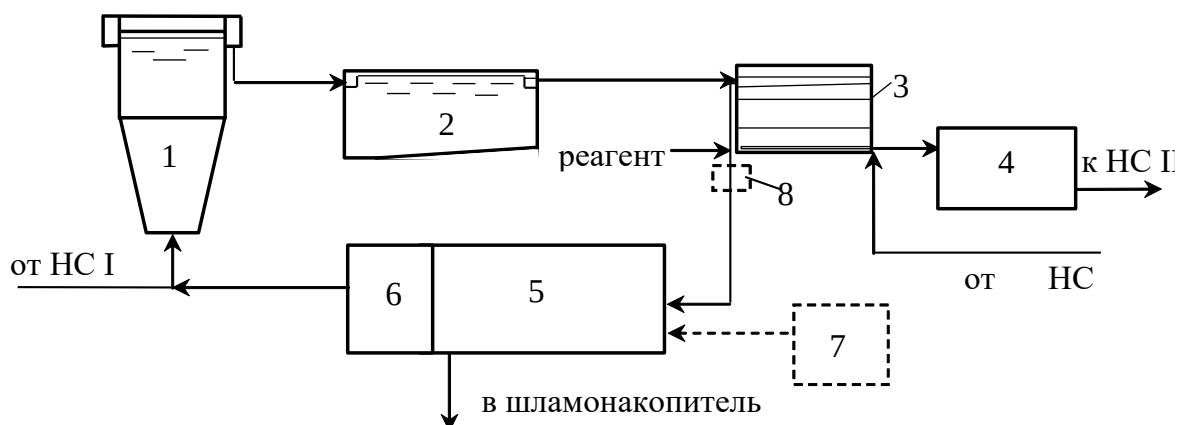


Рисунок 6. Технологическая схема возврата отстаивных с применением реагентов промывных вод в основной поток осветляемой природной воды:
 1 – смеситель; 2 – отстойники; 3 – скорые фильтры; 4 – резервуар чистой воды;
 5 – отстойное отделение отстойника-усреднителя; 6 – насосное отделение отстойника-усреднителя; 7 – воздуходувная станция; 8 – механический смеситель

Последовательность работы сооружений аналогична указанной в описании схемы 2. В отличие от схемы 2, сразу после фильтров в промывную воду вводится реагент, а при невозможности обеспечения необходимого режима смешения предусматривается устройство механического смесителя.

Достоинства предлагаемой схемы:

1. содержание взвешенных веществ в промывной воде стабильно в течение всего периода года независимо от изменения качества поступающей в сооружения воды;
2. микробиологическое загрязнение промывных вод намного меньше, чем в двух предыдущих схемах;
3. удаление осадка из отстойника-усреднителя производится периодически с применением напорной гидравлической системы удаления осадка;
4. процесс перекачивания промывных вод по энергоемкости более выгоден, чем при первой схеме;
5. качество промывной воды позволяет добавлять промывную воду не только перед смесителем, но и непосредственно перед фильтрами.

Недостатки предлагаемой схемы:

1. требует постоянного квалифицированного обслуживания;
2. необходимо устройство реагентного хозяйства, шламонакопителя для сбора осадка, а в ряде случаев механического смесителя.

ВЫВОДЫ

1. Внедрение СПИВ не терпит уравнительного подхода и должно основываться на тщательном исследовании станции водоподготовки и образующихся промывных вод от фильтров.

2. Использование СПИВ еще более остро ставит проблему обработки и утилизации осадков, образующихся на станциях водоподготовки.

УДК 628.16.099.72:001.31

КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОЧИСТКИ ВЫСОКОЦВЕТНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОД

Н.С. Латышев, П.А. Ивкин, Л.В. Гандурина

ОАО «Научно-исследовательский институт ВОДГЕО», г. Москва, Россия

В работе приведены характеристика и результаты сравнительных и экспериментальных исследований по эффективности использования при водоочистке неорганического коагулянта ОХА АА™30, органического коагулянта полигексаметиленгуанидин (ПГМГ) с добавлением и без флокулянта ПРАЕСТОЛ.

Большинство поверхностных источников питьевого и технического водоснабжения средней полосы России, северных регионов и Западной Сибири характеризуются малой мутностью, высокой цветностью и низкой среднегодовой температурой. Технология очистки на водоочистных сооружениях, как правило, разрабатывалась в 40 – 50-е годы прошлого века и в настоящее время не удовлетворяет все более ужесточающимся требованиям. В настоящее время существуют многочисленные способы интенсификации очистки высокоцветных маломутных вод с применением новых современных коагулянтов, флокулянтов, фильтрующих материалов, а также с помощью конструктивных изменений водоочистного оборудования [1]. Представляет интерес оценить эффективность различных способов интенсификации существующих технологий очистки природных высокоцветных вод, как по отдельности, так и в их сочетании.

Поскольку основным элементом технологических схем очистки высокоцветных вод является коагуляция солями алюминия с предварительным хлорированием [1], в воде неизбежно присутствуют вторичные загрязнения: ионы алюминия и хлорорганические соединения, требующие различных методов доочистки, что приводит к усложнению технологии водоподготовки. Одним из вариантов устранения негативных последствий, связанных с вторичным загрязнением воды, является применение органических коагулянтов, обладающих бактерицидным эффектом. К таким реагентам относится органический бактерицидный полиэлектролит – полигексаметиленгуанидин гидрохлорид (ПГМГ).

В лабораторных условиях НИИ ВОДГЕО было проведено сравнение эффективности применения оксихлорида алюминия (ОХА) марки «АКВА-АУРАТ™18» и ПГМГ марки «Полисепт» для очистки модельной воды, содержащей гумат натрия, по схеме: смешение - контактное фильтрование. Цветность модельной воды составляла 140 – 180 °ПКШ. опыты показали, что дозы ПГМГ в 2 раза меньше, а цветность очищенной воды выше в сравнении с неорганическим коагулянт ОХА (рис.1). Однако и в том, и в другом случае цветность фильтрованной воды ниже нормативной величины и составляет 6 – 11 °ПКШ. При этом установлено, что на цветность фильтрованной воды оказывает влияние продолжительность перемешивания на стадии смешения. Оптимальное время смешения для ПГМГ составляет 2 – 2,5 мин, для ОХА – 1 мин при интенсивности, оцениваемой по величине среднего градиента скорости G , равного 350 с^{-1} (рис. 2). Последующая стадия хлопьеобразования не увеличивает эффективность обесцвечивания природных вод с использованием ПГМГ, а даже несколько ухудшает качество воды по цветности.

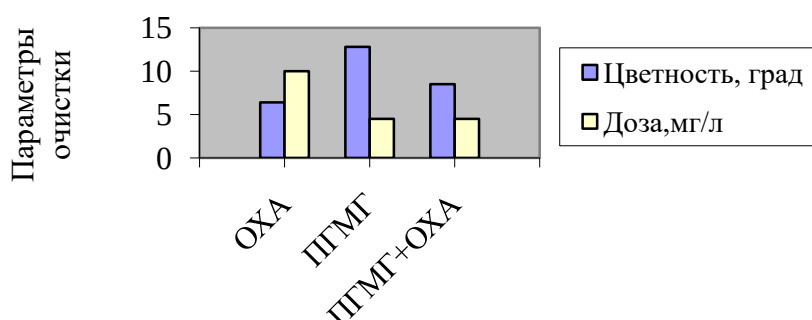


Рисунок 1. Зависимость цветности модельной воды и оптимальной дозы от вида реагента
Ц = 140 мг/л

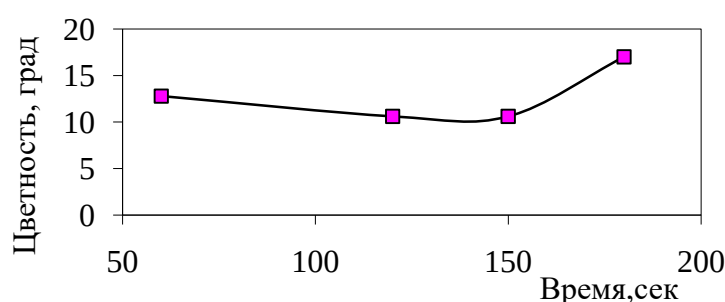


Рисунок 2. Зависимость цветности модельной фильтрованной воды, обработанной ПГМГ (5 мг/л), от времени смешения

Применение органического коагулянта ПГМГ при контактном фильтровании с одновременным использованием в качестве фильтрующей загрузки алюмосиликатного сорбента «Глинт» [1], обладающего высокой способностью задерживать гумусовые вещества, позволяет дополнительно снизить цветность очищаемой воды при контактном фильтровании до 3 –

5 град. Сорбционная емкость сорбента «Глинт», которая была определена в статических условиях по отношению к гумату натрия, составляет 1,1 – 1,4 град цветности на 1 г фильтрующей загрузки.

Кроме контактного фильтрования широко распространена схема: смешение – реагентное отстаивание – фильтрация. В этой схеме очистки высокоцветных вод применение низкомолекулярных ОХА и ПГМГ эффективно только в сочетании с высокомолекулярными флокулянтами, способствующими укрупнению хлопьев и увеличению скорости их осаждения. На рис. 3 представлены результаты осветления воды при использовании одного ПГМГ и совместно с флокулянтами Праестол.

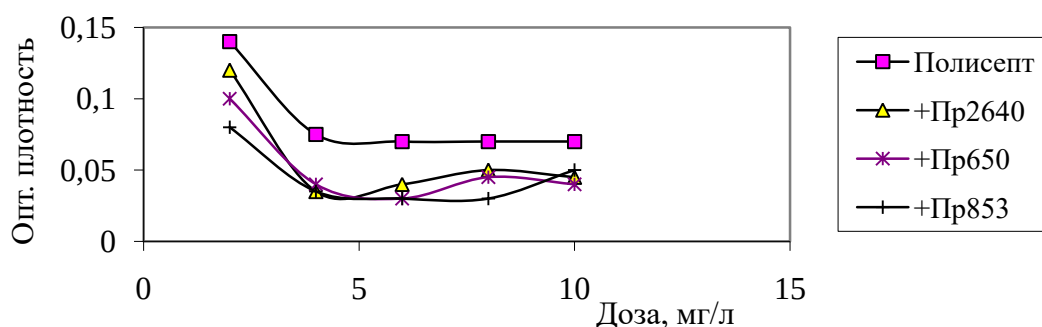


Рисунок 3. Зависимость мутности воды (D 540) от дозы ПГМГ при соотношении ПГМГ : Праестол = 10 : 1

Как следует из представленных данных, мутность отстоянной воды с применением флокулянтов снижается с 10 до 4,7 мг/л при одновременном уменьшении продолжительность отстаивания с 30 до 15 мин. Природа флокулянта не влияет на степень снижения мутности при оптимальной дозе ПГМГ. Однако при использовании Пр 853 стабильный эффект осветления наблюдается в более широком интервале доз ПГМГ от 4 до 8 мг/л, чем с другими флокулянтами.

Цветность воды лучше снижается при использовании ПГМГ совместно с Пр 650 или Пр 853, хотя на снижение цветности флокулянты оказывают меньше влияния, чем на уменьшение мутности. Если мутность снижается в 2 раза при дополнительной обработке воды Пр 853 по сравнению с ПГМГ, то цветность уменьшается с 12,7 до 9,3 мг/л (рис. 4).

Улучшение гидродинамических условий подготовки хлопьев на стадии хлопьеобразования, как и следовало, ожидать, способствует снижению мутности, как при самостоятельном применении коагулянтов, так и совместно с флокулянтами. Например, остаточная мутность при отстаивании воды по схеме без камеры хлопьеобразования уменьшается с 28 до 25 мг/л при использовании одного ПГМГ и до 6,7 мг/л в схеме с камерой хлопьеобразования при продолжительности перемешивания 10 мин и $G = 100 \text{ с}^{-1}$.

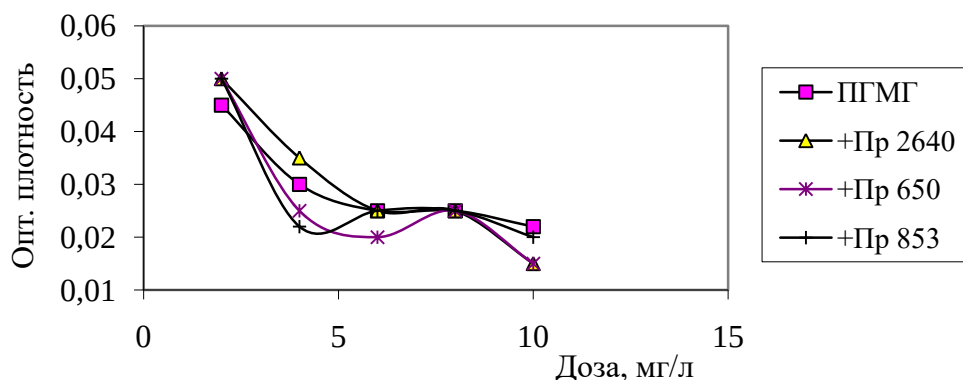


Рисунок 4. Зависимость цветности воды (D 400) от дозы ПГМГ при соотношении ПГМГ: Праестол = 10 : 1

Кинетика отстаивания модельной воды, обработанной разными сочетаниями реагентов в оптимальном режиме, представлена на рис. 5. Как следует из представленных данных, максимальное осветление модельной воды достигается уже за 5 мин отстаивания, что соответствует гидравлической крупности скоагулированных загрязнений 0,2 мм/с. Эффективность снижения мутности и цветности в одинаковых условиях немного выше при применении ОХА совместно с флокулянтами, чем ПГМГ, что, вероятно, определяется дополнительным эффектом, вносимым продуктами гидролиза неорганического коагулянта.

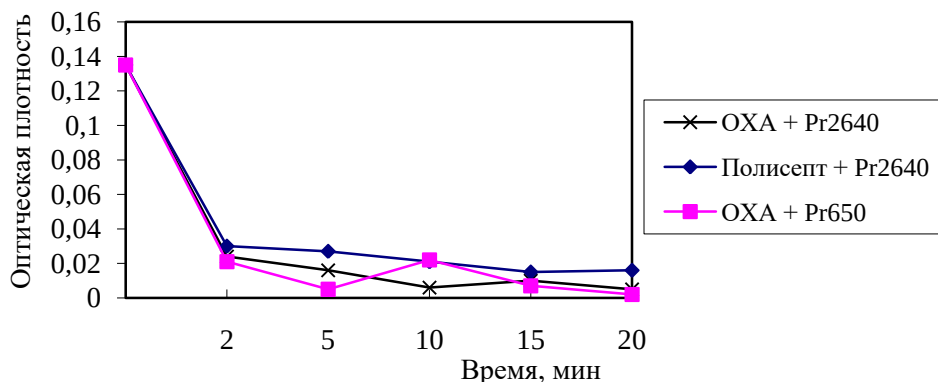


Рисунок 5. Кинетика отстаивания модельной воды, обработанной реагентами

Таким образом, применение ПГМГ в двухступенных схемах очистки высокоцветных вод может с успехом заменить применение ОХА.

Для повышения эффективности фильтрования воды на второй ступени предложено использовать однослойную загрузку с применением алюмосиликатного сорбента. В качестве такого сорбента могут выступать: адсорбент «Глинт» производства ЗАО «Квант Минерал», обладающий повышенной сорбционной способностью по отношению к гумусовым веществам, и «Сорбент АС» производства ЗАО «АЛСИС» с высокой сорбционной способностью по отношению к металлам [2]. По сравнению с

адсорбентом «Глинт» «Сорбент АС» обеспечивает более высокую скорость фильтрования 10 м/ч и более низкую интенсивность промывки 9 – 10 л/с·м² по сравнению с 5 м/ч и 14 – 15 л/с·м² у «Глинта» соответственно. Это приводит к уменьшению площади фильтрации и повышенному расходу воды на промывку. Также недостатком «Глинта» является необходимость в активации адсорбента сульфатом или хлоридом магния, что существенно усложняет эксплуатацию сооружений.

Проверка эффективности очистки воды р. Березина на экспериментальной установке по двухступенной схеме с применением в качестве реагентов ОХА (25 мг/л) совместно с Праестол 650 (1 мг/л) на первой ступени и «Сорбента АС» на второй ступени позволило снизить содержание железа с 1,2 до 0,16 – 0,22 мг/л. Одновременно уменьшилась цветность воды со 152 – 184 до 8,7 – 17 °ПКШ, перманганатная окисляемость с 7,7 – 16 до 1 – 4,2 мг/л, взвешенные вещества с 2,8 – 10 до 0 – 1,8 мг/л.

При дальнейших экспериментах предложенные сорбционные материалы будут изучены при двухслойной загрузке фильтров.

Результаты лабораторных исследований были использованы при модернизации существующих водоочистных сооружений технического водоснабжения бумажного производства. Особенностью производства бумаги высокого качества являются повышенные требования к качеству очищенной воды, а именно: по цветности и железу жестче, чем для питьевой воды; наличие в воде хлорорганических соединений недопустимо. Для внедрения в технологию была разработана и запроектирована конструкция вертикального осветлителя [3], отличающегося наличием множества вихреобразующих ячеек, участвующих в смешении реагентов.

ВЫВОДЫ

1. Установлена эффективность применения современных дезинфицирующих органических коагулянтов в одно- и двухступенных схемах очистки высокоцветных природных вод наравне с традиционной схемой обработки высокоцветных вод оксихлоридом алюминия.

2. Установлена эффективность применения современных алюмосиликатных сорбентов в зависимости от условий фильтрования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аюкаев Р.И. Проблемы удаления гумусовых веществ из поверхностных и подземных вод России / Р.И. Аюкаев, Е.Г. Петров, Р.Р. Аюкаев // Вода и экология. -2000.- № 1. – С. 2.
2. Данилов А.А. «Сорбент АС» – адсорбент для физико-химической очистки воды // Нов. технол. и оборуд. в водоснабж. и водоотведении. 2005. - № 5. – С. 42.

3. Патент RU №66971, МКИ: B01D 21/08, C02F 1/52. Вертикальный осветлитель / Ивкин П.А., Латышев Н.С., Любопытов Д.М., Казаков А.В., Темрук В.И., Алексеенок В.В.; заявитель и патентообладатель ОАО «НИИ ВОДГЕО» – № 2007117632/22; заявл. 14.05.07; опубл. 10.10.07, Бюл. № 28 – 3 с.

УДК 628.162.82.002.5

КОМБИНИРОВАННЫЕ КАМЕРЫ ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ – ВИХРЕВЫЕ И СО СЛОЕМ ВЗВЕШЕННОГО ОСАДКА

И.П. Турянский

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

В статье сделан анализ режима работы существующих камер хлопьеобразования со слоем взвешенного осадка, выявлены их основные конструктивные и эксплуатационные недостатки. Предложена универсальная камера хлопьеобразования с выделенной вихревой зоной реакции и взвешенным слоем осадка.

На ряде водопроводов юга России (гг. Ростов-на-Дону, Анапа, Армавир, Невинномысск) в 60-е годы прошлого века были построены камеры хлопьеобразования со слоем взвешенного осадка. В процессе эксплуатации выяснилась неудовлетворительная работа этих сооружений по ряду причин:

1. При работе на воде средней и высокой мутности камеры, имеющие длинные распределительные трубы и практически плоское дно, регулярно забивались осадком до верха водосливной перегородки. При этом прекращалась подача воды через отверстия распределительных труб вследствие завалов уплотненного осадка.

Эксплуатационники вынуждены были прорезать «окна» в начале коллектора и потоки воды проходили по наклонной плоскости уплотненного осадка к водосливной перегородке, образуя зону, лишенную взвешенного слоя. Процесс коагуляции в таких камерах реакции оказывался незавершенным, формирование хлопьев происходило во входной части отстойника и за счет этого сокращалась активная зона осаждения. В результате нарушался нормальный режим работы отстойника.

2. В период эксплуатации камер со слоем взвешенного осадка на водах с малой мутностью и низкой температурой процесс образования хлопьев резко затормаживался и взвешенный слой практически не образовывался, а емкость камеры фактически использовалась как дополнительный объем к отстойнику. При наличии мелких хлопьев отстойники не могли обеспечивать необходимый эффект очистки воды и вся «грязевая» нагрузка приходилась на фильтры.

3. В процессе эксплуатации, особенно в летние периоды в связи с резкими изменениями водопотребления, расходы на камеры хлопьеобразования не представляется возможным поддерживать постоянными, нарушалось основное условие работы камер – формирование в них взвешенного слоя. Происходил размыв взвешенного слоя, и камеры хлопьеобразования работали в нештатном для них режиме, что приводило к снижению эффективности осветления воды в отстойниках.

4. Кроме того, на работу камер оказывают отрицательное влияние и аварийные отключения электроэнергии, т.к. при прекращении подачи воды осадок взвешенного слоя забивает распределительные системы, что приводит к нарушению равномерности распределения воды по площади сооружения и контактная среда не образуется.

Учитывая все перечисленные недостатки в работе типовых камер хлопьеобразования, на кафедре «Водоснабжение и водоотведение» РГСУ разработаны универсальные камеры, имеющие две зоны: вихревую и взвешенного слоя, такие камеры при эксплуатации в периоды малой мутности и низкой температуры обеспечивают формирование крупных хлопьев в вихревой зоне хлопьеобразования вследствие особых гидродинамических условий, заложенных в конструкции (угол конусности, время контакта, скорость в верхнем сечении вихревой зоны).

Наличие распределительной панели между зонами вихревой и взвешенного слоя повышает равномерность распределения воды по площади сооружения и снижает процессы разрушения хлопьевидной взвеси в зоне повышенных скоростей возле распределительных труб. В этом случае создаются более благоприятные условия для формирования и сохранения взвешенного слоя.

Формирование взвешенного слоя из готовых, более однородных по размерам хлопьев приводит к увеличению объемной и весовой концентраций в 1,5 – 2 раза, и в отстойник поступает вода с крупными легко оседающими хлопьями, что приводит к повышению эффекта осветления.

По рекомендациям кафедры «Водоснабжение и водоотведение» РГСУ на Анапском водопроводе была переоборудована одна из шести камер хлопьеобразования. В течение года эксплуатации реконструированной камеры хлопьеобразования была подтверждена достаточно эффективная ее работа. По заказу ПУ «Водоканал» г. Анапы Ростовское отделение института «Гипрокоммунводоканал» разработало проект реконструкции всего блока камер хлопьеобразования для Анапского водопровода.

На основании этого проекта все шесть камер были переоборудованы в универсальные камеры со слоем взвешенного осадка и выделенной зоной хлопьеобразования. Продолжительный период эксплуатации этих камер

подтвердил высокую эффективность их работы в тяжелых условиях на воде р. Кубань, характеризующейся широким диапазоном изменения содержания взвешенных веществ и температурным перепадом.

УДК 628.16.066.7:001.31

ОПЫТ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МОДЕРНИЗАЦИИ И ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАБОТЫ ОСВЕТИТЕЛЕЙ И ОТСТОЙНИКОВ НА СТАНЦИЯХ ВОДООЧИСТКИ

Л.И. Вольтруб

ОАО «Научно-исследовательский институт коммунального водоснабжения и очистки воды», г. Москва, Россия

Анализ работы существующих отстойников и осветлителей, предложения по модернизации их конструктивного устройства и результаты по улучшению их работы.

Необходимость модернизации существующих конструкций осветлителей и отстойников, эксплуатируемых на большинстве коммунальных предприятий страны, вызвана тем, что, как показывает опыт их эксплуатации, производительность данных сооружений не соответствует проектным показателям, а качество осветленной воды не удовлетворяет современным требованиям водоподготовки.

Это связано с конструктивными и технологическими недостатками отстойников и осветлителей, которые в настоящее время технически и морально устарели.

Неустойчивый турбулентный режим осаждения, низкие коэффициенты объемного использования, отсутствие эффективно работающей камеры хлопьеобразования являются основными причинами неудовлетворительной работы этих сооружений. Указанные недостатки, а как следствие низкая производительность и неудовлетворительное качество осветленной воды, создают серьезные трудности при внедрении новых прогрессивных технологий умягчения и обессоливания воды в энергетике, в коммунальном хозяйстве – сложности при обеспечении населения водой, отвечающей требованиям санитарных норм.

Модернизация отстойников и осветлителей с целью получения осветленной воды с низким содержанием взвешенных веществ, железа, органики позволяет улучшить технико-экономические показатели существующих станций водоочистки, а также обеспечить возможность внедрения новых современных технологий для фильтровальных сооружений.

Предлагаемые мероприятия по реконструкции отстойников и осветлителей включают в себя следующие технические решения.

1. В зоне осаждения устанавливаются тонкослойные отстойные модули, обеспечивающие устойчивый, близкий к ламинарному, режим осаждения в слоях небольшой высоты (5 – 10 см).

Применяемые в настоящее время на ряде объектов тонкослойные модули изготавливаются из жестких полимерных материалов или металла, обладают значительным весом, сложны в транспортировке и хранении, и, самое главное, монтаже. Жесткость конструкции и недостаточная чистота обработки поверхности материалов, из которых изготавливаются модули, повышают адгезию образующегося осадка к поверхности материала, что в свою очередь, затрудняет его сползание в наклонных ячейках тонкослойной системы. Накопившийся осадок приводит к снижению качества осветленной воды и к дополнительным эксплуатационным расходам, связанным с его удалением.

Разработанная нами конструкция тонкослойных отстойных блоков, свариваемых из полиэтиленовой пленки толщиной $250 \div 300$ мкм методом экструдированной присадки, лишена этих недостатков и отвечает требованиям транспортабельности, прочности, долговечности, простоты монтажа и демонтажа, обладает небольшим весом, коррозионной устойчивостью.

Существенным достоинством блоков из полиэтиленовой пленки, по сравнению с самонесущими отечественными блоками из жестких материалов, является более низкий коэффициент трения и наличие микроколебаний поверхности тонкослойных элементов, обеспечивающих постоянное сползание ранее выпавшего осадка и отсутствие его накопления в объеме каждой ячейки, включая тяжелые известковые осадки.

Применяемая последовательность соединения пленки в сотовую конструкцию обеспечивает их пространственную устойчивость и возможность растягивать на рамы из уголков только по периметру, т. к. экструдированная присадка создает внутренний каркас, обеспечивающий жесткость и прочность конструкции.

Вес 1 м^2 (по площади зеркала воды) сотоблока, растянутого на рамы из уголков $25 \times 25 \times 4$ или $32 \times 32 \times 3$, не превышает $20 \div 25$ кг, что является важным достоинством использования полимерных пленок в качестве материала для изготовления тонкослойных блоков. Следует учитывать, что высота осаждения в тонком слое каждой ячейки не превышает 10 – 5 см., поэтому тонкослойные отстойные сооружения отличаются повышенной материалоемкостью и его стоимость и вес во многих случаях определяют целесообразность применения метода тонкослойного осаждения взвеси для каждого конкретного объекта.

2. Тонкослойные хлопьеобразующие сотоблоки устанавливаются в зоне взвешенного слоя ниже осадкоприемных окон осветлителей или в

камерах хлопьеобразования отстойников. Реализация процессов коагуляции и хлопьеобразования в замкнутом пространстве ячеистой конструкции значительно повышает их эффективность. Скоагулированная взвесь, поступающая в тонкослойные элементы, эффективно осаждается в слоях небольшой высоты и накапливается на их поверхности. Достигнув определенной критической массы, она сползает по резко наклонной (под углом 70°) поверхности элемента и, в концентрированном состоянии, встречается с вновь образующимися хлопьями, являясь для них адгезионно-активной контактной средой.

3. При осветлении маломутных цветных вод, характеризующихся также низкой щелочностью и особенной сложностью образования способных к осаждению хлопьев, в нижней зоне осветлителей или камер хлопьеобразования устанавливаются низконапорные, низкоскоростные рециркуляторы, которые в дополнение к сотоблокам также способствуют повышению эффективности процессов хлопьеобразования и, соответственно, концентрации слоя взвешенного осадка. Рассчитанные по разработанной нами методике рециркуляторы обеспечивают степень эжекции в пределах $20 \div 25 \%$ (оптимальную) при потерях напора, не превышающих $0,3 \div 0,4$ м; поэтому при установке рециркуляторов требуется только на 0,5 м поднять смесителе отметки излива поступающей на осветление воды.

4. Для увеличения коэффициента объемного использования отстойных сооружений и, соответственно, увеличения времени пребывания в них воды, приближая его к расчетному, а также обеспечения равномерного распределения воды по всей площади тонкослойных элементов изменяется система сбора осветленной воды.

Сбор воды организуется равномерным по всей отстойной площади системой радиальных перфорированных труб и кольцевым транспортирующим желобом, соединенным лотком с существующим приемным коробом для круглых в плане осветлителей и вертикальных отстойников. Для горизонтальных отстойников применяется продольный транспортирующий желоб, в который попадает вода из поперечных дырчатых сборных желобов.

При модернизации существующих отстойников и осветлителей отметки расположения отверстий в перфорированных трубах и лотках остаются такими же, как и в существующих сборниках, поэтому гидравлическая схема работы осветлителей, камер хлопьеобразования и отстойников при их модернизации остаются прежними.

Предлагаемые технические решения являются оригинальными современными разработками, защищенными патентами РФ (№ 38634 и № 40297), прошедшими многолетние успешные производственные испытания на станциях водоподготовки, работающих в условиях

качественного разнообразия природных вод и методов их обработки (рис. 2). Впервые в 1998 г. по нашим рекомендациям была осуществлена последовательно реконструкция двух осветлителей ВТИ-350, расположенных на предочистке Каширской ГРЭС, источником водоснабжения которой является река Ока (был установлен верхний ярус модулей и рассредоточенная сборная система). Наладочные работы реконструированных осветлителей проводились наладочной фирмой ОРГРЭС. По результатам наладки были сделаны следующие выводы: «Выполненная химцехом модернизация предочистки дала возможность получить на отечественном серийном оборудовании, проработавшем более 25 лет, осветленную воду, по качеству отвечающую как отечественным нормам, так и более жестким требованиям изготовителей современных импортных ионитов. Качество осветленной воды характеризуется следующими показателями: взвешенные вещества — менее 1 мг/л; железо — менее 0,1 мг/л; окисляемость — менее 2 мг/л; нестабильность — менее 0,05 мг-экв/кг. Модернизация предочистки, получение осветленной воды с низким содержанием взвешенных веществ, железа, органики позволяет улучшить технико-экономические показатели существующих водоочистных сооружений, а также обеспечить возможность внедрения современных технологий водоподготовки (обратный осмос, новые фильтрующие материалы.)».

В 1998 г. на станции водоочистки Объединенного института ядерных исследований г. Дубна были реконструированы осветлители конструкции ВНИИГС в тонкослойные с тонкослойно-рециркуляционными камерами хлопьеобразования, что позволило на 30 ÷ 40 % поднять их производительность и обеспечить высокое качество осветления воды.

В августе 2004 г. были пущены в эксплуатацию 2 модернизированных осветлителя на новом блоке ХВО Конаковской ГРЭС ВТИ-250И, работающие в режиме коагуляции, установлен верхний ярус модулей и рассредоточенная сборная система. Качество осветленной воды удовлетворяет требованиям эксплуатации (процент съема органики — 70 ÷ 75 %, взвешенных веществ — 90 ÷ 95 %).

В 2004 – 2005 гг. были последовательно пущены в эксплуатацию 2 осветлителя ВТИ-400 в цехе химводоочистки Балтийской ТЭЦ, работающие в режиме коагуляции сернокислым алюминием и флокулянтom. Была выполнена полная модернизация осветлителей, включая установку двух ярусов модулей, рециркуляторов и рассредоточенной системы сбора осветленной воды.

Реконструкция осветлителей № 1 и № 2 позволила получать воду, полностью отвечающую требованиям эксплуатации и современным технологиям (мембранная технология), а также увеличить производительность почти в 2 раза (табл. 1).

Таблица 1. Показатели качества воды до и после реконструкции осветлителей

Показатели качества воды	Показатели качества исходной воды	Показатели качества осветленной воды до реконструкции осветлителей №1 и №2	Показатели качества осветленной воды после реконструкции осветлителей №1 и №2	
Окисляемость, мг O ₂ /л	9,98	5 ÷ 6	3,0	2,85
Fe, мг/л	0,27	0,15 – 0,17	0,02	0,01
Взвешенные вещества, мг/л	16,3	8,0	0,34 – 0,4	0,9
SiO ₂ раств., мг/л	2,0	2,0	1,6	1,6
Производительность, м ³ /ч		150	280 – 300	280 – 300

В 2005 г. выполнена модернизация осветлителя ВТИ-250 на ОАО «Дорогобуж» и осветлителя ЦНИИ-2 «Новгородская генерирующая компания». На первом этапе работ по модернизации осветлителей ОАО «Дорогобуж» была выполнена только рассредоточенная система сбора осветленной воды и установлен верхний ярус тонкослойных отстойных блоков. Значительно более существенные результаты по повышению производительности на 30 – 40 % и снижению содержания железа и органики в 2 ÷ 3 раза были достигнуты после установки нижнего (хлопьеобразующего) яруса модулей.

Модернизация осветлителя ЦНИИ-2, работающего в режиме подщелачивания, коагуляции и флокуляции при очистке маломутной и высокоцветной воды р. Вохов, обеспечила возможность повышения его производительности с 250 ÷ 280 т/ч до 350 ÷ 400 т/ч при одновременном снижении содержания на 30 ÷ 40 % алюминия и органических загрязнений. Установлены верхний и нижний ярусы модулей и рассредоточенная сборная система.

В декабре 2007 года была пущена в эксплуатацию станция водоочистки производительностью 140,0 тыс. м³/сут в г. Нижнекамске. Источником водоснабжения является маломутная высокоцветная вода р. Кама. Очистка воды осуществляется по двухступенчатой схеме, имеющей в качестве первой ступени 12 горизонтальных тонкослойных отстойников со встроенными тонкослойно-рециркуляционными камерами хлопьеобразования. Использование метода тонкослойного осаждения взвеси и тонкослойно-рециркуляционного хлопьеобразования позволило при проектировании этой станции водоочистки сократить в 2 раза объёмы сооружений первой ступени обработки воды. Проект был выполнен

институтом ГПИ «Союзводоканалпроект» (рис. 1). Проводимые в настоящее время наладочные работы подтверждают высокую эффективность работы этих сооружений.

Разработанные нами методы высокоэффективной модернизации отстойных сооружений были использованы так же при конструировании блочных установок полной заводской готовности небольшой производительности ($100 \div 15000 \text{ м}^3/\text{сут}$), известных под товарным знаком «СТРУЯ» и «ВЛАГА».

Водоочистная установка «Влага» производительностью $5000 \div 12500 \text{ м}^3/\text{сут}$ имеет в своем составе тонкослойные отстойники, которые являются современными, высокоэффективными и экономичными сооружениями, в конструкции которых использованы новые оригинальные разработки по совершенствованию процессов хлопьеобразования, осаждения, уплотнения и обезвоживания осадка. Его новизна и преимущество по сравнению с зарубежными и отечественными аналогами защищены патентами Российской Федерации: № 1704389 от 23.02.93 «Установка для очистки воды»; № 1707915 от 24.02.93 «Устройство для осветления воды»; № 1707916 от 29.06.95 «Устройство для очистки воды». В этих патентах реализованы различные технические решения по всем элементам конструкции отстойников.

Использование новых технологических и технических решений позволило в $5 \div 10$ раз снизить объем отстойников установки «Влага» по сравнению с типовыми отстойными сооружениями, рекомендуемыми СНиП 2.04.02-84. Для интенсификации процессов хлопьеобразования, осаждения, уплотнения и обезвоживания осадков используются сотоблоки из полиэтиленовой пленки.

В табл. 2 представлены основные объекты, на которых эксплуатируются водоочистные установки «Влага».

Таблица 2. Качественные показатели воды после ее обработки на модернизированных сооружениях по осветлению и отстаиванию воды в производственных условиях

Год	Объект	Описание работ	Показатели качества
1	2	3	4
1996	г. Черкесск Химическое предприятие им. З.М.Цахилова	Отстойники установки «Влага» производительностью $5000 \text{ м}^3/\text{сут}$ для коммунальных нужд поселка и завода. Коагуляция и флокуляция.	Высокое качество осветленной (после отстойников) воды: мутность $1 \div 3 \text{ мг/л}$, цветность $3 \div 5$ град.

1	2	3	4
2001	г. Айхал, Якутия АК "Алроса"	Коммунальные нужды промпло- щадки и рудника "Юбилейный", производительностью 5000 м ³ /сут. Подщелачивание, коагуляция, флокуляция.	Высокое качество осветленной (пос- ле отстойников) воды: мутность 2÷3 мг/л, цвет- ность 8÷10 град.
2002	г. Рязань. РНПЗ	Подготовка воды перед обратноосмотической установкой для подачи высокочистой воды на котлы высокого давления. Производительность 5000 м ³ /сут.	Качество очищен- ной воды р. Ока отвечало требова- ниям ОО мембран по всем нормируе- мым показателям.
2003	пос. Горный Саратовской области	Коммунальные нужды поселка и завода по уничтожению химического оружия. Коагуляция, флокуляция. Производительность 12500 м ³ /сут.	Требуемое СанПиН 2.1.4.1074-01 качество очистки воды.
2005	г. Мирный, Якутия АК "Алроса"	Коммунальные нужды промплощадки и рудника «Интернациональный», произ- водительностью 5000 м ³ /сут. Подщелачивание, коагуляция, флокуляция.	Высокое качество осветленной (пос- ле отстойников) воды: мутность 3÷ 5 мг/л, цветность 10 ÷ 15 град.

УДК 628.54

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРОВАНИЯ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ВОДЫ

И. Абдурасулов, А.И. Абдурасулов

Кыргызско-Российский Славянский Университет им. Б.Н. Ельцина,
г. Бишкек, Кыргызстан

В статье рассматриваются вопросы использования Ивановского песка Кыргызстана в качестве фильтрующей загрузки водопроводной станции подготовки воды.

В системах коммунального и промышленного водоснабжения для окончательного удаления из природных вод различных ингредиентов, находящихся в виде коллоидов и суспензий и именуемых взвешенными веществами, почти во всех случаях используется фильтрование через зернистые загрузки [1 – 5].

Теория работы зернистого фильтрующего слоя при фильтровании малоконцентрированных суспензий, с отложением суспензий в его порах, разработана Д.М. Минцем [5] и изучена Ю.М. Щехтманом [9] и К.Айвесом [10, 11].

Работа скорого фильтра характеризуется следующими параметрами: производительность, т.е. скорость фильтрования – V_{ϕ} ; продолжительность фильтроцикла, т.е. продолжительность работы фильтра до проскока в фильтрат взвеси концентрацией большей, чем требуемая – t_3 и продолжительность работы фильтра до достижения предельной потери напора – t_n . В свою очередь продолжительность фильтроцикла определяется параметрами фильтрующей загрузки, к которым относятся [5]: высота загрузки – x ; эквивалентный диаметр – $d_{\text{экв}}$; коэффициент неоднородности загрузки – K_n , и свойствами извлекаемой взвеси из раствора. В проектировании для эффективного использования фильтров большое значение имеет правильный выбор, исходя из условий эксплуатации, параметров их работы. Поэтому на практике для работы фильтровальных сооружений необходимо [7] подбор условий, при которых соблюдается следующее равенство:

$$t_3 = \sigma t_n = t_{\text{ц}},$$

где σ – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,2 – 1,3;

t_n – продолжительность работы фильтра до промывки, принимаемая в соответствии с требованиями [8]

Оценка параметров работы фильтра производится исходя из технологического моделирования процесса фильтрования малоконцентрированных суспензий [5]. Основой технологического моделирования является определение момента ухудшения качества воды по толщине фильтрующей загрузки и прироста потери напора. В последнее время разработан другой, более упрощённый метод технологического моделирования [4, 6], который основан на наблюдении прироста потерь напора в толще загрузки с помощью большого количества пьезометров – *пьезометрический метод*.

На практике СНиПом по водоснабжению рекомендуется в качестве фильтрующей загрузки зернистых фильтров использовать Волгоградский кварцевый песок. Это можно объяснить тем, что все теоретические предпосылки для расчёта скорого фильтра базировались на технологических параметрах этого песка [8].

Для Кыргызской Республики представляет определённую экономическую и организационную сложность использование на водопроводных очистных станциях Волгоградского кварцевого песка. Поэтому для Кыргызстана явилось актуальным изучение фильтровальных характеристик более доступного кварцевого песка Ивановского карьера Чуйской долины Кыргызстана.

Истираемость и измельчаемость карьерного песка соответствовали соответствующим требованиям [2, 7].

С целью упрощения проведения анализа остаточной концентрации взвешенных веществ, в исследуемой воде в качестве коллоидных и суспензионных веществ был использован имитируемый раствор из сернокислого закисного железа и хлорного окисного железа.

Задачей наших исследований являлось определение оптимальных параметров работы скорого фильтра для фильтрования воды, содержащей гидроокись железа. Для этого было проведено экспериментальное определение параметров работы фильтров при фильтровании воды, содержащей различные концентрации гидроокиси железа. Опыты проводились в лабораторных условиях на модели фильтра, представленной на рис. 1. Для предотвращения пристенного эффекта внутренняя поверхность модели фильтра из оргстекла, была покрыта слоем кварцевого песка диаметром около 1 мм. Модель фильтра была загружена однородной загрузкой из ивановского песка с $d_{10} = 0,903$, $d_{80} = 1,36$, $d_{э\text{кв}} = 1,12$ мм, $K_n = 1,5$ на высоту 100 см.

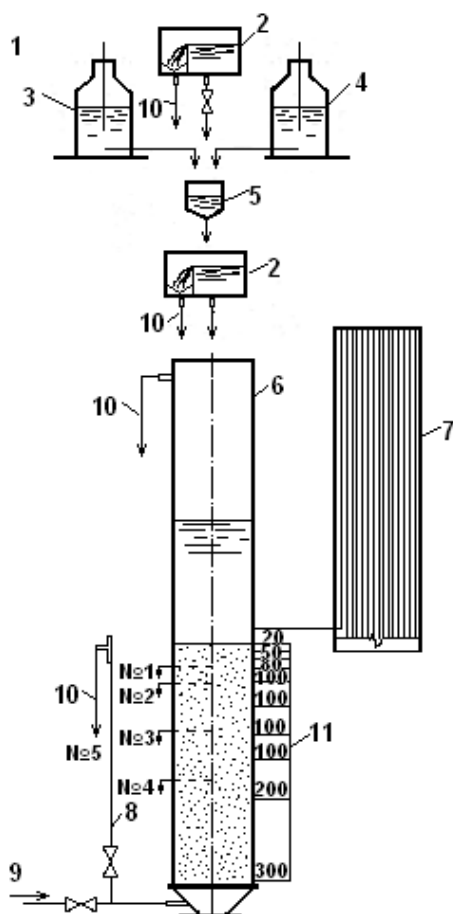


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки:

- 1 – подача водопроводной воды;
- 2 – переливные бачки; 3 – подача имитационного раствора; 4 – подача раствора;
- 5 – смеситель; 6 – фильтровальная колонна;
- 7 – пьезометрический щит; 8 – отвод фильтрата; 9 – подача промывной воды;
- 10 – отвод в сток; 11 – пьезометры;
- №1 – 5 пробоотборники

Полученные экспериментальные данные обрабатывались согласно [4 – 6]. Были определены параметры фильтрования с помощью формул [5]:

$$b = \frac{X_0}{x_0} \quad (1)$$

$$\frac{a}{b} = \frac{n}{k} \quad (2)$$

$$F(A) = 0.15 \left[\frac{1}{(1-A)^3} - 1 \right] \quad (3)$$

Результаты экспериментальных исследований позволили построить выходные кривые для дальнейшего определения значений V_0 ; и $d_{ЭКВ}$ при различных значениях C_0 : 0 для $t_{ц} = 24$ ч, 0 для $t_{ц} = 12$ ч (см. рис. 2).

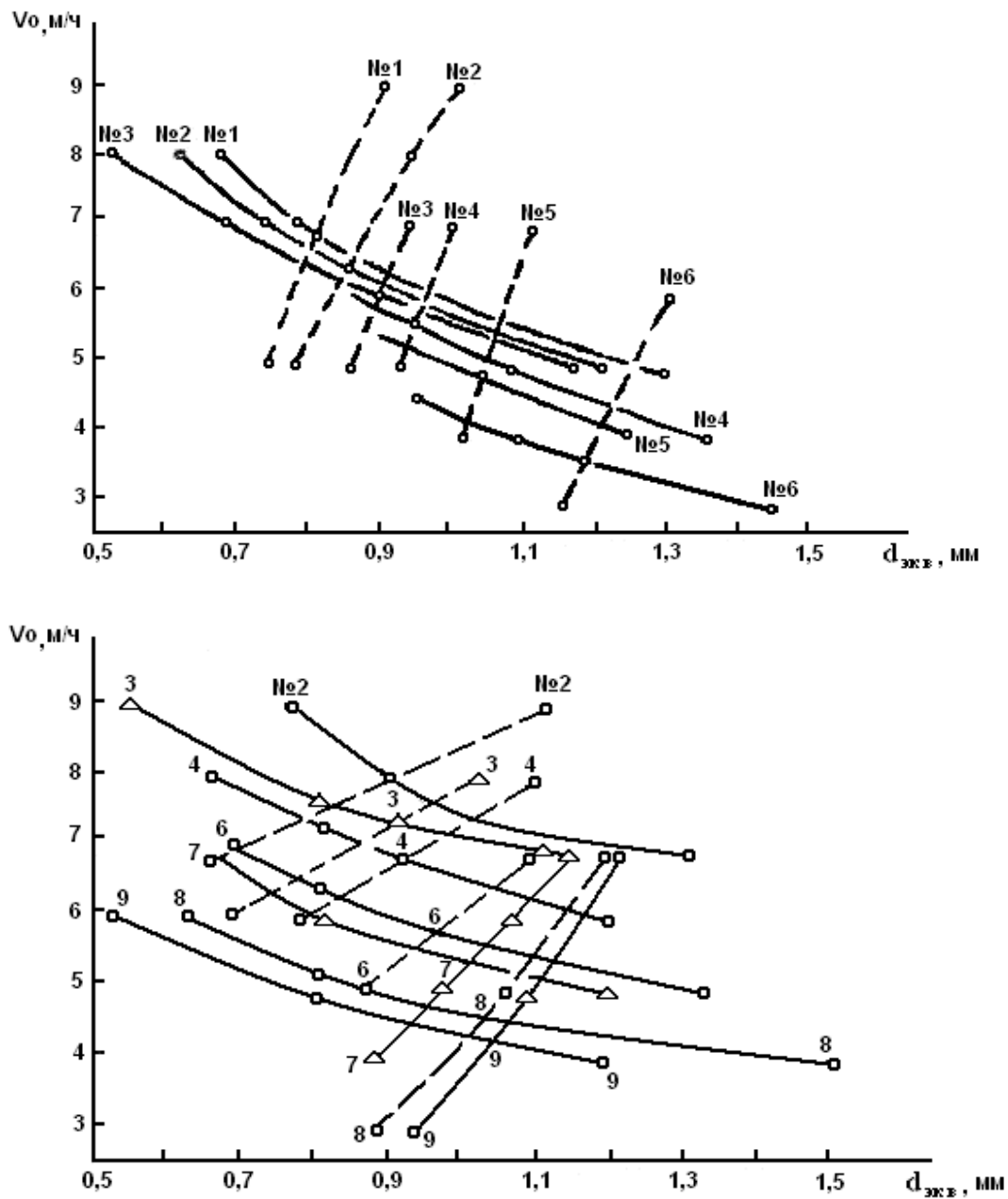


Рисунок 2. Выходные кривые для определения оптимальных значений V_0 и $d_{ЭКВ}$ при различных значениях C_0 : 0 – для $t_{ц} = 24$ ч, 0 – для $t_{ц} = 12$ ч

Как видно, с увеличением концентрации железа ($C_0 = 1,6 + 22,4$ мг/л) в фильтруемой воде интенсивность прилипания частиц гидроокиси к поверхности загрузки увеличивается

$$b = 10,56 \div 39,41 \text{ м}^{-1}$$

Скорость проникновения хлопьев в глубину загрузки увеличивается и равна

$$\frac{a}{b} = 0,046 \div 0,08, \text{ м/ч.}$$

При этом время защитного действия загрузки t_3 пропорционально уменьшается от 16,7 до 6,2 час. Кроме того, с увеличением концентрации исходного железа C_0 от 1,6 до 22,4 мг/л прочность отложения осадка на поверхности загрузки возрастает от 0,469 до 3,25 ч^{-1} . Вследствие этого относительный прирост потери напора ($\frac{h}{t} : C_0$) уменьшается от 3,94 до 1,78 см/ч на 1 мг задержанного железа.

Теория технологического моделирования процесса фильтрования малоконцентрированных суспензий позволяет определить защитное действие загрузки фильтра несколькими методами. Принятый нами метод основан на использовании зависимости [5]:

$$t_3 = \frac{1}{k^1} \left(\frac{x}{V_{\phi}^{1.7} \cdot d_{\text{экр}}^{0.7}} - \frac{x'_0 d_{\text{экр}}}{V_{\phi}} \right) \quad (4)$$

где t_3 – продолжительность защитного действия загрузки, принимаемая в нашем случае из условий эксплуатации фильтров 24 и 12 ч;

x – толщина слоя загрузки равная 1,5 м;

$$k' = k \frac{\alpha}{\beta} \quad (5)$$

$$\text{и} \quad X'_0 = \frac{x'_0}{\beta} \quad (6)$$

где K' , X'_0 – параметры, определяемые по требуемому значению из [5];

$\beta = \frac{\alpha}{\beta}$ – размерные параметры, соответственно учитывающие влияние

прочности образуемого осадка и скорости его продвижения в загрузке.

Задачей дальнейших расчётов являлось определение значения скорости фильтрования V_{ϕ} и величины эквивалентного диаметра фильтрующей загрузки $d_{\text{экр}}$, соответственно в м/ч и мм. Для определения диаметра загрузки $d_{\text{экр}}$ при различных величинах V_{ϕ} , с тем чтобы $t_{\text{ц}}$ составляла 12 и 24 ч (чтобы обеспечить в течение суток 1- или 2 разовую промывку установки), необходимо решить следующее уравнение (4). Принимая $t_{\text{ц}} = 0,9 t_3$, получим:

$$\frac{x}{X'_0 V_\phi^{1.7} d_{\text{экв}}^{0.7}} - \frac{1,11t \cdot K' \cdot V_\phi}{X'_0 \cdot d_{\text{экв}}} = 1 \quad (7)$$

Наиболее простое решение этого уравнения может быть получено либо методом проб, либо графоаналитическим методом. В нашем случае для решения уравнения (7) был выбран первый метод при условии $x = 150$ см, $t_{\text{ц}}$, равной 12 и 24 ч изменением значения величин V_ϕ и $d_{\text{экв}}$. Для осуществления вычислений по определению параметров фильтрования были приняты эталонные значения V_ϕ^* и $d_{\text{экв}}^*$, т. е. $V_\phi^* = 10$ м/ч и $d_{\text{экв}}^* = 1$ мм. Рассчитанные значения параметров фильтрования, согласно рекомендациям [5], приведены в табл. 2. В результате вычислений были найдены значения $d_{\text{экв}}$ и V_ϕ для обеспечения $t_{\text{ц}} = 12$ и 24 ч. Эти значения $d_{\text{экв}}$ и V_ϕ в зависимости от C_0 представлены на рис. 2. (сплошные линии).

Такая методика моделирования процесса фильтрования позволяет свести решение уравнения для определения предельной потери напора в фильтрах к следующим зависимостям:

$$\frac{H_1 - H_0}{t_n} = i_0 F(A) \cdot \frac{\alpha}{\beta} \cdot V_\phi^{1.7} \cdot d_{\text{экв}}^{0.7} \quad (8)$$

где $H_1 - H_0 = \Delta H_{\text{пр}}$ – предельный рост потери напора в фильтре, что можно принимать равным $\Delta H_{\text{пр}} = 5$ м.в.ст.; $F(A)$ – функциональный параметр, зависящий от предельной насыщенности загрузки осадком «А» по уравнению (3), а также выражению:

$$F(A) = \frac{h}{t} / i_0 \frac{a}{b} \quad (9)$$

где i_0 – начальный гидравлический уклон в фильтрующей загрузке в опытах по технологическому моделированию;

$\frac{h}{t}$ – прирост потери напора в опытных колонах, м/ч;

a и b – параметры фильтрации, ч^{-1} и м^{-1} .

После преобразования в пределах значений параметров полученных по результатам опытов из уравнения (8) и (9) получим сравнительно простые зависимости:

$$t_n = 24\text{ч}, F(A) = 520 \frac{d_{\text{экв}}^{1.3}}{V_\phi^{2.7}}, \quad (10)$$

$$t_n = 12\text{ч}, F(A) = 1040 \frac{d_{\text{экв}}^{1.3}}{V_\phi^{2.7}}. \quad (11)$$

Далее, преобразовав выражение

$$(1 - A) = (1 - A) * \left(\frac{V_\phi}{V_\phi^*} \right)^{0.5} \cdot \left(\frac{d_{\text{экв}}}{d_{\text{экв}}^*} \right)^{0.25}, \quad (12)$$

получим

$$(1 - A) = 0.316(1 - A^*) \sqrt{V_{\phi}} \cdot \sqrt[4]{d_{\text{экв}}} . \quad (13)$$

Поставив уравнение (12) в (3), получим значение $F(A)$.

Путём решения уравнений (10 и 3), а также (11 и 3) графоаналитическими методами, так, чтобы при различных значениях V_{ϕ} и $d_{\text{экв}}$ разница значений, указанных попарно уравнений равнялась нулю, были найдены оптимальные значения $d_{\text{экв}}$ при заданном значении V_{ϕ} для обеспечения t_n , соответственно 12 и 24 ч. Результаты вычислений графически представлены на рис. 2 (пунктирная линия). Точка пересечения двух соответствующих линий по V_{ϕ} и t_n показывает параметры работы фильтра и загрузки $d_{\text{экв}}$ при $x = 150$ см. при различных значениях концентраций железа в исходной воде C_o , которые обеспечивают продолжительность фильтроцикла 24 и 12 часов

ВЫВОДЫ

В результате проведенных экспериментально-теоретических исследований в лабораторных условиях, возможно, сделать следующие выводы:

1. определена возможность использования Ивановского карьерного песка Кыргызстана для загрузки зернистых скорых фильтров;
2. установлены эмпирические и графические зависимости для определения оптимальных значений технологического процесса фильтрования малоконцентрированных суспензий, состоящих из водного раствора, содержащего закисные и окисные соединения железа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурасулов И. Очистка подземных вод от высококонцентрированных устойчивых форм железа на установках заводского изготовления: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: МИСИ им. В.В.Куйбышева, 1977.
2. Клячко В.А., Апелцин И.Э. Очистка природных вод. – М.: Стройиздат, 1971.- 579 с.
3. Кургаев Е.Ф. Пристеночный эффект в моделях осветлителей и фильтров// Водоснабжение и санитарная техника, 1971. № 9.
4. Мельцер В.З. Кандидатская диссертация.-М., 1971.
5. Минц Д.М. Теоретические основы технологии очистки воды.- М.: Стройиздат. 1964.- 156 с.
6. Минц Д.М., Мельцер В.З. Упрощенный метод технологического моделирования процесса фильтрования/Сб. Водоснабжение, вып. 98.- М.: ОНТИ АКХ, 1973.
7. Руководство по химическому и технологическому анализу воды.- М.: Стройиздат. 1973.-273 с.

8. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.- М.: Стройиздат. 1986.-120 с.
9. Шехтман Ю.М. Фильтрация малоконцентрированных суспензий.- М.: Изд. АН СССР, 1961.-211 с.
- 10.Ivoes K.J. "Journ. AWWA" V.52, № 7, 1960.
- 11.Ivoes K.J. "Water and water Engirs" № 5, 1965.

УДК 628.147.23

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И УСРЕДНЕНИЯ ПРОМЫВНЫХ ВОД ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ОБРАБОТКИ

В.М. Ульченко

Группа компаний «Экополимер», г. Москва, Россия

В работе рассмотрен ряд мер по усовершенствованию схем удаления осадка из водопроводных отстойников и фильтров, рекомендован эффективный режим промывки фильтров (водовоздушная промывка). Приведены некоторые технико-экономические показатели от внедрения предложений фирмы «Экополимер».

Очистка природных вод на водопроводных станциях сопровождается образованием отходов производства – промывных вод фильтров и отстойников – высоко влажного осадка. Как правило, объем промывных вод составляет 10 – 15 % от объема обработанной воды. Промывные воды являются сложной многокомпонентной системой, которая содержит извлеченные из природной воды примеси – песок, глинистые частицы, гумус, микроводоросли и др., продукты гидролиза коагулянта – солей алюминия, железа, а также органические флокулянты, если они применялись при очистке питьевой воды. Сброс неочищенных промывных вод в канализацию или в водоем нежелателен по двум основным причинам. С одной стороны, сброс приводит к загрязнению объектов окружающей среды, а с другой – к потере значительного объема воды и соответствующего количества электроэнергии, затраченной для подъема воды на водопроводную станцию.

По общепринятой схеме промывные воды фильтров через песколовки, резервуары-накопители возвращаются в голову очистных сооружений, а осадок уплотняется, обрабатывается флокулянтom и обезвоживается на фильтр-прессах. Образовавшийся в результате обезвоживания осадков фильтрат направляется в резервуар-накопитель для обработки совместно с промывными водами. Нередко такая практика оборота промывных вод приводит к заиливанию смесителей и отстойников.

Компания «Экополимер» предлагает технологию очистки промстоков водопроводных очистных сооружений [1], которая позволяет возвращать их после предварительной обработки в «голову сооружений» и предотвратить заиливание (замывание) смесителей, и отстойников, или использовать очищенные промстоки, например, для промывки контактных осветлителей.

Проектирование сооружений обработки осадка должно начинаться с определения возможности снижения расходов воды, используемой на технологические нужды и сглаживания пиков залповых сбросов, что может значительно сократить стоимость строительства этих сооружений и снизить эксплуатационные затраты.

Единоразовое сбрасываемое количество продувочных вод отстойников составляет около 7 – 10 % их общего объема и есть возможность уменьшить их количество. Для этого применяются устройства, позволяющие равномерно удалять осадок из сооружений – это, прежде всего скребковые системы. Сегодня компания «Экополимер» может предложить при реконструкции отстойников замену гидравлической сборной системы на скребковую. Для примера возьмем отстойник проекта № 670-2-5-НВ с гидравлической системой удаления осадка. Размеры отстойника 48 × 5,8 × 3,8 м, объем – 1036 м³. При залповом сбросе количество продувочных вод составляет 103 м³. Сбросы меньшего количества воды не эффективны и не позволяют в достаточной мере отвести осадок из сооружения, что связано со значительной протяженностью сборной системы и вследствие чего неравномерностью работы. Установка в таком отстойнике скребковой системы позволит равномерно собирать осадок и равномерно отводить его.

Скребокковые системы, применяемые нами при реконструкции отстойников – это надежные и долговечные устройства. Скребокковые системы предназначены для равномерного сбора осадка и сбора всплывающих веществ. Системы могут применяться как для вновь проектируемых сооружений, так и при реконструкции существующих сооружений. Все части скребковой системы выполнены из коррозионностойких и стойких к истиранию материалов, разработанных с учетом передовых технологий. Все узлы скребковой системы идеально подогнаны, имеют оригинальную конструкцию, позволяющую добиться высокой степени эффективности и надежности их работы.

Следующими сооружениями, на которых можно уменьшить объем воды, используемой на собственные нужды, являются скорые фильтры или контактные осветлители, для чего, предлагаем проводить их реконструкцию с изменением типа промывки – заменой водяной промывки на более эффективную водовоздушную [2]. Использование водовоздушной промывки позволяет снизить объем промывных вод на 30 – 60 % и повысить эффективность промывки. Например, в результате

реконструкции скорых фильтров в г. Барнауле с использованием дренажно-распределительной системы компании «Экополимер» для водовоздушной промывки уменьшен в 2,5 раза среднесуточный расход промывной воды на промывку фильтров.

Водовоздушная промывка позволяет не только улучшить отмывку фильтрующей загрузки, но и повысить эффективность работы скорых фильтров или контактных осветлителей в основном цикле работы – фильтровании. При водовоздушной промывке эффект фракционирования загрузки по высоте наблюдается в значительно меньшей степени, чем при водяной промывке. А, как известно, фракционирование загрузки один из негативных факторов, который существенно сказывается на длительности фильтроцикла скорых фильтров [3]. Для реконструкции фильтровальных сооружений с изменением типа промывки компанией «Экополимер» разработаны и изготавливаются дренажно-распределительные системы [4], а также пескоулавливающие устройства из коррозионно-устойчивых материалов. Установка пескоулавливающих устройств на лотки скорых фильтров необходима, чтобы уменьшить вынос фильтрующего материала вместе с промывными водами вследствие флотации при водовоздушной промывке.

Для равномерного поступления промывных вод необходимо также согласовать график промывки скорых фильтров и продувки отстойников, что позволит в значительной степени сократить объемы усреднителей стока и добиться уменьшения колебаний состава.

Итак, в результате вышеперечисленных мероприятий сформирован сток, сглажены пиковые сбросы и снижен расход. Для дальнейшей обработки промывные стоки необходимо усреднить, чтобы получить постоянный состав и равномерный расход. Промывные воды направляются в усреднители через песколовки.

Расчет усреднителей необходимо проводить пошаговым расчетом (методом последовательного приближения) [5]. При расчете усреднителей необходимо учесть колебание состава при сбросе воды из отстойников и при промывке скорых фильтров, что потребует использования усреднителей значительного объема. При использовании скребковых систем содержание взвешенных веществ в продувочных водах отстойников составляет 500 – 1500 мг/л, в зависимости от категории источника водоснабжения, а в промывных водах скорых фильтров среднее содержание взвешенных веществ составит 20 – 50 мг/л. При этом объемы воды отстойников и фильтров относятся как 1 : 2.

Для того чтобы уменьшить объем усреднителей, мы предлагаем использование отстойников-предусреднителей. В этих сооружениях происходит отделение наиболее гидравлически крупных частиц и их осаждение. Отстойники-предусреднители оборудуются блоками тонкослойного осаждения и скребковой системой сбора осадка.

Отстойники-предусреднители будут особенно эффективны при обработке природной воды флокулянтами.

Использование отстойников-предусреднителей в технологической схеме обработки промывных вод позволит сократить размеры усреднителей. Объем усреднителя при использовании предварительного отстаивания может быть уменьшен в 3 – 4 раза, а затраты энергии на перемешивание в 2 – 3 раза. Очевидно, что чем меньше усреднитель и чем меньше гидравлическая крупность взвеси в нем, тем меньше энергии необходимо затратить на перемешивание.

Таким образом, компания «Экополимер» предлагает подход к проблеме утилизации промывных вод начать с уменьшения их общего объема и уменьшения залповых сбросов от отстойников и скорых фильтров, а для обеспечения постоянства состава использовать усреднители с предварительным отстойником.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мешенгиссер Ю.М., Щетинин А.И., Ульченко В.М. Опыт ГК «Экополимер» в решении актуальных вопросов очистки природных и сточных вод // Тезисы доклада научн.-практ. конф. «Проблемы предприятий ВКХ в современных условиях и практический опыт их решения на примере Нижнего Новгорода», Н.Новгород, 2007.
2. Коренев И.Е., Коренев Ю.И., Носов В.А. Водовоздушная промывка скорых фильтров // Изв. вузов. Стр-во и архитектура, 1977. № 7.
3. Аюкаев Р.И., Мельцер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. – Л., Стройиздат, 1985.
4. Мешенгиссер Ю. М., Слепцов Г. В., Ульченко В. М. Опыт разработки и внедрения дренажно-распределительных систем «Экополимер»// Водоснабжение и санитарная техника. 2007, № 10.
5. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. – М, Стройиздат, 1986.

УДК

ЭФФЕКТИВНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ВОДОПОДГОТОВКИ

А.Б. Кожевников,

ООО ФСП «КРАВТ», г. Калуга, Россия

О.П. Петросян

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, Россия

Рассматривается построение математических моделей технологических объектов водообработки, позволяющих оптимизировать и прогнозировать процесс водообработки.

Под идентификацией в широком смысле понимается получение или уточнение по экспериментальным данным модели реального объекта, выраженной в тех или иных терминах или посредством того или иного математического аппарата. В последнее время проблемы идентификации на стадии исследований и проектирования срослись с относительно новым направлением в моделировании объектов, а именно: с планированием многофакторных экспериментов.

Рассмотрим задачу идентификации безынерционного объекта, динамические свойства которого не учитываются ввиду их незначительного влияния на искомый результат, а воздействия на объект представляют собой не случайные функции, а случайные величины. В этих условиях выходная переменная рассматривается также как случайная величина. Такое описание реального процесса в широком ряде практических случаев является вполне достаточным для решения задач управления, оптимизации технологических режимов, оптимального дозирования компонентов (реагентов), влияющих на качество конечного продукта, что весьма важно в технологических процессах водоподготовки [1].

Вышеизложенное позволяет утверждать, что для получения надежных результатов целенаправленного исследования безынерционных объектов необходимо, основываясь на результатах обработки соответствующих статистических данных, иметь математический аппарат, позволяющий построить регрессионную модель объекта с гарантированно высокой степенью адекватности реальному процессу. Одним из вариантов такой гарантии является приложение спектральной оптимизации к задачам построения регрессионных моделей [2].

Предлагается метод планирования эксперимента и обработки его результатов, позволяющий строить многофакторные нелинейные регрессионные модели в виде

$$\tilde{y}(x) = \sum_{i=1}^n D_i H(b_i, x),$$

с обеспечением требований адекватности (точности) при минимальном значении n . Здесь $x = (x_1, \dots, x_k)$, а b_i - параметры, значения которых определяют линейную независимость функций $H(b_i, x)$ $i = \overline{1, n}$.

Планирование эксперимента осуществляется в соответствии с полным факторным экспериментом типа 2^k [2]. Далее во всей области факторного пространства Ω выделяются подобласти Ω_j , $j = \overline{1, M}$, в пределах которых строятся соответствующие полному факторному эксперименту регрессионные модели

$$y_j(x) = \sum_{i_1=0}^1 \cdots \sum_{i_k=0}^1 \gamma_i \prod_{v=1}^k x_v^{i_v}, \quad j = \overline{1, M},$$

с вычислением коэффициентов $\{\gamma_i\} = \{\gamma_{i_1 \dots i_k}\}$ по известным формулам [2]. Тогда кусочно-непрерывная модель

$$y(x) = \sum_{j=1}^M \sigma_j(x) y_j(x),$$

где $\sigma_j(x) = 1$ при $x \in \Omega_j$ и $\sigma_j(x) = 0$ при $x \notin \Omega_j$, $j = \overline{1, M}$, адекватна рассматриваемому явлению.

Для получения непрерывной функциональной зависимости осуществляется аппроксимация $y(x)$ методом построения оптимальных базисов [2], в соответствии с которым к $y(x)$ применяется интегральное преобразование типа преобразования Лапласа [2], но с ядром $H(s, x)$, что дает

$$\int_{\sigma} H(s, x) y(x) dx = Y(s).$$

Отсюда следует, что $\tilde{y}(x)$ можно определить, если параметру интегрального преобразования s присваивать значения b_i , $i = \overline{1, n}$.

Для определения коэффициентов $\{D_i\}$ необходимо, как известно [2], минимизировать квадратичный функционал

$$J = \int_{\sigma} \left[y(x) - \sum_{i=1}^n D_i H(b_i, x) \right]^2 dx.$$

Условие абсолютного минимума этого функционала относительно $\{D_i\}$ позволяют вычислить эти коэффициенты путем решения соответствующей этому условию системы линейных алгебраических уравнений, что не представляет затруднений [2]. В данном случае эта система имеет вид:

$$\sum_{i=1}^n D_i a_{ij}(b) = Y(b_j), \quad j = \overline{1, n},$$

где обозначено

$$a_{ij}(b) = \int_{\sigma} H(b_i, x) H(b_j, x) dx.$$

Если же при этом пойти по пути поиска минимума вышеуказанного функционала и по параметрам $\{b_i\}$, то, очевидно, получим наиболее точное приближение $\tilde{y}(x)$ при фиксированном значении n , так как иных переменных, влияющих на значение этого минимума просто нет, т.е. этот будет точка глобального минимума квадратичного функционала.

Эти рассуждения приводят к выводу, что задачу вычисления $\tilde{y}(x)$ следует формулировать следующим образом: найти такие значения $n^0, \alpha^0 = (\alpha_1^0, \dots, \alpha_n^0)$, что $J \leq \delta$ и $F(n^0, b^0) = \min_{n, b} (F_1(n, b) + F_2(n, b))$,

где $F_1(n, b) = -2 \sum_{i=1}^n D_i Y(b_i)$,

$$F_2(n, b) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n D_i D_j a_{ij}(b_i, b_j),$$

а значения $\{D_i\}$ являются решением системы

$$\sum_{i=1}^n D_i a_{ij}(b_i, b_j) = Y(b_j), j = \overline{1, n}.$$

Согласно такой формулировке имеем задачи поиска экстремума функции многих переменных при наличии ограничений, решение которой ориентировано не только на возможности современной вычислительной техники, но и на максимальное использование этих возможностей для эффективного решения поставленной задачи.

ВЫВОДЫ

Для построения математических моделей технологических объектов водоподготовки с необходимой для решения последующих задач точностью при минимальном числе аппроксимирующих функций весьма эффективна методология спектральной оптимизации. Эффективность предложенной идентификации достаточно весомо апробирована на объектах водоподготовки безынерционного типа путем обработки и использования в вычислениях экспериментально полученных поточечных данных о взаимосвязи различных параметров, влияющих на конечный результат, в соответствующие аналитические зависимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология очистки природных вод: темат. сб. статей/ В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева.- М., 2006.- 400 с.
2. A. Kozhevnikov, O. Bulanov. On constructing an optimal non-linear regression model of a plant or a system/ International symposium on computer arithmetic, scientific computation and mathematical modelling: Bulgarian academy of sciences. 1999. s. 275 – 278.

УДК 621.175.3:627.81

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТРУЕРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ

М.И. Пономаренко

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

Предложена методика определения основных параметров полотнищ струераспределительных дифракционных высокопрочных сооружений по оптимальной организации температурного режима водоемов-охладителей АЭС/ТЭС и промышленных предприятий.

Для определения параметров, а также проверки несущей способности элементов пространственных струераспределительных дифракционных высокопрочных сооружений (СрДВС) в эксплуатационных и других условиях используют обычные методы, практикуемые при проектировании высокопрочных сооружений. Они развиваются и дополняются лишь в той мере, в какой этого требует специфика пространственных систем СрДВС.

Таковыми особенностями являются:

- начительная гибкость несущих СрДВС;
- значительная протяженность СрДВС, перекрывающих большие пространства, что вызывает необходимость учета влияния тепловых воздействий, а также природных факторов;
- повышенная точность выполнения конструкций, соблюдение допусков, чувствительность к влиянию случайных отклонений геометрических размеров или свойств композиционных материалов на деформативность и устойчивость СрДВС;
- специальные эксплуатационно-технологические требования к специфичности и устойчивости СрДВС к агентам агрессивного антуража;
- специфика воздействия нагрузок, которые в ряде расчетных случаев могут быть оценены лишь приближенно.

С этой целью автором выполнены исследования по выявлению параметров полного полотнища СрДВС.

Анализ данных гидравлических исследований, полученных рядом авторов [1 – 7] показал, что СрДВС из композиционных материалов на основе нанотехнологий представляют уникальные гидротехнические сооружения нового типа по технологии формирования температурного режима водоемов-охладителей АЭС/ТЭС и промышленных предприятий.

В связи с практическим интересом к СрДВС сферической формы, надежно обеспечивающим слоистое распределение потока по глубине водоема и оптимальное формирование температур в ближней зоне, были проведены технологические лабораторные исследования их при различных диапазонах колебания уровня нижнего бьефа.

До настоящего времени взаимодействие потока и СрДВС парящей сферической формы не изучалось.

Анализ отечественной и зарубежной технической литературы [1, 2, 6, 7] показывает, что явление истечения воды через тонкие стенки (экраны) описывается большим числом параметров, зависящих друг от друга.

В СрДВС (см. рисунок) место расположения шарнирного створа и периметр полотнища ℓ (растяжение не учитывается, так как оно практически равно нулю) постоянные. Отмечено [7], что форма поперечного сечения (очертания) высокопрочного полотнища вантовых плотин определяется постоянными факторами x_h , y_h , ℓ и переменными параметрами Δh , ΔH , h_{bam} и h_{en} . Учитывая общую специфику сооружения,

следует указать переменную величину рабочей высоты полотнища h (см. рисунок) как функцию $h = f(\Delta h_{en})$, так как глубина воды на входе в водоем-охладитель зависит от сжатия потока (α), циркуляционного расхода АЭС ТЭС, или промышленного предприятия, параметров открытого отводящего канала и оказывает основное влияние на рабочую высоту СрДВС и на глубины в верхнем бьефе h_{bam} .

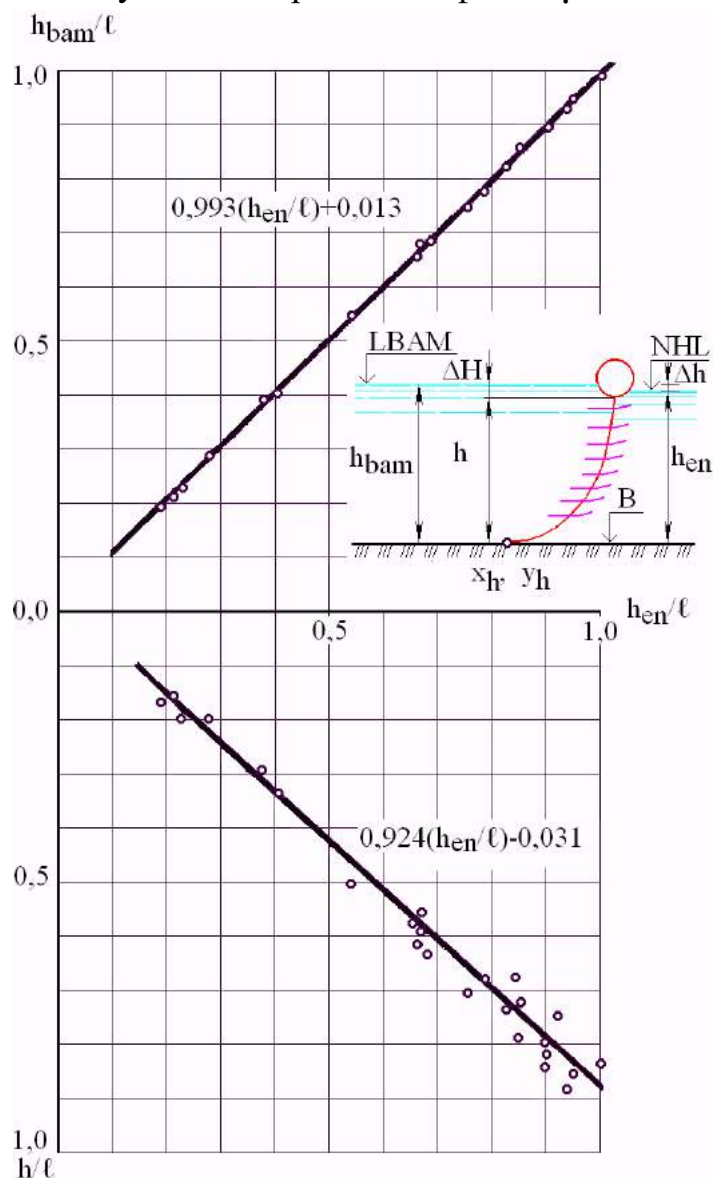


Рисунок. Номограмма для определения характерных параметров полотнищ СрДВС

Лабораторные исследования проводились на технологических установках ЮжНИИГиМа и ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. Измерения выполнялись тестерами, пьезометрами, метром, координатником и др.

Основным критерием подобия в безнапорных системах являются взаимосвязанные соотношения геометрических и кинематических факторов, сходственных точек модели или системы. Динамическое подобие в гидравлических процессах определялось по критерию плотностного Фруда.

Погрешность измерений удельных расходов, величин очертания поперечного сечения полотнища СрДВС, глубин верхнего и нижнего бьефов, перепадов уровней, погружения плавающего устройства, температуры воды не превышала один процент, что указывало на допустимую точность опытных данных.

Для практических целей все линейные размеры приведены в безразмерном виде относительно периметра СрДВС $\ell = \ell_{\text{pww}}$.

Исследования пяти модификаций СрДВС с 20-ти процентной перфорацией выявили взаимосвязь глубины верхнего бьефа h_{bam} , глубины на расчистке — h_{en} , глубины погружения поплавка — ΔH , потерь напора Δh , рабочей высоты полотнища — h .

Экспериментальные данные, представленные в виде номограммы на рисунке, позволяют по известным расчетным величинам h_{bam} и ℓ дать полную характеристику работы СрДВС в период эксплуатации.

Оптимальный периметр полного СрДВС $\ell_{\text{ghdw}} = \ell$ (по экспериментальным данным) следует считать по зависимости

$$\ell = 1,6(\downarrow \text{NHL} - \downarrow \text{B})(1 - p/100), \quad (1)$$

где $\downarrow \text{NHL}$ и $\downarrow \text{B}$ — соответственно отметки постоянного нормального подпорного уровня и дна открытого отводящего канала при входе в водоем, м.

Зависимости полного напора, рабочей высоты СрДВС, потерь напора и погружение поплавка от уровня воды в нижнем бьефе (глубины открытого отводящего канала при входе в водоем) были получены по экспериментальным данным. Основные результаты расчетов при $\ell = \text{const}$ представлены на рисунке. Из данных рисунка можно вывести следующие закономерности:

а) для всех рассмотренных модификаций СрДВС в принятом диапазоне изменения h_{en} / ℓ зависимости $h_{\text{bam}} / \ell = f(h_{\text{en}} / \ell)$ и $h / \ell = f(h_{\text{en}} / \ell)$ имеют линейный характер, что может быть принято без ущерба для точности результатов расчета;

б) значения h_{bam} / ℓ и h / ℓ увеличиваются с увеличением отношения h_{en} / ℓ и, наоборот, уменьшаются с уменьшением последнего.

Для практических расчетов прямая зависимость между h_{bam} / ℓ и h_{en} / ℓ может быть выражена уравнением

$$h_{\text{bam}} / \ell = 0,993 (h_{\text{en}} / \ell) + 0,013 \quad (2)$$

Это уравнение и периметр полотнища СрДВС, вычисленный по формуле ($\ell = 0,5 \times \pi \times h_{\text{en}}$) или (1), позволяют определить полный напор циркуляционного расхода на полотнище СрДВС, а также рассчитать потери напора.

Между h_{en} / ℓ и h / ℓ имеется линейная зависимость. Экспериментальное значение h / ℓ в диапазоне изменения h_{en} / ℓ от 0,1 до 1,0 отличается от теоретических максимально на 9,5 %. В связи с этим, представляется возможным принимать указанное выше изменение h / ℓ от

h_{en} / ℓ как линейную зависимость. При этом она может быть представлена уравнением

$$h/\ell = 0,924 (h_{en} / \ell) - 0,031. \quad (3)$$

Имея равенства (2) и (3) и расчетный периметр СрДВС ℓ , нетрудно отыскать h_{hl} , Δh , ΔH и потери напора

$$\Delta h = h_{bam} - h_{en}.$$

Приведенные выше зависимости, связывающие характеристики циркуляционных расходов, чисел Фруда, плотностного числа Фруда и уровень распластывания СрДВС, характеризующийся отношением h_{en}/ℓ , позволяют определить основные параметры полотна СрДВС при ее эксплуатации.

Сравнение величин потерь напора, подсчитанных по формуле ($h_{dw} = \zeta \times V_0^2 / 2 \times g = \zeta (Q^2 / \omega^2 \times g) / 2 \times g$) и ($h_{bam} - h_{en}$) [определенных по зависимостям (2) и (3)], показывает, что в большинстве случаев расхождения не превышают 1,5 %.

Следовательно, можно прийти к выводу, что два различных подхода к вычислению потерь напора по формуле $h_{dw} = \zeta \times V_0^2 / 2 \times g = \zeta (Q^2 / \omega^2 \times g) / 2 \times g$ и зависимости (2) с вычетом h_{en} дают достаточно удовлетворительный результат расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко В.Л. Расчет мягких плотин мембранного типа с помощью номограмм // Гидротехн. сооружения мелиор. систем: Сб. ст./НИМИ.- Новочеркасск, 1975.-Т. 16.- Вып. 6.-С. 200 – 211.
2. Волосухин В.А. Некоторые вопросы расчета гибких гидротехнических конструкций // Мягкие конструкции гидротехн. сооружений: Сб. науч. тр./ЮжНИИГиМ/Под ред. Б.И. Сергеева.-Новочеркасск, 1977.-Вып. 28.-С. 69 – 73.
3. Волосухин В.А. Основы расчета гибких гидротехнических конструкций//Применение облегченных конструкций гидротехн. сооружений в гидротехн. стр-ве: Сб. науч. тр./ЮжНИИГиМ: под ред. Б.И. Сергеева. - Новочеркасск, 1980.-С. 13 – 22.
4. Затворницкий О.Г. Конструкции из мягких оболочек в гидротехническом строительстве. - М.: Энергия, 1975.-143 с.
5. Кашарин В.И. Гидравлические и статические исследования вантовых плотин мембранного типа//Применение облегченных конструкций гидротехн. сооружений в гидротехн. стр-ве: Сб. науч. тр./ ЮжНИИГиМ: под ред. Б.И. Сергеева. -Новочеркасск, 1980.-С. 60 – 68.
6. Чоу В.Т. Гидравлика открытых каналов: пер. с англ. И.В. Филимоновой; под ред. А.И., Богомолова. -М.: Стройиздат, 1969. - 464 с.
7. Anwar, H.O. Inflatable dams. "Journal of the Hydraulics division Proceeding of the American Society of Civil Engineers", May 1967 N5239 HY-3, p. 99 – 119.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО РЫБОЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Е.Д. Хецуриани

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

На основе гидравлического расчета, разработана методика расчета гидродинамических характеристик экологически безопасного струереактивного рыбозащитного оголовка. Данная методика учитывает сопротивление обтеканию скоростного шлейфа, силу трения в шарнирных соединениях устройства, что позволяет повысить точность расчета и уровень оптимизации параметров устройства.

Создание экологически безопасных систем водозаборов тесно связано с решением проблем рыбозащиты. Несмотря на огромное количество разработанных конструкций рыбозащитных устройств, на практике эффективно функционируют далеко не все. Анализ действующих устройств на реках Волга, Дон, Кубань и др. свидетельствует, что наиболее удовлетворительно функционируют рыбозащитные оголовки с потокообразователями. Особый интерес представляют конструкции оголовков не имеющие в своем составе фильтрующего элемента и осуществляющие экологически безопасный режим защиты рыб водохозяйственных систем. К такому типу рыбозащиты относится конструкция струереактивного гидродинамического рыбозащитного оголовка представленная на рис. 1.

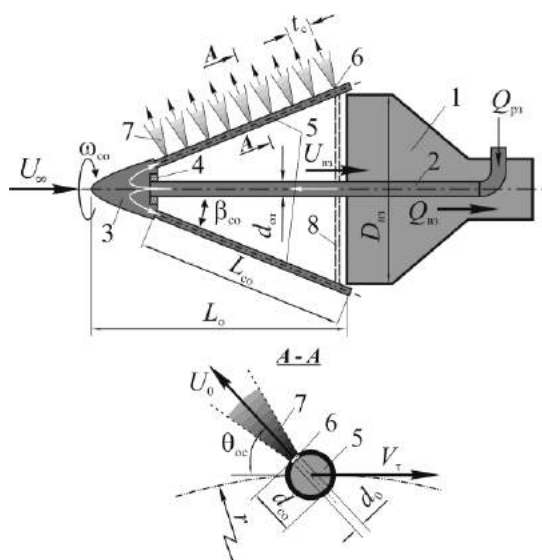


Рисунок 1. Схема струереактивного рыбозащитного оголовка:

- 1 – всасывающий патрубок;
- 2 – осевая напорная труба;
- 3 – водораспределительная камера;
- 4 – шарнир и сальник;
- 5 – струеобразователь; 6 – сопло;
- 7 – гидравлическая струя;
- 8 – опорные стержни

Устройство вращается вокруг своей продольной оси под воздействием реактивной гидродинамической силы, возникающей от

совокупного действия всех струй. При этом течение, которое формируется непосредственно перед всасывающим патрубком, создается своеобразной пульсирующей завесой, отпугивающей молодь рыб. Существенную сложность представляет оптимизация конструктивных элементов устройства из-за отсутствия надлежащих методик расчета. Прежде всего, требуется установить связь частоты вращения струеобразователей со всеми кинематическими характеристиками оголовка в целом. Установлению этой связи и посвящена данная работа.

Для достижения поставленной цели был осуществлен гидравлический расчет. Для этого были приняты следующие допущения: скорость набегающего потока U_{∞} значительно меньше скорости истечения из сопла U_0 , струеобразователи имеют прямолинейную форму, а скорость истечения из сопел одинакова по длине.

Исходными данными для расчета являются: расход водозабора $Q_{вз}$, расход, обеспечивающий рыбозащиту $Q_{рз}$, количество струеобразователей на оголовке $N_{со}$, шаг установки сопел t_c , диаметр сопла d_0 , диаметр струеобразователя $d_{со}$, диаметр водораспределительной камеры $d_{вк}$, длина оголовка L_0 , длина струеобразователя $L_{со}$, угол наклона струеобразователя $\beta_{со}$, угол ориентации сопел на струеобразователе $\theta_{ос}$.

Наличие в конструкции импульсного гидродинамического оголовка раструбного перехода (рис. 1) позволяет значительно уменьшить скорость всасывания, поэтому при определении частоты повторения гидродинамических импульсов уменьшение скорости в водозаборном факеле до $U_{вз} \approx 0,2$ м/с дает возможность вести расчет на начальном этапе исследований без ее учета, пренебрегая ею по малости, так как, в сравнении со скоростью истечения струй из сопел струеобразователя $U_0 = 10 \div 20$ м/с, она значительно меньше.

По принятой частоте импульсов рыбозащитного оголовка ($n_{имп} = \text{const}$) и частоте вращения струеобразователей n_{ω} определяется их общее количество в составе оголовка по формуле $N_{со} = n_{имп} / n_{\omega}$, где частота вращения струеобразователя связана с угловой скоростью $\omega_{со}$ и периодом вращения T_{ω} следующей формулой

$$n_{\omega} = \frac{\omega_{со}}{2\pi} = \frac{1}{T_{\omega}}. \quad (1)$$

Для определения угловой скорости $\omega_{со}$ осуществим расстановку сил, действующих на струеобразователь (рис. 2).

Тангенциальная скорость V_{τ} является величиной переменной по длине струеобразователя и зависит от текущего радиуса ($V_{\tau} = \omega_{со} r = \text{var}$).

$$dF_{\text{ксо}} = N_{\text{со}} C_{\text{д}} \rho d_{\text{со}} \frac{V_{\tau}^2}{2} \frac{dr}{\sin \beta_{\text{со}}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{д}}$ – коэффициент сопротивления давлению.

Элементарная сила сопротивления обтеканию шлейфа $dF_{\text{ш}}$ находится аналогично по следующей зависимости:

$$dF_{\text{ш}} = N_{\text{со}} C_{\text{ш}} \rho h_{\text{ш}} \frac{\omega_{\text{со}}^2}{2 \sin \beta_{\text{со}}} r^2 dr.$$

Для определения величины выделения шлейфа скоростей $h_{\text{ш}}$ проанализируем характерные особенности его развития в сносящем потоке. Если рассматривать формирование шлейфа скоростей относительно подвижной системы координат, связанной со струеобразователем, то становится заметным, что вытекающая из сопла струя формируется в криволинейном поле скоростей, в котором векторы сносящих скоростей направлены тангенциально.

Струя, подобно упругому физическому телу, «сопротивляясь» своему изгибу, оказывает тем самым сопротивление набегающему потоку.

На рисунке 3 представлена схема формирования траектории шлейфа реактивных скоростей.

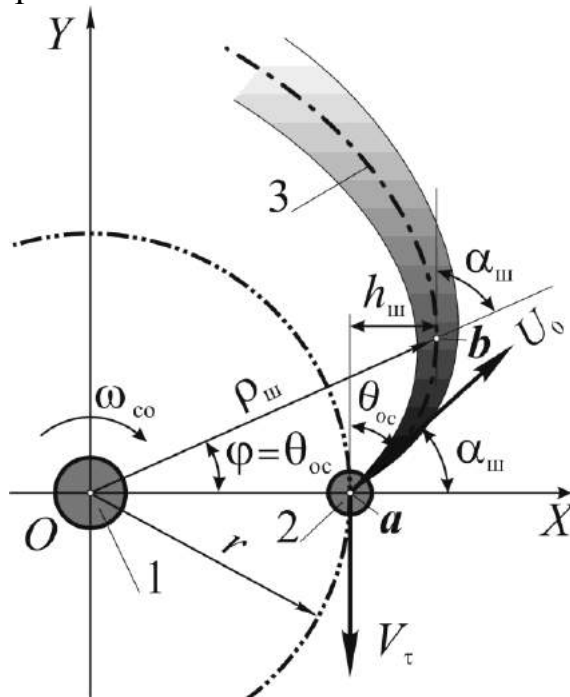


Рисунок 3. Схема формирования траектории скоростного шлейфа:

1 – водораспределительная камера; 2 – струеобразователь;

3 – динамическая ось скоростного шлейфа струи

Искомой величиной, характеризующей выделение шлейфа скоростей, на этой схеме является расстояние $h_{\text{ш}}$. Для ее нахождения необходимо определить положение траектории динамической оси совокупного шлейфа скоростей в системе координат, связанной со

струеобразователем. Решение данной задачи в строгой математической постановке затруднительно, поэтому используем метод аппроксимации.

Прежде всего, замечаем, что форма траектории шлейфа при отсутствии водозабора представляет собой спираль, которая на начальном этапе формируется подобно логарифмической. Поэтому, в качестве аппроксимирующей зависимости принимается уравнение логарифмической спирали, которое в полярных координатах имеет следующий вид: $\rho_{\text{ш}} = r \cdot e^{\theta_{\text{oc}} \text{tg} \theta_{\text{oc}}}$. Величина $h_{\text{ш}}$ определяется путем решения треугольника Oab по следующей формуле: $h_{\text{ш}} = \rho_{\text{ш}} \cos \theta_{\text{oc}} - r$. Подставив в это выражение значение $\rho_{\text{ш}}$, получаем следующую зависимость $h_{\text{ш}} = r(e^{\theta_{\text{oc}} \text{tg} \theta_{\text{oc}}} - 1)$. Для удобства ведения расчета введем следующее обозначение константы: $k_{\theta} = e^{\theta_{\text{oc}} \text{tg} \theta_{\text{oc}}} - 1 = \text{const}$. Тогда формула для выделения шлейфа скоростей примет еще более простой вид $h_{\text{ш}} = k_{\theta} r$.

С учетом этого зависимость для определения элементарной силы сопротивления обтеканию шлейфа принимает следующий вид:

$$dF_{\text{ш}} = N_{\text{co}} C_{\text{ш}} \rho k_{\theta} \frac{\omega_{\text{co}}^2}{2 \sin \beta_{\text{co}}} r^3 dr. \quad (5)$$

Определим силу $F_{\text{доп}}$, обусловленную наличием дополнительного сопротивления давлению отдельных опорных конструктивных элементов устройства (рис. 4).

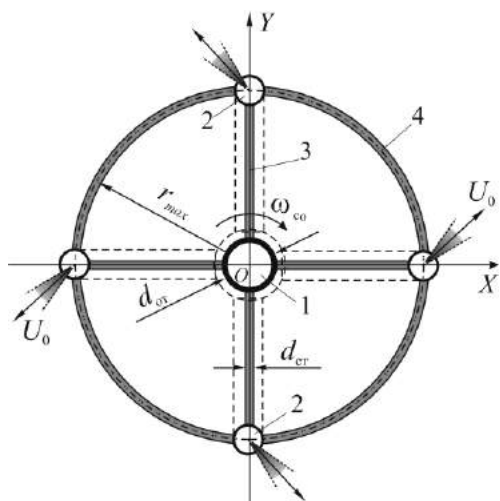


Рисунок 4. Схема расположения опорных конструктивных элементов оголовка:

1 – осевая напорная труба;
2 – струеобразователь; 3 – опорный стержень; 4 – ободочное кольцо

В зависимости от модификации конструкции оголовка, их форма и количество могут быть различными, например: опорные стержни, ободочное кольцо, разновидности крепежа и т.п. Поэтому сила сопротивления, вызываемая их совокупным воздействием, определяется индивидуально для конкретной модели устройства.

Из дополнительных сил наиболее существенное сопротивление

оказывают опорные стержни. Поэтому определим $F_{\text{доп}}$ как силу сопротивления, как следствие вращательного движения опорных стержней.

Полагаем, что каждый из опорных стержней, имеющий в поперечном сечении цилиндрическую форму с диаметром $d_{\text{ст}}$, является прямолинейным и имеет длину $L_{\text{ст}}$. Они крепятся шарнирно на осевой напорной трубе с диаметром $d_{\text{от}}$.

Сила трения, обусловленная вращательным движением опорных стержней вокруг оси оголовка, определяется подобно силе сопротивления давлению при обтекании коллектора струеобразователя, то есть:

$$dF_{\text{доп}} = N_{\text{co}} C_d \rho d_{\text{ст}} \frac{\omega_{\text{co}}^2}{2} r^2 dr. \quad (6)$$

Определение силы трения в шарнирных узлах устройства в теоретической постановке затруднено, прежде всего, из-за разнообразия форм шарнирных соединений и методов их расчета. Обычно сила трения скольжения определяется косвенно по начальным условиям. Для этого определяется та начальная сила $F_{\text{н}}$, при которой система начинает вращаться. Применительно к оголовку эту начальную силу определим путем интегрирования элементарной реактивной силы струеобразователя,

то есть:
$$F_{\text{н}} = \int_0^{F_{\text{н}}} dF_{\text{гд}} \text{ или } F_{\text{н}} = N_{\text{co}} \rho \frac{Q_{\text{н}} U_0 \cos \theta_{\text{oc}}}{L_{\text{co}} \sin \beta_{\text{co}}} \int_{r_{\text{min}}}^{r_{\text{max}}} dr.$$

После интегрирования получается следующая формула для определения начальной реактивной силы гидродинамического давления:

$$F_{\text{н}} = N_{\text{co}} \rho \frac{Q_{\text{н}} U_{\text{н}} \cos \theta_{\text{oc}}}{L_{\text{co}} \sin \beta_{\text{co}}} (r_{\text{max}} - r_{\text{min}}), \quad (7)$$

где: $Q_{\text{н}}, U_{\text{н}}$ – начальные (стартовые) значения расхода струеобразователя и скорости истечения из его сопл.

Подставив в уравнение баланса сил (2) значения, определенные по формулам (3 – 7), дифференциалов сил, проинтегрировав это выражение в диапазоне $r = r_{\text{min}} \div r_{\text{max}}$ и осуществив необходимые математические преобразования, получаем искомое выражение для угловой скорости:

$$\omega_{\text{co}} = \sqrt{\frac{(Q_{\text{co}} U_0 - Q_{\text{н}} U_{\text{н}}) \left(\frac{r_{\text{max}}^2 - r_{\text{min}}^2}{L_{\text{co}}} \right) \cos \theta_{\text{oc}}}{C_d (d_{\text{co}} + d_{\text{ст}} \sin \beta_{\text{co}}) \left(\frac{r_{\text{max}}^4 - r_{\text{min}}^4}{4} \right) + C_{\text{ш}} k_{\theta} \left(\frac{r_{\text{max}}^5 - r_{\text{min}}^5}{5} \right)}}.$$

Зная ее, можно определить частоту вращения струеобразователя n_{ω} по формуле (1), тогда число оборотов струеобразователя в минуту составит $N_{\omega} = 60 n_{\omega}$.

В заключении следует отметить, что определение начального

значения расхода струеобразователя и скорости истечения из сопл представляет собой некую индивидуальную характеристику оголовка, подобно тем, которые получаются при тарировке гидрометрических приборов. Учет в математической модели этих данных позволяет более точно определить гидродинамические характеристики рыбозащитного оголовка.

На рис. 5 в качестве примера представлены графики связей $N_{\omega} = f(Q_{pz})$, $N_{\omega} = f(\theta_{oc})$, $N_{\omega} = f(Q_{pz}, U_n, \theta_{oc})$ для рыбозащитного оголовка со следующими параметрами: $L_{co} = 0,54$ м, $N_{co} = 4$, $d_0 = 0,004$ м, $t_c = 0,03$ м, $d_{BK} = 0,12$ м, $d_{co} = 0,018$ м, $\beta_{co} = 22^\circ$, $C_d = 1,2$, $d_{ст} = 0,005$ м.

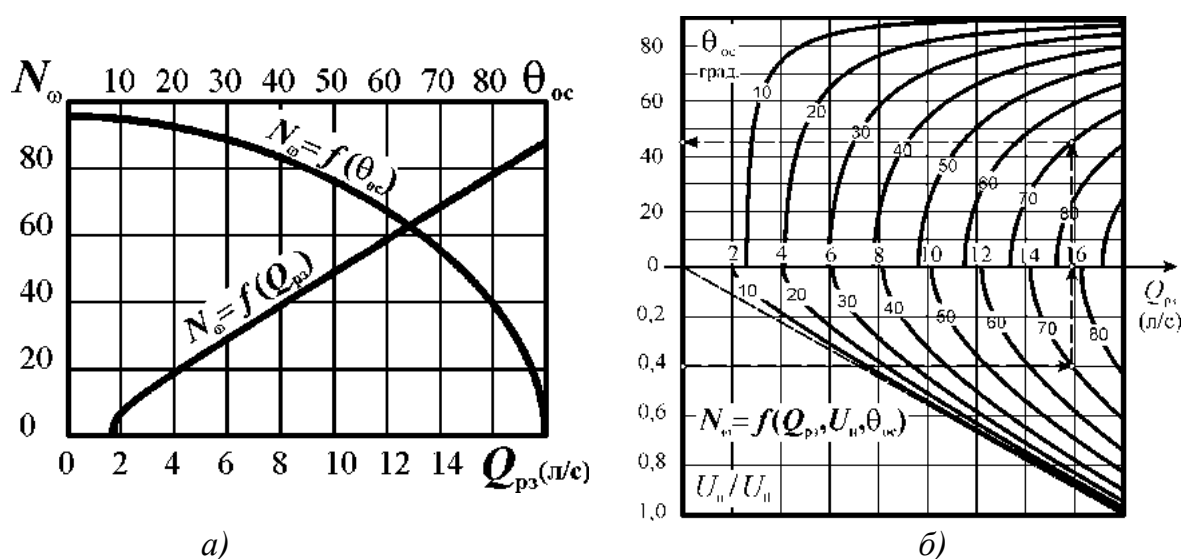


Рисунок 5. Характеристики струереактивного рыбозащитного оголовка:

а) график связей $N_{\omega} = f(Q_{pz})$ и $N_{\omega} = f(\theta_{oc})$;

б) график связи $N_{\omega} = f(Q_{pz}, U_n, \theta_{oc})$

Используя эти графики, по известной начальной скорости и заданной частоте вращения оголовка осуществляется дальнейшая оптимизация его параметров. Исследование экспериментальных моделей и сопоставление результатов с теорией свидетельствует о приемлемости данной методики в рамках принятых допущений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидравлика и аэродинамика: Учеб. Для вузов/А.Д. Альтшуль, Л.С. Животовский, Л.П. Иванов. – М.: Стройиздат, 1987. – 414 с.
2. Справочник по гидравлике/Под ред. В.А. Большакова, -2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1984. -343 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

Н.Н. Беляев, М.В. Уракин

ЗАО «РВКН», г. Москва, Россия

И.Н. Сукачева, С.А. Диваров

ОАО «Научно-исследовательский институт коммунального водоснабжения
и очистки воды», г. Москва, Россия

Рассмотрен вопрос о необходимости и перспективности использования программно-расчетных и программно-автоматизированных комплексов в процессе проектирования и автоматизации систем водоснабжения.

В последние годы на фоне общего подъема экономики Российской Федерации эффективнее стали работать предприятия водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ).

Длительный период времени предприятия ВКХ по ряду объективных причин находились практически в стагнации, что, естественно, привело к обветшанию водопроводно-канализационных сооружений и сетей, а также снижению качественных показателей их работы:

- износ сооружений достиг угрожающего роста, в некоторых местах до 100 %;

- выросла, по сравнению с доперестроечным периодом, аварийность эксплуатируемых трубопроводов. Удельное число повреждений трубопроводов на 100 км водопроводной сети достигает во многих городах немыслимых величин – 300 – 500. Ранее такое число повреждений наблюдалось только в некоторых шахтерских городах Кузбасса и Казахстана, расположенных на подрабатываемых территориях;

- увеличились утечки воды, которые достигли 50 % от поданной потребителям;

- перегрузка водопроводно-канализационных сооружений и сетей особенно в небольших городах достигает 100 %;

- практически везде ощущается дефицит регулирующих емкостей. Основная причина этому – игнорирование требований п. 9.1. СНиП 2.04.02-84* Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Министерство строительства Российской Федерации, 1996, согласно которому необходимо учитывать в общем объеме резервуаров аварийный и противопожарный запасы.

В настоящее время, в условиях рыночной экономики, многое коренным образом изменилось, однако осталась неизменной задача в области водоснабжения, которая лежит на предприятиях ВКХ любой

формы собственности – бесперебойное обеспечение потребителей водой нормативного качества.

Очевидно, поэтому в последнее время становится актуальной потребность в оптимизации и совершенствовании водопроводных сетей и сооружений.

Многие предприятия ВКХ стали снова активно привлекать специалистов Росводоканалналадки для решения возникающих технических проблем.

Наша организация, ЗАО «РВКН», тоже вернулась к сотрудничеству с некоторыми водоканалами, работая с ними по подрядным договорам.

Одним из приоритетных направлений в работе ЗАО «РВКН» является выполнение гидравлических расчетов водопроводных сетей с использованием современных вычислительных комплексов и методик.

Возросший уровень применения вычислительной техники и информационных технологий является предпосылкой для повышения требований к эффективности управления инженерными сетями и коммуникациями, а также финансовой и хозяйственной деятельностью предприятий ВКХ. Мы считаем, что новое качество управления может быть достигнуто за счет активного использования современных программных продуктов, способных обеспечить оперативное реагирование в аварийных ситуациях – ГИС¹ и программно-расчетных комплексов, совместимых с данной ГИС.

К сожалению, в настоящее время в ряде предприятий ВКХ отсутствует соответствующая современным требованиям система обеспечения информацией, необходимой для эффективного управления и развития водопроводно-канализационного хозяйства города. Существующие в настоящее время системы сбора и анализа данных по отдельным видам объектов организационно и методически разрознены, да и к тому же морально устарели, что не позволяет эффективно взаимодействовать подразделениям предприятия при принятии и обосновании конкретных решений. Кроме того, низкий уровень автоматизации по сбору, обработке и передаче информации, наличие ведомственных барьеров крайне затрудняют своевременное получение информации в необходимом объеме и принятие адекватных решений в условиях быстро меняющейся обстановки и дефицита времени.

Исправить сложившуюся ситуацию можно. Для этого предлагается выполнить для предприятия ВКХ работу с применением новейшей технологии обработки и использования информации о системах водоснабжения и водоотведения города на основе использования новейших программных и аппаратных средств. В результате управляющий

¹ ГИС – это географическая информационная система, предназначенная для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о представленных в ГИС объектах.

персонал будет иметь полный кадастр объектов управления, территориально привязанный к карте, и будет иметь возможность доступа к полной информации о каждом объекте. А также предприятию ВКХ будут предоставлены рекомендации не только по предупреждению о возможных последствиях, например, аварийной ситуации, но и рекомендации по преодолению кризиса и нормализации обстановки.

Составление для предприятия ВКХ с помощью ГИС-системы карты города позволит оперативно предоставлять достоверную информацию о пространственном положении объектов и их состоянии, а также интегрировать, анализировать и распространять необходимые объемы пространственной и описательной информации в масштабе всего предприятия.

С применением программно-расчетных комплексов для системы водоснабжения и математического моделирования можно решить множество проблем и существенно облегчить управление инженерными сетями и коммуникациями.

В частности, легко произвести анализ отключений, переключений, поиск ближайшей запорной арматуры, отключающей участок от источников или полностью изолирующей участок; провести поверочный расчет водопроводной сети, целью которого является определение потокораспределения в водопроводной сети, подачи и напора от источников при известных диаметрах труб и отборах воды потребителями.

К поверочным расчетам следует отнести и расчет системы на случай пожара в час наибольшего водопотребления, и расчеты сети и водоводов при допустимом снижении подачи воды в связи с авариями на отдельных участках.

Эти расчеты необходимы для оценки работоспособности системы в условиях, отличных от нормальных, для выявления возможности использования в этих случаях запроектированного насосного оборудования, а также для разработки мероприятий, исключающих падение свободных напоров и снижение подачи воды ниже предельных значений.

Все вычисления сопровождаются выводом результатов расчета на экран монитора персонального компьютера.

По желанию заказчика, предоставляется возможность экспорта результатов расчета в другие программы для последующего формирования массивов цифровых данных или редактирования.

Наглядная иллюстрация результатов гидравлического расчета может быть представлена в виде пьезометрического графика. Обычно стиль графика задается пользователем.

По окончании работ заказчику предоставляется отчет в печатной и электронной формах (на оптическом носителе).

Но, несмотря на актуальность для предприятия ВКХ таких работ, их выполнение требует от исполнительной организации значительных усилий.

На первом этапе работ основной проблемой является неудовлетворительное состояние (а нередко и полное отсутствие) бумажных картографических материалов. От качества изображения зависит продолжительность дальнейших работ – сканирования и векторизации растровых изображений. Имеет значение и год проведения топографической съёмки, и наличие (отсутствие) на карте подземных (надземных) коммуникаций. Важно также и соответствие информации бумажных карт оперативным схемам и вообще действительности – это напрямую влияет на длительность согласования электронных карт.

Вторая проблема, о которой хотелось бы упомянуть – это низкий уровень автоматизации сбора, обработки и передачи информации о водопотреблении населением города. Таким образом, иногда временные затраты на сбор первичных данных достигают 80 % от всей продолжительности работ.

Оптимальным решением этой проблемы, на наш взгляд, было бы внедрение и ГИС, и программно-расчетного комплекса на предприятия ВКХ.

Однако стоимость пакета программ ставит под вопрос воплощение в жизнь этого проекта для региональных предприятий ВКХ.

В процессе выполнения гидравлического расчета решаются вполне конкретные задачи:

1. выявление «узких» мест;
2. потокораспределение;
3. загруженность труб;
4. определение границ «условных» зон, если отсутствует строгое зонирование на водопроводе;
5. эффективность использования головных сооружений по технологической линии: водозабор – очистные сооружения – резервуар чистой воды (РЧВ) – насосная станция 2-го подъема.

Итогом этих работ является глубокая аналитическая и инженерная оценка работы системы подачи и распределения воды и разработка поэтапного плана дальнейшего развития водопровода, который может стать основой для перспективного развития водопровода, рациональной конструкции водопроводной сети в рамках генплана.

Сейчас с полным основанием можно признать, что проведенные нами гидравлические расчеты водопроводных сетей, стали основой для развития нескольких городских водопроводов Российской Федерации.

Примерами могут быть следующие объекты:

г. Орел. Руководство Орловского водоканала безотлагательно использовало полученные результаты:

- снизило избыточные напоры на всех насосных станциях 2-го, 3-го и 4-го подъемов до нормативных;
- устранило «узкие» места на основных магистральных водоводах;
- провело реновацию водопроводных сетей.

Результаты превзошли все ожидания:

- устранена сеансовая подача воды потребителям города;
- снижены утечки и потери электроэнергии;
- резко повысился уровень управления водопроводно-канализационным хозяйством.

г. Мытищи, Московская область. Гидравлический расчет был выполнен по заданию Лицензионно-экспертного управления Московской области с целью экспертной оценки строящегося нового водорегулирующего водозаборного узла (ВВЗУ) по ул. В.Волошиной.

Гидравлический расчет показал:

- территориальное расположение в схеме водопровода города выбрано проектировщиками удачно;
- значительно повышается надежность системы водопровода нижней (юго-западной) зоны города за счет дополнительного запаса воды в двух РЧВ емкостью 15 тыс. м³ каждый.

В процессе выполняемого гидравлического расчета была выполнена план-схема водопровода всего города в электронном виде.

г. Люберцы, Московская область. Военный городок. Система водоснабжения эксплуатируется крайне нерационально: на НС-2 поддерживается повышенное давление на уровне 76 м.в.ст. круглые сутки, чтобы обеспечивать жилые многоэтажные дома (выше 5-ти этажей).

Было рекомендовано организовать две зоны и разделить НС-2 на две группы насосов:

- зону «А» – обеспечивать водой от первой группы с выходным рабочим давлением – 40 м.в.ст.;
- зону «Б» – обеспечивать водой от второй группы насосов с выходным рабочим давлением – 50 м.в.ст.

г. Кольчугино, Владимирская обл. Гидравлический расчет показал, что строительство НС-3 было совершенно непродуманно. Эту НС-3 рекомендовано было отключить от системы, что было практически впоследствии выполнено.

Аналогичная ситуация возникла на водопроводе г. Костромы, где тоже неудачно было выбрано место для строительства НС-3, которая работает сейчас неэффективно, с частыми простоями.

Материалов, полученных по результатам гидравлических расчетов сетей, накопилось за несколько лет работы много, но рамки данной статьи не позволяют привести их в большем объеме.

О ПОТЕРЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ПОДАЧЕ ВОДЫ ПО СТАЛЬНЫМ ВОДОВОДАМ

И.Н. Рождов, П.Н. Шеметов

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

Рассмотрены примеры энергоаудита водопроводов шахтерских городов Ростовской области, предложены энергосберегающие мероприятия с обеспечением бесперебойного водоснабжения городов.

В результате проведения энергоаудита на объектах водоснабжения городов Ростовской области: Ростов, Шахты, Новошахтинск, Гуково, Зверево, Зерноград были выявлены факторы, приводящие к наибольшим потерям электроэнергии.

Значительные потери обусловлены неучтенными потерями воды из водопроводных сетей. Например, в г. Шахты неучтенные расходы составляют до 62 % от общего объема поданной воды

Существенные потери энергии обусловлены также низким к.п.д. насосных агрегатов, редко превышающих 50 – 60 %.

В большинстве шахтерских городов и поселков вода подается в течение суток «по графику», со значительными перерывами в середине дня и в ночное время. Трубы периодически опорожняются, повышается коррозия стальных труб и возникает возможность образования вакуума с ухудшением санитарного состояния трубопроводов.

Кроме того, пока медленно внедряется частотное регулирование работы насосных агрегатов, что вынуждает проводить регулировку подачи воды путем прикрытия напорной задвижки на насосах. Весьма распространено также несоответствие характеристик используемых насосов необходимым рабочим точкам расход – напор.

Особое внимание следует уделить потерям, вызванным повышенным сопротивлением стальных и чугунных водоводов, обусловленным возрастанием внутренней шероховатости. Главным образом шероховатость определяется бугристыми коррозионными наростами, состоящими почти исключительно из продуктов коррозии железа и инертных механических включений.

По данным фактических измерений составлена таблица. Изучены водоводы № 1 – г. Зерноград, водоводы № 2, 3 – г. Шахты, водоводы № 4, 5 – г. Новошахтинск. Водоводы № 1 – 3 транспортируют воду реки Дон, водоводы № 4 – 5 транспортируют воду Соколовского водохранилища. Общая минерализация воды р. Дон составляет 600 – 800 г/м³, Соколовского водохранилища – 900 – 1200 г/м³.

Таблица. Увеличение сопротивления водоводов и потери электроэнергии на подачу воды

Водовод		Длина, км	Условный проход D, мм	Расход q, м ³ /с	Фактические потери напора, м	Расчет потери напора, м	Перерасход электроэнергии, кВт·ч	Эффективный диаметр, мм	Годовой перерасход, тыс. кВт·ч	Срок службы, г
№	Материал									
1	сталь	6	600	0,115	39	3,24	56	340	490,6	25
2	сталь	30	1000	0,540	72,5	27,6	237	740	2076,1	46
3	сталь	30	1200	0,882	72,5	27,6	388	900	3401,6	27
4	сталь	14	800	0,139	42,3	3,0	53,6	415	469,5	25
5	чугун	8,8	400	0,023	35,6	2,4	7,5	200	65,6	70

ВЫВОДЫ

1. Водопроводы, транспортирующие воду со сравнительно высокой минерализацией, с годами значительно уменьшают свою пропускную способность. При технико-экономическом обосновании необходимости очистки, санации водоводов или прокладки параллельных линий необходимо учитывать фактическое сопротивление существующих водоводов, которое может резко отличаться от расчетных теоретических.

2. Своевременной санацией трубопроводов, внедрением частотного регулирования работы насосных агрегатов можно обеспечить бесперебойную, надежную работу водоразборной сети города и получить экономию электроэнергии, полностью компенсирующую расходы на санацию и реконструкцию насосных станций.

УДК 628.147.23

СПОСОБ ОБРАБОТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД ВОДОПРОВОДНЫХ СТАНЦИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ЗАРЕГУЛИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКАХ

Н.Д. Артеменок, М.И. Урванцева

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Россия

В работе рассмотрены и предложены варианты утилизации промывных вод после водопроводных скорых фильтров. По каждому варианту приведены обоснование и технико-экономическая оценка.

Водоснабжение крупных городов, в основном, осуществляется из поверхностных зарегулированных водоемов. При подготовке питьевой воды до требований, предъявляемых к хозяйственно-питьевой воде (СанПиН) на водопроводных станциях образуется промышленный сток – промывные воды и осадок. Среди предлагаемых нормативными документами направлений очистки промывных вод рассматривались следующие:

1. равномерное перекачивание промывных вод в трубопровод перед смесителем;
2. равномерное перекачивание промывных вод в смеситель станции очистки после отстаивания;
3. сброс промывных вод без обработки в водоем, на специально выделенные участки рельефа местности или закачивание в подземные горизонты.

Проблема загрязнения поверхностных водоемов промывными водами от станций очистки природных вод в последние годы приобрела особую актуальность в связи с ужесточением экологических норм и большими штрафами за сброс грязной воды в водоисточник. Кроме того, сброс промывных вод и осадка в поверхностные источники приводит к нарушению экологического режима объекта, загрязнению источника продуктами реагентной обработки и угнетению процессов самоочищения водоисточника. Многолетняя практика очистки промывных вод с использованием стандартных схем очистки – с возвратом в «голову» технологии водообработки, показала их невысокую надежность на практике. Это связано с неравномерностью подачи промывных вод в «голову» сооружений в течение суток, а так же отличие качественных показателей обрабатываемой речной взвеси от добавляемой промывной. Поэтому многие города решают проблему обработки стока водопроводных станций, сбрасывая его в водоисточник. В последние годы забор воды все чаще производится из зарегулированных водоемов, особенностью которых является заметное уменьшение количества взвешенных веществ, поступающих на станцию очистки. В связи с уменьшением и изменением характера взвеси в водоеме происходит изменение количественных и качественных показателей промывных вод, что создает предпосылки для разработки новых направлений для их обработки. Так, для реки Обь, максимальное количество (осредненное) взвешенных веществ за последние 15 лет не превысило 60 – 80 мг/л, в то время как до строительства гидроузла количество взвешенных веществ, в местах водозаборов г. Новосибирска, доходило до 800 мг/л.

Предлагаемая нами технология (получено положительное решение о выдаче патента) дает возможность использовать основные сооружения станций очистки природных вод одновременно и для обработки промывных вод. Для этого из основной цепочки сооружений на станции

выделяется один или несколько горизонтальных отстойников и скорых фильтров, а очищенную в них промывную воду используют в технологическом процессе. Такой способ очистки промывной воды дает возможность обработать ее до качества очищенных природных вод без возврата грязной воды в голову сооружений, что позволяет вернуть в технологический процесс от 6 до 10 % воды, сбрасываемых в источник практически повсеместно. В результате нашей работы предложено три возможных схемы обработки промывных вод:

1. согласно первой схеме промывные воды обрабатываются на выделенном из технологического процесса горизонтальном отстойнике, с подачей очищенной воды на общие скорые фильтры станции очистки с последующей подачей в резервуар чистой воды;
2. по второй схеме промывные воды обрабатываются на выделенном горизонтальном отстойнике и скором фильтре с подачей очищенной воды в резервуар чистой воды станции очистки природных вод;
3. третий вариант предполагает очистку промывной воды по второй схеме, но очищенные промывные воды подаются на промывку скорых фильтров станции очистки.

Вторичные промывные воды, образующиеся от выделенных скорых фильтров, направляются в резервуар-усреднитель промывных вод, откуда перекачиваются на цепочку выделенных сооружений согласно одной из предложенных схем. В качестве примера ниже приведена технологическая схема по варианту № 2.

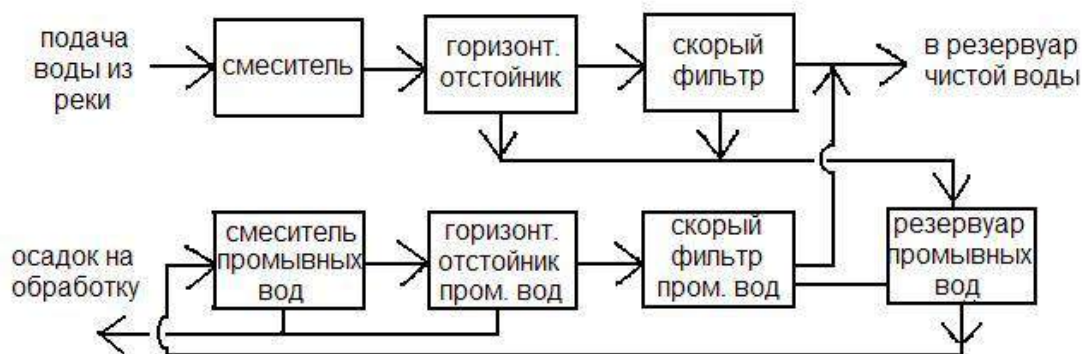


Рисунок. Технологическая схема по второму варианту очистки промывных вод

В настоящее время проектный институт «ОАО Сибгипрокоммунводоканал» приступил к выполнению рабочего проекта по реконструкции НФС-1 г. Новосибирска, в котором наряду с увеличением ее производительности на 100,0 тыс. м³ в сутки, решаются вопросы комплексной очистки промывных вод по предлагаемой технологии.

ВОДООТВЕДЕНИЕ

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕМБРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

**ОСОБЕННОСТИ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ
МОБИЛЬНЫХ, БЛОЧНЫХ И ЛОКАЛЬНЫХ
УСТАНОВОК ПО ОЧИСТКЕ И НЕЙТРАЛИЗАЦИИ
СТОЧНЫХ ВОД РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ**

**ОБРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ ПРОМЛИВНЕВЫХ
СТОЧНЫХ ВОД**

БИОМЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

В.Н. Швецов, К.М. Морозова

ОАО «Научно-исследовательский институт коммунального водоснабжения
и очистки воды», г. Москва, Россия

С.В. Степанов

НПФ «ЭКОС», г. Самара, Россия

С.Е. Никифоров

ОАО «КНПЗ», г. Самара, Россия,

В работе изложены результаты экспериментальных исследований нефтесодержащих сточных вод на биомембранных установках БМР и МБР, обсуждены результаты, сделаны выводы.

На нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ), образуется большое количество сточных вод сложного состава, характерной особенностью которых является высокое содержание нефтепродуктов, СПАВ, фенола, азота аммонийного при относительно низком содержании органических загрязнений по ХПК и БПК, причем соотношение БПК к ХПК составляет в среднем 0,5, что указывает на наличие в стоке трудноокисляемых органических веществ. Для биохимической очистки сточных вод НПЗ обычно используют одно- и двухступенчатые аэротенки, которые не обеспечивают современные требования, предъявляемые к очищенным сточным водам, по удалению как специфических загрязнений (нефтепродукты, фенол, СПАВ и др.), так и соединений азота.

Радикальное улучшение характеристик биотехнологий очистки сточных вод возможно путем создания гибридных биомембранных технологий. В НИИ ВОДГЕО разработан биосорбционный метод для глубокой очистки сточных вод различного состава, сущность которого состоит в адсорбции загрязнений из воды активированным углем, биомодификации биорезистентных загрязнений в микропористой структуре сорбента в биоразлагаемую форму с последующим их окислением биопленкой на поверхности сорбента.

Биосорбционный метод применим для очистки сточных и природных вод в широком диапазоне изменения температур и обеспечивает эффективное удаление как биоразлагаемых, так и биорезистентных, токсичных и канцерогенных веществ, таких как нефтепродукты, детергенты, хлорорганические и фосфорорганические соединения, соединения азота и др., что не достижимо ни традиционными методами биологической очистки, ни отдельно мембранными методами. Совмещение биосорбционной технологии с использованием

порошкообразных сорбентов (ПАУ) и мембранной фильтрации позволит существенно улучшить характеристики биосорбционной технологии. В разработанном НИИ ВОДГЕО биосорбционно-мембранном реакторе с ПАУ (БМР) реализуется гибридный процесс мембранного фильтрования и биосорбционного окисления на биоактивном порошкообразном активированном угле.

Цель работы состояла в исследовании и сравнительной оценке очистки сточных вод НПЗ в производственных двухступенчатых аэротенках, мембранном биореакторе (МБР) и по технологии БМР с ПАУ.

Экспериментальные исследования проводились на пилотных установках МБР и БМР на реальной сточной воде НПЗ. Установки работали в непрерывном режиме в течение 6 месяцев. В установке МБР реализована технология биологической очистки по схеме нитри-денитрификации. Установка БМР работала на биологически очищенной сточной воде НПЗ (после третичного отстойника). В качестве загрузки в БМР использовался ПАУ марки ОУ-А с концентрацией 20 – 25 г/л. В обеих установках были использованы половолоконные микрофильтрационные мембраны (с размером пор 0,2 мкм) рабочей поверхностью 0,05 м² при скорости фильтрования 0,2 – 0,3 м³/м² в сут. Режим работы мембран: 10 мин – фильтрование, 30 с – обратная промывка. Аналитический контроль за работой установок осуществлялся (по стандартным методикам) по основным загрязняющим компонентам и специфическим ингредиентам.

Результаты работы пилотных установок в сравнении с работой производственного аэротенка приведены в таблице.

Анализ данных таблицы показывает, что действующие очистные сооружения не обеспечивают установленные требования по нефтепродуктам, взвешенным веществам, фенолам, БПК, аммонийному азоту, азоту нитритов и нитратов, СПАВ.

Биологическая очистка в МБР с нитри-денитрификацией позволяет получить очищенную воду, соответствующую нормативам на сброс в водоем рыбохозяйственного назначения по соединениям азота, взвешенным веществам, БПК и ХПК. Значительно глубже происходит окисление в МБР нефтепродуктов, фенола и СПАВ, при этом время обработки воды в МБР составляет 10 – 12 ч, вместо 15 – 18 ч в аэротенках. Концентрация активного ила в МБР в среднем составляла 4 – 5 г/л, а в производственном аэротенке – 1,0 – 2 г/л. Окислительная мощность МБР в 1,5 – 2,5 раза выше традиционных аэротенков при более высоком качестве очищенного стока. Эффективность очистки от органических загрязнений по ХПК в МБР достигает 70 – 73 %, в аэротенках – 57 – 65 %, по БПК, соответственно, 98 – 99 % и 84 – 86 %.

Таблица. Сравнительные результаты очистки нефтесодержащих сточных вод на установках МБР и БМР

Показатели	Исходная вода	Выход из третичного отстойника	Пермеат из МБР	Пермеат из БМР	ПДК
ХПК, мг/л	90 – 145	40 – 55	28 – 31	17 – 25	
БПК, мг/л	50 – 100	5,0 – 7,5	1,0 – 1,5	0,5 – 0,8	3
Нефтепродукты, мг/л	14 – 22	0,6 – 1,2	0,2 – 0,4	0,02 – 0,04	0,05
Фенол, мг/л	2,8 – 4,4	0,004 – 0,1	0,003 – 0,009	0,001-0,0014	0,001
СПАВ, мг/л	0,8 – 1,3	0,1 – 0,2	0,1 – 0,19	0,01 – 0,017	0,01
Азот аммонийный, мг/л	17 – 25	0,56 – 1,5	0,22 – 0,39	0,05 – 0,2	0,39
Азот нитритный, мг/л	0,01 – 0,3	0,05 – 0,2	0,03 – 0,07	0,001 – 0,02	0,02
Азот нитратный, мг/л	0 – 3,0	3 – 10	до 9,0	до 9,0	9,0
Взвешенные вещества, мг/л	27 – 40	10 – 18	0	0	3

Применение биосорбционно-мембранной технологии для доочистки позволяет получить очищенную воду, удовлетворяющую нормативам ПДК водоема рыбохозяйственного назначения, а по взвешенным веществам, БПК (< 1 мг/л), нефтепродуктам ($< 0,05$ мг/л) и аммонийному азоту ($< 0,2$ мг/л) меньше ПДК. При биосорбционно-мембранной доочистке увеличивается глубина окисления трудноокисляемых органических загрязнений, эффективность снижения ХПК в результате доочистки достигает 40 – 50 % (ниже 30 мг/л).

В процессе исследований впервые определены кинетические константы уравнений ферментативной кинетики окисления, как основных органических загрязнений, так и специфических компонентов, которые позволяют рассчитать параметры процессов очистки сточных вод НПЗ в МБР и БМР для любой заданной степени очистки с учетом концентраций загрязнений в исходной воде.

ВЫВОДЫ

1. Впервые в России проведены длительные исследования пилотных установок МБР и БМР на реальных сточных водах НПЗ. Проведена сравнительная оценка мембранных биореакторов с традиционной системой биологической очистки. Получены технологические расчетные параметры процессов очистки в биомембранном реакторе и доочистки в биосорбционно-мембранном реакторе сточных вод НПЗ. Показано, что

мембранные биотехнологии обеспечивают чрезвычайно высокую степень очистки при очень высокой стабильности и устойчивости процесса.

2. Технология МБР с нитри-денитрификацией обеспечивает качество очищенной воды, соответствующее нормативам на сброс водоем рыбохозяйственного назначения по соединениям азота, взвешенным веществам, БПК и ХПК. Значительно глубже происходит окисление в МБР нефтепродуктов, фенола и СПАВ. Окислительная мощность МБР в 1,5 – 2,5 раза выше традиционных аэротенков при более высоком качестве очищенного стока. Эффективность очистки от органических загрязнений по ХПК в МБР достигает 70 – 73 %, в аэротенках – 57 – 65 %, по БПК, соответственно, 98 – 99 % и 84 – 86 %.

3. На стадии доочистки использование биосорбционно-мембранного реактора с ПАУ (БМР) обеспечивает удаление основных и специфических органических загрязнений до требуемых нормативов (БПК до 0,5 – 0,8 мг/л, нефтепродукты < 0,05 мг/л, фенол до 0,001 мг/л, СПАВ до 0,01 мг/л, азот аммонийный до 0,2 мг/л).

УДК 628.335:678.021.6

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЧЕСКИХ КОАГУЛЯНТОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Л.В. Гандурина, И.А. Нечаев, А.М. Поляков, И.А. Богатеев

ОАО «Научно-исследовательский институт ВОДГЕО», г. Москва, Россия

С.В. Гетманцев

ОАО АУРАТ, г. Москва, Россия

Описана методика проведения исследований, приведены результаты выполненных исследований по сравнительной эффективности ряда неорганических и органических коагулянтов, используемых при очистке сточных вод различных категорий.

Эффективность коагуляционной очистки сточных вод, прежде всего, зависит от вида применяемого коагулянта и его физико-химических свойств. Для практического применения представляет интерес сравнение эффективности двух взаимозаменяемых групп реагентов – неорганических и органических коагулянтов для очистки сточных вод различных видов. Были использованы: неорганический коагулянт оксихлорид алюминия с основностью 43 % марок «АКВА-АУРАТ™18» и «АКВА-АУРАТ™30» и органические коагулянты трех групп: полиамины (Каустамин 15), полиДАДМАХ (ВПК 402, DB 45, 45SH, 45VNM) и полигуанидины (Полисепт, Аквасепт). Каустамин 15 и ВПК 402 производятся в ЗАО Каустик» (г. Стерлитамак), DB 45, 45SH, 45VNM выпускаются

французской фирмой «SNF». Образцы коагулянтов Полисепт и Аквасепт с торговой маркой «Аквасепт Плюс» (ТУ 9392-001-97248066-2007), были предоставлены ЗАО НПО «Центр управления Эколого-технологических проектов «Эко Плюс» (г. Москва). Аквасепт в отличие от Полисепта является композиционным реагентом, в состав которого входит четвертичная аммонийная соль. Для ускорения процесса осветления применяли анионный органический флокулянт Праестол 2640.

Все реагенты использовались в виде 0,1 – 1 % растворов по основному веществу. Эффективность реагентов оценивали по величине оптимальной дозы и по снижению загрязненности очищаемой воды (мутности, содержанию нефтепродуктов, анионных ПАВ). Оптимальные дозы (расходы реагента) определяли по чистому веществу для полимеров и по оксиду алюминия для оксихлорида алюминия. Эксперименты по коагуляции проводили по стандартной методике на установке пробного коагулирования «Капля» с механическим перемешиванием. После дозирования раствора каждого реагента, сточную воду перемешивали с интенсивностью 150 об/мин в течение 1 мин, затем 5 мин с интенсивностью 50 об/мин, и затем отстаивали или фильтровали. Гидравлическая крупность выделяемых загрязнений составляла не менее 0,2 мм/с.

Исследования проводились на реальной сточной воде различных предприятий, отличающихся содержанием и видом загрязнений: взвешенных веществ, нефтепродуктов, анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ), красителей, лакокрасочных материалов. Поверхностная ливневая вода, сточные воды автозаправочной станции (АЗС) после предварительного отстаивания представляют собой слабозагрязненные кинетически неустойчивые дисперсии, содержащие в основном тонкодисперсную минеральную взвесь (до 400 мг/л) и нефтепродукты (до 25 мг/л). В сточных водах нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) основным дисперсным загрязняющим веществом являются нефтепродукты (до 215 мг/л), а растворенным – соли и органические примеси. Самой загрязненной нефтесодержащей сточной водой является вода автомойки, которая характеризуется высокой кинетической устойчивостью дисперсных загрязнений, и содержит помимо взвешенных веществ (до 1700 мг/л) и нефтепродуктов (до 630 мг/л) различные моющие средства, в состав которых входят анионные поверхностно-активные вещества (до 90 мг/л).

Были также исследованы сильнозагрязненные сточные воды, представляющие собой стабильные устойчивые к осаждения дисперсные системы. К ним относятся сточные воды от производства вододисперсионных лакокрасочных материалов, сточные воды красильных ванн, от гидравлической очистки отливок в литейном производстве. В отличие от других исследованных сточных вод, сточные воды литейного

производства характеризуются не только высокой концентрацией минеральных взвешенных (3100 – 4500 мг/л) и растворенных веществ (3000 – 3300 мг/л), но и сильно щелочной реакцией ($pH = 11 - 12$). Высокая щелочность сточных вод обусловлена присутствием растворимых солей кремниевых кислот, водные растворы которых обладают щелочными свойствами.

Результаты очистки нефтесодержащих сточных вод с разной концентрацией загрязнений представлены на рис. 1 – 4.

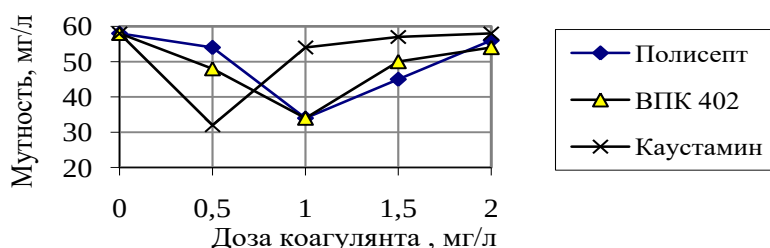


Рисунок 1. Зависимость мутности ливневых вод от дозы органических коагулянтов

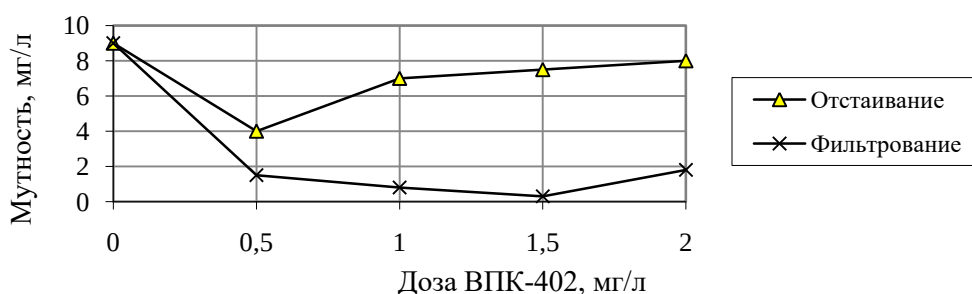


Рисунок 2. Зависимость мутности ливневых вод от дозы ВПК 402

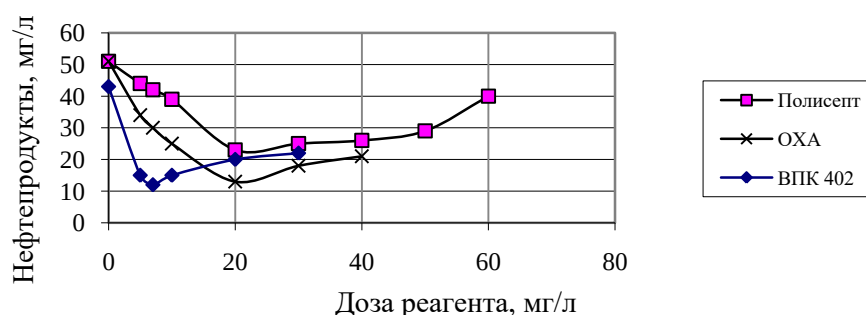


Рисунок 3. Зависимость содержания нефтепродуктов в сточной воде НПЗ от дозы реагентов

Как следует из представленных данных, коагулирующая способность разных марок коагулянтов зависит от состава воды. Например, для промливневых сточных вод эффективность органических коагулянтов разного химического состава примерно одинакова, но при меньшей дозе Каустамина 15 (рис. 1).

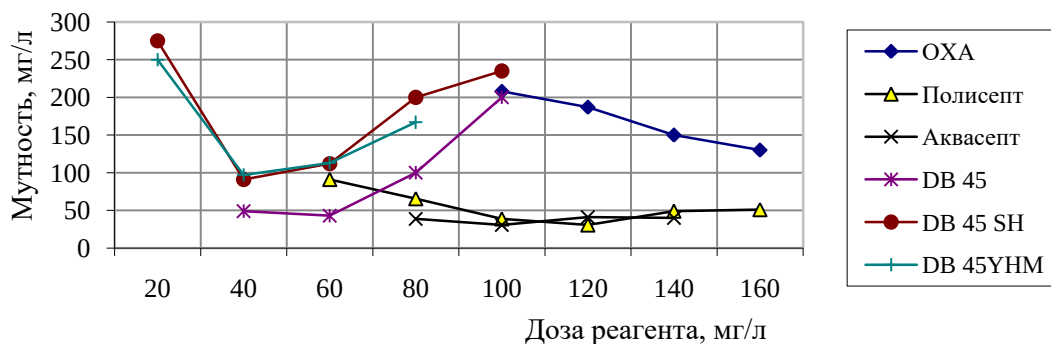


Рисунок 4. Зависимость мутности отстоянной сточной воды автомойки после коагуляции от доз реагентов, исходная мутность 570 мг/л

Для сточных вод автомойки, содержащих АПАВ, большей эффективностью обладает Аквасепт (рис. 4, таблица), который эффективно удаляет не только дисперсные загрязнения, но и анионные ПАВ). Содержание АПАВ снижается с 29 до 0,4 мг/л. Более высокая степень извлечения ПАВ из воды с применением Аквасепта, вероятно определяется его составом, компоненты которого взаимодействуют с анионными ПАВ с образованием нерастворимых комплексов. Эффективность осветления сточной воды при самостоятельном применении органических коагулянтов равна или ниже, чем при использовании оксихлорида алюминия в тех же условиях (рис. 3, таблица). Более высокий эффект осветления сточных вод ОХА объясняется сопутствующим действием продуктов гидролиза коагулянта. Увеличение степени извлечения дисперсных загрязнений достигается при фильтровании сточной воды (рис. 2) или использовании коагулянтов в сочетании с высокомолекулярными флокулянтами (таблица).

Оптимальные дозы коагулянтов, при которых достигается наибольший эффект очистки, возрастают с увеличением загрязненности сточных вод растворимыми веществами (АПАВ, минеральными солями и т.д.). Так, если для промливневых сточных вод дозы органических коагулянтов составляют 0,5 – 1 мг/л (рис. 1, 2), то для сточных вод АЗС (5 мг/л) и НПЗ – 7 – 20 мг/л (табл. 1, рис. 3), а для сточных вод автомойки дозы органических коагулянтов повышаются до 40 – 80 мг/л (рис. 4). При этом дозы ОХА могут быть больше, меньше или равными дозам органических коагулянтов. Например, доза ОХА равна дозе низкомолекулярного Полисепта (рис. 3) и выше дозы ВПК 402 при очистке сточных вод НПЗ.

Для очистки сточных вод производства вододисперсионных ЛКМ, дозы коагулянтов возрастают в кратное число раз. Так наибольшая степень очистки 99,6 % сточных вод производства ЛКМ от взвешенных веществ достигается с применением Аквасепта и Полисепта дозой 500 мг/л (рис. 5).

Таблица. Показатели очистки сточных вод с применением различных коагулянтов

Реагенты	Дозы, мг/л	Содержание нефтепро- дуктов, мг/л	Мутность, мг/л	Эффект очистки, %	
				по нефте- продуктам	по мутности
АЗС					
Полисепт	5	-	58,8	-	31
Аквасепт	5	-	65,5	-	23,4
Полисепт+Пр2640	5+0,5	1,86	24	33,6	72
Аквасепт+Пр2640	5+0,5	1,47	28	47,5	67
АКВА-АУРАТ™18	5	-	33,4	-	61
АКВА-АУРАТ™18 +Пр2640	5+0,5	1,69	4,7	39,6	94,5
НПЗ					
ВПК 402	7,0	13	15	71	69
Полисепт	20	-	23,4	-	54
Аквасепт	30	-	26,7	-	47
АКВА-АУРАТ™18	20	20,5	12,7	90,4	75,0
Автомойка					
Полисепт	60	23,7	3,3*	96	88,7*
Аквасепт	60	40,3	0,4*	93,6	98,6*
АКВА-АУРАТ™18 +Аквасепт	20+2	16,1	3,6*	97,4	87,7*

Примечание * – анионные ПАВ

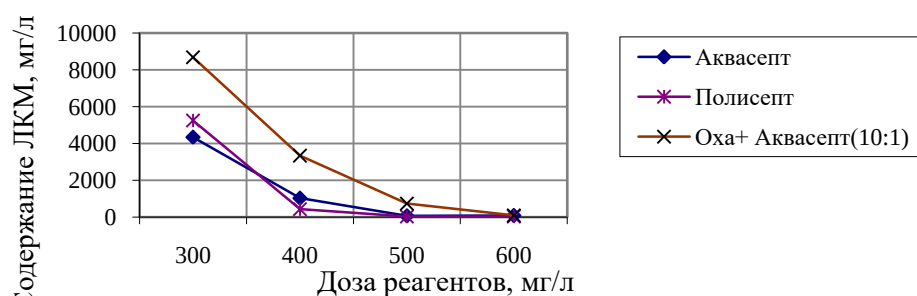


Рисунок 5. Зависимость содержания ЛКМ в очищенной воде от дозы реагентов, С исх = 20,7 г/л

Такое же снижение содержания взвешенных веществ (с 20700 мг/л до 90 мг/л) достигается при применении ОХА совместно с Аквасептом в дозах 600 и 60 мг/л, соответственно. АПАВ лучше удаляются при использовании Аквасепта, также как и при очистке сточных вод автомойки. Содержание АПАВ уменьшается с 56,5 до 3,9 мг/л, т.е. на 93 %.

При этом выбор и эффективность коагулянтов определяется природой и содержанием растворенных загрязнений. Так, при очистке щелочных сточных вод литейного производства из реагентов большей

эффективностью обладает ВПК 402 в дозах 20 – 35 мг/л, который позволяет снизить содержание взвешенных веществ с 3000 – 3300 до 3 – 13 мг/л (рис. 6). Объем осадка составляет 15 % от объема сточной воды. В то же время применение неорганических коагулянтов требует значительно более высоких доз (300 – 600 мг/л), при этом образуется мелкодисперсный плохо отстаиваемый осадок, который укрупняется только при добавлении Праестола 2640 дозой 15 мг/л. Объем образующегося осадка в 2 раза больше, чем при использовании ВПК 402.

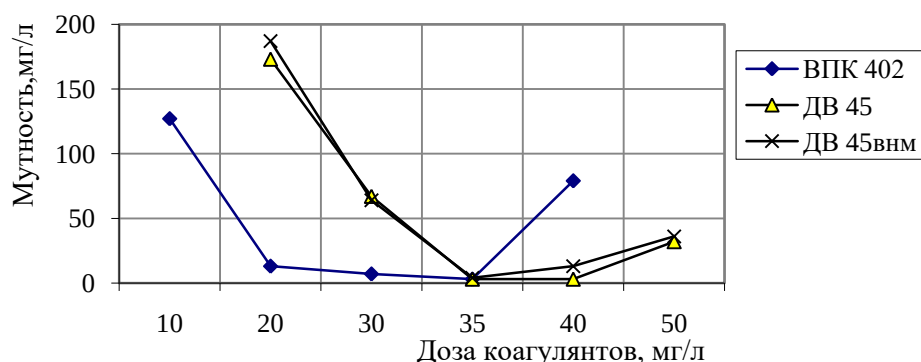


Рисунок 6. Зависимость мутности очищенной сточной воды литейного производства от дозы разных марок коагулянтов полиДАДМАХ

Сравнение эффективности различных коагулянтов при очистке разбавленной модельной воды, содержащей 100 мг/л смеси красителей (активного, прямого и кислотного) показало, что наибольшей эффективностью обладает ОХА и Полисепт в дозе 30 мг/л. ПолиДАДМАХ разных марок обладают более низкой эффективностью (рис. 7).

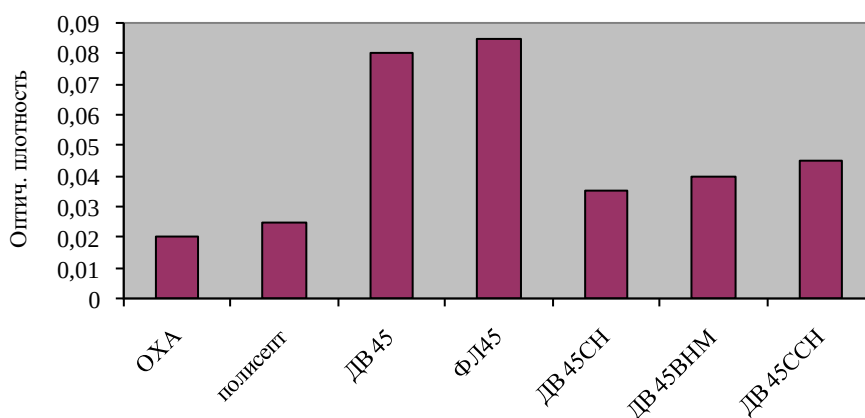


Рисунок 7. Эффективность применения коагулянтов для очистки воды фильтрованием от смеси красителей при с = 100 мг/л

При увеличении содержания красителей до 1 г/л, дозы коагулянтов возрастают до 300 мг/л. При этом остаточная концентрация красителей в очищенной воде составляет 40 – 50 мг/л. Большая эффективность

гуанидиновых коагулянтов, отличающихся повышенным содержанием катионных групп в элементарном звене полимера, свидетельствует в пользу химического связывания красителей, содержащих анионные сульфогруппы. При очистке реальных сточных вод красильных ванн доза коагулянта и эффективность удаления красителя зависит от состава товарных форм красителей и может увеличиваться до 1200 мг/л, как это наблюдалось при очистке промывной воды красильной ванны печатных машин бумажной фабрики, содержащей зеленый краситель, с применением Полисепта. При этом очищенная вода имела прозрачность по разбавлению 1 : 5, а количество осадка после 30 мин отстаивания составляло 25 – 30 %.

Таким образом, органические коагулянты по эффективности и расходам сопоставимы с оксихлоридом алюминия для большинства однотипных сточных вод. Эффективность применения неорганических коагулянтов и флокулянтов повышается при фильтровании сточной воды или при совместном применении с высокомолекулярными анионными флокулянтами. Коагулянты на основе гуанидиновых полимеров (Полисепт, Аквасепт) благодаря специфическому химическому составу обладают высокой эффективностью при очистке большинства исследованных сточных вод.

УДК 628.169

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБРАБОТКЕ И УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

С.Д. Беляева, Л.И. Гюнтер

ЗАО НПФ «БИФАР», г. Москва, Россия

В статье приведен обзор существующих методов и видов оборудования по подготовке, обработке и утилизации осадков сточных вод. Наибольшее внимание уделено компостному методу подготовки осадка сточных вод.

Федеральными Законами РФ «Об отходах производства и потребления» (от 24.06.1998 г. №89-ФЗ) и «О техническом регулировании» (от 27.12.2002г. №184-ФЗ) закреплены правовые основы регулирования экологической безопасности окружающей среды и здоровья человека при обращении со всеми видами отходов производства и потребления и определены следующие основные принципы государственной политики в этой области:

- максимальное уменьшение объемов отходов;
- подготовка для дальнейшей экологически безопасной утилизации или размещения в окружающей среде.

Решение этих задач должно быть основано на использовании современных наилучших технологий и оборудования при обеспечении выполнения требований соответствующих нормативных документов.

В настоящее время технология обработки осадков сточных вод, являющихся отходами производства и потребления, стала сложной технической отраслью, основанной на использовании биохимических, химических, физико-химических процессов, аппаратов механического обезвоживания и сушки, печей сжигания и др. Центральное место при этом, бесспорно, занимает обезвоживание осадка. Применение современного высокоэффективного оборудования для сгущения и обезвоживания осадка позволяет на порядок снизить его объемы и повысить концентрацию сухого вещества. На отечественном рынке широко представлены зарубежные фирмы, предлагающие свое оборудование для обезвоживания осадка. Вместе с тем, в последние годы рядом отечественных фирм созданы достаточно конкурентно способные образцы оборудования, успешно эксплуатируемые на многих очистных сооружениях канализации (ОСК) и локальных очистных сооружениях (ЛОС) промышленных предприятий. К такому оборудованию относятся, например, *сетчатые сгустители типа ЛФ-С (производительностью от 1 до 100 м³/час)* и *ленточные фильтр-прессы типа ЛФ-П (производительностью от 1 до 50 м³/час)* и другое вспомогательное оборудование для цехов механического обезвоживания осадков, изготавливаемое НПФ «БИФАР». Указанное оборудование успешно эксплуатируется на очистных сооружениях канализации в городах и на предприятиях Центрального региона, Юга России, Сибири, Дальнего Востока, в т.ч. на ОСК Дубны, Протвино, Подольска, Коломны, Сергиева Посада, Чехова, Сургута, Редкино, Осташковского и Рязанского кожевенных заводов, цементного завода в Новороссийске, на Сахалине и др.

Обезвоживание осадков является одной из стадий технологического процесса обработки, позволяющей снизить объемы осадков в 8 – 10 раз и перевести из жидкого состояния в полутвердое или пастообразное. Для решения задачи последующей утилизации или размещения осадка требуется его дообработка с целью стабилизации, обеззараживания, подсушивания, улучшения товарного вида.

Наиболее перспективным, можно сказать универсальным способом подготовки осадка, является его компостирование с органическими наполнителями (торф, опилки, древесная кора, растительные отходы и др.). Метод компостирования широко используется в зарубежных странах – в Финляндии компостируется до 80 % осадка, в Чехии и Швеции – до 50 %, в Польше в ближайшие годы предполагается компостировать до 20 % осадка. Следует ожидать расширение применения этого перспективного метода и в России. Деятельность НПФ «БИФАР» на протяжении значительного периода времени направлена на изучение и практическую реализацию метода компостирования.

Наибольшее распространение имеет *метод площадочного компостирования*. Технология приготовления компоста при этом включает доставку наполнителя и обезвоженного осадка на площадку компостирования, их смешение, формирование бурта, проведение биотермического процесса активного компостирования и последующего дозревания, хранение компоста по возможности укрытым влагоизолирующим материалом (грунтом, торфом, готовым компостом). Для активного компостирования процесс должен проводиться при естественной аэрации буртов или с принудительной подачей в них воздуха с помощью компрессора по перфорированным трубам. Для естественной аэрации необходимо перемешивание массы бурта один раз в 2 – 4 недели. При этом достигается ее рыхление, улучшаются движение воздуха и сушка компоста. Особенно важно перемешивание в первые недели компостирования, т.е. в период наиболее активного разложения органического вещества термофильными микроорганизмами. Метод площадочного компостирования используется на очистных сооружениях г.г. Протвино, Серпухова, Вологды, Хабаровска, ООО «СаратовОргсинтез» и многих других сооружениях.

Важным моментом в технологии приготовления компоста является тщательное смешивание компонентов и рыхлая укладка смеси в бурты, обеспечивающая доступ воздуха по всему объему компостируемого материала. НПФ «БИФАР» разработана технологическая схема непрерывного процесса приготовления компостной смеси, обеспечивающая тщательное перемешивание осадка и наполнителя непосредственно в цехе обработки осадков. В соответствии с технологической схемой, изображенной на рис. 1, механически-обезвоженный на ленточных фильтр-прессах (1) осадок поршневым насосом типа УТН или транспортером (2) подается в бункер осадка (3). Хранение опилок или торфа осуществляется на складе, который представляет собой крытую навесом площадку рядом с цехом механического обезвоживания. Вместимость склада должна обеспечивать хранение наполнителя в течение 5 – 7 суток. На складе наполнителя дополнительно устанавливается устройство для сортировки (5) с целью исключения попадания в механизмы крупной щепы и других возможных включений. Опилки подаются на сортировку фронтальным погрузчиком. После сортировки опилки или торф попадают на конвейер (6), с помощью которого транспортируются к двухвалковому смесителю (7), а крупные включения другим транспортером (8) отводятся в сторону и в дальнейшем измельчаются или вывозятся со склада. Осадок из бункера (3) винтовым питателем (9) транспортируется в смеситель (7). Из смесителя компостная масса подается в транспортное средство и вывозится на площадки компостирования для формирования буртов. Одним из возможных приемов интенсификации (ускорения) процесса компостирования является использование микробиологических добавок.

Технология промышленного компостирования внедрена на ОСК г. Дубны. Полученный компост используется в качестве местного органического удобрения в городском зеленом строительстве при посадке деревьев, кустарников, газонов, клумб, благоустройстве территории. Для бесперебойного снабжения цеха опилками и переработки древесных отходов Администрация г. Дубны в 2007 г. приобрела специальную технику для измельчения древесных отходов в щепу и крупные опилки. Технология обработки осадков на ОСК г. Дубны является *примером комплексного подхода к проблеме обработки и размещения осадков сточных вод, отвечающая принципам государственной политики по обращению с отходами производства и потребления*

УДК 628.1.036.4

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОКСИДА ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СЕРОВОДОРОДА ИЗ СЕРНИСТО- ЩЕЛОЧНЫХ СТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Л.Н. Фесенко, А.А. Филонич

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

С.И. Игнатенко, А.Ю. Черкесов

ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск, Россия

Установлена принципиальная возможность обработки сероводородных высококонцентрированных вод многократным использованием одного и того же гидроксида железа, определены оптимальные расходы кислоты и дозы железа, вводимых в систему и необходимых для нормального протекания процесса.

Очистка производственных сероводородсодержащих сточных вод крайне необходима и связана в первую очередь с проблемой охраны окружающей среды. Сточные воды, содержащие сероводород, образуются на водолечебных комплексах, на предприятиях химической, нефтехимической, кожевенной промышленности, при нефтедобыче, при эксплуатации газо- и нефтехранилищ и на ряде других объектов. Наибольшую опасность для окружающей среды представляют высококонцентрированные сточные воды предприятий, содержание сероводорода в которых исчисляется граммами на литр. Наиболее концентрированные по сероводороду стоки образуются при переработке сернистой и высокосернистой нефти. Например, на предприятии ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» технологические конденсаты ряда производств содержат до 25 – 50 г/л сероводорода. Удаление сероводорода из таких стоков необходимо не только ввиду его крайне высокой токсичности, но и по причине его агрессивности по отношению к стали, бетону и многим другим материалам.

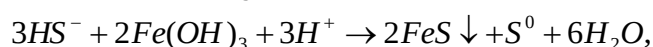
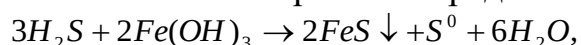
В настоящее время существуют различные способы удаления восстановленных форм серы из растворов, однако поиск наиболее дешевых и эффективных из них продолжается.

Анализ существующих методов удаления из воды сероводорода показывает, что большинство из них основано на протекании окислительно-восстановительных процессов, в результате которых происходит окисление сероводорода и перевод его в менее активные соединения в виде элементарной серы S^0 или ее окислы $S_2O_6^{2-}$, $S_2O_3^{2-}$, SO_3^{2-} , SO_4^{2-} и др. Однако, при всех достоинствах окислительных технологий (быстрота протекания процесса, отсутствие выбросов молекулярного H_2S в атмосферу и др.), эти методы связаны с потреблением окислителей (хлора, озона, перманганата калия, перекиси водорода и др.), что делает весьма дорогостоящими данные технологии, особенно при очистке высококонцентрированных сероводородных вод. В этой связи экономически целесообразным для окисления сульфидов представляется использование атмосферного кислорода, как наиболее доступного и дешевого окислителя. Работы по изучению окисления растворенных в воде сульфидов кислородом воздуха можно разделить на две группы: исследования некаталитического и каталитического окисления. Окисление сероводорода в отсутствие катализаторов на практике реализуется при подогреве воды до 90 – 93 °С, давлении 0,4 – 0,5 МПа и с использованием, как правило, технического кислорода, что не позволяет рекомендовать данный метод в качестве рационального. Более эффективным является каталитическое окисление сероводорода, при этом для активации окисления H_2S применяют как гетерогенные, так и водорастворимые катализаторы на основе соединений железа, никеля, хрома, меди, кобальта и других переменновалентных металлов. В частности, применение такого метода осуществляется группой компаний «Катализ» (г. Ангарск), при этом процесс жидкофазного окисления сульфидов протекает на гетерогенном металлокомплексном катализаторе марки «Катан», загружаемом в колонну в виде 3 или 5 секций с нагревом подаваемой воды до 85 – 90 °С, удельным расходом воздуха до 100 м³/м³ газа (парогазовой смеси) и временем окисления до 30 мин. Окисление сульфид- и гидросульфид-ионов осуществляется молекулярным кислородом в координационной сфере иона металла при изменении его валентного состояния. Тем не менее, для концентраций сульфидов до 5 – 10 г/дм³, необходимо и соответствующее количество O_2 на окисление сероводорода (теоретически 1 кг на 1 кг сульфидной серы или 50 м³ воздуха на 1 м³ стоков), что потребует большое количество катализаторных установок, стоимость которых достаточно велика.

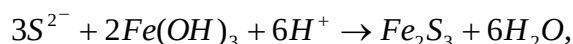
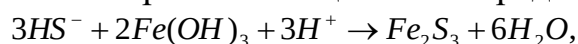
Более целесообразным, по нашему мнению, является совмещение катализа с участием водорастворимого катализатора с одновременным

связыванием сероводорода в нерастворимый сульфид металла. Каталитическое окисление сероводорода кислородом воздуха с применением гомогенного катализатора – гидроксида железа (III) впервые было предложено Д. Андерсеном, Д.П. Козыревым, П.Г. Купцовым, однако метод не получил распространения ввиду его малой изученности. Жидкофазное окисление сульфидов в присутствии соединений железа имеет преимущество перед гетерогенным, поскольку при регенерации образующегося сульфида железа тем же кислородом воздуха возможно многократное использование катализатора. При этом протекают следующие основные реакции:

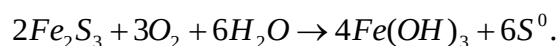
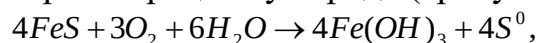
— в кислой и нейтральной средах



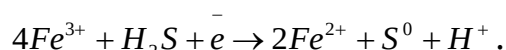
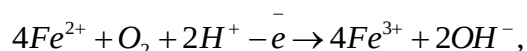
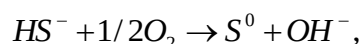
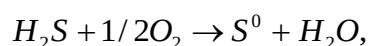
— в нейтральной и щелочной средах



— регенерация сульфида (трисульфида) железа



Метод заслуживает внимания также и потому, что помимо многократного использования одного и того же гидроксида железа параллельно протекают реакции каталитического окисления сероводорода кислородом воздуха в присутствии железа, попеременно меняющего валентное состояние



Ион железа здесь работает как переносчик электронов с сульфид-ионов на кислород, попеременно восстанавливаясь сульфид-ионом и окисляясь молекулярным кислородом.

Вместе с тем процесс до конца не изучен, трудность его изучения в водных растворах состоит как в многообразии компонентов исходного раствора, так и продуктов окисления в зависимости от условий проведения процесса.

Связывание сероводорода в сульфид железа может происходить в кислой, нейтральной и щелочной средах. Термодинамическую оценку возможности протекания реакций проверяли по знаку и величине энергии Гиббса ΔG . В табл. 1 приведены все возможные реакции связывания молекулярного сероводорода в кислой среде ($pH = 0 - 5$).

Таблица 1. Термодинамическая оценка реакций связывания сероводорода в кислой среде

№ п.п.	Уравнение	ΔG , кДж/моль
1	$3H_2S + 2Fe(OH)_3 \rightarrow 2FeS + S^0 + 6H_2O$	-186
2	$3H_2S + 2Fe(OH)_3 \rightarrow 2FeS + SO_4^{2-} + 2H_2O + 8H^+$	18
3	$2H_2S + Fe(OH)_3 \rightarrow FeS + SO_3^{2-} + 7H^+$	145
4	$3H_2S + Fe(OH)_3 \rightarrow FeS + S_2O_3^{2-} + 9H^+$	146
5	$4H_2S + 2Fe(OH)_3 \rightarrow 2FeS + S_2O_4^{2-} + 2H_2O + 10H^+$	192
6	$4H_2S + 2Fe(OH)_3 \rightarrow 2FeS + S_2O_5^{2-} + H_2O + 12H^+$	236
7	$6H_2S + 2Fe(OH)_3 \rightarrow 2FeS + S_4O_6^{2-} + 18H^+$	289
8	$4H_2S + 2Fe(OH)_3 \rightarrow 2FeS + S_2O_6^{2-} + 14H^+$	297
9	$5H_2S + 2Fe(OH)_3 \rightarrow 2FeS + S_3O_6^{2-} + 16H^+$	334
10	$7H_2S + 2Fe(OH)_3 \rightarrow 2FeS + S_5O_6^{2-} + 20H^+$	390
11	$4H_2S + 2Fe(OH)_3 + 2H_2O \rightarrow 2FeS + S_2O_8^{2-} + 18H^+$	625

Как это следует из табл. 1 с точки зрения термодинамики в кислой среде основным продуктом окисления является молекулярная сера, образование же окислов серы энергетически невыгодно. В щелочной среде основными продуктами реакций связывания сероводорода (помимо FeS) являются окислы серы, при этом образования элементарной серы не происходит, табл. 2.

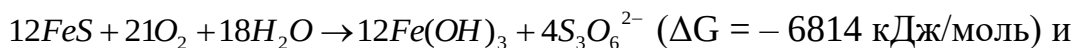
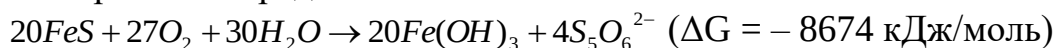
Таблица 2. Термодинамическая оценка реакций связывания сероводорода в щелочной среде

№ п.п.	Уравнение	ΔG , кДж/моль
12	$7H_2S + 2Fe(OH)_3 + 20OH^- \rightarrow 2FeS + S_5O_6^{2-} + 20H_2O$	-1210
13	$6H_2S + 2Fe(OH)_3 + 18OH^- \rightarrow 2FeS + S_4O_6^{2-} + 18H_2O$	-1151
14	$5H_2S + 2Fe(OH)_3 + 16OH^- \rightarrow 2FeS + S_3O_6^{2-} + 16H_2O$	-946
15	$4H_2S + 2Fe(OH)_3 + 14OH^- \rightarrow 2FeS + S_2O_6^{2-} + 14H_2O$	-823
16	$4H_2S + 2Fe(OH)_3 + 18OH^- \rightarrow 2FeS + S_2O_8^{2-} + 16H_2O$	-815
17	$4H_2S + 2Fe(OH)_3 + 12OH^- \rightarrow 2FeS + S_2O_5^{2-} + 13H_2O$	-724
18	$3H_2S + 2Fe(OH)_3 + 8OH^- \rightarrow 2FeS + SO_4^{2-} + 10H_2O$	-622
19	$4H_2S + 2Fe(OH)_3 + 10OH^- \rightarrow 2FeS + S_2O_4^{2-} + 12H_2O$	-608
20	$3H_2S + 2Fe(OH)_3 + 9OH^- \rightarrow FeS + S_2O_3^{2-} + 9H_2O$	-574
21	$3H_2S + 2Fe(OH)_3 + 7OH^- \rightarrow FeS + SO_3^{2-} + 7H_2O$	-415

Таким образом, термодинамические расчеты показывают, что по величине изобарного потенциала реакции связывания и каталитического окисления сероводорода более предпочтительно проводить в щелочной среде. Термодинамическая оценка показала также, что в результате связывания гидросульфид-ионов HS^- в нейтральной и щелочной средах реакция может идти с образованием сульфида (FeS) или трисульфида (Fe_2S_3) с равной вероятностью. Сульфид-ионы S^{2-} при взаимодействии с гидроксидом железа образуют только Fe_2S_3 .

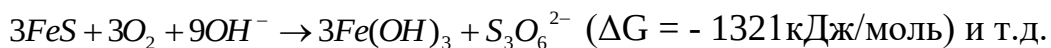
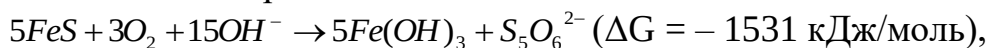
Термодинамическая оценка реакций регенерации сульфида железа свидетельствует, что этот процесс желательно проводить в слабокислой и нейтральной средах, что можно продемонстрировать на примере следующих реакций:

— в нейтральной среде



т.д.;

— в щелочной среде



В итоге, теоретическое изучение взаимодействий в водном растворе системы $Fe - H_2S - FeS - FeS - Fe(OH)_3$ показало, что наиболее рациональным вариантом аппаратного оформления технологии очистки сернисто-щелочных стоков с достижением наиболее оптимальных условий протекания процесса должна быть технологическая схема, в которой стадии связывания сероводорода в FeS и регенерации железа разделены. Подтверждением тому служат термодинамические расчеты, из которых следует, что связывание сероводорода энергетически наиболее выгодно проводить в щелочной среде, а регенерацию железа в слабокислой или нейтральной.

Апробацию предлагаемой технологии проводили на лабораторной установке, схема которой представлена на рисунке. В качестве исследуемой использовали искусственно приготовленную воду с $pH = 12,5 - 13,0$ и концентрацией сульфид-ионов 1000 мг/дм^3 . Установка включает в себя четыре блока: узел дозирования модельной воды; «щелочной» реактор связывания сероводорода; «кислый» реактор регенерации железа; осветлитель со слоем взвешенного осадка для отделения гидроксида железа от очищаемой воды.

В данной технологии воздух последовательно проходит сначала «кислый» реактор, где осуществляется регенерация железа, и затем «щелочной», где происходит связывание сероводорода. Такая схема решает также проблему загрязнения атмосферного воздуха сероводородом,

частично выдуваемым при регенерации FeS . Весь H_2S , выделившийся при подкислении регенерационной смеси до $pH = 6,0 - 6,5$, поглощается в «щелочном» реакторе, в котором величина pH такая же, как и в очищаемом стоке ($pH = 13$) и в данных условиях существование молекулярно растворенного сероводорода невозможно. Анализы проб воздуха, прошедшего через «кислый» реактор, показали, что концентрация в нем сероводорода составляет 45 мг/м^3 , а прошедшего «щелочной» – 0 мг/м^3 .

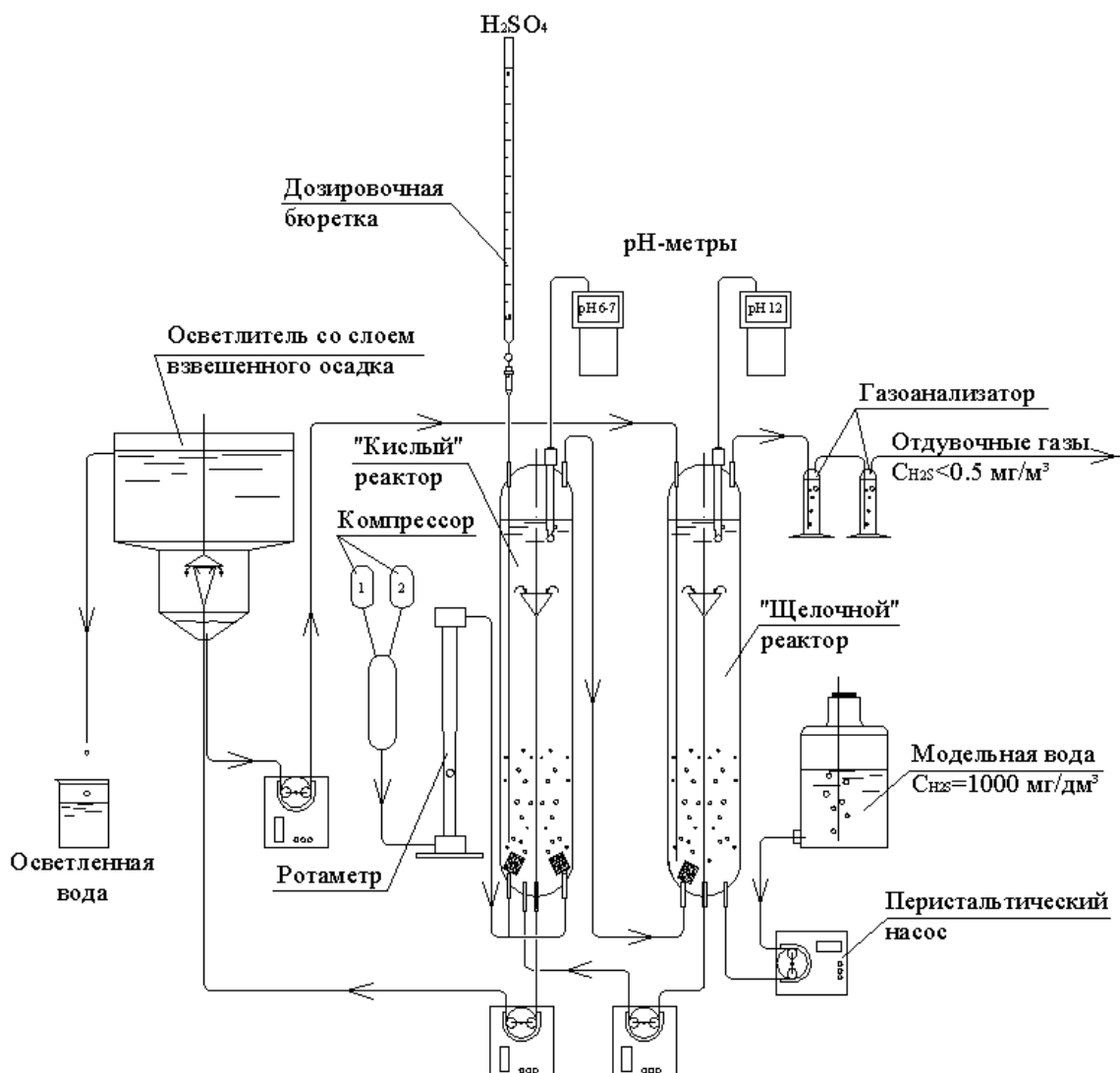
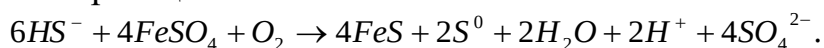


Рисунок. Схема лабораторной установки по очистке сернисто-щелочных стоков

Лабораторными исследованиями установлено, что оптимальная интенсивность аэрации составляет $6 - 8 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$, доза сернокислого железа, изначально вводимого в систему, составляет $5 - 8$ стехиометрических доз (достаточно и 2-х стехиометрий, однако реакции связывания и регенерации железа протекают в $4 - 5$ раз быстрее при избытке железа), рассчитанных по реакции:



Элементарная сера, образующаяся при очистке воды, в силу своей гидрофобности хорошо флотируется и легко собирается с поверхности воды «кислого» реактора.

Хлопьевидный осадок $Fe(OH)_3$ эффективно отделяется в осветлителе со взвешенным слоем или в вертикальном отстойнике. Собранный осадок возвращается в технологический цикл – в «щелочной» реактор и вновь участвует в связывании сероводорода. Концентрация взвешенных веществ в осветленной воде составляет не более 1,5 – 2 мг/дм³, содержание железа ($Fe^{2+} + Fe^{3+}$) и сероводорода не обнаружено.

При расходе воды через установку около 1 л/час на одной и той же гидроокиси железа было обработано около 80 л сероводородной воды с концентрацией сульфидов 1 г/дм³, что подтверждает принципиальную возможность очистки высококонцентрированных по сероводороду сернисто-щелочных стоков от нефтепереработки с многократным использованием одного и того же гидроксида железа.

УДК 628. 35.2

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПО ЭМИССИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Ю.С. Кузьмина, Г.Н. Земченко

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

Е.В. Вильсон, Н.С. Серпокрылов

Ростовский государственный строительный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Изучен количественно и качественно эмиссионный процесс диоксида в процессе обработки сточных вод, разработана методика расчета образования CO_2 и CH_4 и проведена экспериментальная ее проверка. Предложена область использования полученных результатов.

В последние годы внимание мирового сообщества сосредоточено на проблеме глобального потепления. Приоритетность ее подтверждена присуждением Нобелевской премии (2007 г.) группе активистов во главе с Альбертом Гором. В связи с этим особую важность приобретают исследования, связанные с анализом эмиссии парниковых газов [1].

В настоящее время во многих отраслях промышленности проводятся оценки выбросов парниковых газов конкретных предприятий и всей отрасли в целом с целью оптимизации самого производства, а также интеграции в мировые эколого-экономические процессы, на которых базируется Киотский протокол.

Получение таких оценок, своеобразных парниковых отраслевых стандартов, актуальны для уровней макро- и микроэкологии, поскольку

указанное соглашение не получило законодательных дефиниций, а потому не вошло в действие. Одна из основных причин этого – отсутствие общепризнанных методик, позволяющих не инструментально, расчетным путем на базе аналогов, с достаточной точностью оценить эмиссию газов в конкретной деятельности. Более того, каждый производственный процесс имеет свою специфику, без учета которой оценка не может считаться достоверной, т. е. создание универсальной межотраслевой методики не представляется возможным. Поэтому для каждой отрасли разрабатываются индивидуальные методики расчета, в т. ч. и для водного комплекса ЖКХ.

Структура водного комплекса ЖКХ является достаточно унифицированной: технологические схемы очистных сооружений (ОС) стандартны с определенными вариантами. Исходя из глобального цикла углерода, т.е. углекислотных обменов, нами постулировано, что обобщающим критерием состояния произвольного технологического процесса очистки вод в любой момент времени может быть эмиссия CO_2 , так как диоксид углерода, как парниковый газ, оказывает наиболее весомое массовое воздействие на атмосферу.

В очистке сточных вод основным «поставщиком» углекислоты является процесс деструкция органических загрязнений (в жидкости и в твердой фазе). Поступление дополнительного количества CO_2 в процессе биodeградации органических веществ приводит к появлению части свободной углекислоты, способной переходить в атмосферу, и эта часть тем больше, чем выше концентрация органики в воде на входе ОС.

Процесс трансформации именно этих органических веществ является доминирующим источником эмиссии углекислого газа на канализационных ОС. Цикл превращения и баланс массы органических веществ по БПК в сооружениях биологической очистки можно представить следующей схемой.

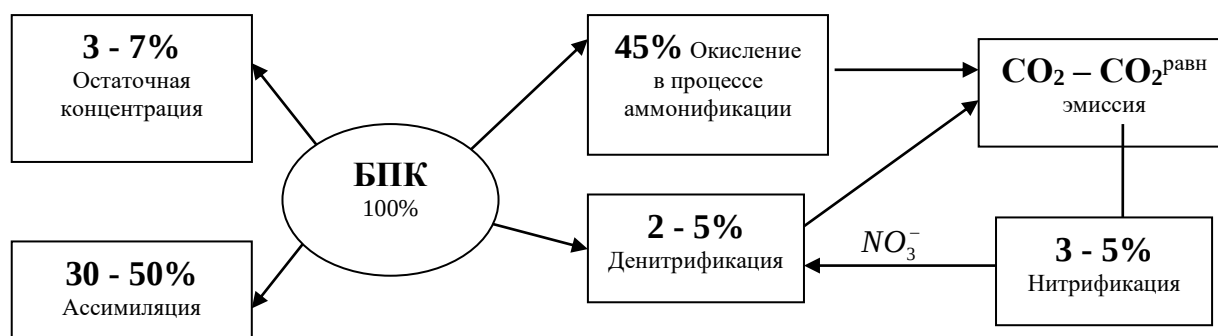


Рисунок. Схема трансформации БПК

Из приведенной схемы (рис.) органические вещества подвергаются трансформации в CO_2 -свободную в среднем на 43 – 45 %. Для расчета в каждом конкретном случае следует определять процентное содержание органических веществ, окисление которых приводит к образованию

свободной углекислоты с учетом зольности, дозы и возраста ила [2]. В зависимости от возраста ила и температуры биоокислению подвергается от 5 до 40 % органики и, следовательно, количество поступившей углекислоты в воду увеличивается. ОСК с нитрификаторами являются более интенсивными «производителями» CO_2 , что объясняется усиленным течением процессов нитрификации, снижающих рН в аэротенках за счет появления в системе азотистой и азотной кислот. Это, в свою очередь, приводит к смещению углекислотного равновесия влево, т. е. в сторону образования свободной CO_2 (при этом величина равновесной концентрации углекислоты также уменьшается). Этот процесс может сопровождаться ее выделением в атмосферу, до установления нового равновесного состояния. Таким образом, количество свободной углекислоты в воде, способной к эмиссии, связано с величиной рН и карбонатной щелочности, так как именно эти параметры определяют значение равновесной углекислоты [3].

Если равновесные концентрации форм CO_2 в природных водах меняются незначительно [4], то в процессах очистки сточных вод фазовые равновесия углекислоты постоянно нарушаются за счет введения химических реагентов, трансформации органических веществ микроорганизмами. Большинство процессов систем водоотведения (транспортирование, обработка сточных вод и осадков) принципиально подчиняются описанным превращениям и обмену с некоторыми поправками и дополнениями. Тогда на базе этих закономерностей с учетом особенностей объекта можно получить единую методику расчета эмиссии парниковых газов от водного комплекса ЖКХ.

Для проведения расчетов эмиссии CO_2 от процессов очистки вод с учетом конкретных условий их протекания был создан интерактивный программный комплекс [5]. Исходная информация для расчета является либо справочной, либо измеряется непосредственно на исследуемом объекте. Данная методика позволяет оценить воздействие как ныне действующих объектов, так и проектируемых, зная их технические параметры и планируемые условия эксплуатации. Это может быть использовано при проведении ОВОС. Кроме того, с помощью установления удельных или типизированных выбросов можно контролировать и нормализовать процессы транспортировки и обработки сточных вод, а также твердой фазы, т.к. отклонения от нормальных значений выбросов могут быть следствием нарушения технологического режима.

В качестве примера реализации предлагаемой методики использованы результаты ОВОС КОС г. Ростова-на-Дону с целью их модернизации [2]. Группа экспертов выявила основные источники выделения парниковых газов, преимущественно по выбросам метана на всех этапах очистки. Коэффициент вредности у CH_4 выше, чем у CO_2 , но

воздействие массового количества выбрасываемого диоксида углерода превышает по значимости аналогичный показатель метана [1].

Недостаточное внимание к эмиссии CO₂ можно считать упущением, поскольку противоречит основным положениям Киотского протокола. Поэтому требуется оценить его величину для расчета массовой эмиссии CO₂ от ОСК, используя предлагаемую нами методику.

На ОСК основными источниками выбросов парниковых газов являются процессы, связанные с обработкой осадков и биологической очисткой сточных вод; диоксид азота выбрасывается преимущественно котельной (табл. 1).

Таблица 1. Среднегодовые выбросы парниковых газов на ОС

Вещество	CH ₄	NO ₂	CO ₂	Итого
Выброс, т/год	5,6771	0,2828	3,0757	-
Приведенный выброс*, т/год	119,2191	87,668	3,0757	209,9628

* - массовые показатели приведены в пересчете на CO₂ в соответствии с общепринятыми нормами (коэффициент перевода для метана – 21, для диоксида азота – 310) [1].

Однако, в расчете не учтены выбросы CO₂ при прохождении сточными водами полного цикла очистки, эту дополнительную эмиссию можно учесть при помощи нашей методики (табл. 2).

Результаты расчета по разработанной нами программе при трансформации БПК сточных вод показывают, что избыточная концентрация свободной углекислоты в них составит 0,119 г/м³. При благоприятных внешних условиях этот CO₂ может выделяться в атмосферу, но не из всего объема, а из деятельного верхнего слоя. Предположим [1], что только 10 % этого углекислого газа способно перейти в воздух, т. е. среднегодовая эмиссия его составит 12,68 т. Эта величина сопоставима (6 %) с учтенной при проведении ОВОС эмиссией парниковых газов (209,96 т, табл. 2) и должна учитываться при проведении эколого-экономических расчетов по Киотскому протоколу.

Таблица 2. Характеристика качественного состава сточных вод

Показатель	Расход СВ, м ³ /сут	БПК, мг/л	Взвешенные вещества, мг/л	pH	Щелочность карбонатная, мг-экв/л	Сухой остаток, мг/л	T _{ср} , °C
Величина	292000	145	220	7,7	3,35	1350	24

В расчетах эмиссии парниковых газов от технологии обработки осадков использована общепринятая методика [6] с учетом образования не только метана, но и CO₂. Для расчета по программному комплексу в качестве исходных данных необходимо вносить тип, качественные и

количественные характеристики осадков, способ их стабилизации и обезвоживания (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика осадков

Показатель	Величина
Количество осадка из первичных отстойников, м ³ /сут	1220
Влажность осадка из первичных отстойников, %	96
Объемный вес осадка, т/м ³	1,05
Количество избыточного ила, м ³ /сут	1335
Влажность избыточного ила, %	99

По результатам компьютерного расчета при утилизации осадка без его стабилизации образуется 215,3 т/год парниковых газов в углекислотном эквиваленте (без учета затрачиваемой электроэнергии). По результатам экспертной оценки [4] величина выброса метана в углекислотном эквиваленте на ОСК г. Ростова-на-Дону составляет 146,89 т/год. Расхождение в расчетах равно 68,41 т/год или 31,2 %. В случае анаэробной стабилизации твердой фазы: расчетная эмиссия CO₂ – 253,66 т/год, экспертная – 251,47 т/год. Расхождение в расчетах равно 2,19 т/год или 0,87 %.

Таким образом, с учетом выделения CO₂ на всех этапах обработки сточных вод и осадков, среднегодовая величина выбросов парниковых газов значительно возрастет. При этом вариант обработки по выбросам парниковых газов без стабилизации осадков (215,3 т/год) более предпочтителен, чем с анаэробной стабилизацией (253,66 т/год). Следует отметить, что для большей обоснованности этого вывода необходимо учесть выбросы парниковых газов от производства требуемого количества электроэнергии для осуществления двух сравниваемых процессов.

Оценки суммарных выбросов парниковых газов от ОС (табл. 4) показывают значимое расхождение, что указывает на необходимость включения в процедуру ОВОС предлагаемой методики и программы.

Таблица 4. Суммарное количество парниковых газов от ОС

Учтенное количество	209,96 т/год
Неучтенное количество CO ₂ при очистке сточных вод	12,68 т/год
Неучтенное количество CO ₂ при обработке осадка без стабилизации	68,41 т/год
Общий выброс парниковых газов (приведенный)	291,05 т/год
Расхождение между учтенными и неучтенными выбросами	38,62%

Приведенные вычисления являются ориентировочными, они могут отличаться от фактических величин, однако, исходя из выявленного значительного несоответствия гипотетических и экспертных оценок, можно заключить, что доля неучтенных традиционными методиками выбросов углекислого газа может быть весьма существенной. Накопление фактологического материала по эмиссии парниковых газов позволит повысить точность расчетов и более обоснованно вести выбор технологических схем очистки вод и обработки осадков при минимуме выбросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глобальное потепление/Доклад Гринпис. Под ред. Дж. Леггетта. – М.: Издательство МГУ, 1993. – 272 с.
2. Проект по сокращению сбросов биогенных веществ и выбросов метана в г. Ростове-на-Дону/Южно-Русский Центр подготовки и реализации международных проектов: Ростов-на-Дону, 2004.
3. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод.– М.: Высш. школа, 1987. – 479 с.
4. Серпокрьлов Н. С., Вильсон Е. В., Земченко Г. Н., Кузьмина Ю. С. Расчет эмиссии диоксида углерода при обработке природных вод (в рамках Киотского протокола) «ТЕХНОВОД-2005», 2 Межд. научн.-практ. конф., посвящ. 1000-летию Казани. Казань, 2005, С. 125 – 129.
5. Серпокрьлов Н.С., Вильсон Е.В., Земченко Г.Н., Кузьмина Ю.С. Компьютерный анализ режимов очистки вод по эмиссии диоксида углерода/Информационно – вычислительные технологии и их приложения.- Сб. статей IV российско-украинского научно-технического и методического симпозиума. – Пенза: ПДНТП.2006, С. 206 – 209.
6. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод/Учебник для вузов. - М.: АСВ, 2004. – 704 с.

УДК 628.35.53

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД г. Сент-Эшаш, (КАНАДА)

А.А. Моктар

Фирма Dessau Soprin, г. Монреаль, Канада

В.А. Михайлов, Н.С. Серпокрьлов

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Представлен анализ работы существующих канализационных сооружений и используемых реагентов. Описаны лабораторные и производственные исследования эффективности очистки сточных вод. Результаты исследований позволили рекомендовать оптимальный режим работы очистных сооружений.

На очистную станцию в г. Сент-Эташ (Канада) бытовые и производственные сточные, а также дренажные воды поступают под напором. Вода последовательно проходит решетки, аэрируемые песколовки-жироловки, механические смесители и камеры хлопьеобразования, а затем поступает в вертикальные отстойники с тонкослойными модулями, после которых направляется на биологические фильтры (биосорберы) с зернистой загрузкой из керамзита (фракции 3 – 6 мм), где одновременно осуществляется биологическая и механическая очистка. Вода движется со скоростью 2,8 – 5,2 м/ч сверху вниз через расширенную загрузку при аэрации воздухом, исходя из расчета 50 – 120 м³ на 1 кг снятых загрязнений по БПК. Периодически фильтры промываются путем подачи воды и воздуха снизу вверх с отводом промывной воды в голову сооружений. Обеззараживание вод осуществляется ультрафиолетовыми лучами.

Образующийся на сооружениях осадок уплотняется, а затем обезвоживается на ленточных фильтр-прессах, подщелачивается для стабилизации и удаления запаха, и затем утилизируется.

В качестве реагентов на станции применяют безводный сернокислый алюминий, вводимый в смесители; катионный флокулянт Zetag-8120 (в камеры хлопьеобразования) и катионный флокулянт Zetag-7634 (при обезвоживании осадка). В холодный период времени года, с 15 ноября по 15 мая, на станции используется только катионный флокулянт Zetag-8120, т.к. в этот период содержание общего фосфора в очищенной воде не нормируется. В теплый период года (с 15 мая по 15 ноября ПДК фосфора в сбрасываемой воде нормируется (0,8 мг/дм³ за весь период и 1,0 мг/дм³ – среднемесячная), наряду с катионным флокулянтом применяется сернокислый алюминий.

Результаты применения этих реагентов свидетельствует о том, что ПДК по БПК₅, взвешенным веществам и фосфору в очищенной воде соблюдаются (табл. 1).

Таблица 1. Средние концентрации основных загрязнителей за январь - октябрь 2007 г., мг/дм³

Показатель	Исходная вода	Отстоянная вода	Очищенная вода	Норматив
Взвешенные вещества	122	35,3	8,6	30
Общий фосфор (Р)	2,7	-	0,82	0,8
Аммонийный азот (NH ₄ ⁺)	12	-	12,1	-
БПК ₅	36 – 69	-	8,6	20

Средние значения доз применяемых реагентов за этот же период составили, мг/дм³: катионного флокулянта – 0,92, коагулянта Al₂(SO₄)₃ – 36,5.

Практика показывает, что с начала применения катионного флокулянта Zetag-8120, когда концентрация взвешенных веществ в воде после отстойника превышает 30 мг/л и завышены дозы флокулянта, возникают сложности эксплуатации очистной станции: фильтрующая загрузка биофильтров слипается, резко возрастают потери напора, что приводит к частым и длительным их промывкам. (До ввода Zetag-8120 применялся сернокислый алюминий с анионным флокулянтом АЕ-440.)

Поэтому с целью уменьшения расхода реагентов с одновременным повышением эффекта очистки сточных вод и надежности эксплуатации станции проведены исследования по оптимизации гидродинамического и реагентного режимов их обработки. Проанализирован существующий гидродинамический режим на сооружениях (определены градиент скорости G , с⁻¹ и время пребывания T , с) и выполнены исследования параметров на лабораторной установке «Джар-тест», с использованием исходной воды до очистки. Дозы катионного флокулянта и условия его перемешивания с обрабатываемыми сточными водами были максимально приближены к производственным условиям. Сравнение полученных на лабораторной установке результатов с производственными данными показало допустимую сходимость (разница не более 13 %).

Согласно нашим исследованиям, для создания оптимального гидродинамического режима критерий Кемпа Gt должен быть в интервале от $(80 - 100) \times 10^3$ с⁻¹ и более. Но в камере хлопьеобразования станции Сент-Эташ критерий Кемпа Gt равен 20358 с⁻¹, то есть меньше оптимального в 4 – 5 раз, что и объясняет большую концентрацию взвешенных веществ в отстоянной воде.

На следующем этапе экспериментально выявляли оптимальное место введения катионного флокулянта. Установлено, что при вводе его перед песколовкой критерий Кемпа увеличивается до 60000 (табл. 2).

Таблица 2. Характеристические показатели режима очистки сточной воды при введении флокулянта дозой 0,72 мг/дм³
(температура 10 °С, расход 36700 м³/сут, исходная концентрация взвеси 152 мг/дм³)

Условия опыта	Песколовка		Смеситель		Камера хлопьеобразования		Взвешенные вещества, мг/дм ³
	G , с ⁻¹	τ , мин	G , с ⁻¹	τ , мин	G , с ⁻¹	τ , мин	
1	2	3	4	5	6	7	8
Вода после отстойников (1)	0	0	0	0	0	0	38

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Jar test, исходная вода *	0	0	0	0	39	8,5	36
Jar test, исходная вода**	0	0	52	2,5	39	8,5	30
Jar test, исходная вода***	55	9,5	52	2,5	39	8,5	20

Примечание: (1) – производственные условия; ввод флокулянта перед; * - камерой хлопьеобразования; ** - смесителем; *** - песколовкой.

Данные результаты подтверждают, что интенсивность и время перемешивания воды играют решающую роль в процессе коагулирования воды: при введении катионного флокулянта перед песколовкой эффективность очистки по взвешенным веществам увеличивается до 44 %. В последующих опытах (табл. 3) повышены интенсивность перемешивания в аэрируемых песколовках посредством увеличения в них расхода воздуха, также интенсивность перемешивания в механических смесителях за счет увеличения скорости вращения их лопастей.

Таблица 3. Характеристические показатели режима очистки сточной воды при введении флокулянта дозой 0.55 мг/дм³

(температура 11 °С, расход 49000 м³/сут, исходная концентрация взвесей 68 мг/дм³)

Условия опыта	Песколовка		Смеситель		Камера хлопьеобразования		Концентрация взвешенных веществ, мг/дм ³
	G, с ⁻¹	τ, мин	G, с ⁻¹	τ, мин	G, с ⁻¹	τ, мин	
Производственный	0	0	0	0	39	6.5	30
Jar test, лабор.*	0	0	0	0	39	6min 31s	26
Jar test, лабор.***	55	7min 7s	52	1min 43s	39	6min 31s	19
Jar test, лабор.*	55	7min 7s	104	1min 43s	39	6min 31s	17
Jar test, лабор.***	110	7min 7s	52	1min 43s	39	6min 31s	14
Jar test, лабор.***	110	7min 7s	104	1min 43s	39	6min 31s	15

Результаты проведенных опытов позволяют сделать вывод о том, что при увеличении гидродинамического режима, эффективность очистки возрастает.

В следующей серии опытов изучали возможность уменьшения доз катионного флокулянта, в имеющихся на станции условиях, путем изменения места его введения. Установлено, что при введении катионного флокулянта в начало процесса эффективность очистки увеличивается при снижении его дозы до 50 %. На следующем этапе исследована эффективность совместного применения катионного флокулянта с сернокислым алюминием (табл. 4). Выявлено, что, вводя наряду с флокулянтом Zetag-8120 сернокислый алюминий дозой от 2 до 6 мг/л, мы имеем достаточно высокий эффект очистки.

Таблица 4. Характеристические показатели режима очистки сточной воды при введении коагулянта и флокулянта
(температура 11 °С, расход 49000 м³/сут, исходная концентрация взвесей 98 мг/дм³)

Опыт	Тип воды	Al ₂ (SO ₄) ₃ , мг/л	Zetag-8120, мг/л	Песколовка		Смеситель		Камера хлопьеобразования		Взвешенные вещества, мг/л
				G, с ⁻¹	τ, мин	G с ⁻¹	τ, мин	G с ⁻¹	τ, мин	
1	Производственные	0	0,55	0	0	0	0	39	6.5	24
2	Jar test*	0	0,55	0	0	0	0	39	6min 31s	26
3	Jar test*	2	0,2	55	7min 7s	52	1min 43s	39	6min 31s	16
4	Jar test*	4	0,2	55	7min 7s	52	1min 43s	39	6min 31s	5
5	Jar test*	6	0,2	55	7min 7s	52	1min 43s	39	6min 31s	2
6	Jar test*	2	0,4	55	7min 7s	52	1min 43s	39	6min 31s	4
7	Jar test*	4	0,4	55	7min 7s	52	1min 43s	39	6min 31s	4
8	Jar test*	6	0,4	55	7min 7s	52	1min 43s	39	6min 31s	3

Примечание* коагулянт вводился перед песколовками, а флокулянт – перед камерами хлопьеобразования.

Таким образом, на основании комплекса производственных и лабораторных исследований гидродинамики и эффективности процесса очистки при высоких концентрациях взвешенных веществ в сточной воде рекомендуется вводить $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ дозой от 2 до 4 мг/л перед песколовками и Zetag-8120 дозой от 0,2 до 0,4 мг/л – перед камерами хлопьеобразования.

Выполнение данных рекомендаций позволит сократить расход реагентов, нормализовать эксплуатацию биофильтров на очистных сооружениях и не превысить нормативы по фосфору в очищенной сточной воде.

УДК 628.733

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЛАМОВ ШАХТНЫХ ВОД В ВОДООЧИСТКЕ

Г.Н Земченко, А.А. Грачева

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

Н.С. Серпокрылов

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

А.А. Марочкин, В.В. Толмачев, С.А. Щербаков

ООО «Акватрат», г. Ростов-на-Дону, Россия

Рассмотрена возможность использования шлама, образующегося при очистке шахтных вод для его повторного использования в процессе коагуляционной обработки.

Шахтные воды, поступающие на поверхность из выработанного пространства шахт, являются одним из основных источников загрязнения прилегающих к угольным районам бассейнов рек и водоёмов. Общее количество шахтных вод, выходящих на поверхность на территории Ростовской области составляет свыше 1 млн. м³/год, например, водоотлив шахты «Глубокая» равен 1500 м³/ч, шахты им. Кирова – 960 м³/ч.

Химический состав шахтных вод относится к хлоридно-сульфатному классу с высоким солесодержанием, которое колеблется от 2,5 до 5,5 – 6,0 г/л. Кроме того, этот тип шахтных вод содержит большое количество двухвалентного железа (до 600 мг/л) и взвешенных веществ (до 100 мг/л).

Существующие очистные сооружения, работающие по схеме: аэрация, коагуляция, отстаивание рассчитаны в основном на удаление из воды взвешенных веществ – 90 – 95 %, общего железа – до 90 % и незначительного снижения минерального состава – 5 – 10 %. Совершенно очевидно, что сброс таких вод в природные водоёмы приводит к заметному ухудшению их качественного состава.

Одновременно в процессе очистки шахтных вод встаёт вопрос об утилизации образующихся шламов влажностью 95 – 98 %,

представляющих собой коллоидные соединения с большим содержанием трёхвалентного железа в виде $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и занимающих большие объёмы. Поэтому целью нашей работы явилось исследование возможности использования шламов шахтных вод в качестве коагулянтов (или исходного сырья для них) для осветления и обезжелезивания тех же шахтных вод.

Основой технологии обезжелезивания шахтных вод является окисление двухвалентного железа с последующим образованием и выделением гидроксидов железа (3^+) при отстаивании и/или фильтровании. Для исследований был взят шлам, образующийся в процессе обезжелезивания шахтных вод водоотливного комплекса бывшей шахты им. Кирова (г. Новошахтинск, Ростовской области). Влажность шлама после уплотнения составляла 72 – 89 %, зольность – 78 %, основным компонентом являлись оксиды железа Fe^{3+} .

Гидратированные оксиды железа представляют собой коллоидные вещества, легко коагулирующие с образованием аморфных хлопьев с сильно развитой поверхностью, которая обладает большим запасом поверхностной энергии, обуславливающей высокую адсорбционную способность хлопьев.

В шламе шахтных вод наряду с гидроксидом железа ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) присутствуют и: $[\text{Fe}(\text{OH})]^{2+}$, $[\text{Fe}(\text{OH})_2]^{4+}$, $[\text{Fe}(\text{OH})_2]^+$, соотношение между которыми изменяется в зависимости от значения pH воды, причём при pH = 8 основой является $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

С учётом этого были исследованы коагулирующие свойства шлама очистки шахтных вод, активированного соляной и серной кислотой, при разных значениях pH. Пробное коагулирование проводилось на модельной жидкости, представляющей собой замутнённую глиной воду с исходной оптической плотностью $D = 0,85$. В цилиндры одинакового диаметра заливали 200 мл модельной жидкости и добавляли определённую дозу шлама влажностью 72 % при перемешивании с постоянно уменьшающейся интенсивностью. Эффективность коагуляции оценивалась по снижению оптической плотности жидкости. Отбор проб производился через час после начала коагуляции (табл. 1).

Таблица 1. Результаты пробной коагуляции модельной воды шламом, активированным соляной и серной кислотой

№ цил.	Активация	pH	Доза шлама, мг/дм ³	Оптическая плотность, D
1	2	3	4	5
1	HCl	5	15	0,68
			10	0,58
2	HCl	2	15	0,88
			10	0,71

1	2	3	4	5
3	H ₂ SO ₄	5	15	0,75
			10	0,52
4	H ₂ SO ₄	2	15	1,5
			10	0,98
5	Неакт.	7	15	0,43
			10	0,46

Аналогичным образом было проведено пробное коагулирование мутной воды с оптической плотностью $D = 0,92$ шламом влажностью 89 %, активированным гипохлоритом натрия ($pH = 8$) и обработанным в электролизёре в течение 5 мин при плотности тока 44 А/м². Перед подачей в электролизёр шлам разбавлялся в два раза (табл. 2).

Таблица 2. Результаты пробной коагуляции модельной воды шламом очистки шахтных вод, активированным гипохлоритом натрия и электролизом

№ цил.	Способ активации	Доза шлама, мл	Оптическая плотность, D
1	NaClO	15	0,25
2	NaClO	10	0,48
3	Электролиз	20	0,25
4	Электролиз	30	0,33

В ходе проведённых исследований было установлено, что одним из наиболее эффективных способов активации шлама является его обработка в электролизёре.

Второй задачей наших исследований было изучение способности активированного шлама снижать содержание двухвалентного железа в обрабатываемой воде. Для этого были проведены исследования зависимости эффективности окисления двухвалентного железа от времени обработки шлама в электролизёре. В модельную жидкость, содержащую 12 – 24 мг/дм³ ионов железа (2+), добавляли шлам очистки шахтных вод, разбавленный в 2 раза и обработанный в электролизёре при различном времени обработки. Смесь модельной жидкости и разбавленного шлама аэрировали 10 мин, затем отстаивали 30 мин и определяли содержание железа (табл. 3).

Из данных табл. 3 следует, что остаточное содержание железа в очищенной воде прямо пропорционально времени обработки шлама в электролизёре. Можно предположить, что высокая эффективность окисления железа с помощью железосодержащего шлама обусловлена каталитическими свойствами оксидов железа, т.е. присутствием в шламе магнитных форм. Для выявления магнитных свойств шлама его обрабатывали путем воздействия физико-химическими методами. Далее

шлам обезвоживали, высушивали, измельчали и, взяв навеску 20 – 30 мг, воздействовали на шлам полем постоянного магнита.

Таблица 3. Эффективность окисления двухвалентного железа от времени обработки шлама в электролизёре

№ оп.	Время обработки, мин	Исходное содержание железа, мг/дм ³			Конечное содержание железа, мг/дм ³		
		Fe ^{общ}	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Fe ^{общ}	Fe ²⁺	Fe ³⁺
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,5	128	12	116	20	8	12
2	1	132	24	108	16	4	12
3	1,5	128	12	116	14	10	4
4	2	132	24	108	12	7	7
5	2,5	128	12	116	18	9	9
6	3	132	24	108	14	5	9
7	3,5	128	12	116	12	3	9
8	4	128	12	116	8	2	6

Затем определяли массу диа- и парамагнитных частиц (табл. 4). Было установлено, что шлам, активированный электролизом, обладает достаточно выраженными магнитными свойствами, что свидетельствует о присутствии в нём оксидов железа (Fe₃O₄).

Таблица 4. Зависимость магнитных свойств шлама, активированного различными способами

№ оп.	Способ обработки шлама	Масса шлама до воздействия магнита, мг	Масса диамагнитных форм, мг	Содержание парамагнитных форм, %
1	Соляной кислотой (до pH = 5)	24,3	15,6	35,8
2	Серной кислотой (до pH = 5)	32,5	28,3	12,9
3	Без обработки	25,1	21,4	14,7
4	Электролизом	21,4	16,4	23,4
5	Гипохлоритом натрия	24,8	21,6	12,9

ВЫВОДЫ

1. Существует принципиальная возможность использовать шламы, образующиеся в процессе очистки шахтных вод в качестве коагулянтов для их же очистки от взвешенных веществ и ионов железа;

2. Активация шлама электролизом и гипохлоритом натрия значительно увеличивает его коагулирующую способность и повышает эффект очистки от ионов двухвалентного железа.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОНКОСЛОЙНЫХ МОДУЛЕЙ TUBEDEK ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ г. РОСТОВА на-ДОНУ

И.В. Климухин

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

С.В. Посупонько, В.Д. Климухин

ООО «Ростовагропромпроект», г. Ростов-на-Дону, Россия

С.В. Носов

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

Приведен анализ конструктивного устройства и условий эксплуатации тонкослойных модулей различных типов. Описан опыт работы тонкослойных модулей-сепараторов TUBEDEK, внедренных на ОСК г. Ростова-на-Дону.

В семидесятые – восьмидесятые годы прошлого века в России наблюдался настоящий бум по исследованию и внедрению в различные водоочистные сооружения тонкослойных блоков, интенсифицирующих процессы осаждения и илоразделения.

Для осаждения взвешенных веществ из жидкости в тонком слое, как у нас в стране, так и за рубежом, предложены различные принципиальные схемы взаимного движения очищенной жидкости и выделенного осадка: перекрестная схема – осадок движется перпендикулярно движению рабочего потока жидкости; противоточная схема – осадок удаляется в направлении, противоположном движению рабочего потока; прямоточная схема – направление движения осадка совпадает с направлением потока жидкости.

Наиболее рациональной конструкцией тонкослойного отстойника следует считать отстойник с противоточной схемой движения фаз.

Разработано и запатентовано множество различных конструкций.

Известны конструкции тонкослойных блоков, собираемых из плоских, либо гофрированных, параллельно располагаемых листов из нержавеющей стали, оцинкованной стали, шифера и органического стекла. Для обеспечения жесткости и устойчивости конструкции, блоки формируются на основе каркаса из стальных конструкций. Также, существуют конструкции тонкослойных блоков, состоящих из трубчатых элементов (стеклянные, полиэтиленовые или полипропиленовые трубы).

Для защиты конструкции тонкослойных блоков от коррозии, единственным подходящим для их каркасов материалом является нержавеющая сталь, что, в свою очередь, определяет их главные недостатки – высокая цена, трудоемкость изготовления и монтажа и большой вес конструкции.

Как следует из практики эксплуатации тонкослойных блоков с плоскопараллельными пластинами, удовлетворительное качество седиментации в них иловых суспензий достигается при числах Рейнольдса до 200. В отличие от пластинчатых, трубчатые тонкослойные блоки имеют лучшие гидравлические характеристики. Их применение дает удовлетворительные результаты при числах Рейнольдса до 300, что позволяет поддерживать в 1,5 – 2 раза большую гидравлическую нагрузку на сооружение.

Однако трубчатые тонкослойные блоки имеют очень важный конструктивный недостаток – различные гидравлические характеристики в межтрубном и внутритрубном пространствах в связи с их различной геометрической формой. Из-за этого в межтрубном пространстве трубчатых тонкослойных элементов происходит накопление отделенной твердой фазы, что в последствии приводит к кальматации межтрубного пространства и возникновению анаэробных процессов, что является недопустимым в данных сооружениях. Кроме того, в связи с вышеизложенным, изменяется гидравлика внутри трубчатых элементов. Повышение скорости во внутритрубном пространстве приводит к увеличению выноса взвешенных веществ и ухудшению качества очистки.

Тонкослойные модули TUBEdek компании «2H-Kunststoff GmbH» всемирно известной корпорации GEA (Германия) лишены вышеперечисленных недостатков.

Несомненными преимуществами модулей TUBEdek является то, что они созданы исключительно для целей интенсификации процессов седиментации различных суспензий, имеют равные геометрические размеры смежных полочных пространств, то есть, рядом расположенные ячейки имеют одинаковые геометрическое сечение и величину гидравлического радиуса.

Конструкция модулей TUBEdek не требует дополнительного каркаса. Прочным несущим каркасом является структура собранного из отдельных элементов модуля, позволяющая выдерживать нагрузки, такие, например, как выталкивающая сила жидкости, сила потока, проходящего через модуль и сила тяжести в опорожненном сооружении.

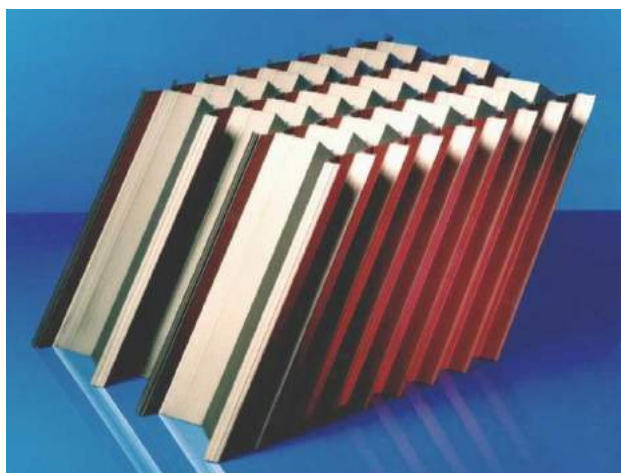
Трубчатый сепаратор противоточного типа (тонкослойный модуль) TUBEdek изготавливается из экструдированных профилей, которые в собранном виде образуют осаждающие трубы V-образной формы или в форме шеврона, являющиеся идеальными для осаждения. Сепараторы TUBEdek могут состоять из модулей различной высоты, наклона и формы для того, чтобы обеспечить оптимальное решение в каждом конкретном случае. Разработано несколько типов сепараторов с различными размерами трубчатых ячеек для очистки вод с низким и высоким содержанием взвесей.

Использование на TUBEdek шпунтового соединения профилей

обеспечивает высокую механическую прочность и позволяет осуществлять вырезы и формирование модулей под форму большинства резервуаров (даже радиальных). Малые гидравлические радиусы обеспечивают условия для ламинарных потоков с низкими числами Рейнольдса. Общая площадь поверхности (проекции) осаждения увеличивается от 5 до 15 раз по сравнению с площадью основания, что позволяет уменьшить размеры резервуаров для отстаивания воды.

Стандартными материалами для производства тонкослойных модулей TUBEdek являются полипропилен и поливинилхлорид с ультрафиолетовой стабилизацией без пластификаторов. Эти материалы устойчивы к большинству химических веществ, растворенным органическим субстанциям, гниению, воздействию бактерий и других микроорганизмов и сертифицированы для применения в России на сооружениях питьевого водоснабжения и канализации.

Первым примером практического применения тонкослойных модулей-сепараторов TUBEdek на крупных очистных сооружениях канализации в России являются ОСК г. Ростова-на-Дону, где тонкослойные модули TUBEdek FS 41.84 смонтированы во вторичном отстойнике. Находятся в стадии рассмотрения технические предложения, разработанные для канализационных очистных сооружений г.г. Самара, Тула, Махачкала, Баку, Сочи.



Тонкослойные модули TUBEdek компании «2H-Kunststoff GmbH»

Эксплуатация в течение месяца реконструированного вторичного отстойника 1-й очереди ОСК, размерами $B \times L \times H = 9,0 \times 11,0 \times 4,5$ м, оборудованного тонкослойными модулями компании «2H-Kunststoff GmbH», с зафиксированными максимальными часовыми расходами $700 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $750 \text{ м}^3/\text{ч}$ на реконструированный отстойник, дозе ила в аэротенке $1,8 \div 2,3 \text{ г/л}$ и иловом индексе $100 - 140 \text{ см}^3/\text{г}$, показала стабильное высокое качество разделения иловой суспензии. По данным лабораторного контроля остаточная концентрация взвешенных веществ в

осветленной воде зафиксирована на уровне $3,8 \div 13,3$ мг/л, а прозрачность – на уровне 1,0 – 1,5 м.в.с. С учетом фактического коэффициента неравномерности притока сточных вод на 1-ой очереди ОСК г. Ростова-на-Дону $K_{gen}^{max} = 1,226$, номинальная среднесуточная производительность отстойника, оборудованного тонкослойными модулями компании «2H-Kunststoff GmbH», составляет от 13700 м³/сут до 14700 м³/сут. При этом обеспечивается стабильно-высокое качество осветленной воды.

Путем реконструкции удалось повысить производительность существующего отстойника в 2 раза по отношению к проектной.

УДК 628.358

ТРЕТИЧНАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПЛАСТИКОВОЙ ЗАГРУЗКИ

А.О. Душко

ООО «Розкострой», г. Москва, Россия

В работе достаточно подробно рассмотрена сущность метода доочистки сточных вод после предварительной их обработки и перед сбросом в водоем. Предложен, изучен и исследован метод доочистки сточных вод с помощью фильтра-биореактора с модифицированной пластиковой загрузкой.

Действующие в настоящий момент в Российской Федерации требования, предъявляемые к сбрасываемым в водоемы-водоприемники очищенным сточным водам являются одними из самых жестких в мире. С учетом этого, поиск и внедрение новых технологических решений, позволяющих повысить качество очистки сточных вод, а также снизить капитальные и эксплуатационные затраты на станциях аэрации являются на сегодняшний день актуальной задачей.

Одним из способов повышения степени очистки сточных вод является введение дополнительной ступени их обработки – третичной очистки или доочистки. В настоящее время, в большинстве случаев, для целей третичной очистки сточных вод используется их обработка на скорых однослойных или двухслойных фильтрах, аналогичных применяемым для водоподготовки. Данные сооружения просты и надежны в эксплуатации, позволяют добиваться качества очистки по взвешенным веществам до 3 – 6 мг/л. Вместе с тем, согласно отечественному и зарубежному опыту эксплуатации фильтров доочистки был выявлен ряд существенных недостатков: быстрое заиливание, невозможность удаления из сточной воды остаточных органических загрязнений и соединений азота. Для устранения этих недостатков отечественными и зарубежными исследователями предложено использовать для доочистки сточных вод

фильтры-«биореакторы» или биореакторы доочистки. Отличие данных сооружений от традиционных фильтров заключается в использовании более крупного фильтрующего загрузочного материала с развитой поверхностью для закрепления микроорганизмов, что позволяет достичь более глубокого удаления из обрабатываемой сточной воды органических загрязнений и соединений азота.

Однако, имеющиеся сведения о биореакторах доочистки носят отрывочный характер, отсутствует единая методика расчета. Также существенной преградой на пути внедрения методов третичной очистки является выбор загрузочного материала. В настоящее время на рынке представлено большое количество загрузочного материала как российского, так и зарубежного производства, однако основной областью его применения являются системы биологической очистки сточных вод, а не доочистки.

Сотрудниками Московского государственного строительного университета (МГСУ) и МГУП «Мосводоканал» было предложено использовать в качестве загрузки к биореактору доочистки пластиковые шары сложной поверхности (рис. 1), разработанные на основании обзора литературных данных и по результатам проведенных многочисленных лабораторных и полупромышленных экспериментов. Загрузочный материал изготовлен из пропилена, имеет плотность близкую к воде, его основные характеристики приведены в табл. 1.



Рисунок 1. Модифицированная форма частиц загрузки.

Таблица 1. Характеристика загрузочного биофильтрующего материала

Параметр	Значение
Диаметр одной единицы загрузочного материала, м	0,08
Вес одной единицы загрузочного материала, кг	0,065
Суммарная площадь поверхности одной единицы загрузочного материала, м ²	0,0457
Количество в 1 м ³	2600
Удельная площадь поверхности, м ² /м ³	118,82

Испытания предложенного типа грузочного материала проводились в лабораторных и полупромышленных условиях. На рис. 2 показана принципиальная схема установки. Для исследований использовалась биологически очищенная сточная вода Курьяновских очистных сооружений (г. Москва), имевшая следующие усредненные качественные показатели:

- концентрация взвешенных веществ 8 – 10 мг/л
- БПК₅ 5,5 – 7 мг/л
- N-NH₄ 5 – 8 мг/л
- содержание растворенного кислорода 4,3 – 4,5 мг/л.

Интенсивность подачи в биореактор доочистки воздуха составляла 1 – 2 м³/(м²·ч). В ходе испытаний было установлено 3 режима работы биореактора доочистки с различными значениями времени пребывания сточной воды в сооружении (45, 30 и 20 мин соответственно). Объем загрузки составлял 30 % от общего объема биореактора. Результаты работы оценивались по изменению концентраций взвешенных веществ, азота аммонийного БПК₅ и сведены в табл. 2.

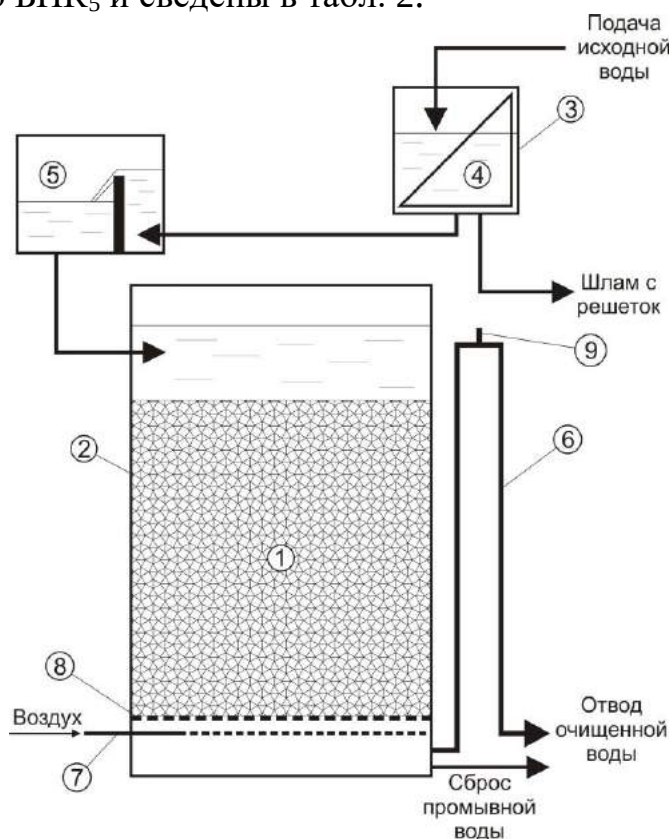


Рисунок 2. Принципиальная схема лабораторной и полупромышленной установки.

- 1 – загрузка; 2 – корпус биореактора; 3 – камера грубой очистки;
 4 – решетка; 5 – камера измерения расхода; 6 – трубопровод для поддержания уровня воды; 7 – трубопровод подачи воздуха; 8 – удерживающая решетка;
 9 – воздухоотводящий патрубок

Таблица 2. Результаты исследований эффективности биореактора-фильтра предложенной конструкции

Время пребывания в сооружении, ч	Эффект очистки, %		
	по взвешенным веществам	по БПК ₅	по N-NH ₄
0,75	45	54	62
0,5	36	46	47
0,3	18	42	32

Дальнейшая обработка результатов исследований позволила рассчитать скорость реакции и окислительную мощность исследуемой загрузки (табл. 3), что позволяет производить расчет необходимого объема биореактора и времени пребывания сточных вод в нем.

Таблица 3. Скорость реакций и окислительная мощность загрузки биореактора-фильтра предложенной конструкции

Время пребывания в сооружении, ч	Скорость реакции, г БПК ₅ /(м ² ·сут)	Скорость реакции, г N-NH ₄ /(м ² ·сут)	Окислительная мощность, г N-NH ₄ /(м ³ ·сут)	Окислительная мощность, г БПК ₅ /(м ³ ·сут)
0,75	0,520	1,183	141,91	62,39
0,5	0,449	0,895	107,42	53,92
0,3	0,351	0,855	102,62	42,16

ВЫВОДЫ

1. Одним из способов повышения качества очистки сточных вод является введение дополнительной ступени обработки воды с использованием фильтров-биореакторов или биореакторов доочистки с биомассой для глубокого окисления органических загрязнений и аммонийного азота

2. На основании результатов лабораторных и полупромышленных исследований загрузочного материала шарообразной формы, разработанного сотрудниками МГСУ и МГУП «Мосводоканал» получены основные параметры биохимических процессов, протекающих в биореакторе доочистки и вычислена окислительная мощность загрузки.

3. Результаты исследований после их обработки могут быть использованы для расчета и выдачи рекомендаций как на проектирование полномасштабных биореакторов доочистки, так на реконструкцию существующих сооружений третичной очистки на основе скорых фильтров.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

В.А. Литвиненко, А.А. Сизов, М.Г. Зубов

ООО «ЭКОС», г. Сочи, Россия

В работе изложен краткий анализ сущности методов очистки и нейтрализации сточных вод. Описано устройство модельных установок и методика проведения на них исследований. В заключении указывается об использовании результатов для проектирования эффективных станций по очистке сточных вод.

Сточные воды, как термодинамические системы, обладают запасом внутренней энергии (энергия связи молекул и атомов в структуре веществ загрязнений, энергия связи веществ с водой) и внешней (механической, обусловленной движением потока). Суммарный запас энергии обеспечивает динамическую устойчивость структуры загрязнений в сточных водах. Изменение баланса внутренней и внешней энергий вызывает нарушение устойчивости состояния загрязнений в сточных водах. Так уменьшение кинетической энергии потока сточных вод приводит к выделению оседающих и всплывающих загрязнений, что успешно реализуется методами механической очистки.

Как правило, сточные воды промышленных производств, концентрированные хозяйственно-бытовые сточные воды могут содержать трудноокисляемые элементы. Удаление этих загрязнений возможно при нарушении их стабильности путем приложения внешней энергии в той или иной форме.

Эффективным энергетическим воздействием на структуру загрязнений сточных вод обладают процессы, подчиняющиеся физико-химическим законам. Для их осуществления используют разнообразные виды энергии: электрическую, химическую, тепловую, механическую и другие.

Данные методы оказались эффективными в ряде научных исследований, которые проводились нами на объектах коммунального хозяйства, как в качестве самостоятельных методов очистки, так и вместе с широко распространенными биологическими.

Является общепризнанным, что физико-химическая очистка сточных вод оптимальна для небольших объемов сточных вод, когда под строительство площадки очистных сооружений невозможно отводить большие земельные площади. На практике часто встречаются ситуации, когда биологические очистные сооружения не могут обеспечить эффективную работу, например, вследствие длительных перерывов в

поступлении сточных вод, присутствия в них соединений, токсичных для биоценозов, нестабильности энергоснабжения и ряда других. Одной из важнейших особенностей сооружений физико-химической очистки сточных вод является быстрота ввода в режим эксплуатации, что важно при решении задач жизнеобеспечения в условиях нестандартных ситуаций. К примеру, когда организовываются временные очистные сооружения и требуется быстрый ввод мощностей в эксплуатацию на время реконструкции имеющихся или на период нового строительства. Для канализования небольших районов со временным пребыванием людей.

Даже при полной биологической очистке не удастся добиться необходимой степени изъятия из сточных вод некоторых органических и неорганических примесей (поверхностно активных веществ, биогенных соединений и т.д.). Эти вещества вызывают прямое загрязнение водоемов, а азот- и, особенно, фосфорсодержащие соединения способствуют развитию водорослей, продукты отмирания которых являются причиной вторичного загрязнения водоемов, появления запахов и привкусов. Положение усугубляется тем, что очистные сооружения в большинстве случаев работают с повышенной производительностью по расходу очищаемой сточной жидкости и дают на выходе воду, не отвечающую требуемому качеству.

В связи с повышением требований к качеству очищенных сточных вод, сбрасываемых в водоем, в последнее время большое внимание уделяется физико-химическим приемам обработки воды, позволяющим снизить до необходимого уровня содержание органических загрязнений, взвешенных веществ, биогенных элементов и т. д.

В схемах станций очистки сточных вод населенных мест получили распространение такие методы, как флотация, коагулирование, сорбция, озонирование, которые используют на разных этапах обработки воды. Целесообразность включения их в состав очистных сооружений должна быть обоснована технико-экономическими расчетами, так как в данный момент цены на разнообразные расходные материалы, такие как коагулянты, флокулянты, различные зернистые загрузки природного и синтетического происхождения остаются достаточно дорогими.

Для внедрения определенной технологии необходимо проводить предварительные исследования, направленные на оптимизацию проектирования. Создание компактных и мобильных установок, на которых становится возможным организация всех технологических процессов очистки, позволяет получить практический результат, необходимый для корректного проектирования.

Качество очищенной сточной воды при использовании физико-химических методов можно улучшить при помощи предварительной обработки механическими методами. Комбинированная схема, включающая классическую механическую и физико-химическую стадию,

разрабатывалась на площадке Навагинских канализационных очистных сооружений (в дальнейшем КОС) МУП «Водоканал» г. Сочи в рамках проектирования технологической схемы для хозяйственно-бытовых сточных вод ОАО «ЕвроХим-Белореченские Минудобрения», г. Белореченск.

Задачами проведенных исследований являлись: установление оптимальных точек введения реагентов (коагулянта и флокулянта), выявление наиболее эффективного метода смешения и последующего отстаивания в тонкослойном модуле, определение скоростей фильтрования через ершовую и зернистую загрузки. Для решения данных задач была создана стационарная полупромышленная установка производительностью $1 - 3 \text{ м}^3/\text{ч}$, которая состояла из следующих узлов: смеситель с переменным числом оборотов мешалки, отстойник с тонкослойным модулем, фильтры с ершовой и зернистой загрузками. Исходной водой являлись поступающие от города хозяйственно-бытовые стоки, которые прошли стадию механической очистки на КОС (дуговые решетки с прозорами $6 - 8 \text{ мм}$, горизонтальные песколовки и радиальные первичные отстойники).

В смеситель в определенной последовательности вводились коагулянт и флокулянт, образующиеся крупные хлопья размером около $1 - 2 \text{ мм}$ отстаивались в тонкослойном модуле отстойника, мелкие хлопья $- 100 - 500 \text{ мкм}$ задерживались в фильтре с ершовой загрузкой. Для удаления азота аммонийных солей использовался адсорбент-катализатор марки АК-ЦМ НПО «Катализ».

В результате проведенных испытаний были получены технологические параметры (точки ввода реагентов, дозы реагентов, время пребывания во всех сооружениях, скорости фильтрования через различные загрузки в фильтрах), сопоставимые с общеизвестными, но характерные для созданных условий. Эти данные были заложены в дальнейшее проектирование.

Для исключения возможных ошибок при проектировании станции и максимального сокращения времени создания очистных сооружений была создана мобильная установка физико-химической очистки сточных вод расходом $1 \text{ м}^3/\text{ч}$, которая базировалась на платформе автомобиля. Она была доставлена непосредственно на объект в г. Белореченск для отработки всех технологических режимов на хозяйственно-бытовой сточной жидкости предприятия. По нашему мнению именно такой подход позволяет в самые короткие сроки пройти путь от разработки технологической схемы до пуска ее в эксплуатацию.

Данная экспериментальная установка предназначена для очистки хозяйственно-бытовых и сходных по составу с ними промышленных сточных вод физико-химическими методами. Собственные потребности в воздухе и электроэнергии обеспечиваются самостоятельно: для подачи

необходимого количества воздуха используется воздуходувка с расходом 27 м³/ч и напором 3 м, а для подачи электроэнергии использовалась существующая сеть. Очищенная вода использовалась для технических нужд – промывок и регенераций фильтров.

На мобильной установке реализованы следующие физико-химические методы очистки.

1. Реагентный способ удаления соединений фосфора и осветления сточной воды. В качестве реагента применялся коагулянт «АКВА-АУРАТ™30» (алюминия оксихлорид) фирмы «Аурат». Для интенсификации процесса коагуляции и осаждения применялся высокомолекулярный флокулянт Праэстол-650ВС.

Для реализации этого метода в состав мобильной установки входили узлы растворения и дозирования коагулянта и флокулянта, их последующего смешения со сточной водой, а также отстаивания образующихся хлопьев в отстойнике.

2. Метод извлечения аммонийного азота путем фильтрования сточной воды через природный ионообменный материал – цеолит. Для изучения этого способа в состав установки входил фильтр, загруженный цеолитом с размером фракций 5 – 7 мм. Для периодической регенерации цеолита применялись растворы NaOH и NaCl. Цеолиты по своей химической природе представляют собой водостойкие, химически устойчивые алюмосиликаты с некомпенсированными группами SiO₂. Около этих групп размещаются противоионы Na⁺, Ca²⁺, K⁺, способные обмениваться на находящиеся в воде катионы, в частности ионы аммония. Цеолиты содержат не менее 40 % SiO₂, а высококремнеземные – до 80 % SiO₂. Для адсорбции из воды аммонийного азота наиболее эффективны цеолиты, содержащие максимальное количество кремнезема. Сущность очистки заключается в обмене ионов натрия клиноптилолита на содержащиеся в воде ионы аммония. Материал, исчерпавший обменную емкость, подвергают регенерации. Она обычно происходит в процессе пропускания через него раствора хлористого натрия (5 – 10 %) до полного удаления N-NH₄⁺ с зерен загрузки. В результате регенерации обменная емкость клиноптилолита восстанавливается полностью. Фильтр был оснащен системой водовоздушной промывки.

3. Способ фильтрования сточных вод. Фильтрование осуществлялось на специализированном фильтре, загруженном ершовой загрузкой, а также через цеолит. Включение последовательно двух фильтров позволяет задерживать основную часть взвешенных веществ в ершовой загрузке, а окончательное осветление производить при фильтровании через зернистую загрузку. Вспомогательные системы на мобильной установке: подача сточной воды, процеживание на устройстве фильтрующем самоочищающемся крупных загрязнений, резервуар накопления

очищенной воды для промывки фильтров, управление технологическими процессами.

Эксплуатация установки проводилась в течение месяца и по итогам этой работы были получены данные, которые позволили дать рекомендации на проектирование очистных сооружений производительностью 1000 м³/сут. Были выяснены оптимальные дозы реагентов, фильтроцикл цеолита, режимы регенерации фильтров, предложены варианты по отводу промывных вод фильтров и обезвоживанию осадка.

За период испытаний концентрации загрязнений в исходной воде составляли:

по взвешенным веществам	2 – 24 мг/дм ³ ;
по ХПК	12 – 80 мг/дм ³ ;
по аммонийному азоту по N	1 – 17 мг/дм ³ ;
по нитритам по N	0,003 – 0,12 мг/дм ³ ;
по нитратам по N	1,2 – 4,5 мг/дм ³ ;
pH исходной воды	7,2 – 8;
температура исходной воды	14 – 17 °С.

Эффективность удаления фосфатов достигала 95 %, взвешенных веществ на ершовом фильтре – 80 %, азота аммонийных солей на цеолите – 62 %.

На основе полученных технологических данных спроектирована станция по очистке сточных вод. В данный момент она изготовлена и запущена в постоянную эксплуатацию.

УДК 628.35

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ФАЗОВОГО СЕПАРАТОРА ПРИ ОЧИСТКЕ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

***А.А. Марочкин, В.В. Толмачев, С.А. Щербаков, Л.Г. Спиридонова,
И.И. Лесников***

ООО «Акватрат», г. Ростов-на-Дону, Россия

***Н.И. Гонкало, Д.П. Сергеева, В.Н. Смирнова, Н.С. Серпокрылов,
А.А. Черноус***

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Рассмотрено назначение и область применения аппарата «фазового сепаратора» (ФСД). Целью выполненных исследований являлось установление эффективности работы ФСД при очистке сточных вод с избыточным содержанием жиров и нефтепродуктов.

Фазовый сепаратор дисперсии (ФСД) предназначен для самостоятельной или промежуточной очистки сточных вод, содержащих

дисперсные загрязнения в виде твердой, жидкой и газообразной фаз или их комбинаций. ФСД преимущественно используется для очистки промышленных сточных вод предприятий нефтепереработки, нефтехимии, железнодорожного транспорта, масложировых производств, прачечных и других категорий сточных вод, близких по составу загрязнений, от нефтепродуктов, взвешенных веществ, жиров, масел, органических примесей, ПАВ, газов и иных дисперсных загрязнений. Также ФСД может быть применен для очистки дождевых и талых вод от селитебных и промышленных территорий.

Фазовый сепаратор представляет собой прямоугольный резервуар, разделенный перегородками на последовательно связанные отделения: гидрофобного фильтра, аэрации, отстойника с коалесцентным фильтром на входе с выделенной камерой смешения сточных вод с раствором реагента и хлопьеобразования и, наконец, регулируемого тонкослойного модуля.

Сточные воды, подаваемые на фазовый сепаратор, в первую очередь попадают на гидрофобный фильтр, устроенный в начале сепаратора. Здесь происходит интенсивное отделение загрязняющих нефтепродуктов и жиров, содержащихся в воде путем фильтрования через слой ранее уловленных загрязнений.

Для отдувки газовых и легколетучих органических загрязнений, а также образования хлопьев после гидрофобного фильтра предусмотрена аэрация сточных вод. Отделение отстаивания ФСД – горизонтального типа с коалесцентной вставкой на входе и со встроенным пластинчатым блоком (тонкослойными модулями), позволяющим изменять угол наклона и межполочное расстояние полок. Данное конструктивное решение позволяет повысить степень осветления сточных вод и извлечения из них загрязнений.

Цель проведенных исследований заключалась в изучении эффективности работы фазового сепаратора при очистке производственных сточных вод, загрязненных жирами и нефтепродуктами.

Для проведения исследований работы ФСД ООО «Акватрат» была изготовлена опытно-промышленная установка, представляющая собой модель фазового сепаратора размером (L x B x H = 2.4 x 0.4 x 2.7) м. Были предусмотрены пробоотборники, позволяющие вести контроль качества очистки вод при прохождении каждого отделения ФСД, в т.ч. и по высоте установки. В качестве реагентов применялись «АКВА-АУРАТ™30» (АУ) и СКИФ.

Исследования проводились на локальных очистных сооружениях (ЛОС) ОАО «Юг Руси» (г. Ростова-на-Дону), выпускающего растительные масла, и на ЛОС Северского нефтеперерабатывающего завода (НПЗ, Краснодарский край).

Образующиеся в технологических процессах сточные воды ОАО «Юг Руси», в основном, содержат жиры (до 14000 мг/л) и

взвешенные вещества (до 3000 мг/л), на НПЗ, соответственно, нефтепродукты (до 2000 мг/л) и взвешенные вещества (до 1000 мг/л).

На предварительных этапах с целью определения оптимальных доз реагентов проводили пробное коагулирование, с «быстрым» и «медленным» смешением и последующим 30 мин отстаиванием (табл. 1, 2). Одновременно фиксировали прозрачность (ПР) по «кольцу» и величины слоя осевших загрязнений.

**Таблица 1. Показатели пробного коагулирования
жиродержащих сточных вод**

Тип и доза реагента	Показатели пробного коагулирования, см				
АУ, мг/л	0	17,0	34,0	85,0	170,0
ПР, см	2,0	0,5	2,5	7	6
СКИФ, мг/л	0	4,2	8,4	21,0	42,0
ПР, см	2,0	0,5	1,5	3,0	2,5

По результатам пробного коагулирования жиродержащих сточных вод (табл. 1) лучшие показатели очистки достигаются при АУ дозой 34 мг/л (по товарному продукту), высота слоя осадка составляла 5,5 см (или 16 %) от объема обработанной жидкости.

По результатам пробного коагулирования нефтесодержащих сточных вод (табл. 2) лучшие показатели очистки вод получены при СКИФ дозой 7,5 мг/л (по товарному продукту), высота слоя осадка составляла 2,6 см (или 6,2 %) от объема обработанной жидкости.

**Таблица 2. Показатели пробного коагулирования
нефтесодержащих сточных вод**

Тип и доза реагента	Показатели пробного коагулирования, см				
АУ, мг/л	0	5,0	15,0	30,0	60,0
ПР, см	5,0	12,5	13,5	14,0	16,0
СКИФ, мг/л	0	1,5	3,0	7,50	15,0
ПР, см	4,5	11	26	> 30	28

Сравнение показателей пробного коагулирования жиродержащих и нефтесодержащих производственных сточных вод (табл. 1 и 2) еще раз подтверждает необходимость предварительного лабораторного выбора типа и доз реагентов. Для дополнительной проверки этого положения в опытно-промышленных условиях применяли оба реагента: АУ и СКИФ.

При очистке жиродержащих сточных вод ФСД располагался в производственном корпусе ЛОС. Подача сточных вод осуществлялась из приемного резервуара одновременно на существующие жироловушки и на

ФСД, расходом 0.55 – 0.95 м³/час. Исследованы следующие режимы работы ФСД:

1. Подача сточных вод без реагентов, без аэрации, начальный угол наклона тонкослойных модулей (ТМ) 60°.
2. То же с изменением угла наклона ТМ до 50 и 55°.
3. По п. 1, с аэрацией.
4. По п. 3, с изменением угла ТМ, доза АУ – 60 мг/л.
5. То же по п. 4, доза АУ – 180 мг/л.
6. То же по п. 1, доза СКИФ 22 мг/л.

Контроль процесса вели визуально по «кольцу», а лучшие по прозрачности и характерные по режиму, аналитически в аккредитованной лаборатории (табл. 3). Исходная концентрация, мг/л: жиры – 12560; взвешенные вещества – 984, рН – 6.8.

Таблица 3. Показатели предварительной очистки жиросодержащих сточных вод на ФСД

Технология очистки, точка отбора проб	Жиры, мг/л	Взвешенные вещества, мг/л	рН
Режим 4, В	179	516	7
Режим 4, Н	228	778	7
Режим 4, средняя проба	284	432	7
Режим 3, выход	107	312	7
Режим 3, аэрация, АУ, выход	244	470	7
Режим 3, аэрация, СКИФ, выход	198	214	7

Пробы на анализ отбирались из верхней (В) и нижней (Н) части зоны аэрации ФСД, с целью определения высоты отбора обработанной сточной воды для подачи ее на отстаивание, а также на выходе из установки. Усредненные показатели режимов 2 – 4 представлены в табл. 3.

Результаты исследований свидетельствуют о высокой эффективности предварительной очистки жиросодержащих сточных вод на ФСД, а также на необходимости заглубленного отбора воды.

Опытно-промышленные испытания режимов работы ФСД при очистке нефтесодержащих сточных вод проведено на ЛОС Северского НПЗ. Место подключения установки – подающий трубопровод на флотатор, после нефтеловушки. Контроль расхода СВ на установку осуществлялся объемным способом.

Первоначально установка была заполнена СВ без введения реагентов и подачи воздуха на аэратор в пенном фильтре. Подача СВ на установку осуществлялась непрерывно в течение 4 часов. Затем установку опорожнили.

Подача сточных вод на установку осуществлялась непрерывно во время каждой серии исследования.

В первой серии эксперимента 1 % раствор СКИФ вводился в приемную камеру установки, а АУ – в отстойник.

Контроль степени очистки СВ производился на опытно-промышленных испытаниях по показателю прозрачности «по кольцу». Диаметр кольца составлял 1 см.

Прозрачность проб (см) из: исходной сточной воды – 5, приемной камеры – 11, отстойника – 28, зона аэрации. Зоны аэрации: точка Н – 14 см и точка В – 18 см.

Во второй серии эксперимента АУ вводился в приемную камеру установки, а СКИФ – в отстойник. Показатели прозрачности сточной воды второй серии эксперимента составили (см): исходной – 4, приемной камеры – 12, отстойника – более 30 см, зона аэрации, точка Н – 18, зона аэрации, точка В – 21.

По лучшим показателям режима очистки по прозрачности выполнены анализы по нефтепродуктам и взвешенным веществам в лаборатории (табл. 4).

Анализируя полученные результаты по показателю прозрачности «по кольцу», можно сделать вывод о том, что в качестве реагента эффективней использовать СКИФ, что, собственно и подтвердило выводы по пробному коагулированию.

В ходе проведенных испытаний была подтверждена эффективность коалесценции нефтепродуктов в гидрофобном фильтре на входе в установку.

Таблица 4. Показатели предварительной очистки нефтесодержащих сточных вод на ФСД

Показатели состава	Исходные сточные воды	Очищенные сточные воды
рН	7,8	7,9
Взвешенные вещества, мг/дм ³	177,0	28,4
Нефтепродукты, мг/дм ³	206,0	36,0
ПАВ, мг/дм ³	3.5	2.1
Алюминий, мг/дм ³	0,1	0,18

ВЫВОД

Результаты проведенных исследований эффективности работы фазового сепаратора дисперсии при очистке производственных сточных вод, загрязненных жирами и нефтепродуктами показывают, что данный аппарат может быть рекомендован в качестве узла предварительного выделения дисперсных жидких и твердых примесей.

ОЧИСТКА И ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

М.С. Белов, В.Л. Хейфец

ОАО «Калужский завод «Ремпутьмаш», г. Калуга, Россия;

П.А. Ивкин, А.В. Казаков

ОАО «Научно-исследовательский институт ВОДГЕО», г. Москва, Россия

В работе рассмотрена технологическая схема действующей станции очистки промливневых сточных вод на заводе «Ремпутьмаш». Особенностью этой станции является возможность одновременной очистки промливневых, производственных сточных вод и повторное использование очищенных сточных вод на заводе «Ремпутьмаш».

В 2006 году в г. Калуге на заводе «Ремпутьмаш» введена в эксплуатацию станция очистки промливневых сточных вод.

Особенностью системы очистки поверхностных вод с территории завода «Ремпутьмаш» является то, что в периоды между дождями одна из секций отстойника обеспечивает прием производственных условно-чистых вод и работает при минимальном уровне наполнения. Проектом предусмотрено большую часть очищенной воды использовать на технологические нужды завода. Система отличается гибкостью управления и позволяет производить очистку промливневых стоков с минимальными эксплуатационными затратами. Принципиальная схема очистки представлена на рис. 1.

Расчет сооружений осуществлен в соответствии с рекомендациями «НИИ ВОДГЕО» [1] и СНиП 2.04.03-85 [2].

Общий объем аккумулирующего резервуара составляет 1700 м³, из них 100 м³ занимает песколовка-нефтеловушка (2). Резервуар состоит из двух секций, одна из которых принимает условно-чистые производственные стоки котельной (4.1), а вторая – поверхностный сток (4.2). В случае заполнения второй секции резервуара, за счет повышения уровня вода начинает перетекать через водослив и далее происходит дозаполнение первой секции резервуара.

Технологией сбора и очистки предусматривается очистка всего объема воды до качества, удовлетворяющего требованиям технического водоснабжения, с аккумулированием воды в резервуаре объемом 1000 м³ (9).

На случай аварии, проектом предусмотрена глубокая доочистка воды до требований, предъявляемых к сбросу очищенных вод в водоемы рыбохозяйственного назначения. При этом пропускная способность глубокой доочистки воды принята равной 10 % от общего расхода.

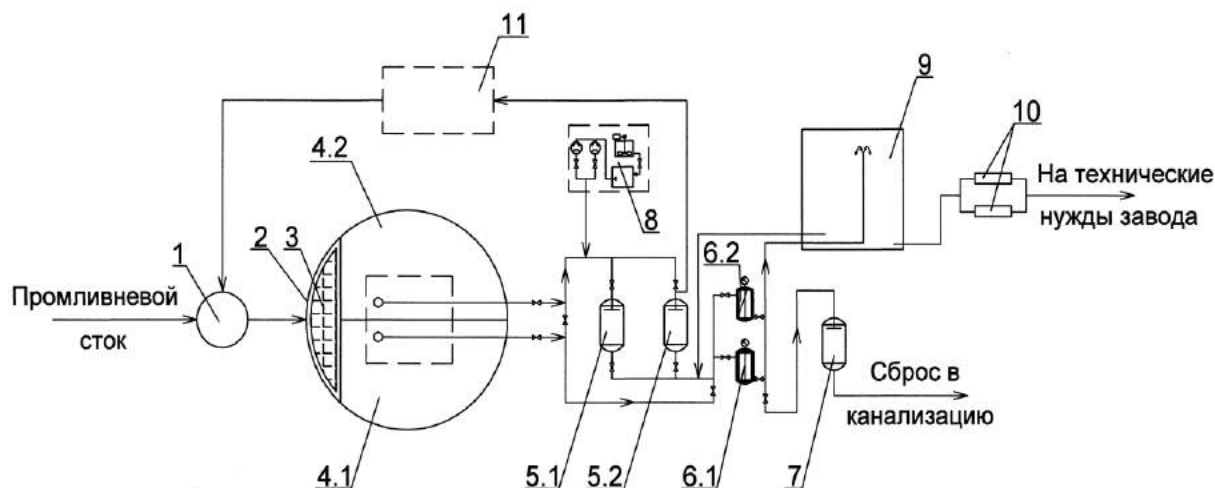


Рисунок 1. Технологическая схема:

- 1 – КНС промливневых стоков; 2 – песколовка-нефтеловушка; 3 – сорбционный материал «Экосорб» для сбора нефтепродуктов; 4.1 – 1-я секция отстойника-накопителя; 4.2 – 2-я секция отстойника-накопителя; 5.1, 5.2 – фильтр напорный с гидроантрацитовой загрузкой; 6.1, 6.2 – картриджный фильтр; 7 – сорбционный фильтр; 8 – узел приготовления и дозирования раствора коагулянта «АКВА-АУРАТ™30»; 9 – резервуар очищенной воды; 10 – УФО; 11 – песковая площадка

Технология очистки промливневых вод заключается в следующем.

Дождевые и условно-чистые воды от котельной проходят через ливнесбросную камеру и поступают в приемный резервуар КНС (1). На входе в резервуар насосной станции установлен сетчатый контейнер. Для сбора всплывающих нефтепродуктов, на открытой поверхности воды приемного отделения, укладывается специальный плавающий материал «Экосорб» (3) ООО «ЭКОсервис-НЕФТЕГАЗ». Сорбционная емкость материала составляет до 18 кг/кг в зависимости от вязкости собираемой нефти. После насыщения материал «Экосорб» извлекается и пропускаются через специальное отжимное устройство для удаления нефтепродуктов в сорбционную емкость. Сорбционный материал после отжима обратно укладывается на открытую поверхность воды. Долговечность сорбционного материала составляет до 5 сезонов. Данный вид извлечения нефтепродуктов наиболее экономичен и прост в эксплуатации.

После песколовки вода через шиберные затворы, расположенные на отметках с разницей 50 мм, направляется в свободную секцию отстойника-накопителя.

В зависимости от интенсивности поступления промливневого стока в накопительно-отстойных секциях поплавковыми датчиками устанавливаются: верхний, средний и нижний уровни включения насоса, фактически задающие регламент работы фильтровальных установок. При

нижнем уровне отключены все насосные установки. При среднем уровне в первой секции, с производственным стоком котельной, в работе находится только насос подачи воды на картриджные фильтры.

После полного заполнения секций поверхностным стоком и окончания периода ожидания, срабатывает реле времени и происходит включение дополнительного насоса подачи осветленного стока на первую линию напорных фильтров, одновременно производится включение насоса-дозатора для подачи раствора коагулянта. В качестве коагулянта используется 10 % раствор полиоксихлорида алюминия марки «АКВА-АУРАТ™30», производства ОАО «Аурат» (8). В период выполнения ПНР была определена доза раствора полиоксихлорида алюминия, которая составляет 5 мг/л. Доза может быть уточнена в процессе эксплуатации станции. Основной контакт коагулянта и загрязнений происходит в толще фильтрующей загрузки, т.е. одновременно происходит эффект контактной коагуляции и фильтрации.

Механическая фильтрация осуществляется в две стадии:

- фильтрованием через гранулированный гидроантрацит в зернистых фильтрах (5.1, 5.2);
- фильтрованием через микроячеистую сетку в напорных картриджных фильтрах (6.1, 6.2).

После напорных фильтров вода под остаточным напором направляется в накопительный резервуар очищенной воды. В случае необходимости сброса 10 % расхода воды в коллектор городской канализации после напорных фильтров вода проходит адсорбционную доочистку (7).

Промывные воды фильтров отводятся на песковую площадку (11). Дренажные воды песковой площадки поступают в приемный резервуар КНС.

Средства автоматизации обеспечивают работу очистных сооружений по заданному алгоритму в соответствии с данными контрольно-измерительной аппаратуры о величинах контролируемых параметров.

Система КИПиА установки обеспечивает:

- автоматическое включение/выключение работы очистного оборудования при наличии/отсутствии промливневого стока;
- защиту насосов от «сухого хода», перегрузки и пропадания фазы;
- световую индикацию работы насосного оборудования и иных устройств;
- световую индикацию заполнения секций отстойника–накопителя;
- световую сигнализацию необходимости промывки фильтров.

Результаты анализа, проведенного лабораторией ОАО «Калужский завод «Ремпутьмаш» представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты контроля нефтепродуктов и взвешенных веществ в очищенной воде

№ п/п	Точка отбора	Содержание, мг/л	
		нефтепродуктов	взвешенных веществ
1	Исходный поверхностный сток на очистку	5,18	34,5
2	После картриджного фильтра	0,063	не обнаружено
3	После гидроантрацитового фильтра	0,038	не обнаружено.
4	После фильтра с активированным углем	0,035	не обнаружено

Анализ данных показывает, что вода, прошедшая очистку на данной станции соответствует требованиям, предъявляемым как для сброса в канализацию, так и для повторного использования в качестве технической воды на нужды завода.

Опыт эксплуатации разработанной технологии показывает, что технологическая схема может использоваться на аналогичных предприятиях, где стоит вопрос повторного использования технической воды и очистки поверхностного стока. Гибкое управление станцией позволяет сократить эксплуатационные затраты, а наличие автоматики обеспечивает работу без присутствия персонала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. – М. : ФГУП «НИИ ВОДГЕО», 2006. – 56 с.
2. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – Введ. 1986-01-01. – М. : ФГУП ЦПП, 2006. – 87 с.

УДК 621.923.045

СИСТЕМА ОЧИСТКИ ЖИДКОСТЕЙ И УТИЛИЗАЦИИ МАГНИТНОГО ШЛАМА

Е.М. Булыжёв, Г.К. Рябов

ЗАО «Булыжёв. Промышленные экосистемы», г. Ульяновск, Россия

Сформулирована проблема очистки жидких производственных отходов – производственных сточных вод. Описана предлагаемая система очистки водных жидкостей от магнитных шламов и дальнейшей их утилизации, приведен регламент работы системы.

Практика применения технологических, в том числе водных жидкостей, в промышленности не предполагает особо внимательного отношения к вопросам их очистки от шламов, масел и других загрязнений. На многих предприятиях системы очистки водных жидкостей или совсем не существуют или представляют собой примитивные сооружения в виде простых отстойников и неэффективных нефтеловушек устаревших конструкций. Не представляют исключения и металлургические предприятия, на которых функционируют мощнейшие оборотные системы воды. Загрязненная водная жидкость снижает производительность и качество прокатки, быстрее поражается бактериями, приобретает неприятный запах, и как следствие, возникает необходимость ее преждевременного сброса на очистные сооружения или в канализацию и далее в природные водоемы, что приводит к интенсивному загрязнению окружающей среды.

Предприятия вынуждены платить штрафы и тратить значительные средства на замену воды в оборотных системах, на очистку стоков и замену насосного оборудования из-за быстрого его износа.

Специалисты ЗАО «Булыжёв. Промышленные экосистемы» разработали систему очистки водных жидкостей от магнитных шламов и его утилизации, которая является многоцелевой, пригодной для очистки оборотных вод и других видов технологических жидкостей любой степени загрязненности.

Применение данной системы очистки позволяет в несколько раз уменьшить сброс использованных жидкостей, сократить расход материалов для обезвоживания образующихся осадков, шламов, сократить потребление свежей воды в оборотных системах, улучшить качество прокатки, продлить срок службы технологического оборудования и насосных установок.

Система очистки водных жидкостей состоит из следующих основных блоков (см. рисунок):

- блок очистки жидкости – А,
- блок сгущения шламового продукта – Б,
- блок обезвоживания шламового продукта – В.

Система работает следующим образом.

В режиме очистки. Загрязненная магнитными включениями жидкость от прокатного стана 14 насосом 6 по трубопроводу 17 через задвижки 10 нагнетается в корпус магнитных сепараторов 1 закрытого типа. Протекая через сепаратор в режиме ламинарного движения через решетки, набранные из магнитных стержней, жидкость очищается от магнитных включений за счет прилипания магнитных частиц к магнитным стержням. Очищенная в магнитных сепараторах 1 жидкость через задвижки 12 по трубопроводу 18 сливается в бак-накопитель 4, откуда насосом 7 по трубопроводу 19 нагнетается на прокатный стан 14.

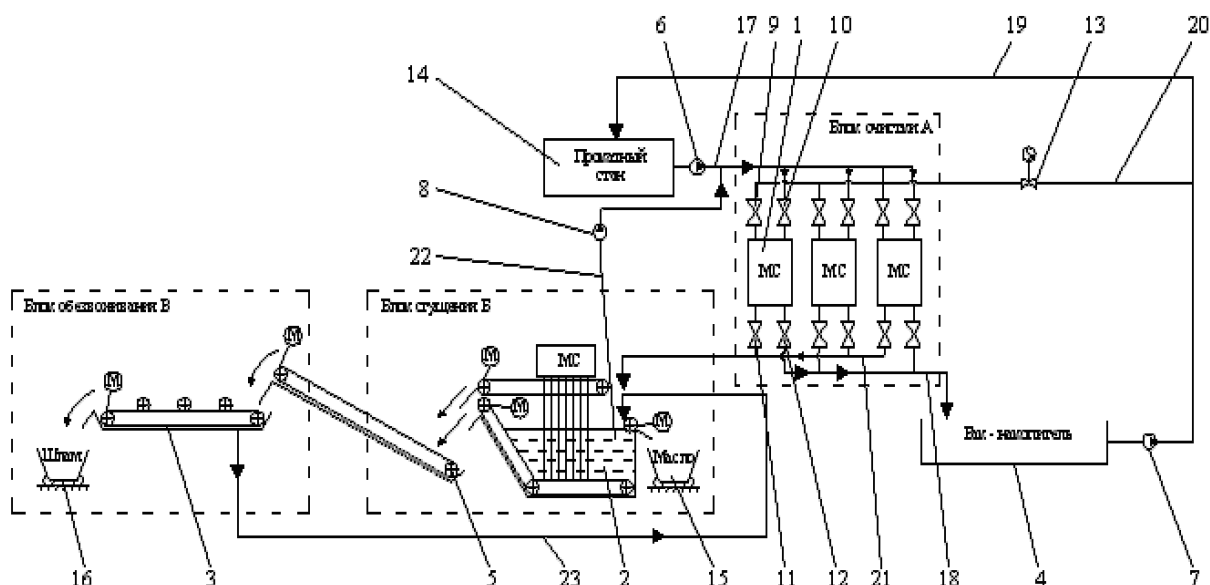


Рисунок. Блок-схема системы очистки жидкостей и утилизации магнитного шлама

В режиме промывки устройства. По мере накопления магнитного шлама на магнитных стержнях в магнитных сепараторах 1 возникает необходимость промывки сепараторов. В этом случае закрываются задвижки 10, 12 и открываются задвижки 9, 11 одного из магнитных сепараторов 1 (остальные сепараторы работают в режиме очистки). Кроме того, открывается задвижка 13 и очищенная жидкость из бака-накопителя 4 насосом 7 по трубопроводу 20 под давлением подается в корпус магнитного сепаратора 1. Нагнетаемая в корпус сепаратора жидкость (являясь с этого момента промывочной жидкостью) в турбулентном режиме смывает с магнитных стержней магнитный шлам и по трубопроводу 21 сливается в емкость магнитного сепаратора 2 открытого типа. Следует отметить, что концентрация шлама в промывочной жидкости в этот момент в 10 – 100 раз превышает концентрацию шлама в очищаемой жидкости в процессе очистки. Кроме того, вследствие малого времени промывки (1 – 2 мин) объем слитой промывочной жидкости в емкость магнитного сепаратора 2 открытого типа незначителен, тем самым производительность магнитного сепаратора 2 в 30 – 60 раз ниже суммарной производительности магнитных сепараторов 1.

После промывки магнитного сепаратора 1 закрываются задвижки 9, 11, 13 и открываются задвижки 10, 12.

Режим очистки промывочной жидкости и сгущения шламового продукта. При этом режиме в емкости магнитного сепаратора 2 осуществляется очистка промывочной жидкости от магнитного шлама с помощью магнитных стержней и донного конвейера (патент № 2207913 «Магнитный сепаратор»). Удаленный шлам сбрасывается на конвейер 5, а

постороннее масло – в емкость 15. Очищенная промывочная жидкость по трубопроводу 22 насосом 8 периодически откачивается в трубопровод 17 для очистки в магнитных сепараторах 1.

Таким образом, создана замкнутая система очистки жидкости.

Режим обезвоживание шламового продукта. С конвейера 5 шлам сбрасывается в фильтр обезвоживания 3 откуда с влажностью 25 – 35 % в емкость 16. Выжитая из шлама промывочная жидкость по трубопроводу 23 сливается в емкость магнитного сепаратора 2.

ВЫВОДЫ

1. Использование в предлагаемом устройстве очистки на первой ступени напорных магнитных сепараторов с ламинарным режимом работы повышает качество очистки.

2. Отсутствие насосов между блоками очистки, сгущения и обезвоживания снижает себестоимости очистки, в том числе и энергозатраты.

3. Предлагаемая компоновка устройств очистки, сгущения и обезвоживания снижает габариты всей системы.

4. Срок окупаемости таких систем не превышает 3-х лет.

УДК 628.35

ЛАБОРАТОРНАЯ ПРОРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОЧИСТКИ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

А.А. Грачева, Ю.А. Паничкина

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

И.А. Кулик, Л.Г. Спиридонова, Н.С. Серпокрылов

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

В работе описаны порядок и результаты четырех серий лабораторных исследований. Экспериментально изучено от 4 до 6 различных режимов биологической очистки концентрированных производственных сточных вод различного состава. Как утверждают авторы, полученные результаты позволяют выбрать достаточно эффективные технологические схемы очистки сточных вод.

Сточные воды ряда промышленных производств содержат высокие концентрации органических веществ (свыше 3 г/л по БПК), что превышает нормы приема в системы водоотведения населенных мест, и потому законодательно устанавливается обязательность локальных очистных сооружений (ЛОС) для их очистки на предприятиях.

Часто для очистки такого типа сточных вод применяются анаэробные процессы. Однако стесненность площадей на предприятиях, невозможность обеспечения санитарно-защитной зоны, соображения производственной безопасности анаэробных (чаще всего, метановых) биореакторов и др. требуют поиска альтернативных решений, и, в первую очередь, применения реагентной предпочистки.

В целях получения исходных данных для проектирования сооружений очистки и их технико-экономической оценки были проведены лабораторные исследования на реальных сточных водах крахмалопаточного производства, линий промывки валов гофрокартонных машин от клеевой композиции, а также промывки автоклавов утильзавода.

Лабораторные исследования очистки сточных вод крахмалопаточного производства (г. Чеплыгин, Липецкой области) проводились по шести вероятным режимам:

- 1 – анаэробное мезофильное сбраживание исходной сточной воды;
- 2 – подщелачивание сточной воды для анаэробного сбраживания;
- 3 – введение ионов NH_4^+ для питания микроорганизмов анаэробного сбраживания;
- 4 – вода после анаэробного сбраживания с последующими коагуляцией СКИФ и углеванием (активированный антрацит – адсорбент);
- 5 – подщелоченная вода после анаэробного сбраживания с последующими коагуляцией и углеванием;
- 6 – жидкость с введением ионов NH_4^+ , после анаэробного сбраживания с последующими коагуляцией и углеванием.

Результаты этих исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели комплексной (анаэробной и физико-химической) очистки сточных вод по режимам 1 - 6

Показатели	Исходная вода	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
рН, ед. рН	4,45	5,6	7,8	7,7	6,4	7,9	7,8
Взвешенные вещества, мг/дм ³	3218	1984	2040	1958	26	19	22
БПК, мг/дм ³	4347	2675	2877	3340	1456	1514	1736
NH_4^+ , мг/дм ³	36,76	64	67	89	-	-	-
ХПК, мг/дм ³	7390	3705	3815	4035	2460	3030	3119
БПК/ХПК	0,59	0,72	0,75	0,83	0,59	0,50	0,56
Фосфаты, мг/дм ³	94,3	34	26	29	1,1	2,0	1,7

Как следует из табл. 1, обработка указанных сточных вод в анаэробном биореакторе позволяет снизить в них на 50 % и более органические загрязнения по ХПК при удовлетворительном выделении и

других компонентов. На следующем этапе исследований интенсифицировали процесс сбраживания применением иммобилизации анаэробной биомассы на носителях в 3-х моделях биореакторов: 1 – каталитический ерш; 2 – синтетический ерш; 3 – ААА. Результаты этих исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2. Показатели анаэробной предочистки сточных вод с иммобилизованной биомассой

№ биореактора	ХПК, мг О ₂ /л, через сутки			
	1	2	3	4
1	2060	1648	1339	800
2	2678	1648	1236	1100
3	2678	1545	1142	500

Анализируя полученные результаты (табл. 2), можно сделать следующий вывод: анаэробной предочисткой с иммобилизацией биомассы на ААА может быть достигнуто требуемое снижение органических загрязнений по ХПК до 500 мг О₂/л или по БПК_П = 295 мгО₂/л, дальнейшее снижение которых до ДК к сбросу в городскую систему водоотведения может быть получено в аэробных условиях.

Технологические изыскания по разработке принципиальной технологической схемы очистки производственных сточных вод линий промывки валов гофрокартонных машин от клеевой композиции (г. Тимашевск, Краснодарский край) проводили с варьированием способов обработки и с контролем очищенных вод по ХПК, прозрачности по «кольцу» и по объему образующегося шлама (в процентах от обрабатываемого расхода). Исходная сточная жидкость, отобранная при промывке валов, имеет ХПК 13 600 мгО₂/л и нулевую прозрачность по «кольцу», рН = 12. Результаты этой серии исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3. Показатели способов очистки ПСВ клеевых композиций

Способ обработки	Фильтрующий материал	Объем осадка, %	Прозрачность по кольцу, см	ХПК, мгО ₂ /л	
				до фильтрования	после фильтрования
1	2	3	4	5	6
Al ₂ (SO ₄) ₃ + MAGNAFLOC LT26 (3 мг/л)	ААА	50	6	5900	2480
Al ₂ (SO ₄) ₃ + MAGNAFLOC LT26 (5 мг/л)	АУ	76	6	5364	3366

1	2	3	4	5	6
Электрокоагуляция + MAGNAFLOC LT26 (5 мг/л)	АУ	12	2,5	6800	3800
Гальванокоагуляция, 10 мин.	-	21	2	5100	-
Гальванокоагуляция, 30 мин	-	33	2	5700	-
Магнитная	ААА	12	1,5	7800	4400
Магнитная + ультразвуковая	ААА	14	1,5	7000	4000
Замораживание	ААА	18	7,5	2040	340

Примечание: прозрачность воды определяли после обработки и 30 мин отстаивания, а отстоянную воду фильтровали через лабораторный фильтр с загрузкой АУ (активированный уголь КАД – йодный) и ААА (активированный антрацит – адсорбент).

Анализ полученных результатов (табл. 3) показывает, что совместное применение коагуляции с замораживанием сточной воды снижает ХПК до 340 мгО₂/л, т. е. обеспечивает требуемый эффект очистки ПСВ для сброса в городскую систему водоотведения.

Далее были выполнены исследования по разработке технологической схемы очистки ПСВ завода мясокостной муки («Кагальницкий вентсанутиль», Ростовская обл.).

В этой серии исследований в качестве реагентов использовали коагулянт – полиоксихлорид алюминия (ПОХА) «АКВА-АУРАТ™30», коагулянт-флокулянт «СКИФ», флокулянты Цетаг – 7555, Фенопол.

Коагулянт вводили в дозах 5 – 100 мг/л, с последующим добавлением флокулянтов дозой 0,5 – 5 мг/л. После «быстрого» и «медленного» перемешивания отстаивали обработанную сточную жидкость в течение 30 мин, фиксируя прозрачность «по кольцу», объем всплывших и осевших загрязнений, а также качество хлопьев (крупные, рыхлые, оседающие, уплотняемые или нет и т.п.). Наилучшие показатели очистки воды по указанным признакам получены при применении СКИФ дозой 100 мг/л. Результаты исследований приведены в табл. 4.

Обращает внимание факт увеличения концентрации аммонийного азота в обработанной воде с 2651 до 2820 мг/л, что можно объяснить привнесением его со СКИФ, в матрице которого содержатся указанные ионы. Учитывая, что процесс выделения азота аммонийного таких концентраций из сточных вод биологическим способом весьма длителен и экономически затратен, принимаем к проектированию выделение его физико-химическим способом.

Физико-химический способ – двухстадийный. На первом этапе осуществляем перевод азота аммонийного подщелачиванием сточных вод

до pH 10,5 – 11,0 в форму аммиака с выделением азота элементарного из жидкости в газовую фазу. На выходе из зоны реактора следует предусмотреть мокрый скруббер с раствором серной кислоты (pH < 4,5) для перевода аммиака в форму аммонийного иона и последующим использованием аммиачной воды для удобрений.

Полученные экспериментальные результаты (табл. 4) позволили предложить комплексную технологическую схему очистки данной категории ПСВ.

Таблица 4. Изменение концентраций загрязнений по ступеням обработки сточных вод

Наименование		Концентрации загрязнений, мг/л						
		БПК ₅	ХПК	ВВ	N- NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
Исходные СВ		28070	42270	9813	2651	6,8	-	156
Отстойник		6450	9920	364	2820	3,6	-	7
Анаэробный блок		350	450	200	15	2,5	-	1,0
Б Л О К	Физ-хим. очистка	180	250	25	30.0	0,5	-	0,8
	Биохим. очистка	10	35	10	0.5	0,10	6,5	0,5
	Доочистка	3	15	3	0,39	0,02	5,0	0,2

ВЫВОД

Результаты исследований показывают, что экспериментальные исследования в лабораторных условиях на реальных водах позволяют разработать комплексные технологические схемы очистки концентрированных производственных сточных вод за счет комбинации с анаэробным сбраживанием, с замораживанием, с регулированием pH и дегазацией, что в итоге обеспечивает качество очищенных ПСВ до уровня существующих требований для сброса в городскую систему водоотведения с расположением ЛОС на территории предприятия.

УДК 628.3

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ АЗОТА АММОНИЙНОГО НА ДИНАМИКУ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В АЭРОТЕНКАХ

В.П. Костюков, Е.Г. Угроватова, П.В. Костюков, П.А. Ермаченко

Проектный научно-исследовательский институт водоснабжения
и водоотведения ЮРГТУ (НПИ), г. Новочеркасск, Россия

Представлены результаты исследований по определению взаимного влияния органических соединений и азота аммонийного на процесс биохимического окисления

Основной задачей очистных сооружений канализации является снижение концентраций по загрязняющим веществам с обеспечением максимально высокой степени очистки. Однако, в настоящее время, ощущается недостаток информации, позволяющей учитывать взаимное влияние загрязнений на скорость биохимических процессов, происходящих в системе очистных сооружений.

Одновременное присутствие в сточных водах органических загрязнений и азота аммонийного, являющихся донорами электронов в реакциях окисления, приводит к конкуренции этих веществ по отношению к кислороду.

Задачей настоящих исследований являлась оптимизация эксплуатационных параметров процесса очистки, выявление механизма взаимодействия субстратов, находящихся в среде биохимического реактора, уточнение математического аппарата, описывающего реакцию окисления. Для этого следует определить кинетические константы реакции, скорости протекания процессов очистки, установить механизмы ингибирования или активации.

С целью реализации этой задачи нами были осуществлены экспериментальные исследования по определению скорости окисления органических загрязнений в присутствии азота аммонийного. Опыты проводили на модельной сточной воде, которая представляла собой среду Виноградского для организмов – нитрификаторов [1]. К этой среде добавляли глюкозу для питания организмов – гетеротрофов.

Скорость окисления органических соединений определяли по снижению концентрации кислорода во времени. Для контроля использовали малогабаритный анализатор растворённого кислорода. В данных опытах модель сточных вод предварительно насыщали кислородом. Насыщение проводили продувкой воздухом в течение 25 мин. В стеклянную ёмкость объемом 125 мл помещали промытый активный ил и фиксированную концентрацию органического субстрата и азота аммонийного. Далее в ёмкость вводили датчик кислородомера. В течение 10 мин вели наблюдение за изменением количества кислорода, при постоянном перемешивании пробы. Выбор временного промежутка объясняется тем, что в исследованиях по определению скорости ферментативных реакций используют начальный участок снижения скорости до окисления 20 % субстрата. Это позволяет исключить замедление скорости реакции со временем и выявить наиболее точное её значение. Опыт, для получения достоверных результатов, выполняли в трёхкратном повторении. Чтобы исключить влияние метаболитов на скорость реакции, учитывали скорость эндогенного дыхания активного ила. Полученные результаты представлены следующими графиками на рис. 1.

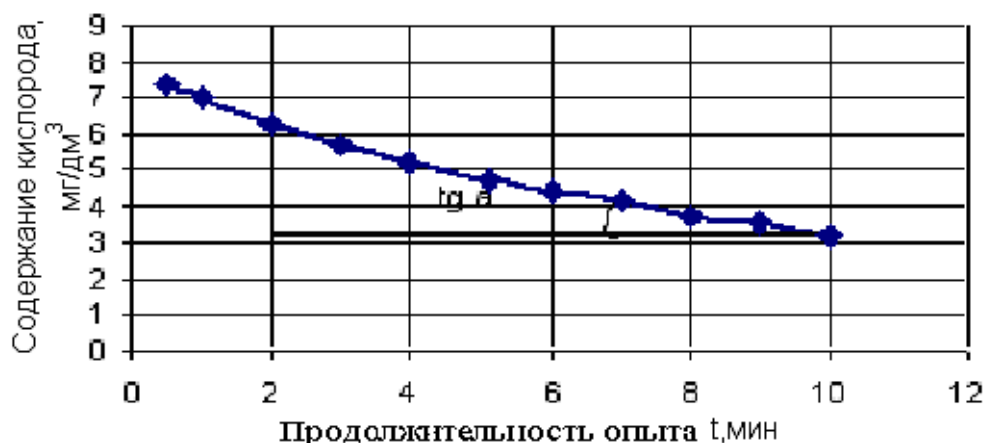


Рисунок 1. Зависимость снижения кислорода от времени

Скорость реакции определяли расчетным путём по тангенсу угла наклона прямой к оси абсцисс (рис. 1). При этом учитывали концентрацию активного ила и количество в нём беззольного вещества, получая удельную скорость на грамм беззольного вещества активного ила [2]. Эксперимент проводили при нескольких фиксированных значениях концентрации азота аммонийного (100; 50; 10 мг/дм³). Этот диапазон соответствует концентрациям азота аммонийного в хозяйственно-бытовых сточных вод.

По полученным результатам были построены графики зависимости скорости окисления от концентрации загрязнений (рис. 2).

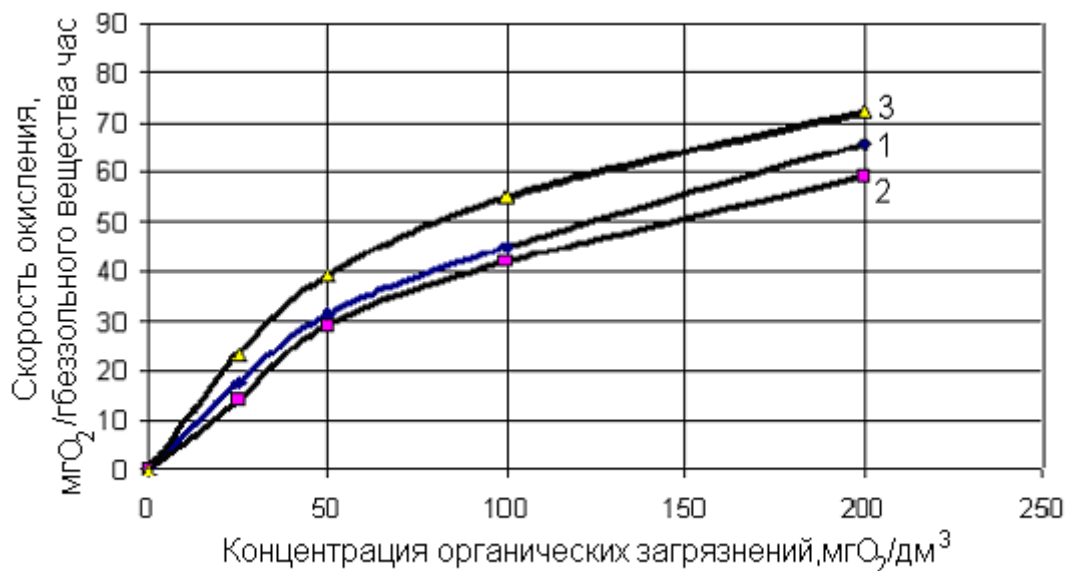


Рисунок 2. Зависимость скорости окисления органических загрязнений от различных концентраций азота аммонийного:

1 – 100 мг/дм³; 2 – 50 мг/дм³, 3 – 10 мг/дм³

Представленные графики имеют вид типичный для кривой ферментативной реакции, которая выходит на плато при повышении дозы органического субстрата.

Численные значения кинетических констант реакции K_m и V получены в результате графических построений в координатах двойных обратных величин по методу Лайнуйвера – Бэрка (рис. 3).

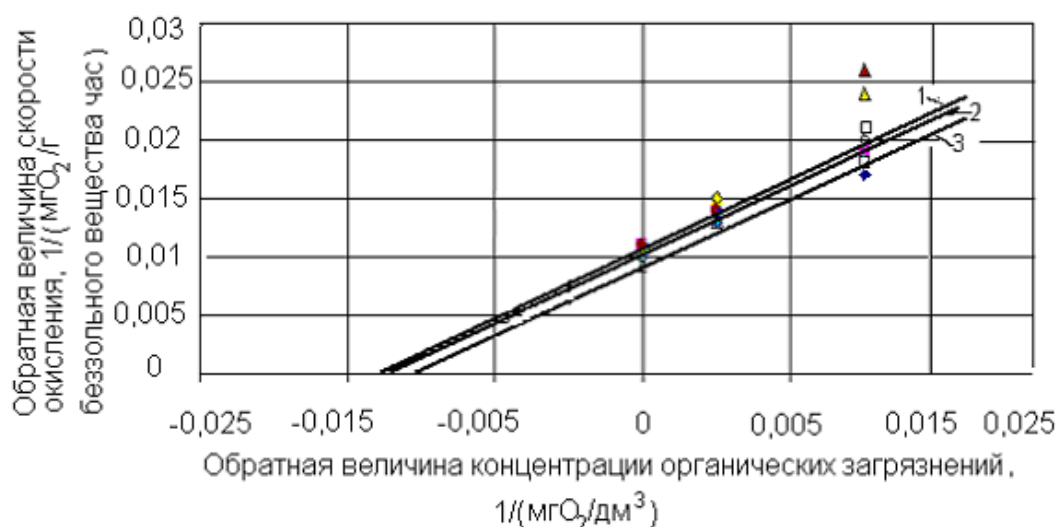


Рисунок 3. Зависимость двойных обратных величин при концентрациях азота аммонийного: 1 – 100 мг/дм³; 2 – 50 мг/дм³; 3 – 10 мг/дм³

Прямые, изображённые на графике (рис. 3), пересекая ось абсцисс, указывают на величину $\frac{1}{K_m}$, а точки пересечения с осью ординат на величину $\frac{1}{V}$. Из этих выражений получали численные значения K_m и V , которые являются сложносоставными величинами, учитывающими влияние ингибитора.

Подтверждением ингибирования являются графики (рис. 2, 3), показывающие, что относительно высокие концентрации азота аммонийного замедляют скорость реакции. Для установления и оценки типа ингибирования, в соответствии с рекомендациями [3] выполнен ряд дополнительных построений, отражённых на графиках (рис. 4, 5).

Различают четыре типа ингибирования: неконкурентное, конкурентное, смешанное и бесконкурентное. В зависимости от этого графики, которые его описывают, имеют отличительные особенности. Они заключаются в том, что координаты точек пересечения графиков с осью абсцисс и ординат и взаимное пересечение прямых имеют различное положение. Анализируя полученные результаты и сравнивая их с рекомендациями [3], установили, что механизм торможения высокими концентрациями азота аммонийного относится к бесконкурентному типу ингибирования. Этот тип характеризуется уменьшением в одинаковой мере K_m , V и, следовательно, скорости реакции. Зависимости двойных обратных величин для таких систем являются прямыми, параллельными прямой, полученной в отсутствие ингибирования. Прямые в системе

координат скорость окисления; отношение скорости окисления к концентрации органических загрязнений, пересекаются под разными углами в одной точке, лежащей на оси абсцисс (рис. 5).

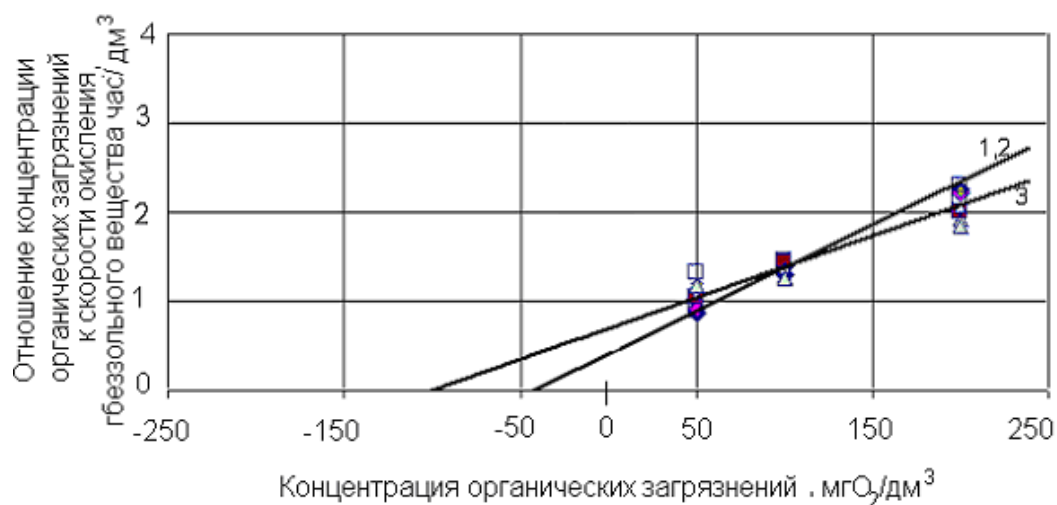


Рисунок 4. Зависимость по определению типа ингибирования, при концентрациях азота аммонийного:
1 – 100 мг/дм³; 2 – 50 мг/дм³; 3 – 10 мг/дм³

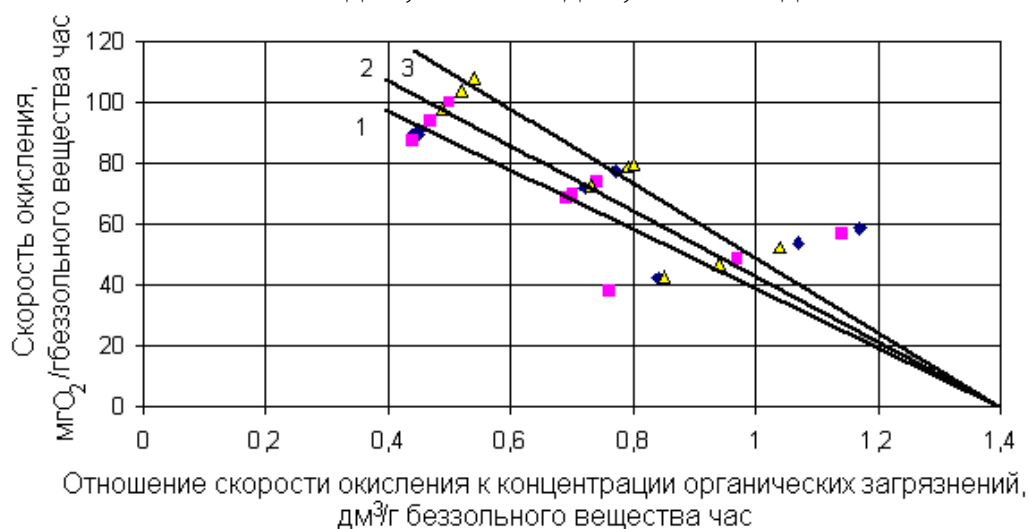


Рисунок 5. Зависимость по определению типа ингибирования, при концентрациях азота аммонийного:
1 – 100 мг/дм³; 2 – 50 мг/дм³; 3 – 10 мг/дм³

Определяемая скорость, согласно проведённым расчётам и построениям, выражается следующим уравнением:

$$v = \frac{V}{1 + \frac{i}{Ki} + \frac{Km}{s}},$$

где Ki – константа ингибирования;

i – концентрация ингибитора в субстрате.

Численное значение константы ингибирования установлено так же путём графических построений.

ВЫВОДЫ

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Определена зависимость скорости окисления органических веществ от содержания в сточных водах азота аммонийного.
2. Установлено, что ингибирование процесса окисления относится к бесконкурентному типу.
3. Описан математический аппарат, производящий количественную оценку влияния содержания азота аммонийного на скорость окисления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экология микроорганизмов пресных водоёмов/Романенко В.И., Кузнецов С.И – Л.: Наука, 1974. -194 с.
2. Биологическая очистка производственных сточных вод. Процессы, аппараты и сооружения/Яковлев С.В., Скирдов И.В., Швецов В.Н., Бондарев А.А., Андрианов Ю.Н. – М.: Стройиздат, 1985.- 208 с.
3. Ферменты. В 3т.:Т.2./М.Диксон, Э.Уэбб. – М.: Мир, 1982.-846 с.

УДК 628.336:001.31

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ТРЕХИЛОВОЙ СИСТЕМЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ТОНКОСЛОЙНЫМИ ПУЛЬСАЦИОННЫМИ ИЛООТДЕЛИТЕЛЯМИ НА ОЧИСТНЫХ СТАНЦИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Н.И. Куликов, Е.Н. Куликова, Д.Н. Куликов, Л.Н. Приходько
ООО «Учебно-научный производственный центр», г. Сочи, Россия

В работе приводится описание устройства и порядок эксплуатации комплектно-блочных очистных установок производительностью 50 – 400 м³/сут для очистки хозяйственных сточных вод с использованием биотехнологий.

В последние годы в России образовано более полусотни фирм, занимающихся изготовлением, комплектованием и поставкой комплектно-блочных очистных установок производительностью 50 – 400 м³/сут. Все предлагаемые очистные установки в основном базируются на использовании комплекса прикреплённых и свободноплавающих микроорганизмов, в комплекте с различными устройствами механической очистки сточных вод. Отходы от механической очистки и избыточный

активный ил сгущают, затаривают в мешки и, как правило, вывозят на полигоны твёрдых бытовых отходов.

Объёмы канализования объектов, у которых производительность очистных станций до 600 м³/сут и более при проектировании используются типовые решения очистных станций ЦНИИЭП инженерного оборудования или устаревшие проекты повторного применения, ориентированные исключительно на использование иловых площадок для сгущения, накопления и обезвреживания осадков сточных вод.

На сегодняшний день диапазон производительностей канализационных очистных станций (ОС) от 1000 до 15000 м³/сут не имеет узаконенных или типовых решений проектной проработки. Именно в этом диапазоне производительностей ОС желательно использование биологического метода выведения фосфора в избыточный активный ил, реализации процессов нитриденитрификации без привлечения дополнительных источников органических веществ, максимального сокращения использования металлосодержащих коагулянтов для доочистки сточных вод.

В регионах туристско-курортного использования, густозаселённых территориях России сокращение величины санитарно-защитной зоны чрезвычайно актуально, поэтому наряду с полной утилизацией осадков сточных вод необходимо обезвреживание и отработанного воздуха. При этом для упрощения сбора выходящего из аэробных реакторов отработанного воздуха целесообразно применение башенных сооружений с высотой слоя воды в аэротенках 8,5 – 9,0 м, что позволяет уменьшить зеркало воды и снизить потребность в воздухе.

Поскольку у высоконапорных воздуходувок температура сжатого воздуха достигает 130 °С, имеет смысл воспользоваться этой энергией сжатого воздуха для поддержания оптимальной температуры процесса биокомпостирования осадков сточных вод, дозревания и сушки биокомпоста, доведения температуры осадков до уровня, гарантирующего гибель яиц гельминтов, паразитов и патогенных микроорганизмов.

Для этого целесообразно блокировать помещения биокомпостирования осадков сточных вод с воздуходувной и включать воздухопроводы сжатого воздуха в систему обогрева помещений биокомпостирования осадков.

Если саморазогрев при биокомпостировании недостаточен, то можно применить метод кавитационного обеззараживания иловой смеси перед обезвоживанием и дальнейшей переработкой осадков в биогумус.

Нами совместно с НИИ ВОДГЕО на Красной Поляне в регионе г. Сочи начаты исследования по обезвреживанию воздуха, выходящего из аэротенков. Совместно с фирмой «ИНЕКС» с участием Сочинского водоканала отрабатываются вопросы биокомпостирования осадков

сточных вод с использованием теплоты горячих воздуховодов. Совместно с НПФ «Экос» г. Самары усилиями ООО «Учебно-научный производственный центр» и «Управляемые экотехнологии» г. Сочи заканчивается подготовка проектной документации на комплектно-блочные модульные очистные станции производительностью 700; 3500 и 6000 м³/сут.

Особенностями предлагаемой технологии очистки сточных вод являются: использование анаэробно-аноксидно-аэробных процессов воздействия на сточные воды и биоценозы прикреплённых на ершовой насадке и микроорганизмы свободноплавающего активного ила; тонкослойных отстойников для разделения иловых смесей; многоступенчатой доочистки сточных вод со связыванием остаточного фосфора реагентами и выделением нерастворимых в воде примесей на ершовых фильтрах, УФ – обеззараживание дочищенных сточных вод.

В технологии обезвоживания и переработки осадков сточных вод использовано механическое обезвоживание на французском фильтр-прессе сфлокулированного избыточного активного ила, смешивание кека из фильтр-пресса с опилками и готовым биокомпостом и выдерживание смеси в аэрируемых контейнерах в обогреваемом помещении с многоярусными стеллажами для складирования контейнеров и периодическим рыхлением смеси в контейнерах в первые 10 суток протекания процесса биокомпостирования.

Выдерживать биокомпост в контейнерах в помещении рекомендуется в течение двух месяцев. После чего биокомпост подлежит сертификации и выставляется на продажу или его складируют на крытую площадку складирования для хранения до периода массового внесения удобрения в почву на сельхозугодьях.

В технологии обезвреживания воздуха задействованы вентиляторы, адсорбционные с активным илом и абсорбционные колонны с активированным углём, а также катализаторы и установки УФ обеззараживания воздуха.

К известным основным закономерностям процесса биологической очистки сточных вод следует добавить информацию об анаэробном биореакторе и биокоагуляторе-денитрификаторе. Известно, что содержание фосфора в белковом веществе активного ила находится на уровне 3 % от веса сухого вещества. Пребыванием активного ила в анаэробных условиях можно добиться повышения содержания фосфора в белках до 8 %. Для этих целей исходный сток вначале смешивается с возвратным активным илом и в аноксидных условиях при непрерывном перемешивании крупнопузырчатым барботажем воздухом в биокоагуляторе-денитрификаторе продолжительностью до 1 часа производится подготовка иловой смеси к тонкослойному отстаиванию. Аноксидные условия необходимы для протекания процессов

денитрификации нитритов и нитратов, привнесённых с возвратным активным илом. Они должны быть завершены до такого уровня, чтобы денитрификация в тонкослойном отстойнике не мешала процессу илоразделения.

Поскольку в возвратном активном иле концентрация нитратов не может быть больше $9 \text{ г (N-NO}_3^-) / \text{м}^3$, а доза ила равна $4 - 5 \text{ кг/м}^3$, то при удельной скорости денитрификации не менее $2 \text{ г (N-NO}_3^-) / \text{кг} \cdot \text{час}$ процесс денитрификации заканчивается в основном за 1 ч. Питания для денитрификаторов в иловой смеси вполне достаточно, поскольку возвратный активный ил смешивается с исходной сточной жидкостью, из которой загрязнения ещё не удалялись.

В анаэробном биореакторе, куда выводится сгущенный активный ил вместе с скоагулированной взвесью сточной воды и сорбированными на ил органическими веществами, смесь выдерживается течение одного часа. Поскольку в иловой смеси уже практически отсутствует связанный кислород нитритов и нитратов, то при достаточно большой потребности в кислороде сорбированных илом органических веществ в анаэробном биореакторе безусловно создаётся строгий анаэробноз и жизнеспособность сохраняется исключительно у фосфорнакапливающих микроорганизмов.

На заключительном этапе биологической очистки сточных вод в аэротенке-нитрификаторе при задействовании прикреплённых на ершовой насадке внутри нитрификатора микроорганизмов и нагрузке не более $200 \text{ г БПК/кг} \cdot \text{сут}$ достигается полная нитрификация азота аммонийного сточной воды. При этом проверяется нагрузка на биомассу нитрификатора в часы максимального поступления со стоками массы азота аммонийного. В случае необходимости увеличивается количество ершовой насадки, создаётся рецикл активного ила между высоконагружаемым аэротенком и нитрификатором.

На стадии доочистки сточных вод после отстаивания иловой смеси из нитрификаторов в тонкослойном вторичном отстойнике сточная вода вначале осветляется в фильтре-биореакторе с ершовой насадкой, а затем в неё дозируют коагулянт для связывания ортофосфатов железом или алюминием в нерастворимый в воде фосфат железа или алюминия и затем фильтруют через фильтры с ершовой загрузкой или пуролатом для доведения содержания фосфора в доочищенной воде до уровня не более $0,2 \text{ мг Р/л}$.

Поскольку величина БПК_Π и концентрация взвешенных веществ в доочищенном стоке находятся на уровне около 3 мг/л , то для обеззараживания стоков УФ облучением нет никаких противопоказаний и энергозатраты на обеззараживание минимальны.

На механическое обезвоживание в фильтр-пресс направляются избыточный активный ил и осадок регенерационных вод из фильтров

доочистки воды после сгущения его в илоуплотнителе и обеззараживания кавитационным методом. Сгущать избыточный активный ил в гравитационных илоуплотнителях нельзя во избежание потерь фосфора из белковых веществ в иловую воду.

По данным наблюдений за обезвоживанием обработанного флокулянтom избыточного активного ила влажность кека составляет 82 – 85 %, он липкий и представляет собой пасту.

Для придания обезвоженному осадку пористости, создания условий для протекания процесса аэробного биокомпостирования в пасту вносятся в соотношении не менее 1:1 измельчённые растительные остатки, например, опилки с влажностью не более 40 % и заправка готового биокомпоста объёмом не менее четверти объёма пасты ила с влажностью не более 60 %. В итоге, в начале биокомпостирования влажность смеси составляет 72 – 75 %. В готовом биокомпосте имеется набор бактерий, гидролизующих древесину, и бактерий, осуществляющих биокомпостирование смеси. Активный ил является источником витаминов, микроэлементов, а опилки – источником энергетического субстрата. Саморазогрев смеси возможен при большом избытке энергетического субстрата, т.е. опилок, однако процесс биокомпостирования можно осуществлять и ограниченным количеством субстрата, но тогда для разогрева смеси нужен дополнительный источник тепловой энергии. Поскольку в компостируемую смесь непрерывно подают воздух для ведения аэробных процессов, то идёт процесс сушки смеси. Совершенно необязательно осуществлять процесс биокомпостирования до завершения использования субстрата, внесённого с опилками. Важно, чтобы процесс биокомпостирования развился до стадии завершения логарифмического роста микроорганизмов-деструкторов опилок и разогрев смеси привёл бы к гибели яиц гельминтов, паразитов и патогенных вирусов и бактерий. Завершение биокомпостирования может происходить и в естественных условиях после внесения биокомпоста в почву в качестве органоминерального удобрения.

Процесс обезвреживания отработанного воздуха из биореакторов направлен на обеззараживание микробных и вирусных аэрозолей, улавливание углекислоты и газообразных летучих органических веществ. В настоящее время технология обеззараживания воздуха ещё находится в стадии доработки, поэтому её параметры нуждаются в уточнении и доведении до уровня рекомендаций на проектирование для конкретных условий рельефа, климата, розы ветров и размещения жилой застройки.

Ориентировочно для очистных станций выполненных в металле, стоимость 1 м³ суточной производительности составляет 1000 евро, для станций в железобетоне стоимость 1 м³ снижается до 800 евро.

СПЕЦИФИКА КОМПЛЕКТОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ УСТАНОВОК КАНАЛИЗАЦИИ ЖИЛЬЯ НЕКАНАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Н.И. Куликов

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

Я.Ю. Каменев

ООО «Промстройводэнерго», г. Ставрополь, Россия

В работе обращено внимание на особенности комплектования и эксплуатации локальных установок по очистке малых количеств сточных вод. Описано несколько вариантов режима эксплуатации установок.

Специфика комплектования и эксплуатации локальных очистных установок канализации жилья в неканализованных районах обусловлена большой неравномерностью, как по часам суток, так и по времени года поступления расходов сточных вод и количества различных загрязняющих примесей в этих стоках.

При использовании в очистных установках биотехнологии очистки сточных вод большая неравномерность в поступлении загрязняющих веществ отражается на параметрах качества очищенной воды, и поэтому приходится предусматривать в установке усреднительные емкости. Чем меньше суточный объем очищаемых стоков, тем большим должен быть относительный объем емкости усреднителя (по отношению к суточному объему стоков).

Так, для расхода стоков до 3 м³/сут объем усреднителя должен быть втрое больше чем суточный приток стоков, для расхода стоков от 5 до 10 м³/сут – объем усреднителя больше суточного притока в 2,5 – 2,0 раза и так далее. Как правило, усреднитель расходов имеет две камеры, одна выполняет функции накопителя крупных оседающих веществ и септика, вторая – собственно усреднитель расходов сточных вод. Объем первой камеры достигает 75 % объема усреднителя. Естественно, что наличие септика обуславливает потребность в системе вентиляции, обычно через подводящую канализационную сеть и фановую трубу жилого ближайшего дома.

В септике в течение одних суток при наличии зрелого слоя осадка происходит трансформация сложных органических веществ, гидролиз жироразложения взвешенных веществ, переход в раствор в виде аммония аминокислот белков и т.д. Осаждение взвесей способствует снижению, а деструкция взвесей – увеличению количества растворенных веществ. Наличие септика позволяет спокойно справляться с временным отсутствием сточных вод при отъезде жильцов на выходные дни. Нужно

только перенаправить поток очищенной воды на вход в септик. Вымывая загрязнения из бродящей массы данных отложений, рециркуляционная вода превносит питание для биоценозов биореакторов установки глубокой биологической очистки сточных вод.

При длительном отсутствии основного количества проживающих, обслуживающий персонал должен ежедневно загружать в септик пищевые отходы или, например, собачий и кошачий корм в определенном количестве при постоянной рециркуляции очищаемой воды с выхода очистной установки на вход в септик. Проточность на период отсутствия жильцов очистной установки, должна составлять не менее половины от расчетного суточного расхода во избежание изменения функциональных особенностей биоценозов по ступеням установки глубокой биологической очистки сточных вод.

Камера усреднения расходов сточных вод отделяется от септика сплошной перегородкой и перепускной трубой с мусороудерживающей сеткой, гарантирующей удержание частиц примесей крупностью более 2 мм.

Комплектность установки глубокой биологической очистки сточных вод назначается исходя из следующих требований:

- обеспечение глубокой очистки стоков от органических примесей и взвешенных веществ, соединений азота различных форм (аммония, нитритов и нитратов);

- устойчивость работы всех ступеней очистной установки во времени;

- исключение необходимости ежедневного обслуживания очистной установки, т.е. создать возможность применения приема сервисного обслуживания очистной установки не чаще одного раза в месяц.

В соответствии с предъявляемыми требованиями в установке глубокой биологической очистки предусмотрена трехиловая система биоценозов. Первый биоценоз, состоящий из сообщества прикрепленных и свободноплавающих микроорганизмов с преобладанием биомассы прикрепленных микроорганизмов-денитрификаторов, располагается в первом отсеке, куда поступает сток из септика, усредненный по расходу в камере усреднения. Сток из септика содержит восстановленные в анаэробных условиях соединения и наиболее пригоден для протекания процессов денитрификации нитратов, привнесенных с возвратным рециркулирующим потоком активного ила и очищенной сточной воды. Именно внутри ершовой насадки создаются идеальные условия для жизнедеятельности гетеротрофов-денитрификаторов. Пузырьки воздуха (кислорода) от барботеров аэрации обтекают ерши и не проникают вовнутрь.

Во втором отсеке кроме бактериального биоценоза автотрофов-нитрификаторов постоянно присутствуют коловратки (*Philodina roseola*,

Callidina vorax), заметно преобладание инфузории (*Epistylis*, *Carchesium*), крупных амёб (*Arcella vulgaris*, *Pamphagus hyalinus*), наблюдаются ракообразные (циклопы, дафнии). Созданный в отсеке денитрификации запас гидрокарбонатов (HCO_3^+) обеспечивает не только синтез автотрофов-нитрификаторов, но и нейтрализацию ионов водорода, выделяемых нитрификаторами при окислении аммонийного азота (NH_4^+) до нитритов (NO_2^+) и нитратов (NO_3^-). Отсек нитрификации также имеет ершовую насадку, но интенсивность аэрации иловой смеси в нем вдвое – втрое выше, чем в отсеке денитрификации, а это обеспечивает режим такой турбулентности воды в ершовой насадке, что кислород проникает и внутрь ершей. Заиления ершей не происходит в отсеке денитрификации вследствие взрыхления прикрепленных микроорганизмов пузырьками газа азота, а в отсеке нитрификации – вследствие высокой турбулентности воды вокруг ершей.

Третий отсек установки глубокой очистки сточных вод выделен под тонкослойный вторичный отстойник с противоточным движением осветляемой воды и осаждающегося активного ила. Устойчивость работы тонкослойного вторичного отстойника во времени обусловлена наличием системы барботажной регенерации полочного пространства и непрерывным отведением оседающего активного ила из пирамидального поддона эрлифтом в зону денитрификации расходом, равным расходу исходной сточной воды.

Барботажная регенерация полок включается посредством контроллера и магнитного клапана на воздуховоде, подающем воздух в барботеры регенерации, на период времени не более 3 мин. Отстоянная вода перетекает самотеком через водосборные лотки над полочным пространством в четвертый отсек – отсек доочистки стоков. В отсеке доочистки стоков размещается третья иловая система гидробионтов фильтраторов-седиментаторов, которые процеживают воду, освобождая ее от мелкодисперсных взвесей, простейших, колоний бактерий, хлопьев активного ила. Копиотрофы приносят в очищенную воду фекалии и псевдофекалии, поэтому ерши постепенно заиляются, и их необходимо регенерировать барботажем воздухом с отводом регенерационной воды в септик.

Из четвертого отсека очищенная вода перетекает в колодец очищенной воды, в котором плавает поплавков с хлорными таблетками. Одна 200 г таблетка растворяется в воде в течение 10 суток, т.е. 20 г в сутки или 1 г/час. Исходя из этого, назначается объем резервуара колодца РИВ.

Отвод обеззараженной очищенной воды осуществляется самотеком или с помощью насоса в ливнеотводящую сеть канав или дренажей. Описанная установка глубокой биологической очистки бытовых сточных вод не гарантирует удаление фосфатов. Для удаления фосфатов можно

использовать фильтр с загрузкой из дробленного известняка или доломита. Такой фильтр не подлежит регенерации, а должен быть заменен не реже одного раза в полгода на новый, а использованная загрузка удалена с бытовым мусором. Фильтр с известняком или доломитом может быть помещен в колодец в виде мешка или контейнера с перфорированной трубой подвода воды внутри контейнера.

В период сервисного обслуживания специалист осуществляет проверку работы электрических аппаратов, эрлифтов, добавляет хлорные таблетки и в случае истечения срока действия меняет фильтр, предназначенный для извлечения фосфора из сточных вод.

Подкормку биоценозов очистной установки в период отсутствия жильцов организует владелец жилья с задействованием своих работников через подачу пищевых продуктов в унитаз дозой, заранее оговоренной службой сервисного обслуживания очистных установок.

Если перерывы в заездах жильцов длятся месяцами, то очистная установка консервируется специальным сервисным обслуживанием и запускается за 2 – 3 недели до заезда по вышеприведенной технологии кормления.

ВЫВОДЫ

Высокие результаты очистки и стабильная работа локальных очистных установок канализации в условиях большой неравномерности достижимы при комплектовании их двухкамерным септиком – усреднителем с возможностью рецикла очищенной воды в период длительного отсутствия поступления сточных вод.

УДК 628.23

ВОПРОСЫ ОЧИСТКИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

П.А. Ивкин, Д.М. Любобытов

ОАО «Научно-исследовательский институт ВОДГЕО», г. Москва, Россия

Н.И. Куликов

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

В.И. Лазарев

ОАО «НИИОГАЗ», г. Москва, Россия

Установлена актуальность вопроса очистки газовых выбросов канализационных очистных станций, проведен анализ состояния и предложен усовершенствованный метод очистки и абсорбции газовых выбросов канализационных станций.

В связи с интенсивным освоением внегородских селитебных территорий (строительство жилых комплексов повышенной комфортности,

гостиниц, торгово-развлекательных комплексов, коттеджных поселков), созданием курортно-рекреационных зон, приобретает особую актуальность совершенствование технологии очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на ОСК (очистных сооружений канализации) производительностью до 5000 м³/сут с целью минимизации их вредного воздействия на окружающую природную среду и возможности сокращения СЗЗ (санитарно-защитной зоны).

ОСК относятся к источникам систематического загрязнения атмосферного воздуха газовыми выделениями с крайне неприятным запахом и возможными включениями патогенной микрофлоры.

Традиционная технология очистки хозяйственно-бытовых сточных вод включает в себя сооружения механической и биологической очистки, обработки осадка, как правило, с открытыми водными поверхностями, а также иловые площадки.

Именно для таких сооружений п 4.5 [1], установлен размер СЗЗ, в частности, для ОСК производительностью от 0,2 до 5,0 тыс. м³/сут, он составляет 200 м, для ОСК такой же производительности с термомеханической обработкой осадка в закрытых помещениях СЗЗ сокращена на 50 м и составляет 150 м.

Для ОСК закрытого типа, все ступени очистки сточных вод и обработки осадка, которые сосредоточены в одном здании, оснащено достаточно мощной принудительной системой приточно-вытяжной вентиляции, размер СЗЗ до настоящего времени не регламентирован.

Закрытость ОСК еще не означает, что они перестали быть источником загрязнения атмосферного воздуха, так как в атмосферу будут поступать неочищенные вентиляционные выбросы с крайне неприятными запахами. В этой связи вопрос сокращения СЗЗ для ОСК зависит не только от их закрытости, но и от степени очистки вентиляционных выбросов, т.е. снижения концентрации неприятно пахнущих газовых выбросов до нормативных величин в непосредственной близости от них.

В соответствии с п. 8.12, 8.13 [2], канализационные насосные станции (КНС) и производственные помещения ОСК обеспечиваются принудительной вентиляцией с заданной кратностью воздухообмена для удаления в атмосферу летучих токсичных и взрывоопасных веществ. Таким образом, ОСК закрытого типа практически подготовлены к созданию систем очистки и обеззараживания вентиляционных выбросов.

Для регламентации санитарными нормами размера СЗЗ для ОСК закрытого типа, оснащенных системой очистки вентиляционных выбросов, необходимо разработать способы очистки вентиляционных газовых выбросов ОСК, при которых санитарно-гигиенические требования к уровню загрязнения атмосферного воздуха выполнялись в непосредственной близости от них.

К основным составляющим, придающим вентиляционным выбросам очистных сооружений канализации крайне неприятный запах, относятся: сероводород (H_2S), метилмеркаптан (CH_3SH), деметилсульфид, аммиак (NH_3), уксусная и масляная кислоты.

Для всех указанных веществ установлены ПДК для рабочих и селитебных зон и пороговые значения, при которых человек начинает ощущать токсичное вещество. Наиболее низкие пороговые значения запаха имеют метилмеркаптан – $0,4 \text{ мкг/м}^3$, диметилсульфид – $2,5 \text{ мкг/м}^3$ и сероводород – 14 мкг/м^3 .

В зарубежной практике [3], имеется опыт строительства сооружений закрытого типа (до $50000 \text{ м}^3/\text{сут}$) с многоступенчатой очисткой вентиляционных выбросов, обеспечивших возможность сократить СЗЗ до минимальных размеров.

В отечественной практике накоплен значительный опыт различных способов очистки газообразных и токсичных веществ различных отраслей промышленности, в том числе с помощью выпускаемых промышленностью адсорбентами [4 – 6]. Разработаны методики расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [7, 8], в том числе от станций аэрации [9]. МГУП «Мосводоканал» проводит широкие исследования по освоению методов предотвращения неприятных запахов от сооружений канализации [10].

Разработаны предложения [11] по очистке вентиляционных выбросов ОСК производительностью от 50 до $5000 \text{ м}^3/\text{сут}$, на первой ступени которых к применению рекомендуются фильтры ячейковые карманные, на второй фильтры ячейковые складчатые с дальнейшим обеззараживанием отходящего воздуха с помощью УФ-установок. Для закрытых очистных сооружений производительностью более $5000 \text{ м}^3/\text{сут}$ рекомендуется одно- и двухступенчатая схема мокрой очистки воздуха, в которой дезинфекция, дегазация и дезодорация должна осуществляется за счет контакта вентиляционных выбросов с раствором гипохлорита натрия, однако, информация о практическом использовании указанной технологии и полученных положительных результатах отсутствует.

Наиболее перспективным направлением очистки вентиляционных выбросов ОСК от сероводорода, меркаптанов и др. рассмотренных токсичных веществ, на наш взгляд, можно считать адсорбционно-окислительный способ. Рассматриваемая технология является одной из самых эффективных и доступных, занимает незначительные площади. Учитывая актуальность вопроса, институтом ВОДГЕО, разработана установка для экспериментальной проверки и отработки рассматриваемой технологии.

Установка очистки вентиляционных выбросов включает:

- биофильтр (загрузка ЕРШ),
- каплеуловитель,

- адсорбер (загрузка: активированный уголь производства ОАО «НИИОГАЗ»),
- ступень УФ-обеззараживания.

На первой ступени в биофилтре, предполагается осуществление процесса окисления неприятнопахнущих веществ. При этом в качестве оросительной жидкости использовалась иловая смесь из системы аэротенк – вторичный отстойник.

На второй ступени осуществляется улавливание остаточного количества загрязняющих веществ, вследствие их адсорбции на активированном угле разработки ОАО «НИИОГАЗ».

Третья, завершающая ступень очистки служит барьером для бактерий, вирусов, споровых форм микроорганизмов.

Предварительные испытания экспериментальной установки в течение 2 месяцев, показали практически полное (99,2 %) удаление неприятного запаха на выходе из установки. При определении концентрации серосодержащих веществ в нижнем слое адсорбента результаты анализа укладываются в погрешность эксперимента, что показывает высокую эффективность работы биофилтра. Отработка технических и эксплуатационных параметров системы требует дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная схема практически полностью (99,2 %) удаляет неприятно пахнущие соединения, такие как: сероводород (H_2S), метилмеркаптан (CH_3SH), демитилсульфид, аммиак (NH_3), уксусная и масляная кислоты.

2. Разработанная технология в отличие от других [11] не требует химических реагентов и сильных окислителей.

3. Очевидно, что применение разработанной технологии приведет к удорожанию строительства сооружений, однако, для стесненных условий застройки компактных жилых комплексов, курортных зон и других мест, где отсутствуют условия для создания нормативных СЗЗ, это является экономически целесообразным.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 2.2.1/2.1.1984-00 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.
2. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения.
3. Колесников В.П., Вильсон Е.В. Современное развитие технологических процессов очистки сточных вод в комбинированных сооружениях. – Ростов-на-Дону: «Изд-во «Юг», 2005.

4. Лукин В.Д., Курочкина М.И. Очистка вентиляционных выбросов в химической промышленности. – М.: Химия, 1980.
5. Штокман Е.А. Очистка воздуха. М.: Изд-во АСВ, 1998.
6. Карпухин Г.И. Бактериологическое исследование и обеззараживание воздуха. – М.: Медгиз, 1962.
7. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – Л.: Гидрометеиздат, 1986.
8. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, ОНД-86. – Л.: Госкомгидромет, 1987.
9. Временная методика расчета количества загрязняющих веществ, выделяющихся от неорганизованных источников, станций аэрации бытовых сточных вод. – М.: Мосводоканалпроект, 1994 (ООО «Экос»).
10. Храменков С.В., Пахомов А.Н., Данилович Д.А., Козлов М.Н., Дорофеев А.Г., Агревнин А.Р. Методы предотвращения распространения неприятных запахов от сооружений канализации // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 11, ч. 1.
11. Колесников В.П., Мотовилов В.Г. Патент SU 1583148. Устройство для очистки и абсорбции газов. В 01 047/00. 29.02.88 (22).

УДК 628.217:51-7

ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА СБРАСЫВАЕМЫХ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

О.Д. Лойцкер, Н.Л. Егоров

ПУ «Мосочиствод», МГУП «Мосводоканал», г. Москва, Россия

Рассмотрен вариантный расчетно-инструментальный метод определения объемов сбросных сточных вод, предлагаемый авторами. Установлена область его применения и показан экономический эффект.

Экологические платежи очистных сооружений рассчитывают исходя из данных о количестве (объеме) сбрасываемых очищенных сточных вод и концентрации в них загрязняющих веществ. Однако на большинстве очистных сооружений расходомеры со счетчиками смонтированы не на выходе очистных сооружений, в месте сброса, а на входе или после сооружений механической очистки – решеток и песколовок. Как правило, установка расходомеров на сбросных каналах действующих сооружений требует значительных капитальных затрат, а зачастую вообще невозможна из-за особенностей гидравлического профиля, трудностей опорожнения сбросного канала и ряда других причин. В этих случаях обычно объем сбрасываемых сточных вод считают равным объему поступающих на

сооружения стоков, пренебрегая возвратными потоками, атмосферными осадками и испарениями. Расчет погрешности определения объема сбрасываемых стоков не производится, хотя общепринято, что при коммерческом учете погрешность не должна превышать $\pm 5 \%$. Все это в конечном итоге приводит к перерасходу экологических платежей, выплачиваемых очистными сооружениями.

Поэтому на наш взгляд заслуживает внимания вариантный расчетно-инструментальный метод определения объема сбрасываемых стоков, в котором объем вычисляют по показаниям входных расходомеров со счетчиками с учетом возвратных и удаляемых до сброса потоков воды и осадков. При этом рассматриваются различные варианты учета возвратных потоков, доля которых в балансе сточных вод и осадков сравнительно велика. Приемлемость того или иного варианта обосновывается расчетом погрешности – она, как отмечалось выше, не должна быть более $\pm 5 \%$.

Методики, реализующие этот способ определения объема сбрасываемых стоков, разработаны для крупнейших в Европе Курьяновских и Люберецких очистных сооружений ПУ «Мосочиствод» МГУП «Мосводоканал» авторами данной статьи и группой сотрудников ПУ «Мосочиствод» под руководством зам. начальника – главного инженера С.А. Стрельцова [1]. Методики утверждены головной метрологической организацией РФ ФГУ «Ростест-Москва».

Принципы предлагаемого метода рассмотрим на примере очистных сооружений, где сточные воды проходят полный цикл механической и биологической очистки на решетках, песколовках, первичных и вторичных отстойниках и аэротенках; в состав сооружений обработки осадка входят уплотнители, сгустители и метантенки (рисунок).

Для всех потоков и их суточных объемов целесообразно принимать единое обозначение, например, W , а сами потоки делить на группы:

- искомый сбрасываемый поток W ;
- основной поток, измеряемый на входе расходомером со счетчиком – W_p ;
- внешние потоки, которые поступают на сооружения минуя основной поток – $W_{вн}$;
- возвратные (оборотные) потоки, возвращаемые из точек технологического процесса после расходомера P (по ходу движения основного потока) в голову сооружений – W_B ;
- потоки, удаляемые с сооружений и условно называемые потерями – $W_{п.}$

Составляя уравнение баланса входящих и выходящих потоков

$$W_p + W_{вн} = W + W_B + W_{п.} \quad (1)$$

и решая его относительно искомого потока W , получим:

$$W = W_p + W_{вн} - W_B - W_{п.} \quad (2)$$

После подстановки в (2) составляющих потоков согласно рисунку, будем иметь:

$$W = W_p + W_{BH1} + W_{BH2} - \sum_{i=1}^7 W_{Bi} - \sum_{i=1}^5 W_{Ili} \quad (3)$$

Далее проводится анализ всех составляющих потоков, в ходе которого необходимо выяснить, какие из составляющих возможно и целесообразно измерять, а какие следует определять расчетным путем.

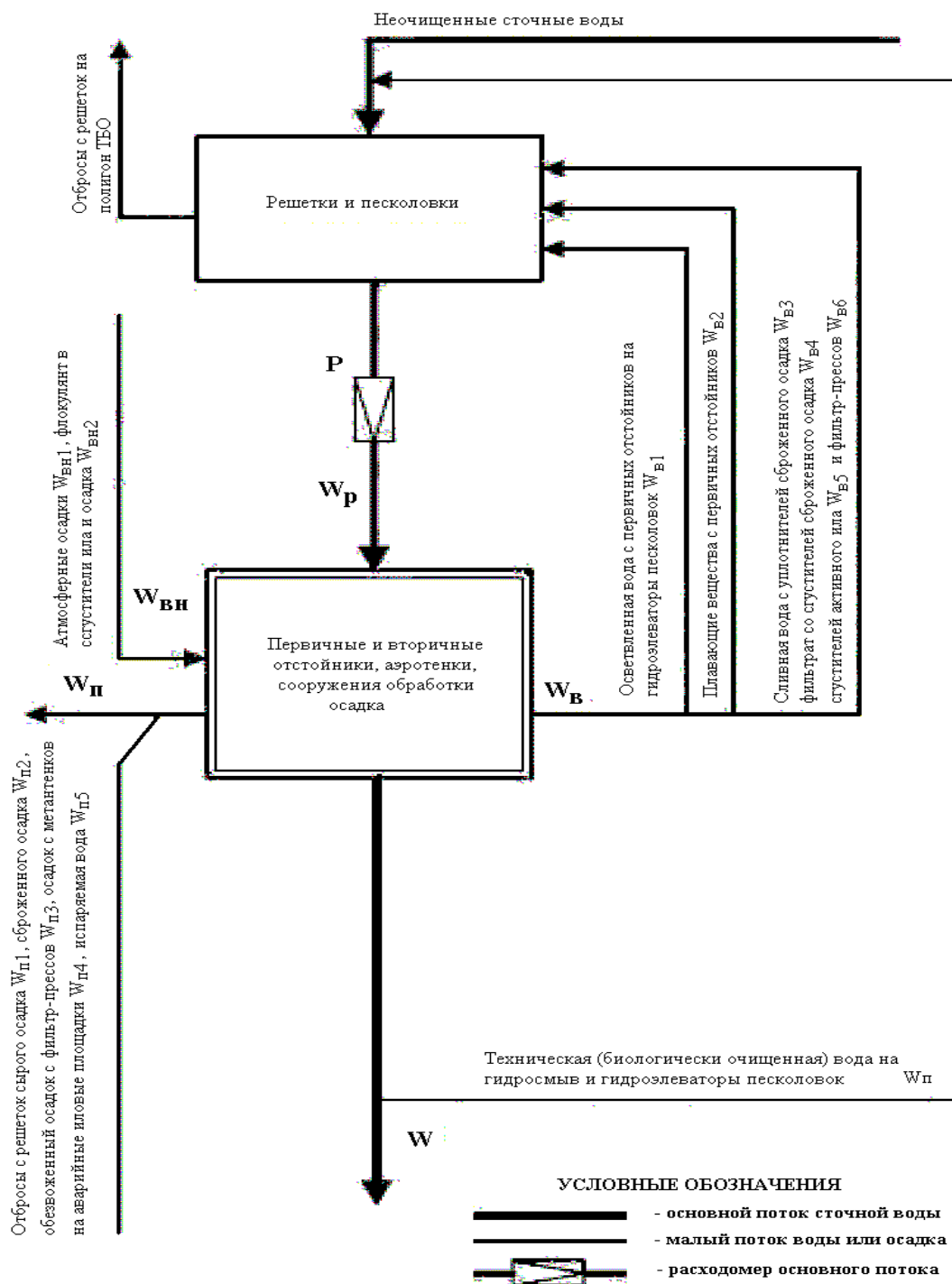


Рисунок. Обобщенная схема потоков сточных вод и осадков очистных сооружений

Объем W_p измеряют, как правило, аттестованным расходомером открытого потока, например, расходомером с лотком Вентури или Паршалла [2]. Для остальных потоков находят минимальные и максимальные эксплуатационные значения составляющих потоков, а также выраженные в процентах отношения их максимальных значений к минимальной подаче стоков на очистные сооружения. Эти отношения являются, по сути дела, максимально возможной долей потока в общей массе сточных вод. В зависимости от того, объемы каких потоков измеряют, каких получают расчетным путем, а какими потоками вообще пренебрегают. Возможны различные варианты определения суммарного сброса. Очевидно, что чем большее количество составляющих с большими долями подвергают измерению, тем выше точность определения сброса очищенных стоков. Однако при этом требуются затраты на приобретение и установку дополнительных расходомеров. К тому же новые узлы учета должны быть аттестованы как коммерческие.

Конкретный пример такого анализа приведен в [1]. Обычно наибольшими являются возвратные потоки сливной воды с уплотнителей сброженного осадка (W_{B3}) и технической (биологически очищенной) воды (W_{B7}).

В том случае, когда измерение объема этих потоков реализовать сравнительно просто, то в качестве первоочередного рассматривают вариант, в котором измерению подвергаются потоки W_p , W_{B3} и W_{B7} . Объемы остальных потоков не измеряют, а берут их средние значения в диапазоне изменения. В этом случае выражение (3) для расчета сброса может быть представлено в виде:

$$W = W_{p1} - W_{B3} - W_{B7} \pm \Sigma W_{cp}, \quad (4)$$

где ΣW_{cp} – алгебраическая сумма средних значений неизмеряемых объемов.

Приемлемость данного варианта должна быть обоснована расчетом погрешности определения объема сброса; при этом последовательно вычисляют предельные абсолютную и относительную погрешности сброса с доверительной вероятностью 0,95. Для отдельных измеряемых объемов абсолютные погрешности определены как произведения объема на заданную паспортную предельную относительную погрешность расходомера. Для вычисляемых составляющих абсолютная погрешность равна половине диапазона изменения этого объема. Предельную относительную погрешность объема сброса находят как отношение найденного значения суммарной абсолютной погрешности к минимальному поступлению сточных вод на очистные сооружения.

В том случае, если полученное значение относительной погрешности больше 5 %, то следует перейти к рассмотрению следующего варианта, в котором будет предусмотрено измерение большего числа составляющих потоков; перебор вариантов продолжается до тех пор, пока предельная

относительная погрешность измерения суммарного сброса равной или меньше 5 %.

Расчеты сбросов Курьяновских и Люберецких очистных сооружений в соответствии с упомянутыми методиками позволили установить, что сбросы, а значит и экологические платежи на $5 \div 6$ % меньше, чем определенные по ранее применяемой методике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лойцкер О.Д., Егоров Н.Л., Стрельцов С.А. и др. Расчетно-инструментальный метод определения объема сбрасываемых очищенных сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника, 2007. № 12.
2. Расход жидкости в безнапорных каналах систем водоснабжения и канализации. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков МИ 2406-97. М., 1997.

ИНФОРМАЦИОННО-
РЕКЛАМНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ

КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИРОДНОЙ, ПИТЬЕВОЙ И СТОЧНОЙ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОМПАНИИ «ЛЮМЭКС»

Е.А. Волосникова

ООО «ЛЮМЭКС», г. Санкт-Петербург, Россия

Краткий обзор аналитического оборудования, выпускаемого компанией «ЛЮМЭКС», предназначенного для выполнения количественного химического анализа природной, питьевой и сточной вод.

Анализатор «Флюорат»

Фильтровой люминесцентно-фотометрический анализатор «Флюорат» впервые был выпущен компанией в 1992 году. Этот прибор предназначен для контроля ряда органических и неорганических показателей безопасности, нормируемых в питьевой, природной и сточной водах, а также, в воздухе, почве, и пищевых продуктах, после переведения их в процессе пробоподготовки в раствор. Основной целью выпуска было удовлетворение объективной потребности складывающегося рынка аналитического оборудования современных приборов для люминесцентного анализа. Возможности методов люминесцентного анализа, связанные с его высокой чувствительностью, известны и широко используются в практике аналитических лабораторий. С 1997 г. начат серийный выпуск нового поколения анализаторов типа «Флюорат-02». Эти модификации были созданы на современной элементной базе, которая позволила уменьшить время проведения анализа на приборе, улучшить его метрологические характеристики, сделать прибор более удобным в эксплуатации и расширить область самодиагностики.

Методика анализа на приборе «Флюорат-02».

1. Настроить меню для анализа любого списка компонентов.
2. Сохранять в памяти прибора градуировочные зависимости для необходимых методик.
3. Сохранять результаты анализа проб в памяти прибора (опция меню «Архив»).
4. Установить возможность питания, как от сети переменного тока, так и от аккумуляторов 12В.
5. Проводить самодиагностику прибора (прибор автоматически определяет неисправности блоков), а также некоторые ошибки операторов при работе (забыли поставить фильтр до начала измерений и т.д.).
6. Работать не только с кюветами К-10, но и с кюветами длиной оптического пути 20 и 40 мм за счет специальной конструкции кюветного отделения, выполненной в виде сменных блоков для кювет с разной длиной оптического пути. Для проведения измерений по МВИ

(методика выполнения измерений) ХПК (бихроматной окисляемости) разработано специальное сменное кюветное отделение (адаптер) для виал.

7. Выполнять измерения со сменными светофильтрами, методически подобранными под конкретно выполняемую задачу.

К основным отличиям в области метрологии следует отнести улучшенную воспроизводимость при люминесцентных и фотометрических измерениях благодаря оптимизации режима работы источника света и применению новых высокостабильных фотоприемников.

Наша компания выпускает несколько модификаций типа «Флюорат-02»: «Флюорат-02 -3М», «Флюорат-02-2М» и «Флюорат-02-Панорама». В модификации «Флюорат-02-3М» в качестве фотоприемника используется фотодиод, а во «Флюорате-02-2М» и спектрофлюориметре «Флюорат-02.

«Панорама» – фотоэлектрический умножитель. И, как следствие, две последние вышеупомянутые модификации имеют более широкую область использования. Они могут входить в качестве флуориметрического (спектрофлуориметрического) детектора в состав модульного жидкостного хроматографа «ЛЮМАХРОМ».

Все три модификации позволяют контролировать достаточно большой ряд нормируемых показателей безопасности в воде, таких как органические загрязнители (нефтепродукты, фенолы, АПАВ, формальдегид), металлы (алюминий, медь, бериллий, цинк, селен и пр.). На модификации «Флюорат-02-2М» реализована возможность проведения измерений по МВИ урана в природной, питьевой и сточной воде. Для большинства этих показателей безопасности люминесцентный метод анализа имеет явные преимущества по сравнению с другими методами.

На анализаторах «Флюорат-02-2М» и «Флюорат-02-3М» реализована возможность фотометрического определения таких элементов, как никель, марганец, ванадий, молибден, а также возможность определения ХПК (бихроматной окисляемости). Разработан и используется достаточно большим спросом *ГОСТ Р 52708-2007 «Вода. Метод определения химического потребления кислорода»*. К достоинствам данной методики можно отнести значительную экономию рабочего времени и реактивов, в т.ч. дорогостоящих сульфатов серебра и ртути, хорошую сходимость результатов, безопасность персонала. Метод измерений в диапазоне низких значений ХПК основан на регистрации фотометрическим методом уменьшения концентрации бихромат-ионов, так как в процессе реакции происходит связывание этих ионов с органическими веществами пробы в кислой среде при нагревании в присутствии серебряного катализатора. Измерение высоких значений ХПК основано на регистрации фотометрическим методом концентрации ионов хрома, образующихся в результате восстановления бихромат-ионов. Устранение мешающего

влияния хлорид-ионов осуществляется добавлением к анализируемой пробе сульфата ртути (II). Диапазон измеряемых значений ХПК 5,0 – 10 000 мг/дм³. Определению не мешают: железо (при концентрации менее 50 мг/дм³), нитриты (при концентрации менее 10 мг/дм³), сульфиды (при концентрации менее 1 мг/дм³). Влияние сульфидов и нитритов при больших концентрациях устраняют введение поправок. При наличии в анализируемой пробе более 500 мг/дм³ хлоридов пробу разбавляют.

Анализ и измерение проб, а также градуировочных растворов проводят в виалах. Виалы предварительно заполняют реагентом, приготовленным из растворов бихромата калия, сульфата серебра и сульфата ртути. Затем в виалы помещают 2 или 4 см³ пробы и градуировочных растворов, закрывают завинчивающимися крышками и помещают в термореактор, предварительно нагретый до температуры 150 °С. Через 2 ч реактор отключают. После охлаждения растворов, виалы помещают в специальный адаптер для виал, установленный в анализаторы жидкости «Флюорат-02М» или «Флюорат-02-3М» и проводят измерение.

Для проведения анализа по каждому из компонентов нашей фирмой предлагается так называемый *набор для анализа*, в состав которого входят:

1. ГСО определяемого компонента.
2. Кварцевая кювета (для люминесцентных измерений) или 2 стеклянных кюветы (для фотометрических измерений).
3. 2 светофильтра (для люминесцентных измерений) или один – для фотометрических.
4. Спец. реактив.
5. Текст аттестованной методики со свидетельством о метрологической аттестации.

В состав набора для анализа ХПК включены также 25 виал и сменное кюветное отделение (адаптер) для виал.

Возможность выбора из широкого круга предлагаемых нами методик, необходимых для каждого конкретного пользователя, придает анализатору характер универсального средства контроля химического состава пробы.

«МГА-915»

Выпускаемый компанией «ЛЮМЭКС» атомно-абсорбционный спектрометр «МГА-915» позволяет решать задачу по определению загрязнений тяжелыми металлами природных, питьевых, сточных вод и биологических объектов.

Спектрометр снабжен *электротермическим атолизатором* (графитовая трубка, иногда снабженная платформой, нагреваемая электрическим током большой величины и обдуваемая во время нагрева инертным газом для защиты от атмосферного воздуха). В «МГА-915» используются 2 варианта графитовых кювет с пиропокрытием:

- графитовая кювета с платформой Львова
- стандартная графитовая кювета Массмана

В «МГА-915» реализована коррекция неселективного поглощения, основанная на эффекте Зеемана. Именно такая схема обеспечивает минимальные пределы обнаружения, особенно для тяжелых элементов, обеспечивая высокое соотношение сигнал/шум.

В револьвере для спектральных ламп может находиться одновременно шесть источников спектрального излучения. В него могут помещаться одновременно ПК-лампы (лампы с полым катодом) и ВЧ лампы (высокочастотные лампы), которые используются в качестве источников резонансного излучения.

Атомно-абсорбционный спектрометр «МГА-915» снабжен автономной системой охлаждения. Электротермический атомизатор спектрометра охлаждается через контур циркуляции дистиллированной воды с помощью помпы.

На атомно-абсорбционном спектрометре «МГА-915» методической группой разработаны две аттестованные МВИ металлов в пробах природных и сточных вод: 1) алюминия, бериллия, молибдена, стронция, хрома, цинка; 2) железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, никеля, свинца.

«КАПЕЛЬ»

Одним из наиболее интересных приборостроительных направлений в компании является реализация метода *капиллярного электрофореза* (КЭФ). Мы первыми в России освоили серийное производство систем капиллярного электрофореза различных модификаций, получивших название «Капель». Метод КЭФ появился сравнительно недавно. В 80-е годы прошлого века были созданы и запущены в серийное производство первые приборы на зарубежном рынке. В 90-е годы начался бум практического использования этого метода в аналитических лабораториях мира наряду с общепринятыми инструментальными методами. Метод КЭФ основан на разделении компонентов сложной смеси в кварцевом капилляре под действием приложенного электрического поля. Микрообъем анализируемого раствора (около 2 нл) вводят в капилляр, предварительно заполненный подходящим буфером (электролитом). После подачи к концам капилляра высокого напряжения (до 30 кВ), компоненты смеси начинают двигаться по капилляру с разной скоростью, зависящей в первую очередь от их заряда и массы и, соответственно, в разное время достигают зоны детектирования. Полученная последовательность пиков называется *электрофореграммой*, при этом качественной характеристикой вещества является время миграции (выхода) пика, а количественной характеристикой – площадь пика, пропорциональная концентрации данного вещества. Основными отличиями, которые можно отнести к

достоинствам метода КЭФ, являются: простота аппаратного оформления, высокая эффективность разделения, малый расход реактивов, экспрессность анализа.

Компания «ЛЮМЭКС» выпускает несколько модификаций системы КЭФ «Капель». Модификации типа «Капель-103» и «Капель-104» имеют фотометрический детектор с длиной волны 254 нм, модификация «Капель-105»- спектрофотометрический детектор с диапазоном длин волн от 190 до 380 нм. Самыми последними на сегодняшний день моделями являются модификации «Капель-104М» и «Капель-105М». В них реализованы новейшие разработки – управление прибором, сбор и обработка данных с помощью собственного программного обеспечения, а в «Капель-105М» дополнительно и регистрация спектров поглощения компонентов анализируемой пробы во время анализа.

Одними из первых разработанных методик, реализующих метод КЭФ, в нашей компании были МВИ массовой концентрации катионов (аммония, калия, натрия, лития, магния, стронция, бария и кальция) и анионов (хлорида, нитрита, нитрата, сульфата, фторида и фосфата) в природных, питьевых и сточных водах. Вскоре список методик был увеличен за счет МВИ гербицидов класса феноксикарбоновых кислот (2,4 –Д) в природной, питьевой и сточной воде.

Совместно со специалистами **Центра Исследования и Контроля Воды (ЦИКВ, г. Санкт-Петербург)** разработаны и поданы на аттестацию три МВИ.

1).МВИ аммония в природных, питьевых и сточных водах (диапазон измеряемых концентраций 0, 1 – 5000 мг/дм³)

2).МВИ бромид- и иодид-ионов в пробах питьевых и природных вод (диапазон измеряемых концентраций 0, 05 – 2,0 мг/дм³).

3).МВИ хлорит- и хлорат-ионов в пробах питьевых и природных вод (диапазон измеряемых концентраций 0,2 – 5,0 мг/дм³).

Последняя из перечисленных методик может использоваться при контроле хлорит- и хлорат-ионов в водах, прошедших обеззараживание гипохлоритом натрия или диоксидом хлора.

Продукция нашей компании пользуется достаточно большим спросом благодаря сочетанию многофункциональности приборов, доступной цены и широкому спектру сервисных услуг: бесплатное обучение по купленному комплекту оборудования на базе нашей лаборатории в г. Санкт-Петербурге; пусконаладочные работы в лаборатории Заказчика; бесплатное методическое сопровождение.

ЭЛЕКТРОЛИЗНЫЕ УСТАНОВКИ НПК «ЭКОЛОГ» – РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Б.Л. Видер

ООО «Шарьяводоканал», г. Шарья, Россия

Г.Е. Иткин, М.В. Климов

НПК «Эколог», г. Санкт-Петербург, Россия

Новая технология электролиза растворов солей, использованная в установках НПК «Эколог» [1] подробно описана в [2] и защищена патентами [2, 3]. Установка 5 лет работает в водоканалах г. Шарья, г. Иваново и на Ижорском заводе.

Основные технические характеристики установок

Расход соли на 1 кг активного хлора	Не более 3,5 кг
Расход электроэнергии на электролиз	Не более 4,5 кВтчас
Концентрация активного хлора в гипохлорите (без изменения основных показателей может быть доведена специальными технологическими режимами до 12 г/л)	7 г/л
рН	8,5 – 8,7
Устойчивость концентрации во времени (в темном бетонном резервуаре)	Не менее 1 месяца
Срок службы покрытия электродов	Не менее 1 года
Периодичность кислотной промывки	1 раз в месяц
Гипохлорит не замерзает при температуре	-25 – -30 °С
Активность электролизного гипохлорита в отдаленных точках сети на 20 – 25% выше, чем активность хлора при аналогичных начальных дозировках	

НПК «Эколог» выпускает типоряд установок типа «Э», часовая производительность которых в пересчете на активный хлор составляет: 1,25; 2,5; 5.; 10,0; 15,0; 20,0; 40,0.

Габаритные размеры (мм) самой маленькой установки 500 x 500 x 700, а самой большой 2000 x 1700 x 2800.

Теоретические основы нового процесса электролиза [4, 5] позволяют объяснить показатели электролиза, недостижимые при обычной технологии (расход соли не менее 5 кг/кг активного хлора, расход электроэнергии на электролиз не менее 5 – 5,5 кВт/час на кг активного хлора, концентрация хлора в гипохлорите не более 5 г/л, срок службы покрытия 6 – 8 месяцев, сохранность в отдаленных точках сети ниже аналогичной при использовании хлора).

Электролизный гипохлорит, получаемый на установках НПК «Эколог», укладывается в нормы безопасности, регламентируемые ФЗ №116 и нормы пожарной безопасности НПБ 105-03, и не подлежит контролю со стороны органов Ростехнадзора. Его использование обеспечивает лучшие экономические показатели в сравнении с хлором и концентрированным гипохлоритом. Данные приведены в табл 1 – 4.

При подготовке исходных данных рассмотрены три варианта использования реагентов:

- 1 вариант.
Хлор.
- 2 вариант.
Гипохлорит натрия марки А.
- 3 вариант.
Электролизный гипохлорит натрия, получаемый на месте потребления на бездиафрагменных электролизерах по разработанной технологии НПК «Эколог», г. Санкт-Петербург.

1 Вариант. Реагент хлор. Цена хлора без транспортных расходов принята 19,0 тыс. рублей за тонну. Мощность потребления хлора 30 т/г.

Таблица 1. Эксплуатационные затраты по 1 варианту

Наименование статей <i>Хлор</i>	Стоимость, тыс. руб.
Склад реагента существующий	-
Эксплуатационные расходы	
1.Реагент хлор	684
2.Электроэнергия	83,2
3.Отопление	481,5
4.Реагенты	35,0
5.Газоанализаторы	26,7
6.Фильтрующий противогаз	14,2
7.Воздушно-дыхательные аппараты	50,7
8.Костюмы	7,8
9.Зарплата 9-ти операторов	1080
10.Обеспечение безопасности производства	796,0
11.Охрана	790,6
12.Табель оснащения	36,7
Итого эксплуатационных затрат	4086,4
Всего приведенных затрат:	4086,4

2 Вариант. Использование в качестве реагента – гипохлорита натрия марки А.

Таблица 2. Капитальные вложения и эксплуатационные затраты по 2 варианту

Наименование статей <i>Гипохлорит натрия марки А</i> , привозной	Стоимость, тыс. руб.
Капитальные вложения	
1.Контейнер для перевозки гипохлорита натрия марки А	10648,5
2.Насосы дозаторы	0,3
3.Расходные емкости гипохлорита натрия	0,61
4.Реконструкция хлораторной	0,6
Итого капитальных вложений	10649,71
Эксплуатационные расходы	
1.Гипохлорит натрия	1779,30
2.Электроэнергия	83,2
3.Отопление	481,5
4.Реагенты	35,0
5.Газоанализаторы	26,7
6.Фильтрующий противогаз	14,2
7.Воздушно-дыхательные аппараты	50,7
8.Костюмы	7,8
9.Зарплата 9-ти операторов	1080
10.Обеспечение безопасности производства	796,0
11.Охрана	790,6
12.Табель оснащения	36,7
Итого эксплуатационных затрат	5181,7
Всего приведенных затрат:	6246,67

Вариант 3. Реагент: гипохлорит натрия электролизный, производимый на месте потребления.

Таблица 3. Капитальные вложения и эксплуатационные затраты по 3 варианту

Наименование статей <i>Гипохлорит натрия электролизный</i> , производимый на месте потребления	Стоимость, тыс. руб.
1	2
Капитальные вложения	
1.Поставка, монтаж, наладка, насосы и вентиляция в комплекте	10200
2.Подготовка зданий для монтажа	700
3.Проектные работы	300
Итого капитальных вложений:	11200

1	2
Эксплуатационные расходы	
1.Соль	178,85
2.Электроэнергия	190,35
3.Зарплата двух операторов	240
4.Перепокрытие электродов	400
5.Сервисное обслуживание	130
Итого эксплуатационных затрат	977,85
Всего приведенных затрат:	2097,85

Стоимость оборудования (электролизера) принята на уровне цен 4-го квартала 2006 г.

Варианты	1 вариант Хлор	2 вариант Гипохлорит натрия марки А	3 вариант Электролизный гипохлорит натрия, получаемый на месте
1	2	3	4
Капитальные вложения	-	1064,97	1120
Эксплуатационные затраты	4086,4	5181,7	977,85
Приведенные затраты	4086,4	6246,67	2097,85
Себестоимость 1 кг активного хлора для обеззараживания воды	136,21	208,22	69,92

В связи с возможностью утилизации попутно получаемого водорода из расчета 1 кг водорода на 17,5 кг хлора, экономичность предложенной технологии возрастает. Срок окупаемости затрат при современных ценах на водород не превышает 2,5 года при производстве водорода 200 кг/сут.

На базе крупных водоканалов целесообразным становится строительство крупных комплексов для обеспечения потребностей более мелких потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Видер Б.Л., Горшенин А.П., Иткин Г.Е. Новые способы получения электролизного гипохлорита и его применение // Водоснабжение и санитарная техника, 2005 г. № 1.
2. Евразийский патент № 001666 Способ электролиза водного раствора солей.
3. Российский патент № 2125120 Способ электролиза водного раствора солей.
4. Иткин Г.Е., Горшенин А.П. Чиркст Э.Э. Применение второго начала термодинамики к электролизу раствора хлорида натрия. Записки Горного института. С.-Петербург, 2005 г. Т. 165. С. 88 – 91.
5. Иткин Г.Е. Эмпирические начала натуральной философии. С.-Петербург, 2007 г. ISBN 987 -5-98592.

Чистая вода – здоровье нации



ОАО «Химический завод им. П. Л. Войкова»
(ОАО «Аурат») – самый крупный в России
производитель коагулянтов различных видов и марок:



- полиоксихлориды алюминия торговых марок:
 - «Аква-АуратTM 10» – водный раствор
 - «Аква-АуратTM 18» – водный раствор
 - «Аква-АуратTM 30» – порошок
- алюминия сульфат (ГОСТ 12966-85)

Применение:

- очистка и кондиционирование питьевой воды
- очистка промышленных, сельскохозяйственных
и бытовых сточных вод
- для водоподготовки ТЭЦ, ГРЭС, котельных
- для проклеивания бумаги и других целей

*Для решения сегодняшних проблем водопользования
и внедрения современных водоочистных технологий
полиоксихлориды алюминия «АКВА-АУРАТTM» незаменимы*

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД им. П. Л. ВОЙКОВА» (ОАО «АУРАТ»)

Генеральный директор Гетманцев Виктор Стефанович
125438, Москва, 4-й Лихачевский пер., 6

Факс: (095) 234-2506. Тел.: (095) 154-7091, 153-1010, 153-2610

E-mail: office@aurat.ru

www.aurat.ru

География региональных представителей



**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
“ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД им. П. Л. ВОЙКОВА” (ОАО “АУРАТ”)**
Генеральный директор Гетманцев Виктор Стефанович
125438, Москва, 4-й Лихачевский пер., 6
Факс: (095) 234-2506. Тел.: (095) 154-7091, 153-1010, 153-2610
E-mail: office@aurat.ru www.aurat.ru

Сибирский филиал ОАО “ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД им. П. Л. ВОЙКОВА” (ОАО “АУРАТ”)
Дистрибьютор по Сибирскому федеральному округу
Хасанов Шавкат Ахмедович
Тел./факс: (39151) 22-388

“ТАУРАТ”
Дистрибьютор по Приволжскому федеральному округу
Базин Сергей Вячеславович
Тел./факс: (8432) 19-86-78

“ПОЛИПРИЗМА Лтд”
Дистрибьютор по Южному федеральному округу
Кудинов Иван Александрович
Тел./факс: (8632) 92-65-30

“КВИ, Инк.”
Дистрибьютор по Северо-Западному федеральному округу
Яковлев Валерий Борисович
Тел./факс: (812) 320-8451

П Р И Г Л А Ш А Е Т

юношей и девушек

для овладения **ВСЕГДА** актуальными, жизнеобеспечивающими,
повсеместно востребованными инженерными специальностями:

«Водоснабжение и водоотведение» (270112 ВиВ)

«Комплексное использование и охрана водных ресурсов» (28030265 КИОВР)

По специальности «Водоснабжение и водоотведение» (270112 ВиВ) имеются специализации

– «Очистка природных и сточных вод»;

– «Техническая эксплуатация инженерных систем населенных мест».

Вода – это жизнь! Забота о чистой воде в необходимом количестве – непреходящая, глобальная проблема всего человечества земли!

Подготовка по специальности ВиВ (270112) осуществляется по очной и заочной формам обучения.

За 5 лет Вы изучите общие естественнонаучные, общие гуманитарные и социально-экономические, общепрофессиональные и специальные, комплексные дисциплины, а также ряд дисциплин по выбору.

ЮРГТУ (НПИ) имеет военную кафедру, где Вы можете получить одновременно с гражданской и военную специальность и воинское звание.

После окончания университета Вы можете работать

По специальности ВиВ:

- в цехах водоподготовки и очистки сточных вод различных промышленных предприятий;
- в городских и районных производственных управлениях водопроводно-канализационного хозяйства;

- в государственных, коммерческих и частных учреждениях, занимающихся проектированием, строительством, монтажом, пуском, наладкой и эксплуатацией систем и сооружений водоснабжения и водоотведения.

По специальности КИиОВР:

- в районных, городских комитетах по экологии и рациональному использованию природных ресурсов;

- в городских, районных службах жилищно-коммунального хозяйства;

- в государственных и частных проектно-изыскательских, конструкторских и исследовательских организациях, занимающихся вопросами формирования здоровой среды обитания человека.

Получив образование на нашей кафедре, Вы никогда не пожалеете о выбранной специальности и найдете себе достойное место в жизни.

Экологическое благополучие нашей страны — в Ваших руках!

Прием заявлений проводится: на очное отделение с 20 июня по 15 июля,
на заочное - с 20 июня по 30 июля.

К заявлению поступающие абитуриенты прилагают:

-оригинал документов государственного образца об образовании;

-6 фотографий (размер 3х4 см с уголком);

-медицинскую справку (форма 086-у).

Заявления принимаются при предъявлении паспорта или заменяющего его документа.

Вступительные экзамены проводятся в форме тестирования: математика, физика, русский язык.

Для лиц, окончивших среднее образовательное учреждение с медалью или дипломом с отличием, проводится собеседование. Сверх плана набора принимаются абитуриенты с полной компенсацией затрат на обучение при условии сдачи вступительных испытаний на положительную оценку. Абитуриентам предоставляется общежитие.

346428, г. Новочеркасск Ростовской обл., ул. Просвещения, 132.

Южно-Российский государственный технический университет (НПИ)

Строительный факультет

Кафедра водного хозяйства предприятий и населенных мест,

аудитория 136 главного корпуса.

(86352) 55-334, факс 55-171



Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)

Межрегиональный центр повышения квалификации

Кафедра «Водное хозяйство предприятий и населенных мест»

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПЕРЕПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПЕРЕПОДГОТОВКА

Направление: Строительство

Специальность: Водоснабжение и водоотведение

Категория слушателей: выпускники высших учебных заведений, студенты старших курсов

Срок обучения: 2 года (4 семестра)

Форма обучения: заочная

Программа подготовки:

Водоснабжение и водоотведение. Микробиология. Водопроводные и канализационные сети. Химия воды и микробиология. Водоотведение и очистка сточных вод. Насосы и воздухоподводящие станции. Монтаж и наладка систем водоснабжения и водоотведения. Инженерное оборудование зданий. Эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения и др.

По окончании выдается диплом государственного образца

**КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
ДЛЯ РУКОВОДИТЕЛЕЙ И СПЕЦИАЛИСТОВ**

Срок обучения: 10 дней (72 ч) **Форма обучения:** очная

ПО НАПРАВЛЕНИЯМ:

Водоснабжение и водоотведение

Водопроводные и канализационные сети. Очистка высококонцентрированных сточных вод производственных предприятий. Обеззараживание природных и сточных вод. Финансовая политика на предприятиях ЖКХ. Техническая политика предприятия. Повышение производительности существующих очистных сооружений водопровода. Техническая диагностика систем водоснабжения и водоотведения

Водоподготовка в системах теплоснабжения

Водоподготовка. Теплотехника. Вентиляция

***Принимаются заявки на темы, не вошедшие
в предлагаемый перечень***

По окончании выдается удостоверение государственного образца

346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

ЮРГТУ, кафедра «Водное хозяйство предприятий и населенных мест», главный корпус, аудитория 136

Тел.: (86352) 55-3-34, 55-3-82, 55-9-04. Тел./факс: (86352) 55-1-71. E-mail: vhpinnm@vh.srstu.novoch.ru



Общество с ограниченной ответственностью
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ЭКОФЕС»

346400, Россия, г. Новочеркасск Ростовской обл.,
ул. Дубовского, 49;
тел. (86352) 6-05-07, тел./факс 6-02-17, 6-05-46;
web site: ecofes.novoch.ru; e-mail: ecofes@novoch.ru

П Р Е Д Л А Г А Е Т

**ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ
ПИТЬЕВЫХ, ТЕХНИЧЕСКИХ И СТОЧНЫХ ВОД НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫМ
ГИПОХЛОРИТОМ НАТРИЯ**

В качестве исходного сырья для электролизных установок могут быть использованы водные растворы пищевой поваренной соли, подземные минерализованные хлоридно-натриевые воды, морская вода

- ❖ Производительность электролизных установок «Хлорэфс» от 0,5 до 1000 кг эквивалента хлора в сутки
- ❖ Полная автоматизация технологического процесса
- ❖ Экономичная, надежная и безопасная работа оборудования
- ❖ Выполнение и согласование проектов
- ❖ Поставка станций и установок «под ключ», пусконаладочные работы и обучение персонала
- ❖ Гарантийное и послегарантийное обслуживание, поставка расходных материалов

15 лет успешной эксплуатации установок «Хлорэфс» на водных объектах Южного федерального округа

Имеются лицензии на проектные работы, сертификаты соответствия, санитарно-гигиеническое заключение

Общий вид станции по производству гипохлорита натрия производительностью 180 кг/сут эквивалента хлора на водоочистных сооружениях Ики-Бурульского группового водопровода. Пос. Южный, Республика Калмыкия



Приглашаем деловых партнеров к сотрудничеству

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абдурасулов А.И.	130
Абдурасулов И.	130
Алексеева Л.П.	18, 72
Аскерния А.А.	108
Артеменок И.Д.	161
Арх А.	37
Башко Л.Н.	53
Белов М.С.	214
Беляев Н.Н.	155
Беляева С.Д.	104, 174
Бобен В.	68
Богатеев И.А.	168
Булыжёв Е.М.	217
Бутко Д.А.	109
Волосникова Е.А.	247
Велигурина А.А.	50
Видер Б.Л.	252
Вильсон Е.В.	184
Вольтруб Л.И.	124
Гандурина Л.В.	117, 168
Гетманцев С.В.	12, 24, 168
Гонкало Н.И.	209
Грачева А.А.	194, 220
Григорьев А.Б.	44
Гюнтер Л.И.	174
Диваров С.А.	155
<u>Драгинский В.Л.</u>	18, 31, 72
Душко А.О.	201
Егоров Н.Л.	241
Ермаченко П.А.	224
Земченко Г.Н.	184, 194
Зубов М.Г.	205
Иванова М.Т.	99
Ивкин П.А.	117, 214, 237
Иткин Г.Е.	252
Игнатенко С.И.	178
Казаков А.В.	214
Каменев Я.Ю.	234
Кашарин Д.В.	75
Климов М.В.	252
Климухин И.В.	198

Климухин В.Д.	198
Кожевников А.Б.	37, 57, 88, 92, 140
Костина И.А.	50
Костюков В.П.	224
Костюков П.В.	224
Корабельников В.М.	108
Кузьмина Е.С.	184
Кулик И.А.	220
Куликов Д.Н.	229
Куликова Е.Н.	229
Куликов Н.И.	229, 234, 237
Лазарев В.И.	237
Латышев Н.С.	117
Левченко Н.А.	50
Лесников И.И.	209
Линевич С.Н.	12, 24
Литвиненко В.А.	205
Лойцкер О.Д.	241
Лоскутов А.А.	50
Любопытов Д.М.	237
Марочкин А.А.	194, 209
Миголь В.Г.	108
Миргородская С.В.	65
Михайлов В.А.	50, 189
Моктар А.А.	189
Морозова К.М.	165
Нечаев И.А.	168
Никифоров С.Е.	165
Носов С.В.	198
Паничкина Ю.А.	220
Педашенко Д.Д.	53
Петров В.Б.	31
Петросян О.П.	68, 88, 92, 140
Поляков А.М.	168
Пономаренко М.И.	143
Посупонько С.В.	198
Приходько Л.Н.	229
Пурас Г.Н.	99
Расс Р.	44
Родионова А.Б.	109
Рождов И.И.	160
Рученин А.А.	80
Рябов Г.К.	217

Садковская Н.Е.	88
Садковский Б.П.	88
Сергеева Д.П.	209
Серпокрылов Н.С.	184, 189, 194, 209, 220
Сизов А.А.	205
Смирнова В.Н.	209
Синёва Л.Н.	65
Синяков А.Е.	31
Снигирев С.В.	80
Спиридонова Л.Г.	209, 220
Соколов В.Д.	61
Соколов Д.В.	61
Степанов С.В.	165
Сукачева И.Н.	155
Тамадаева М.В.	65
Тер-Матюсова К.С.	75
Толмачев В.В.	194, 209
Турянский И.П.	122
Угроватова Е.Г.	224
Ульченко В.М.	137
Уракин М.В.	155
Урванцева М.И.	161
Фесенко Л.Н.	75, 178
Филонич А.А.	178
Хейфец В.Л.	214
Хецуриани Е.Д.	148
Черкесов А.Ю.	178
Черноус А.А.	209
Чуриков Ф.И.	80
Швецов В.Н.	165
Шеметов П.Н.	160
Щербаков С.А.	194, 209
Янюшкин В.В.	99

Научное издание

Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2008»

Материалы IV Международной научно-практической конференции

Издается в авторской правке

Подписано в печать . 2008.

Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная. Печать оперативная.

Печ.л. . Уч.-изд. л. . Тираж 300 экз. Заказ

ООО Научно-производственное объединение «ТЕМП»

346430, г. Новочеркасск, сп. Ермака, 44

Отпечатано в Центре оперативной полиграфии
Южно-Российского государственного технического университета
(Новочеркасского политехнического института)
346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132