

РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ
г. Москва

ОАО «АУРАТ»
г. Москва

ГУП СК «Ставрополькрайводоканал»
г. Ставрополь

Филиал ГУП СК «Ставропольводоканал» – Кисловодский «Водоканал»
г. Кисловодск

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

ООО «РАУРАТ»
г. Ростов-на-Дону

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

ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ

«ТЕХНОВОД-2006»

*Материалы III Международной научно-практической конференции,
посвященной 10-летию промышленного производства и использования
оксихлоридного коагулянта «ОХА» в России*

Кисловодск 2006

УДК 628.1/3
ББК 38.761
Т 38

Редакционная коллегия:

С.Н. Линевич, д-р техн. наук, профессор ЮРГТУ (НПИ), 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, инженер, ответственный секретарь ЮРГТУ (НПИ)

Т 38 Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2006»: Материалы
III Межд. науч. - практ. конф., посвященной 10-летию
промышленного производства и использования оксихлоридного
коагулянта «ОХА» в России; г. Кисловодск, 2 – 5 окт. 2006 г./
Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. (НПИ). – Новочеркасск: ООО НПО
«ТЕМП», 2006.- 250 с.

ISBN

В сборнике помещены краткие содержания основных докладов, представленных на III Международную научно-практическую конференцию «Технологии очистки воды» – ТЕХНОВОД – 2006.

Направленность конференции и представленных докладов охватывает область технологий водоснабжения и водоотведения, очистки природных и сточных вод. Опубликованные в сборнике материалы посвящены оптимизации существующих и разработке новых технологий и отдельных методов по очистке и обеззараживанию природных и сточных вод. Достаточно большое количество опубликованных в сборнике материалов посвящено вопросам оптимизации процесса коагуляционной обработки природных и сточных вод. Ряд публикаций посвящен анализу и характеристике применяемых в технологиях водообработки коагулянтов и флокулянтов, а также вопросам автоматизации контроля и управления технологическими процессами водообработки.

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

Помещенные в сборнике публикации носят научно-исследовательский, аналитический, эксплуатационно-производственный и реферативно-обобщающий характер и представляют интерес для научных работников, производственников, руководителей предприятий, работающих в области водоснабжения, водоотведения и предприятий, выпускающих реагенты, используемые при очистке природных и сточных вод.

УДК 628.1/3

ISBN

© Южно-Российский государственный
технический университет (НПИ),
2006
© Авторы, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева. Анализ положения по очистке воды на водоочистных станциях России.....	11
И.В. Михеева. Состояние водоснабжения и водоотведения населенных мест субъектов Южного Федерального округа.....	16
Л.Н. Фесенко, А.Н. Цыва. Опыт и перспективы обеззараживания воды гипохлоритом натрия на водных объектах Южного Федерального Округа.....	24
С.Н. Линевич, С.В. Гетманцев. Окислительно-коагуляционный метод очистки сероводород-, серосодержащих природных вод.....	30
Е.В. Вильсон, Н.С. Серпокров, Г.Н. Земченко, С.В. Гетманцев. Аспекты методологии выбора коагулянта в процессах водоподготовки...	36
Г.Н. Алексеева, Л.И. Танков, Н.Л. Шипкова. Новые виды алюмосодержащих коагулянтов, их промышленные испытания при водоподготовке.....	42
Д.Д. Педашенко, Л.Н. Башко, А.Ю. Скрябин. Возможности повышения эффективности осветления воды на водопроводах юга России.....	47
Н.С. Серпокров, М.Ю. Барин, А.Ф. Садовников, Т.В. Клименко. Повышение коагуляционной активности полиоксихлоридов алюминия использованием элементов нанотехнологий.....	51
А.А. Становских, Н.Б. Помасова, В.П. Овчинников, Ф.И. Чуриков. Особенности применения «АКВА-АУРАТ™30» в зимний период на станции водоподготовки воды «Кама-Ижевск».....	56
Л.Н. Фесенко, М.В. Тамадаева, И.В. Новосельцева, С.И. Игнатенко, А.Ю. Черкесов. Выбор и обоснование метода очистки высококонцентрированных сероводородсодержащих вод.....	60
С.Н. Линевич, Е.П. Силаева, Е.А. Сесикашвили, С.В. Гетманцев. Исследования коагуляционной эффективности различных модификаций оксихлоридных коагулянтов.....	66
С.Ю. Пучкель, В.Л. Поповцев, С.Н. Шестаков, А.И. Круглов, А.В. Сычев. Очистка природных вод смешанными коагулянтами в МУП «ВОЛОГРАГОРВОДОКАНАЛ».....	69
Д.А. Бутко. Определение оптимального времени осветления промывных вод скорых фильтров водопроводных станций.....	75
В.А. Сокуп. Проблемы развития Малкинского группового	

водопровода для водоснабжения городов-курортов Кавказских минеральных вод.....	79
Б.Ф. Турутин, В.А. Кулагин, А.И. Матюшенко. Водные ресурсы Енисея и их формирование в условиях интенсивного природопользования.....	81
К.А. Лавгаев, В.Б. Убушиев, А.М. Попов, Г.Т. Рыбин, С.И. Игнатенко. Пути увеличения производительности и улучшения качества воды на Северном групповом водопроводе Республики Калмыкия.....	87
И.П. Турянский, В.А. Лысов. Разработка предложений по глубокой очистке питьевой воды на водопроводах юга России.....	93
С.Г. Калинина, Г.В. Кравцова, С.В. Яковлев. Биологические методы регулирования «цветения» воды в водохранилищах Волгоградской области.....	95
В.Б. Смирнов. Ультрафильтрация природных вод как метод получения питьевой воды.....	100
Л.Н. Фесенко, А.Ю. Черкесов, С.И. Игнатенко. Расчет доз реагентов при окислительной обработке сероводородных вод.....	105
Д.В. Кашарин. Уменьшение интенсивности распространения взвешенных веществ при проведении дноуглубительных работ на естественных и искусственных водотоках.....	108
И.И. Рождов, Л.Н. Фесенко. Особенности обезжелезивания воды Верхне-Обского бассейна методом упрощенной аэрации.....	110
С.В. Кудрявцев. Исследование состава газа, образующегося при электролизе растворов хлоридов в производстве реагента – гипохлорита натрия	112
Л.Н. Фесенко, С.И. Игнатенко. Опыт реагентной очистки воды от сульфатов и солей жесткости с применением оксихлорида алюминия и извести.....	116
Е.Д. Хецуриани, П.А. Михеев. Импульсное гидродинамическое рыбозащитное устройство машинных водозаборов с расходом до 0,5 м ³ /с.....	122
Д.А. Бутко, В.А. Лысов, А.В. Бутко, А.Ю. Скрябин, П.Д. Ананко. Определение качественных показателей воды после промывки скорых фильтров.....	127
Н.Г. Насонкина, Э.И. Жуков, В.В. Андриенко. Удаление органических веществ и соединений азота из природных вод.....	132

А.Б. Кожевников, О.П. Петросян. Современные системы автоматического управления технологическими процессами водоподготовки.....	138
С.Н. Линевич, В.В. Корохов, С.А. Бреус. Разработка структуры системы управления установкой электролитической коагуляции.....	143
В.С. Алешин, Е.Б. Рассказов, Н.Е. Циндрин. Исследование возможности безреагентной обработки воды регулируемого Эшкаконского водохранилища в разные периоды года.....	148
В.Н. Швецов. Пилотные испытания мембранного биореактора в производственных условиях.....	152
Р.Ш. Непаридзе. Глубокая очистка сточных вод для малых населенных мест.....	159
И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина. Эффективные технологии очистки нефтесодержащих сточных вод с применением коагулянтов и флокулянтов	162
А.С. Усачев, М.Л. Багурина. Определение эффективности реагентов серии Odorflo™ производства компании Snf Floerger® (Франция) для дезодорирования запахов сточных вод.....	166
Н.П. Почиталин, Л.А. Каймакова, С.В. Базин, В.П. Овчинников, Ф.И. Чуриков. «АКВА-АУРАТ™30» в системе повторного использования воды цеха ОСВ «АВТОВАЗ».....	169
А.И. Круглов, С.В. Гетманцев, А.В. Сычёв. Перспективные методы очистки сточных и оборотных вод промышленных предприятий.....	172
Ю.А. Сафонова, Т.А. Байбурдов, Л.Л. Ступенькова, Д.В. Симонцев. К вопросу эффективности седиментационного метода определения полимеров акриламида в питьевой и сточных водах.....	176
Н.С. Серпокрылов, И.А. Кулик, Н.А. Поводырь. Особенности проведения пуско-наладочных работ на станции реагентной очистки промливневых вод.....	181
Н.И. Куликов, Д.Н. Куликов, Е.Н. Куликова, Л.Н. Приходько. Комплексное сооружение закрытого типа для биокомпостирования и накопления осадков очистной станции канализации.....	184
Н.С. Серпокрылов, М.Ю. Баринев, О.И. Сергиенко, А.Ф. Садовников, А.А. Грачева. Интенсификация обезжелезивания шахтных вод применением элементов нанотехнологий.....	186

Н.С. Голубева, Т.А. Краснова, О.Е. Беляева. Адсорбция пиридина и фенола из малоконцентрированных сточных вод коксохимического производства.....	189
А.К. Горелкина, Т.А. Краснова. Оптимизация непрерывной адсорбционной очистки сточных вод от хлорфенолов.....	191
В.С. Шишкин. Разработка технологии очистки сточных вод от азотсодержащих ароматических соединений.....	193
А.Т. Богогосян, В.Т. Каплин. Использование процессов самоочищения для доочистки сточных вод на биоинженерных системах.....	194
В.И. Нездойминов. Использование процессов нитрификации и денитрификации для решения экологических проблем.....	200
Н.И. Куликов, Е.Н. Куликова, Д.Н. Куликов, Л.Н. Приходько. Комплектно-блочная башенная очистная станция канализации закрытого типа.....	205
С.Б. Ошеров, В.А. Петунин, М.А. Стародубцева. Разработка и внедрение технологии очистки промышленных стоков станций подземного хранения газа.....	207
Л.Н. Синёва. Влияние флотационных процессов на биохимическое окисление загрязнений активным илом.....	211
В.Т. Каплин, А.Т. Богогосян. Перспективы использования природных сорбентов для доочистки сточных вод.....	214
В.П. Костюков, О.В. Масловский, Е.Г. Угроватова. Двухступенчатая биологическая обработка высококонцентрированных сточных вод молочного производства.....	217
Е.Г. Никифорова, В.В. Авдеев, С.В. Гетманцев, В.П. Овчинников, Ф.И. Чуриков. Новое в технологии очистки стоков автомобильной промышленности для подпитки оборотной системы.....	222
Н.С. Серпокрылов, И.В. Климухин, В.Д. Климухин, С.В. Посупонько, А.П. Стасюк. Перспективы использования загрузок компании 2H KUNSTSTOFF GMBH («MUNTERS EUROFORM») в практике очистки сточных вод.....	230
С.И. Якименко. Опыт закупки реагентов и материалов для станций водоподготовки по результатам конкурсных торгов.....	232
Е.А. Столярова. Новая редакция Руководства по контролю качества питьевой воды ВОЗ.....	236
Реклама	241

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для начала XXI века характерным является переход мирового сообщества от ускоренного экономического развития к новому этапу устойчивого, стабильного социально-экономического развития.

Современное водное хозяйство представляет собой ту базовую отрасль, от успешного функционирования которой зависят стабильность и жизнеспособность общества. Любые сбои и напряженность в водохозяйственном комплексе ведут к тяжелым социальным и экономическим последствиям, к чрезвычайным, опасным для жизни населения ситуациям, к общей дестабилизации жизни.

Используемые сегодня системы водоснабжения и водоотведения представляют собой сложные комплексы инженерных сооружений и устройств по забору воды из природных водоисточников, по очистке и обеззараживанию природных и сточных вод, транспортированию и распределению водопроводной воды между многочисленными ее потребителями, по сбору, транспортированию, сбросу и утилизации очищенных сточных вод.

Успешное, бесперебойное функционирование систем водоснабжения и водоотведения определяет стабильность жизнеобеспечения населения, эффективность и бесперебойность работы производственных предприятий.

В настоящее время во многих странах мира, в том числе и в России, существует определенный дефицит ресурсов чистой, доброкачественной воды, что объясняется систематическим антропогенным и техногенным загрязнением природных водных ресурсов. Проблема ЧИСТОЙ ВОДЫ сегодня выходит на одно из первых мест, опережая такие глобальные проблемы мирового сообщества, как разрушение озонового слоя Земли, истощение природных энергоресурсов, засоление и эрозия почв, изменение климата Земли.

Одним из важнейших элементов современных систем водоснабжения и водоотведения является водоочистной комплекс.

Существующие в нашей стране водоочистные комплексы в крупномасштабных системах водоснабжения и водоотведения в большинстве случаев были запроектированы, построены и пущены в эксплуатацию в первой половине прошлого столетия. Интенсивное загрязнение окружающей среды, в том числе природных водоисточников, особенно в последние 60 – 70 лет, привело к тому, что принятые ранее технологии, сооружения, аппараты и используемые реагенты для очистки и обеззараживания природных и сточных вод с технологической и

экологической точек зрения оказались сегодня не эффективны. В большинстве случаев водоочистные комплексы на современных централизованных системах водоснабжения и водоотведения не выполняют возложенные на них барьерные функции по задержанию и удалению из природных и сточных вод токсичных, экологически опасных, вредных для здоровья загрязняющих примесей.

Таким образом, вопросы совершенствования существующих и разработка новых методов и технологий, повышение эффективности существующих и создание новых сооружений, аппаратов и реагентов для очистки и обеззараживания природных и сточных вод сегодня приобрели чрезвычайно актуальное значение.

В условиях непрерывно развивающегося научно-технического прогресса, информатизации общества, развития коммуникаций и активизации производственно-коммерческой деятельности, проведения реформы коммунального хозяйства, в частности, в области водоснабжения и водоотведения, необходим систематический, широкий обмен новейшей информацией, последними достижениями в сфере научных разработок и практического опыта в области водоснабжения и водоотведения, рационального использования и защиты от загрязнения и истощения водных ресурсов.

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

Настоящая конференция «ТЕХНОВОД-2006» проводится в третий раз («ТЕХНОВОД-2004» в г. Новочеркасске, «ТЕХНОВОД-2005» в г. Казани). Местом проведения «ТЕХНОВОД-2006» выбран город Кисловодск – известный бальнеологический курорт, расположенный на территории Ставропольского края ЮФО.

Направленность научно-практической конференции «ТЕХНОВОД - 2006» и содержание опубликованных в настоящем сборнике кратких докладов охватывают область технологий очистки природных и сточных вод. Так, опубликованные в сборнике материалы посвящены оптимизации существующих и разработке новых технологий, методов по очистке и обеззараживанию природных и сточных вод. Достаточно большое количество публикаций посвящено вопросам оптимизации процесса коагуляционной обработки природных и сточных вод. Ряд публикаций посвящен анализу свойств и составлению характеристик применяемых в водопроводном и канализационном хозяйстве коагулянтов и флокулянтов,

вопросам автоматизации контроля и управления технологическими процессами водообработки.

В этом году в нашей стране исполняется 10 лет с начала промышленного производства и использования в технологиях очистки природных и сточных вод высокоэффективного коагулянта последнего поколения – оксихлорида алюминия. Основным производителем различных модификаций оксихлоридного коагулянта в Российской Федерации является старейший в России химический завод им. П.Л. Войкова – ОАО «АУРАТ». За 10-летний период, с 1996 по 2006 годы с помощью оксихлоридных коагулянтов, выпущенных только ОАО «АУРАТ» на водопроводах России подготовлено 15 млрд. м³ воды улучшенного качества и внедрение коагулянта – оксихлорида алюминия продолжается.

Поэтому было решено научно-практическую конференцию «ТЕХНОВОД-2006» посвятить 10-летию промышленного производства и использования оксихлоридного коагулянта «ОХА».

Помещенные в сборнике публикации носят научно-исследовательский, аналитический, эксплуатационно-производственный и реферативно-обобщающий характер и представляют интерес для специалистов (ученых, производителей, руководителей и организаторов производств), работающих в области водоснабжения, водоотведения и предприятий, выпускающих реагенты, используемые при очистке и обеззараживании природных и сточных вод.

Участники III Международной научно-практической конференции «ТЕХНОВОД-2006» 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 контракты.

Оргкомитет конференции благодарит всех докладчиков и гостей за участие в Международной научно-практической конференции «ТЕХНОВОД-2006» и желает результативной творческой работы, интересного и полезного пребывания в солнечном, целебном Кисловодске.

ОРГКОМИТЕТ

I ВОДОСНАБЖЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЯМИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

АНАЛИЗ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОЧИСТКЕ ВОДЫ НА ВОДООЧИСТНЫХ СТАНЦИЯХ РОССИИ

В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева

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

Начало применения технологических методов очистки воды – коагуляции, фильтрования, озонирования относится к концу 19 – началу 20 столетия. За прошедшие с этого времени годы технология очистки воды претерпела существенные изменения, и сегодня мы располагаем достаточным арсеналом технических и технологических средств, направленных на получение питьевой воды, безопасной для здоровья населения.

Остановимся на некоторых моментах, касающихся вопросов очистки воды на водоочистных станциях.

1. Основным технологическим приемом очистки воды от взвешенных веществ и коллоидных органических загрязнений является процесс коагуляции.

Многолетними исследованиями и производственным опытом показана перспективность применения оксихлорида алюминия различных марок и совместного использования оксихлорида и сульфата алюминия. На многих водопроводных станциях нашел применение оксихлорид алюминия, обладающий рядом технологических преимуществ.

Считаем, что в этом направлении должен быть увеличен объем технологических исследований с целью выбора наиболее эффективного коагулянта.

2. Во многих регионах качество воды водоисточника характеризуется повышенной цветностью, а в отдельных случаях (в северных регионах страны) и низкой температурой.

В основном на водоочистных станциях принят правильный режим очистки с эффективным выбором реагентов и их доз. Но зачастую реагентная обработка протекает неэффективно, и очищенная вода не отвечает требованиям СанПиН по мутности, цветности, окисляемости и остаточному алюминию.

Кроме того, ряд водоисточников, в частности, подземная вода в г. Приморско-Ахтарске, пос. Намцы (республика Саха Якутия) и поселках Ростовской области имеют цветность от 240 до 600 град., а в поверхностных источниках, таких как Петрозаводская губа Онежского озера, Иреляхское водохранилище, реки Великая, Ловать, Западная Двина, Ветлуга и др. – от 100 до 300 град. В некоторых городах, расположенных

на этих водоисточниках до настоящего времени не осуществляется реагентная очистка воды, и населению подается несоответствующая стандарту вода, имеющая цветность до 200 град. В одном из городов даже узаконена подача с водозабора технической воды.

Нами в течение последних 20 лет проводились работы на ряде водопроводных станций, использующих водоисточники с высокой цветностью воды, и были установлены возможные методы ее очистки. В настоящее время за счет совершенствования реагентной обработки воды с применением различного сочетания коагулянтов и флокулянтов, модернизации существующих сооружений и технологических процессов очистки тем более можно получить качественную питьевую воду на этих объектах. Но, или из-за отсутствия необходимого финансирования, или из-за нежелания руководства водоканалов использовать современные способы и средства очистки воды, положение остается таким же, как и много лет назад.

3. Зарубежный опыт свидетельствует о том, что практически все водопроводные станции имеют смесители, оборудованные скоростными мешалками, а камеры хлопьеобразования – одной или несколькими ступенями устройств для медленного перемешивания. Многочисленные и многолетние исследования российских исследователей показали перспективность таких технологий. Однако в практику очистки воды эти методы внедряются достаточно медленно.

Наши предложения реализованы в г. Ярославле. На Южной водопроводной станции камеры хлопьеобразования оснащены механическими объемными мешалками, применение которых позволило:

- сократить на 20 – 25 % дозу коагулянта;
- улучшить условия и сократить время отстаивания; при новом строительстве это позволит уменьшить длину отстойника;
- повысить качество осветленной воды.

На Центральной водопроводной станции применение в смесителе лопастных мешалок позволило повысить эффективность работы очистных сооружений за счет быстрого смешения реагентов с водой.

Обследование работы водопроводных станций позволило рекомендовать метод механического смешения, а в некоторых случаях применение тонкослойного осаждения и на других водопроводных станциях, (в частности, в гг. Калуга, Киров, Сыктывкар, Набережные Челны и др.).

Осветлители с взвешенным осадком, работающие неэффективно могут быть переоборудованы в отстойники и фильтровальные сооружения с помощью установок механического смешения, что позволит улучшить их работу и повысить эффективность очистки воды.

4. Хотелось бы остановиться на двух технологических приемах, незаслуженно забытых в отечественной практике очистки природных вод.

Имеется в виду метод напорной флотации и применение в качестве флокулянта активной кремнекислоты.

Метод напорной флотации широко применяется в скандинавских странах при очистке цветных маломутных вод. В отечественной практике известны две водопроводные станции, где этот метод работает. Считаем целесообразным после накопления производственного опыта применения метода напорной флотации, его анализа и, возможно, определенной доработки сделать выводы по области применения метода.

В г. Набережные Челны с 1976 г. применяется в качестве анионного флокулянта активная кремнекислота. Существующее мнение о трудностях работы с установками приготовления кремнекислоты, связанных с застудневанием полученного золя и забиванием аппаратуры и трубопроводов, было полностью опровергнуто многолетним опытом ее использования. А повышение требований по отношению к остаточному акриламиду в питьевой воде, выполнить которые будет достаточно трудно, ставит активную кремнекислоту в ряд более надежных с санитарно-гигиенической точки зрения флокулянтов. Кроме того, это один из самых дешевых реагентов.

5. Одним из эффективных современных методов глубокой очистки воды является озонирование с последующей сорбционной очисткой. Озон находит широкое применение за рубежом в процессах подготовки воды. Так, на водопроводных станциях США к концу 1995 г. озон использовали: по обрабатываемой воде – до 102 млн. м³/сут и по производимому озону – до 34 тыс. кг/сут.

В Германии озон используется в различных отраслях промышленности. К 1997 г. озон применялся ориентировочно на 3000 предприятиях.

В нашей стране озонирование используется примерно на 10 водопроводных станциях. Озон находит все большее применение для очистки воды. Однако следует отметить некоторые негативные тенденции развития технологии озонирования в России:

- Порой наблюдается порочная практика поставки озонаторного оборудования на объекты, где применять его не представляется возможным. В одних случаях отсутствовали предпроектные технологические изыскания, и не была определена целесообразность и эффективность применения озонирования с установлением его расчетных параметров. В других случаях отсутствовал проект озонаторной станции, не построена сама водопроводная станция, при этом оборудование было поставлено.

Приобретенное оборудование годами хранится на складе, в результате чего его конструкция устаревает, имеет место моральный износ и оно теряет свои потребительские свойства, а зачастую, как это наблюдалось в ряде городов (в том числе в г. Тюмень), превращается в грудку ржавого неиспользованного металла.

- В некоторых городах озонаторное оборудование установлено, построены контактные камеры и весь комплекс автоматического контроля и управления его работой (водопроводы гг. Курган и Нефтеюганск), но по малопонятным причинам оборудование не эксплуатируется и не выполняет своей функции очистки воды.

- В то же время имеются города (Кемерово, Архангельск и др.), водоемистники которых характеризуются высокой степенью загрязнения антропогенными веществами. Традиционными методами без применения озона невозможно получить требуемое СанПиН качество питьевой воды по таким показателям как фенолы, нефтепродукты, амины, лигносульфонаты, и уменьшить концентрацию органических загрязнений, характеризуемых показателями перманганатной окисляемости и ХПК. К сожалению, озонирование не нашло применения в этих и других городах, в основном по причине финансовых трудностей.

- За рубежом озонирование обычно осуществляется совместно с заключительной сорбционной очисткой. На наших водопроводных станциях (гг. Нижний Новгород, Пермь и др.) озон применяется самостоятельно, что не позволяет достичь полного эффекта от его применения. При этом уровень удаления органических загрязнений ниже. Кроме того, имеется возможность попадания в питьевую воду побочных продуктов озонирования, в том числе формальдегида, что существенно снижает надежность работы водопроводных станций.

Естественно, строительство озонаторных установок и сорбционных фильтров требует значительных капитальных вложений, что непосредственно приводит к повышению себестоимости очистки воды. Но если речь идет о безопасности питьевой воды, то на первый план должны выступать технологические показатели и гигиенические аспекты качества воды, а уже потом финансовые вопросы. Это отмечалось еще в 1912 г. инж. В.В. Караффа-Корбуттом в книге «Озонъ и его применение въ промышленности и санитаріи»: *«при рассмотрении экономической стороны озонирования само собой понятно, что на первом плане стоит качество воды, требующее того или иного количества озона и реагентов».*

Технология глубокой озоно-сорбционной очистки применена на четвертом блоке Рублевской водопроводной станции г. Москвы. МГУП «Мосводоканал» планирует в дальнейшем перевести все водопроводные станции на использование этого метода очистки воды.

- В отдельных случаях имеет место поставка для станции при необходимой производительности по озону 5 кг/ч озонаторов небольшой производительности (0,5 кг/ч по озону), которые, по-видимому, удалось получить в количестве 10 штук, хотя совершенно очевидно, что целесообразнее было установить 2 – 3 озонатора большей производительности.

6. Обеззараживание воды осуществляется в большинстве городов мира и в России с использованием хлора. В последние годы, исходя из требований повышения безопасности объектов водоснабжения, наблюдается тенденция замены хлора другими обеззараживающими реагентами. Поскольку перед подачей воды в распределительную сеть городов и поселков обязательной является заключительная обработка хлорреагентами, то наиболее предпочтительным в этом плане является применение гипохлорита натрия.

Длительный опыт эксплуатации химического гипохлорита натрия кемеровского предприятия «Химпром», на крупной водопроводной станции производительностью 240 тыс. м³/сут в г. Кемерово и примерно, еще в десяти городах и поселках Кузбасса показал эффективность его применения по сравнению с хлором.

Предпочтительным является применение гипохлорита натрия, получаемого электролитическим путем. В России имеется опыт использования оборудования фирмы «Юпитер» (г. Санкт-Петербург) на станциях производительностью до 50 тыс. м³/сут. Ряд зарубежных фирм производит электролизеры для получения гипохлорита натрия из раствора поваренной соли, которые используются на станциях производительностью 400 тыс. м³/сут и более. Такое оборудование применяется во многих странах мира.

В ряде случаев при наличии на станции или в городе подземных минерализованных вод с содержанием хлоридов на уровне не менее 10 г/л гипохлорит натрия может быть получен электролизом из этих вод. Это имеет место, в частности в городах Астраханской области, где метод с использованием оборудования фирмы «Юпитер» применен и эксплуатируется с 2001 – 2004 гг. на станциях групповых водопроводов производительностью по воде от 12 до 20 тыс. м³/сут и по хлору от 2 до 4 кг/ч.

В связи с изложенным, необходимо продолжить работы по поиску альтернативных хлору обеззараживаемых реагентов и практическому применению гипохлорита натрия.

7. Новое строительство водоочистных станций осуществляется сейчас крайне редко. Поэтому тем более обидно, что в ряде городов (г.г. Ижевск, Ярославль, Нижний Тагил, Саранск и др.) построены примерно на 40 – 60 % новые очистные сооружения. В г. Кирове не закончено строительство интереснейшей станции (процент выполненных работ составляет около 70 %), где все сооружения открытые, находятся в одном здании и на которых можно было бы выполнить различные варианты модернизации. Однако их строительство и монтаж оборудования не могут быть уже в течение многих лет завершены из-за финансовых, технических и, может быть, политических соображений.

8. На основании выполненных нами предпроектных технологических изысканий по очистке окской воды разработан проект

реконструкции Окского водозабора г. Калуги производительностью 100 тыс. м³/сут с отстойниками и фильтрами и проект новой станции с контактными префильтрами, скорыми и угольными фильтрами на этой же площадке производительностью также 100 тыс. м³/сут. Характерной особенностью этих станций является то, что в проект заложены многие прогрессивные решения, (в том числе те, о которых говорилось выше), а именно: озонирование воды и сорбционная очистка на фильтрах с активным углем, применены механические смесители, тонкослойные элементы в отстойниках, принята водовоздушная промывка скорых фильтров. Обеззараживание воды будет осуществляться электролитическим гипохлоритом натрия, получаемым из минерализованной подземной воды. Предусмотрена очистка промывных вод всех фильтровальных сооружений с возвратом осветленной воды перед смесителями существующей очереди.

При этом проект выполнен таким образом, что в первую очередь выполняется строительство новых элементов, рассчитанных на всю станцию, но с возможностью их использования на существующей станции. Второй очередью являются очистные сооружения – 2 блока.

ВЫВОДЫ

1. В статье изложена лишь часть проблем, характерных для технологии очистки природных вод, от решения которых зависит эффективная работа очистных сооружений и требуемое качество питьевой воды.

2. Устранение имеющихся негативных явлений, реконструкция и модернизация очистных сооружений, использование современных технологий очистки воды позволит улучшить сложившуюся ситуацию.

УДК 628. 1(470.61)

СОСТОЯНИЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ НАСЕЛЁННЫХ МЕСТ СУБЪЕКТОВ ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

И.В. Михеева

Территориальное управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ростовской области, Ростов-на-Дону, Россия

Проблему воды, как фактора, существенно влияющего не только на инфекционную, но и общую заболеваемость населения, следует отнести к одной из самых приоритетных задач в деятельности госсанэпидслужбы.

Практически все источники, как поверхностные, так и подземные, подвергаются антропогенному и техногенному воздействию с различной степенью интенсивности.

Особенно высокий уровень загрязнения поверхностных источников водоснабжения (водоёмы I категории водопользования) химическими веществами имеет место в республиках: Дагестан, Калмыкия; Ростовской области, Краснодарском крае, Карачаево-Черкесской Республике. Наибольший уровень бактериального загрязнения регистрируется в Республиках: Карачаево-Черкесской, Дагестан, Калмыкия; Краснодарском и Ставропольском краях, Ростовской области (табл. 1).

Таблица 1. Качество воды водоёмов I категории водопользования* за 2002 – 2005 гг (% проб воды, не отвечающих гигиеническим нормативам)

№ п/п	Территория	По санитарно-химическим показателям				По микробиологическим показателям			
		2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
1.	Астраханская область	12,5	7,3	9,3	15,9	4,4	5,2	12,7	12,6
2.	Волгоградская область	7,1	7,9	6,8	-	20,7	15,0	14,7	-
3.	Республика Дагестан	17,4	9,7	42,1	14,0	48,3	49,3	20,3	63,0
4.	Республика Калмыкия	48,6	45,0	42,0	27,0	30,3	44,0	37,8	47,7
5.	Кабардино-Балкарская Республика	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0
6.	Краснодарский край	36,6	19,3	16,6	14,9	45,1	30,5	32,5	36,6
7.	Ростовская область	42,9	27,3	19,7	40,3	35,5	37,2	32,8	23,8
8.	Ставропольский край	11,7	7,1	4,0	8,2	44,7	36,3	30,2	22,1
9.	Республика Северная Осетия-Алания	-	-	1,05	-	-	1,8	1,8	-
10.	Карачаево-Черкесская Республика	40,6	31,7	21,6	-	40,5	38,3	51,6	45,6

*Поверхностные водоисточники

Основными загрязнителями поверхностных водных объектов остаются предприятия жилищно-коммунального хозяйства, промышленности (особенно топливно-энергетического комплекса), сельского хозяйства, ливневые и талые воды, судоходство и т.д.

Практически на всех территориях ЮФО очистные сооружения канализации, канализационные коллектора различных объектов и населенных мест, требуют проведения реконструкции, капитального ремонта, технического перевооружения. Продолжается сброс сточных вод без обеззараживания в Республике Ингушетия в р.р. Камбилеевка, Сунжа, Назранка, Кенч. В Республике Северная Осетия-Алания в рабочем состоянии находятся очистные сооружения только в г. Моздок, которые при этом работают с перегрузкой. В Чеченской республике практически все сооружения канализации либо разрушены, либо находятся в крайне неудовлетворительном санитарно-техническом состоянии и не обеспечивают нормативной очистки сточных вод. Медленными темпами ведутся работы по расчистке и восстановлению канализационных сетей в населённых пунктах республики. Во всех субъектах ЮФО в большинстве сельских населённых пунктах и в городах, имеющих и индивидуальную малоэтажную застройку, отвод сточных вод осуществляется в выгребные ямы, которые практически везде превращены в поглощающие, и являются источниками загрязнения почвы и подземных вод.

Преобладающими химическими веществами, загрязняющими водоёмы, являются: нефтепродукты, фенолы, ПАВ, хлориды, сульфаты, железо, легко окисляемые органические вещества и другие (Республики Ингушетия, Дагестан; Волгоградская, Ростовская, Астраханская области; Краснодарский и Ставропольский края).

В большинстве субъектов ЮФО имеет место высокий уровень загрязнения неочищенными, недостаточно очищенными сточными водами водоёмов II категории водопользования, используемых в рекреационных целях (реки, моря). В 2005 году в водоёмы субъектов ЮФО было сброшено с коммунальных, промышленных, сельскохозяйственных и др. объектов недостаточно-очищенных сточных вод в Ростовской области 225 млн. м³ (15,2 %) и неочищенных – 56,5 млн. м³ (3,8 %), Астраханской области – соответственно 67,6 млн. м³ (16,5 %) и 0,24 млн. м³ (0,05 %), в республиках Северная Осетия-Алания – 9,54 млн. м³ (8 %) и 83,3 млн. м³ (70 %), Адыгея – 5,84 млн. м³ (6,4 %) и 0,73 млн. м³ (0,8 %), Дагестан – 67,8 млн. м³ (5,0 %) и 99,3 млн. м³ (7,3 %), Карачаево-Черкесской республике – 44,97 млн. м³ (75,3 %) и 13,54 млн. м³ (22,7 %) и т.д. (табл. 2).

В 2005 г. улучшилось качество воды в зонах рекреаций по химическим показателям в Республике Дагестан, Ростовской области, Краснодарском крае, но несколько ухудшилось в Республиках: Адыгея, Северная Осетия-Алания, Кабардино-Балкария. По микробиологическим показателям зарегистрировано улучшение качества воды водоёмов в Краснодарском крае, республике Калмыкия, ухудшение – в Республиках: Дагестан, Адыгея, Северная Осетия-Алания, Кабардино-Балкария; в Ростовской области.

**Таблица 2. Качество воды водоёмов II категории водопользования за 2002 – 2005гг.
(% проб воды, не отвечающих гигиеническим нормативам)**

№ п/п	Территория	По санитарно-химическим показателям				По микробиологическим показателям			
		2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Астраханская область	5,7	10,5	12,8	12,2	18,2	10,7	17,5	14,9
2.	Волгоградская область	15,6	15,4	5,2		8,7	8,0	9,2	
3.	Республика Дагестан	59,4	48,5	60,4	20,0	12,3	13,0	16,2	17,7
4.	Республика Калмыкия	21,9	51,0	47,0	22,0	32,8	27,0	22,0	21,7
5.	Кабардино-Балкарская Республика	2,2	0,0	0,0	0,9	16,8	18,7	4,8	6,8
6.	Краснодарский край	29,1	24,0	37,8	30,9	40,5	33,4	32,0	25,3
7.	Ростовская область	54,8	40,6	44,1	36,9	39,8	33,6	30,8	34,3
8.	Республика Адыгея	0,35	5,6	0,4	8,4	2,9	0,8	0,8	4,7
9.	Республика Северная Осетия-Алания	38,8	1,3	0,9	4,3	15,0	6,5	14,0	16,3
10.	Карачаево-Черкесская Республика	10,3	10,1	22,3	-	10,3	85,3	82,3	63,7

Практически во всех субъектах ЮФО от 30 до 50 % имеющихся очистных сооружений канализации населённых мест находятся в крайне неудовлетворительном состоянии или разрушены полностью, где и обеззараживание сточных вод также не осуществляется.

Основными источниками загрязнения морской среды по-прежнему остаются неочищенные и недостаточно очищенные сточные воды, сбрасываемые по глубоководным выпускам, находящимися в неудовлетворительном санитарно-техническом состоянии. Кроме того, значительные загрязнения в моря привносят неочищенные ливневые воды с урбанизированных территорий, неочищенные сточные воды с судов и береговых объектов при технических поломках и аварийных ситуациях, а также наличие неканализованных населенных пунктов и оздоровительных учреждений, расположенных на побережье Черного, Азовского и Каспийского морей (табл. 3).

**Таблица 3. Качество морской воды в зонах рекреации за 2002 – 2005 гг.
(% проб воды, не отвечающих гигиеническим нормативам)**

№ п/ п	Территория	По санитарно-химическим показателям				По микробиологическим показателям			
		2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
1.	Ростовская область Таганрогский залив Азовского моря	54,8	40,6	44,9	29,9	39,8	33,6	32,5	33,7
		61,9	92,5	66,7	51,5	83,3	60,0	49,5	51,7
2.	Краснодарский край Чёрное море (г. Новороссийск) Азовское море	7,5	2,3	2,5	3,6	10,2	5,4	10,4	5,7
		52,2	38,7	31,4	44,0	37,8	20,6	32,0	13,5
		73,0	7,1	3,2	14,2	23,2	2,3	3,3	7,7
3.	Республика Дагестан Каспийское море	48,5	12,9	29,6	36,9	22,7	15,4	33,5	32,6

Наиболее высокий уровень химического и микробного загрязнения морской воды установлен в Ростовской области (Таганрогский залив – превышение по химическим показателям за счёт показателей минерализации), Республике Дагестан (Каспийское море), в Краснодарском крае (Чёрное море в районе г. Новороссийска).

Одним из факторов риска для здоровья населения является питьевая вода, загрязненная химическими, биологическими и иными агентами. В качестве источников водоснабжения на территории ЮФО используются поверхностные и подземные воды. Так, в Астраханской области основным источником водоснабжения населения является р. Волга с её притоками (99,7 % от общего объёма воды), в Ростовской области – р. Дон, р. Северский Донец, р. Миус, р. Кундрючья (74,2 %), в Республике Калмыкия, Дагестан – р. Волга, Каспийское море, водохранилище Чограй, оросительные каналы, в Ставропольском крае – р. Подкумок.

В большей степени для водоснабжения населённых мест используются подземные воды в Краснодарском крае, Волгоградской области, Республике Кабардино-Балкария. Только подземные воды для питьевого водоснабжения используются населением в Республиках Адыгея, Ингушетия, Северная Осетия-Алания.

Всего на территории ЮФО эксплуатируется более 6000 водопроводов, 30 – 35 % которых находятся в неудовлетворительном санитарно-техническом состоянии и не обеспечивают подачу населению доброкачественной питьевой воды, не имеют зон санитарной охраны источников водоснабжения, необходимого комплекса очистных сооружений и обеззараживания воды.

Так, в Республике Адыгея 46 % водопроводов не имеет необходимого комплекса очистных сооружений и установок. В Республике Дагестан из 49 водопроводов с водозабором из поверхностных источников

водоснабжения 30 не имеют необходимого комплекса очистных сооружений и 27 обеззараживающих установок. В Чеченской республике при значительном бактериальном загрязнении поверхностных и подземных источников водоснабжения населению подаётся питьевая вода без обеззараживания, так как ремонтно-восстановительные работы водопроводов, зон санитарной охраны водозаборных сооружений и хлораторных ведутся крайне медленно.

Осуществляется использование эпидемически опасной воды непосредственно из поверхностных источников водоснабжения без очистки и обеззараживания для питьевых целей в населённых пунктах ряда территорий ЮФО (Волгоградской, Астраханской, Ростовской областях, республиках Чечня, Кабардино-Балкарии, Дагестан и др.).

Так, не осуществляется необходимая очистка и обеззараживание питьевой воды соответственно на 23 % и 37 % водопроводов Волгоградской области, на 35,1 % и 15,9 % Астраханской области, на 24,2 % и 16,7 % в Карачаево-Черкесской республике, на большинстве водопроводов в республике Чечня, на 60 – 70 % водопроводов в республике Дагестан, на 5-ти водопроводах из поверхностных источников водоснабжения из имеющихся 7 в республике Кабардино-Балкария, на 5 -ти из 8 водопроводов из поверхностных источников водоснабжения в республике Калмыкия и т.д.

Население практически во всех субъектах ЮФО испытывает дефицит в доброкачественной питьевой воде в связи с недостаточной мощностью водопроводных сооружений, неудовлетворительным санитарно-техническим состоянием систем транспортировки питьевой воды, нерациональным использованием питьевой воды на полив приусадебных участков в летнее время, отсутствием доброкачественных источников водоснабжения.

Особенно остро дефицит в доброкачественной питьевой воде ощущается в республиках: Калмыкия из-за отсутствия доброкачественных источников водоснабжения, Дагестан – из-за крайне изношенных водопроводных сетей (70 – 100 %) и малой мощности водопроводов (г.г. Дербент, Кизляр, Буйнакс, Избербаш, Каспийск) и др., где питьевая вода подаётся по жёсткому графику. Аналогичная ситуация отмечается в ряде населённых пунктов Ставропольского и Краснодарского краёв, Ростовской области, а также и в других территориях округа.

Так, населению, проживающему в Грозненском районе республики Чечня, в 24 населённых пункта из 40 осуществляется подвоз питьевой воды автотранспортом, в Гудермесском районе пять населённых пунктов также обеспечивается привозной питьевой водой, в 6-ти населённых пунктах республики из-за отсутствия других источников водоснабжения населению подаётся для питьевых нужд термальная вода. В республике Адыгея отмечаются частые перебои в подаче питьевой воды, особенно в

летний период времени из-за недостаточной мощности водопроводных сооружений (п.п. Энем, Тлюстенхабль, Каменноостский).

Неудовлетворительное санитарно-техническое состояние разводящих сетей, высокая степень изношенности (60 – 100 %) и низкая их санитарная надежность, медленная замена вышедших из строя сетей, частые аварийные ситуации на сетях, перебои в подаче питьевой воды или подача её по графикам и др. приводят к вторичному загрязнению питьевой воды по микробиологическим показателям.

Высокая степень бактериального загрязнения питьевой воды в распределительной сети регистрируется в Республиках: Дагестан, Калмыкия, Чечня, Ингушетия, Карачаево-Черкесской Республике, Волгоградской области; химического загрязнения – в Республиках: Калмыкия, Дагестан, Чечня, Карачаево-Черкесской Республике, Ростовской и Волгоградской областях (табл. 4).

Таблица 4. Качество питьевой воды в разводящей сети централизованных систем водоснабжения за 2002 – 2005 гг.
(% проб воды, не отвечающих гигиеническим нормативам)

№ п/п	Территория	По санитарно-химическим показателям				По микробиологическим показателям			
		2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Астраханская область	17,2	17,7	9,0	4,0	12,0	10,4	10,5	8,3
2.	Волгоградская область	15,6	21,5	17,0	20,6	8,7	10,3	8,0	10,0
3.	Республика Дагестан	34,6	25,2	36,5	32,4	19,6	17,3	19,1	17,0
4.	Республика Калмыкия	45,6	45,7	57,0	53,4	23,5	28,7	26,0	35,8
5.	Кабардино-Балкарская Республика	5,9	8,8	4,5	3,4	22,7	15,6	14,7	12,7
6.	Краснодарский край	6,2	5,6	5,2	4,5	6,5	4,9	4,4	3,1
7.	Ростовская область	21,1	22,2	19,0	14,3	7,3	7,4	6,4	6,4
8.	Республика Адыгея	8,0	1,3	1,2	1,1	3,2	1,8	2,4	1,2
9.	Республика Северная Осетия-Алания	1,1	0,2	0,24	0,4	6,0	2,7	3,5	2,2

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.	Карачаево-Черкесская Республика	43,0	30,2	25,5	3,0	34,9	32,9	37,9	32,0
11.	Ставропольский край	-	-		5,0	-	-	5,7	5,5
12.	Республика Ингушетия	-	-	5,9	7,0	-	-	31,7	43,0
13.	Республика Чечня	-	23,9	13,7	13,8	-	53,6	45,4	43,7

На основании анализа приведенных выше данных, в целях улучшения состояния водоснабжения и водоотведения населённых пунктов и обеспечения эпидемиологического благополучия населения субъектов ЮФО необходимо:

- как можно скорее закончить начатые строительством и реконструкцией объекты водоснабжения и водоотведения населённых мест, а также решить вопрос о приоритетном направлении финансовых средств на реконструкцию, развитие и восстановление водопроводных и канализационных сетей населённых мест;

- организовать систематический производственный лабораторный контроль качества питьевых и сточных вод на всех объектах водопроводно-канализационного хозяйства в полном объёме в соответствии с требованиями документов санитарного законодательства;

- в короткий срок решать вопросы строительства и реконструкции очистных сооружений канализации, водопроводных и канализационных сетей в населённых пунктах республик: Чечня, Дагестан, Адыгея, Северная Осетия-Алания, Ингушетия, Ростовской области, Краснодарском и Ставропольском краях и др.;

- шире внедрять современные технологии, эффективные реагенты по очистке и обеззараживанию питьевых и сточных вод;

- принять меры к обеспечению эффективного обеззараживания питьевой воды на водопроводах, где не обеспечивается её эпидемиологическая безопасность и регистрируется высокое вторичное микробное загрязнение (республики Чечня, Ингушетия, Калмыкия, Кабардино-Балкария и Дагестан и др.);

- решить вопросы по замене жидкого хлора в хлораторных, не имеющих нормативной санитарно-защитной зоны, на объектах водопроводно-канализационного хозяйства на безопасные хлорсодержащие реагенты или по переходу на другие альтернативные методы обеззараживания воды и др.

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ ГИПОХЛОРИТОМ НАТРИЯ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Л.Н. Фесенко

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

А.Н. Цыва

ГУП Ставропольского края «Ставрополькрайводоканал», Ставрополь, Россия

На сегодняшний день одной из важнейших проблем в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения является снабжение его доброкачественной питьевой водой, безопасной в эпидемиологическом отношении. Это обусловлено достаточно высоким бактериальным и вирусным загрязнением источников водоснабжения, неудовлетворительным санитарно-техническим состоянием разводящей водопроводной сети. Сооружения водоподготовки, на которых используются традиционные методы и процессы, не всегда в состоянии обеспечить требуемую степень очистки воды. В полной мере это относится и к обеззараживанию воды – главному барьеру на пути передачи водных инфекций.

По данным статистики, доля проб питьевой воды не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям составляет в целом по стране более 7 %, в Южном Федеральном округе – до 9 %, в том числе в Ростовской области – 6,4 %. Количество проб с обнаружением возбудителей инфекционных заболеваний и цист лямблий, по данным Главного государственного санитарного врача РФ Г.Г. Онищенко, за последние пять лет возросло в 2 раза. Водопроводные трубы, в результате нарушения их целостности в процессе эксплуатации, не только перестают выполнять функцию защиты питьевой воды при транспортировании её потребителю, но из-за вторичного загрязнения сами становятся фактором доставки возбудителей кишечных инфекций населению. Такое положение требует нового подхода к эпидемиологической безопасности и, в частности, стимулирует работы по совершенствованию старых и внедрению принципиально новых технологий обеззараживания воды.

Наиболее распространенным методом обеззараживания воды во всем мире продолжает оставаться хлорирование с использованием газообразного хлора, гипохлорита натрия, а в странах экономически менее

развитых – хлорной извести. Преимуществами хлорирования являются эффективность, экономичность, удаление запахов и привкусов, производимый эффект обесцвечивания воды, отсутствие воздействия на процессы фильтрации воды. Весьма важным является и то обстоятельство, что хлор, в отличие от озонной обработки или ультрафиолетового облучения, является так называемым дезинфектантом пролонгированного действия, присутствие которого в питьевой воде необходимо для её консервации и защиты от возможности повторного заражения при транспортировке к потребителям.

Вместе с тем, при кажущейся простоте и дешевизне хлорирования процесс обеззараживания жидким хлором требует неукоснительного соблюдения правил безопасной эксплуатации хлораторных и хранения контейнеров сжиженного хлора на площадках очистных сооружений, в связи с чем затраты на обеспечение безопасности при хлорировании воды хлор-газом многократно превосходят затраты на собственно хлорирование воды. Главный недостаток жидкого хлора — крайне высокая токсичность и вызываемые им аллергические реакции даже при его следовых концентрациях в воздухе. И поэтому, в соответствии с «Правилами безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора», радиус опасной зоны для складов хранения контейнеров жидкого хлора должен быть не менее 500 м, при этом в пределах этого радиуса «не допускается располагать объекты жилищного, культурно-бытового назначения, промышленное строительство в пределах опасной зоны должно максимально ограничиваться». Нетрудно посчитать, что площадь отчуждения территории на охранную зону должна составить 78,5 га, причем эта территория, как правило, располагается в черте города, где стоимость земли очень высока.

При организации водоснабжения с размещением водоочистных сооружений вблизи жилой застройки необходимо учитывать экологическую безопасность производства питьевой воды. Именно потенциальная опасность для жизни и здоровья людей, связанная с хранением и применением жидкого хлора, вызвала необходимость поиска и практического внедрения новых методов хлорирования для целей обеззараживания питьевых и сточных вод. Наиболее безопасным, малотоксичным для человека и более простым в эксплуатации хлорсодержащим реагентом признан гипохлорит натрия, получаемый при прохождении электрического тока через раствор поваренной пищевой соли. Более чем 70-летний опыт промышленного применения гипохлорита натрия в коммунальном водоснабжении показал его высокую технологическую надежность, эксплуатационную безопасность и бактерицидную эффективность. Другим достоинством гипохлорита натрия

является возможность его получения непосредственно на месте потребления, для чего требуется поваренная соль, электроэнергия и вода.

Установки получения гипохлорита натрия с точки зрения безопасности и экономической целесообразности являются наиболее реальной альтернативной сжиженному хлору, поскольку вырабатывают хлорсодержащий реагент в нетоксичной для человека водорастворимой фазе и именно в том количестве, которое требуется в данный момент времени и не нуждается в наличии склада хранения хлорсодержащих веществ.

С абсолютной очевидностью видна необходимость замены хлораторных с жидким хлором электролизными установками получения гипохлорита натрия. Понимая всю важность и серьезность данного вопроса для выполнения мероприятий по антитеррористической защищенности объектов ВКХ министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Ростовской области направило письмо Главам администраций муниципальных образований области (№ 9.2.2/44 от 26.05.06г.) о необходимости перевода объектов обеззараживания воды на безопасные технологии обеззараживания (без применения жидкого хлора). Безусловно, переоборудование хлораторных, работающих на жидком хлоре, на гипохлоритную технологию обеззараживания потребует выделения финансовых средств областного бюджета, но с другой стороны хранение многотонных запасов жидкого хлора на площадках очистных и других водопроводно-канализационных сооружений, тем более размещенных в пределах жилых и общественных зданий может привести к возникновению чрезвычайных экологических ситуаций, последствия которых предсказать невозможно, так же как и затраты на их ликвидацию.

Наметившаяся в последние годы и активно развивающаяся тенденция, направленная на массовое применение гипохлорита натрия вместо жидкого хлора, привела к повышенной конкурентоспособности предлагаемых разработок и расширению круга специалистов и предприятий, занимающихся этой проблемой но, к сожалению, не всегда имеющих опыт в такого рода деятельности. Рекламируемые на рынке потребителей электролизные установки зачастую не в полной мере учитывают весь спектр проблем, возникающих при эксплуатации электролизеров.

Хотя метод получения низкоконтрированного гипохлорита натрия в бездиафрагменных электролизерах давно вышел за пределы научных исследований и опытно-промышленных испытаний, тем не менее, эксплуатация электролизных установок имеет свои особенности, знание и соблюдение которых в значительной степени определяют надежность работы и срок службы таких аппаратов.

Научно-производственным предприятием «Экофес» (г. Новочеркасск, Ростовской области) в течение 15 лет осуществляется изготовление электролизных установок «Хлорэфс» и накоплен определенный опыт эксплуатации этих установок, работающих более чем на 200 объектах Южного Федерального округа (ЮФО) производительностью от 0,5 до 180 кг эквивалентного хлора в сутки. В частности установлено, что основная проблема надежности работы установок связана с образованием карбонатных отложений на поверхности катодных пластин. Рекомендательный различными отечественными изготовителями электролизных установок метод кислотной промывки электродной системы не всегда экономически оправдан, особенно для водных объектов ЮФО, водоисточники которого характеризуются повышенной карбонатной жесткостью (до 4 и более ммоль/дм³), в отличие от рек Северного региона России. Практика эксплуатации установок «Хлорэфс» показала, что помимо узла кислотной промывки электродов необходимо включать в состав установки и блок кондиционирования воды, используемой для приготовления солевых растворов.

Для предотвращения катодных отложений, необходимо удаление из воды ионов кальция и гидрокарбоната, либо, по крайней мере, одного из них. Известные компании «Wallace & Tiernan» и «Van den Heuvel Watertechnolge B.V.» пошли по пути удаления катионов жесткости, т.е. Ca²⁺ и Mg²⁺, комплектуя установки Na-катионитовыми фильтрами. Первые установки «Хлорэфс» также предусматривали умягчение воды Na-катионированием, однако, как это вскоре выяснилось, этот прием теряет всякий смысл вследствие вторичного насыщения воды кальцием ввиду низкого качества используемой поваренной соли (приращение концентраций Ca²⁺ в насыщенном растворе NaCl, приготовленном на соли типа «Артемсоль», I сорт, ГОСТ Р51574-2000 составляет от 32 до 45 ммоль/дм³). Применение же соли марки «Экстра» значительно удорожает производство гипохлорита. В данной ситуации, очевидно, следует остановиться на варианте декарбонизации воды, поскольку поваренная соль не содержит примесей гидрокарбоната.

Для сравнительной оценки методов снижения щелочности были проведены исследования по трем вариантам декарбонизации: известкование, подкисление воды с последующей отдувкой свободной углекислоты, Cl-ионирование на высокоосновном анионите марки Cybber AX-400 (производства компании Cybber Industrial Limited, КНР). В качестве исследуемой взята донская вода Новочеркасского водопровода со следующими исходными концентрациями веществ: гидрокарбонаты HCO₃⁻ = 4,5 ммоль/дм³, кальций Ca²⁺ = 4,1 ммоль/дм³, магний Mg²⁺ = 2,9 ммоль/дм³, свободная углекислота CO₂ = 0,09 ммоль/дм³. В

результате исследований установлено, что максимальное снижение щелочности воды после известкования составляет величину $0,8 \text{ ммоль/дм}^3$, доза извести при этом равна концентрации HCO_3^- в воде (т.е. равна карбонатной жесткости). При декарбонизации воды путем её подкисления (до концентрации $\text{HCO}_3^- \approx 0,1 - 0,2 \text{ ммоль/дм}^3$) с последующей аэрацией в свободном объеме при расходе воздуха $4 - 4,5 \text{ л/л} \cdot \text{мин}$, уже через $3 - 4 \text{ мин}$ продувки остаточная концентрация CO_2 составляла $0,2 - 0,25 \text{ ммоль/дм}^3$. Сl-ионированием возможно добиться остаточной концентрации HCO_3^- до $0,1 - 0,2 \text{ ммоль/дм}^3$ однако, как это установлено экспериментально, рабочая обменная способность по HCO_3^- составляет всего $150 - 160 \text{ г-экв/м}^3$. Столь низкая обменная емкость объясняется достаточно высокой концентрацией сульфатов в донской воде (до $280 - 300 \text{ мг/дм}^3$), на которые и приходится основная часть обменного иона. Поэтому метод Сl-ионирования возможно рекомендовать для вод с невысокой концентрацией ионов SO_4^{2-} .

Дальнейшие исследования с целью оценки интенсивности осадкообразования во времени электролиза 3 %-ных рабочих растворов соли, приготовленных на необработанной и обработанной известкованием и подкислением с аэрацией воде на лабораторном электролизере непроточного типа с объемом камеры 1 дм^3 при плотностях тока 150 мА/см^2 и рабочих площадях анода и катода 40 см^2 позволили констатировать следующее: при работе электролизера на декарбонизованной воде снижения концентраций кальция не наблюдали и после 30-го цикла (цикл – время работы электролизера до достижения концентрации эквивалентного хлора в гипохлорите 8 г/дм^3 и составлял $5,0 - 5,5$ часов), как с использованием известкованной воды, так и дегазированной с подкислением. При этом отложений карбоната кальция на поверхности катода не наблюдалось. Совершенно иная ситуация происходила при электролизе солевого раствора, приготовленного на необработанной воде. К концу каждого цикла концентрация кальция снижалась с $8,5 - 8,8 \text{ ммоль/дм}^3$ до $4,5 \text{ ммоль/дм}^3$, т.е. за цикл на поверхности катода откладывалось до 150 мг и более CaCO_3 .

К началу 5-го цикла были хорошо заметны катодные отложения и температура раствора была на $8 - 10^\circ$ выше, чем при работе на декарбонизированной воде.

Как показал опыт эксплуатации установок «Хлорэфс» на водных объектах ЮФО, применение декарбонизации воды позволяет продлить срок службы электродных пластин до 3-х и более лет. Установлено также, что метод снижения щелочности воды известью несколько более сложен в связи с запыленностью в рабочей зоне при работе с известью, необходимостью предварительного её гашения перед использованием,

образованием осадка в декарбонизаторе и т.д., хотя оба метода декарбонизации равноценны по степени своей эффективности.

Описанные технические решения позволили НПП «Экофес» успешно внедрить свои установки на ряде объектов с неблагоприятным для электролитического получения гипохлорита натрия составом воды и неудовлетворительным качеством поваренной соли.

Перспектива полного перехода от жидкого хлора на гипохлорит натрия видится достаточно отчетливо и не только в ЮФО. На гипохлоритные технологии переходят и крупнейшие в России водопроводные станции. В частности, технология обеззараживания воды гипохлоритом натрия освоена на семи из девяти водопроводных станций Санкт-Петербурга: на Главной и Волковской станциях (суммарная производительность 800 тыс. м³/сут), а также на пяти пригородных станциях. К 2008 г. водоканал Санкт-Петербурга полностью откажется от использования высокотоксичного жидкого хлора.

Кроме социального (экологическая безопасность обеззараживания воды) также очевиден и экономический эффект гипохлоритных технологий. Так, по данным Георгиевского «Сельводоканала» (Ставропольский край) экономический эффект от применения 3-х установок «Хлорэкс» суммарной производительностью 5 кг/сут по эквивалентному хлору составил 51840 руб. за полгода эксплуатации, в Труновском «Межрайводоканале» (Ставропольский край) – 124 тыс. руб за 1,5 года эксплуатации и т.д.

Для некоторых городских предприятий водопроводно-канализационного хозяйства переход на обеззараживающую обработку гипохлоритом натрия настолько очевиден, что, например, до сих пор остается удивительным тот факт, что МУП г. Новороссийска «ПУ ВКХ», имея на своем балансе 3 хлораторных в городской черте (200 кг хлора в сутки) и 7 хлораторных по округам (200 кг хлора в месяц), до настоящего времени так и продолжает подвергать население опасности, в том числе и террористической, связанной с применением высокотоксичного хлор-газа.

В заключение можно отметить, что на настоящей стадии решения задачи внедрения обеззараживания гипохлоритом натрия в целях обеспечения экологической безопасности производства питьевой воды на водохозяйственных предприятиях ЮФО вполне определенно видны как перспективные направления работ, так и их исполнители и, как представляется, для ЮФО крайне необходима Целевая программа (или региональные Программы Федеральных образований, входящих в ЮФО) по замене жидкого хлора на безопасный низкоконтцентрированный гипохлорит натрия.

ОКИСЛИТЕЛЬНО-КОАГУЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ СЕРОВОДОРОД-, СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ПРИРОДНЫХ ВОД

С.Н. Линевич

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

С.В. Гетманцев

ОАО «АУРАТ», Москва, Россия

На территории РФ сравнительно широкое распространение получили подземные сероводородсодержащие воды. Наличие в воде сероводорода ухудшает органолептические свойства воды, повышает ее агрессивность. Последнее препятствует широкому использованию этой категории природных вод для целей водоснабжения, хотя в ряде регионов в этом существует острая необходимость.

В практике технологии очистки природных вод существует три основные группы методов дегазационной водообработки: физические (безреагентные), химические (реагентные), комбинированные (биохимические и др.). Для удаления из воды сероводорода пока наибольшее предпочтение отдается химическим (реагентным, окислительным) методам.

В качестве реагентов при химической обработке сероводородсодержащих вод используются: хлор и его производные, озон, перекись водорода, марганцовокислый калий, кислород и др. При обработке сероводородсодержащих вод тем или иным окислителем появляется возможность перевести сероводород в форму нейтральной серы S^0 или сульфат-ионов SO_4^{2-} . В производственных условиях считается наиболее эффективным окисление сероводорода производить до серы, с последующим ее удалением с помощью коагуляции и фильтрации (окислительно-коагуляционный метод). К сожалению, окислительно-коагуляционный метод обработки сероводородсодержащих вод изучен пока недостаточно, что лишает возможности выбора оптимальных условий его применения. В связи с этим нами были выполнены экспериментально-теоретические исследования по оптимизации окислительно-коагуляционного метода очистки воды от сероводорода и образующегося в ней золя серы.

Для окисления сероводорода были использованы и изучены следующие окислители: кислород (O_2), озон (O_3), гипохлорит натрия ($NaClO$), хлорная известь ($CaOCl_2$), сернистый газ (SO_2). В начале исследований были составлены и записаны вероятные структуры

образующихся (в результате окисления H_2S) мицелл золя серы. Все эти данные представлены в табл. 1.

Таблица 1. Окислительно-восстановительные реакции и вероятные структурные схемы образующихся мицелл золя серы

Вид окислителя	Окислительно-восстановительные реакции	Расход окислителя, мг на 1 мг ΣH_2S	Вероятная структура мицеллы золя серы (при окислении сероводорода)*
Кислород (O_2)	$2H_2S + O_2 = 2S + 2H_2O$ $5H_2S + 5O_2 = H_2S_5O_6 + 4H_2O$ $H_2S + 2O_2 = H_2SO_4$	0,47-1,4	$\{m[S]nS_5O_6^{2-} \cdot 2(n-x)H^+\} 2xH^+$
Озон (O_3)	$H_2S + O_3 = S + H_2O + O_2$ $3H_2S + O_3 = 3S + 3H_2O$ $3H_2S + 4O_3 = 3H_2SO_4$	0,47-1,87	$\{m[S]nSO_4^{2-} \cdot 2(n-x)H^+\} 2xH^+$
Гипохлорит натрия ($NaClO$)	$H_2S + NaClO = S + NaCl + H_2O$	2,1	$\{m[S]nCl^- \cdot (n-x)Na^+\} xNa^+$
Хлорная известь ($CaOCl_2$)	$H_2S + CaOCl_2 = S + CaCl_2 + H_2O$	10,6	$\{m[S]2nCl^- \cdot (n-x)Ca^{2+}\} xCa^{2+}$
Сернистый газ (SO_2)	$2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O$ $5H_2S + 10SO_2 = 3H_2S_5O_6 + 2H_2O$	1,0-4,0	$\{m[S]nS_5O_6^{2-} \cdot 2(n-x)H^+\} 2xH^+$

* При изображении структуры строения мицелл золя серы использованы общепринятые обозначения:

$m[S]$ - число молекул в агрегате мицеллы;

$nS_5O_6^{2-}$, nSO_4^{2-} , nCl^- - число потенциалоопределяющих ионов;

$(n-x)H^+$, $(n-x)Ca^{2+}$, $(n-x)Na^+$ - число противоионов в адсорбционном слое мицеллы,

xH^+ , xNa^+ , xCa^{2+} - число противоионов в диффузном слое мицеллы.

Далее были проведены опыты по окислению модельных и натуральных сероводородсодержащих вод перечисленными выше окислителями, произведены замеры значений электрокинетических потенциалов и агрегативной устойчивости образующейся в воде серы. Основные результаты этих исследований приводятся ниже в виде соответствующих зависимостей на рис. 1 и 2.

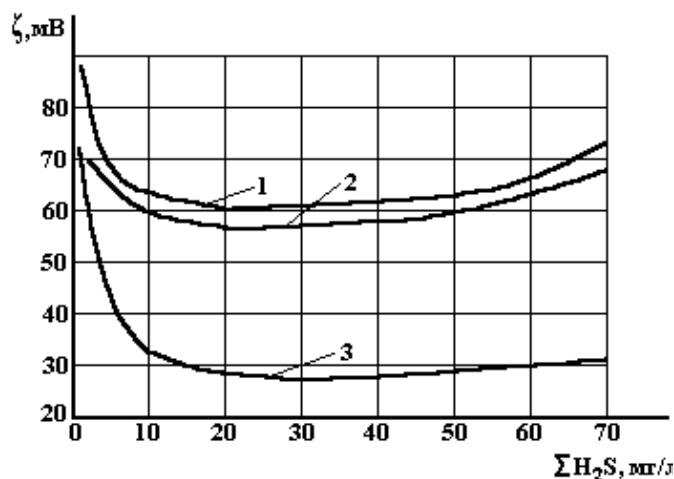


Рисунок 1. Значение электрокинетического потенциала (ζ) коллоидной серы в зависимости от исходной концентрации и вида окислителя сероводорода:
1–гипохлорит натрия; 2–озон;
3–хлорная известь

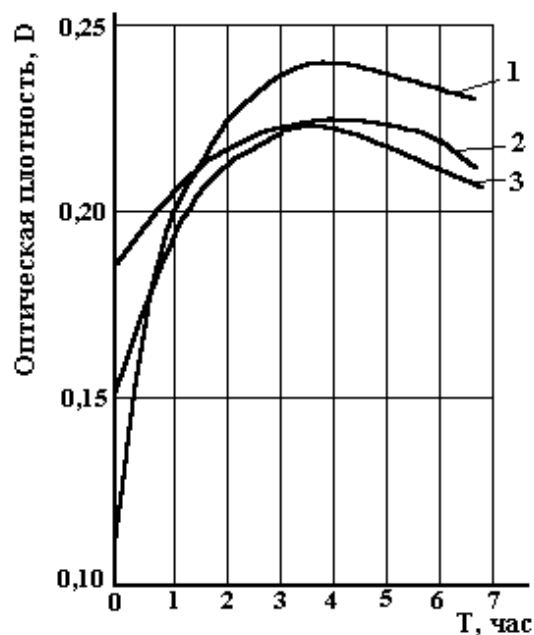


Рисунок 2. Изменение агрегативной устойчивости (оптической плотности) золя серы в зависимости от времени наблюдения и вида окислителя:
1–хлорная известь; 2–озон;
3 – гипохлорит натрия

Анализ результатов выполненных исследований (табл. 1, рис. 2, 3) позволяют сделать ряд важных выводов.

Адсорбционный и диффузный слои образующихся в сероводородных водах мицелл серы оказываются различными в зависимости от применяемого реагента-окислителя, используемого для окисления сероводорода. В качестве стабилизаторов золя серы в зависимости от принятого окислителя могут выступать ионы SO_4^{2-} , Cl^- и $S_2O_6^{2-}$. Все это позволяет утверждать, что в зависимости от того или иного состава образующегося в сероводородных водах золя серы его свойства (электрокинетический потенциал, дисперсность, сорбционные свойства, агрегативная устойчивость и др.) будут различными. С точки зрения расхода, предполагаемой стоимости реагентов-окислителей и технологического удобства их применения предпочтение следует отдать озону, гипохлориту натрия и хлорной извести.

Электрокинетический потенциал (ζ -потенциал) гидрозоля серы, образованного окислением сероводорода, является величиной не постоянной и изменяется в зависимости от исходной концентрации H_2S в воде и от вида применяемого окислителя (рис. 1).

Как было выяснено в процессе исследований, коллоидная сера осаждается в обычных условиях медленно и далеко не полно.

Описанные выше физико-химические свойства и электрокинетическая характеристика золя серы, образующейся в сероводородсодержащих водах, в обязательном порядке должны учитываться при выборе метода доочистки воды от коллоидной серы и при составлении общей технологической схемы комплексной обработки сероводородсодержащих вод.

На основании анализа свойств коллоидной серы и сущности различных способов удаления ее из водного раствора (осаждение, флотация, центрифугирование, коагуляция + фильтрация, контактная коагуляция) следует отдать предпочтение методам: коагуляция + фильтрация или контактная коагуляция.

При добавлении в серосодержащую воду коагулянта в ней будет находиться: золь серы (в результате окисления сероводорода) и золь гидроокиси металла (образующийся в результате гидролиза введенного коагулянта). Оба золя будут заряжены разноименными знаками, что благоприятно будет действовать на процесс совместной коагуляции.

Далее, для практического подтверждения вышеизложенных предпосылок по коагуляции гидрозоль серы была предпринята специальная серия исследований.

В качестве коагулянтов для коагуляционной обработки золя серы были использованы: $Al_2(SO_4)_3$, $Na_2Al_2O(OH)_2$, $FeCl_3$, $FeSO_4$, $Al_2(OH)_nCl_{6-n}$. Прежде всего, были составлены и записаны реакции гидролиза перечисленных коагулянтов и структурные формулы мицелл гидроокисей, соответствующие используемым коагулянтам, табл. 2.

Таблица 2. Реакции гидролиза и вероятные структурные схемы образующихся мицелл вводимых в воду электролитов-коагулянтов

Вид исследуемого коагулянта	Основные реакции гидролиза коагулянта	Вероятные схематические структуры мицелл коагулянта*
1	2	3
Сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3$	$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4$	$\{m[Al(OH)_3]2nH^+ \cdot (n-x)SO_4^{2-}\}_xSO_4^{2-}$
Гидро-алюминат натрия $Na_2Al_2O(OH)_2$	$Na_2Al_2O(OH)_2 + H_2O = 2Al(OH)_3 + NaOH$	$\{m[Al(OH)_3]2nH^+ \cdot (n-x)OH^-\}_xOH^-$

1	2	3
Хлорное железо $FeCl_3$	$FeCl_3 + 3H_2O = Fe(OH)_3 + 3HCl$	$\left\{ m[Fe(OH)_3]nH^+ \cdot (n-x)Cl^- \right\} xCl^-$ $\left\{ m[Fe(OH)_3]nFeO^+ \cdot (n-x)Cl^- \right\} xCl^-$ $\left\{ m[Fe(OH)_3]nFe^{3+} \cdot 3(n-x)Cl^- \right\} 3xCl^-$
Железный купорос $FeSO_4$	$FeSO_4 + 2HCO_3^- = Fe(OH)_2 + 2CO_2 + SO_4^{2-}$ $4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3$	$\left\{ m[Fe(OH)_3]nH^+ \cdot (n-x)SO_4^{2-} \right\} xSO_4^{2-}$
Полиокси- хлорид алюминия $Al_2(OH)_nCl_{6-n}$	$Al_2(OH)_nCl_{6-n} + H_2O = 2Al(OH)_3 + HCl$	$\left\{ m[Al(OH)_3]2nH^+ \cdot (n-x)Cl^- \right\} xCl^-$

* В зависимости от условий образования золя (рН, температуры, ионного солевого состава примесей и др.) при введении в воду одного и того же электролита-коагулянта структурная формула и свойства мицеллы могут изменяться. В качестве примера для коагулянта – хлорного железа $FeCl_3$ в таблице приведено три вероятных структурных формы мицеллы гидроокиси железа.

Анализ данных табл. 2 свидетельствует:

– во всех случаях добавления в воду исследуемых коагулянтов образуются частицы положительного знака (ζ -потенциала), что способствует сближению и агрегированию их с частицами золя серы заряженной отрицательно (табл. 1 и 2);

– по своему составу мицеллы гидролизированных коагулянтов различны, по виду потенциалопределяющих ионов (H^+ , FeO^+ , Fe^{3+}) и по виду противоионов (Cl^- или SO_4^{2-}), что дает основание утверждать о наличии различных свойств у образующихся гидрозолей, а, следовательно, и о различной их коагулирующей активности.

Далее были выполнены экспериментальные исследования в лабораторных и производственных условиях по установлению эффективности различных коагулянтов в процессе обработки сероводородсодержащих вод. В лабораторных условиях исследования проводились путем пробного коагулирования в статических и динамических условиях, в производственных условиях исследования и наблюдения были осуществлены на водоочистой станции Ейского группового водопровода, непосредственно на действующих очистных сооружениях.

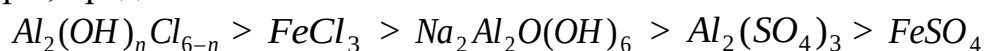
В процессе исследований варьировалось исходное содержание сероводорода в обрабатываемой воде в пределах от 2 до 25 мг/л, остальные качественные показатели воды оставались постоянными. В качестве

коагулянтов были использованы те же коагулянты, что и обозначенные в табл. 2.

Результаты выполненных экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что более высокий эффект коагуляции золя серы достигается при использовании в качестве коагулянта полиоксихлорида алюминия и хлорного железа и значительно меньший эффект при использовании сернокислого алюминия и железного купороса. Последнее можно объяснить тем, что при коагуляции гидрозоль серы сернокислым алюминием и железным купоросом в воде образуется избыточное количество ионов SO_4^{2-} , ухудшающих условия коагуляции.

Процесс коагуляции золя серы достаточно эффективно происходит с использованием полиоксихлорида алюминия с меньшими дозами (в 2 – 3 раза), чем при использовании сернокислого алюминия и железного купороса. Что же касается использования гидроалюмината натрия, то он по своей коагулирующей активности по отношению к золю серы занял среднее место между коагулянтами FeCl_3 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

По анализу результатов исследований нами был записан «ряд» коагулянтов по степени их коагулирующей эффективности при коагуляции золя серы, представленный ниже:



Рядом дополнительных исследований было установлено, что мицелла гидроксида алюминия, образованная полиоксихлоридом алюминия, обладает несколько более высокой адсорбционной емкостью, чем гидроксиды, образованные другими исследуемыми коагулянтами, что повышает общий уровень очистки и обеззараживания воды, ускоряет процесс коагуляции и исключает необходимость применения дополнительных реагентов-флокулянтов и реагентов-корректоров pH.

При обработке серосодержащей воды полиоксихлоридом алюминия в режиме контактной коагуляции процесс дестабилизации и укрупнения частиц золя серы протекает более эффективно, чем при коагуляции в свободном объеме.

ВЫВОД

При обработке сероводородных вод окислительно-коагуляционным методом следует рекомендовать для окисления сероводорода использовать озон или хлорную известь, а для коагуляции образующейся в воде коллоидной серы – полиоксихлорид алюминия «АКВА-АУРАТ™30».

АСПЕКТЫ МЕТОДОЛОГИИ ВЫБОРА КОАГУЛЯНТА В ПРОЦЕССАХ ВОДОПОДГОТОВКИ

Е.В. Вильсон, Н.С. Серпокрылов

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

Г.Н. Земченко

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

С.В. Гетманцев

ОАО «Аурат», Москва, Россия

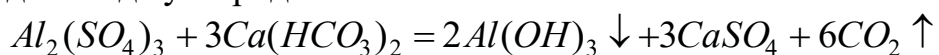
Способ очистки природных вод алюминийсодержащими коагулянтами является приоритетным не одно десятилетие, как для нашей страны, так большинства зарубежных. В связи с развитием базы по производству коагулянтов этого вида, а также повышением требований к качеству очищенной воды, задача интенсификации коагуляции сегодня как никогда актуальна. Подтверждением этого положения является большое количество научно-технической литературы, посвященной выбору оптимального коагулянта [1 – 5].

В настоящее время все большее распространение получают коагулянты оксихлориды алюминия (ОХА), различной основности, общая формула – $Al_x(OH)_yCl_z$. Анализ литературных данных позволяет сделать вывод, что в основном обоснованием эффективности того или иного коагулянта является результат пробного коагулирования, что при имеющемся ассортименте даже для одного водоисточника занимает много времени, и средств.

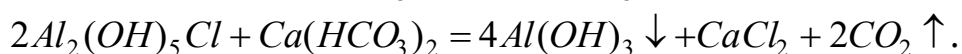
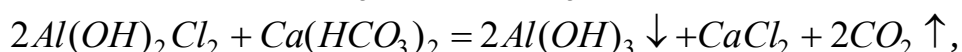
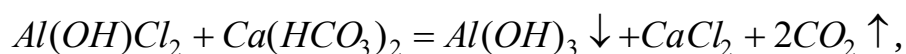
Многие исследователи отмечают, что использование высокоосновных оксихлоридов алюминия, в частности «АКВА-АУРАТ™30» в условиях низких температур являются более эффективными, чем сульфат алюминия (СА) [1, 4]. Этот факт можно объяснить тем, что при диссоциации реагентов, в состав которых входит группа OH^- происходит реакция нейтрализации, которая является экзотермической и соответственно с понижением температуры скорость и полнота протекания реакции повышаются. Так как оксихлориды и окисульфаты алюминия содержат в составе гидроксогруппы, можно предполагать, что при использовании этих реагентов в качестве коагулянтов температурный фактор не оказывает существенного влияния на скорость процесса формирования гидроксидов алюминия, так же как и при совместном использовании СА и ГАН [6].

Все исследователи отмечают, что использование ОХА в отличие от СА приводит к значительно меньшему изменению pH и щелочности обрабатываемой воды. В частности А.В. Сычев и С.В. Гетманцев установили, что при использовании реагента «АКВА-АУРАТ™30» pH воды изменяется с 7,69 до 7,57 (при использовании СА pH составляет 7,14), щелочность изменяется от 0,52 до 0,47 (введение СА снижает щелочность до 0,35) [1].

Согласно стехиометрическим уравнениям введение каждого миллиграмма безводного сульфата алюминия сопровождается выделением 0,77 мг диоксида углерода:



Дозирование 1 мг ОХА с модулем основности 1/3, 2/3 и 5/6 приводит к увеличению в обрабатываемой воде диоксида углерода на 0.77; 0.46 и 0.25 мг соответственно.



Следовательно, при применении высокоосновных ОХА, меньше требуется гидрокарбонат-ионов для нейтрализации кислотности коагулянта. Этот вывод важен, так как он имеет не только технологический аспект (гидролиз коагулянта осуществляется более полно, нет необходимости в воде подщелачивающих реагентов), но и экологический, так исследования проведенные на базе Ростовского государственного строительного университета, показывают, что в зависимости от исходных параметров очищаемых вод и вида коагулянта наблюдаются количественные изменения в эмиссии CO_2 в атмосферу [7]. Однако, при реагентной очистке воды поверхностных водоисточников с высоким щелочным резервом, эмиссия двуокси углерода может и не наблюдаться. Например, установлено, что растворимость углекислоты в воде р. Дон как в исходной, так и в обработанной коагулянтом, не достигает равновесного состояния, поэтому выделения углекислоты в атмосферу не происходит. Аналогичные данные получены и при анализе работы очистных сооружений г. Новочеркасска Ростовской области. Следовательно, можно сказать, что при водоподготовке в условиях низких температур и щелочного резерва преимущество применения высокоосновных ОХА является неоспоримым. Однако, при высоких значениях щелочности и температуры обрабатываемой воды приоритетность использования того или иного вида коагулянта может основываться на иных позициях, в частности, мы предлагаем выбор коагулянтов производить с учетом возможности формирования в системе мономерных или полимерных гидроксокомплексов алюминия.

Наличие в системе многозарядных гидроксокомплексов может способствовать снижению дозы коагулянта. Б.В. Дерягин и Л.Д. Ландау установили, что порог коагуляции определяется следующим уравнением:

$$\gamma = C \frac{E^3 (kT)^5}{A^2 e^6 z^6}$$

где: C – константа, слабо зависящая от соотношения числа зарядов катиона и аниона;

E – диэлектрическая постоянная;

k – константа Больцмана;

A – константа ван-дер-ваальсового притяжения;

e – заряд электрона;

z – зарядность коагулирующего иона [8].

Из этого уравнения видно, что значение порога коагуляции обратно пропорционально величине заряда коагулирующего иона.

Федотов с сотрудниками установили, что при отношении $[OH^-]/[Al^{3+}]$ более 0,5 в системах происходит накопление полиядерных многозарядных гидроксокомплексов алюминия [9]. Установлено, что при соотношении $[OH^-]/[Al^{3+}] = 0 - 0,5$, в системе формируются только комплексы $Al(H_2O)_6^{3+}$ и $[Al_2(OH)_2(H_2O)_8]^{4+}$ при соотношении $[OH^-]/[Al^{3+}]$ более 0,5 происходит формирование и накопление комплекса $[Al_{13}O_{11}(OH)_{24}H_2O]^{7+}$.

В состав оксихлоридов и оксисульфатов алюминия входят гидроксогруппы, так, например ОХА чаще всего получают с модулем основности (молярное отношение $OH/OH+Cl$): 1/3; 2/3; и 5/6, что соответствует формулам $Al(OH)Cl_2$; $Al(OH)_2Cl$; $Al_2(OH)_5Cl$. Для указанных форм ОХА отношение $[OH^-]/[Al^{3+}]$ (г-ион) соответственно составляет 0,63; 1,26 и 1,67. Следуя аналогии образования полимерных форм при определенном соотношении $[OH^-]/[Al]$, можно с достаточной долей достоверности предполагать, что в растворах ОХА с модулем основности 2/3 и 5/6 также формируются полиядерные гидроксокомплексы.

Целесообразность выбора коагулянта с преимущественным формированием тех или иных ПГК можно объяснить, основываясь на наличии зависимости D_k и концентрации загрязняющих веществ (минеральных), установленной Е.Д. Бабенковым [10]. Согласно Е.Д. Бабенкову оптимальная доза коагулянта складывается из двух составляющих: a_1 – обеспечивающей требуемую вероятность слипания частиц, и a_2 , дающей дополнительное количество твердой фазы для удовлетворения кинетических требований процесса, $a = a_1 + a_2$. Составляющие дозы коагулянта — a , зависят от содержания взвешенных веществ в воде (C_v), причем a_1 возрастает, а a_2 уменьшается с ростом C_v . Кривая $a = f(C_v)$ носит U-образный характер с минимумом, соответствующей некоторой критической концентрации взвеси $С_{кр}$. При $C_v < С_{кр}$ узким местом коагуляции является недостаточное число столкновений частиц, а при $C_v > С_{кр}$ – малая вероятность их слипания. Оптимальная доза

коагулянта также зависит от степени дисперсности частиц, обуславливающих мутность воды. Так в области высоких весовых концентраций взвешенных веществ процесс коагуляции характеризуется недостаточно высокой вероятностью слипания частиц. Повысить ее можно путем увеличения степени покрытия поверхности частиц ПГК. Чем мельче взвесь, тем больше потребуется коагулянта, следовательно в области $C_{\text{в}} > C_{\text{к}}$, в которой оптимальная доза коагулянта обусловлена в основном составляющей a_1 , зависит от диаметра частиц обратно пропорционально, установлено, что эта зависимость имеет вид: $a_1 \approx f(d)^{-1}$. При $C_{\text{в}} < C_{\text{к}}$ улучшению коагуляции способствует повышение вероятности столкновений частиц. Чем меньше размеры частиц, тем больше вероятность их столкновений, поэтому при низких концентрациях, когда оптимальная доза коагулянта обусловлена составляющей a_2 , наблюдается прямо пропорциональная зависимость между дозой коагулянта и степенью дисперсности, экспериментально установлено, что эта зависимость имеет вид: $a_2 \approx f(d)^6$. В реальных условиях невозможно регулировать степень дисперсности природной взвеси, однако вполне возможно регулировать степень дисперсности ПГК. В этом случае можно сказать, что при низких концентрациях взвешенных веществ ($C_{\text{в}} < C_{\text{к}}$) необходима большая вероятность столкновений, для слабозаряженной взвеси (с низкими термодинамическим и электрокинетическим потенциалом) целесообразно в системе формировать моноядерные комплексы несущие слабый заряд или незаряженные. Для слабоконцентрированных систем с высоким значением электрокинетического потенциала, целесообразно наличие в системе ПГК противоположно заряженных, заряд увеличивается с возрастанием степени полимеризации ПГК. В области $C_{\text{в}} > C_{\text{к}}$, доза коагулянта может быть снижена при наличии в системе высокозарядных полиядерных гидроксокомплексов алюминия, что приведет к ускорению процесса потери агрегативной устойчивости взвеси.

Для проверки этих положений был проведен значительный объем исследований при изучении коагулирующих особенностей гидроалюмината натрия [6]. Основная идея заключалась в том, что при использовании различных соотношений сульфата алюминия и гидроалюмината натрия можно добиться преимущественного формирования полимерных или мономерных форм ПГК. Было установлено, что при соотношении доз коагулянтов по оксиду алюминия $СА : ГАН$ 3,2 и более в системе формировались в основном незаряженные мономерные формы. При соотношении менее 2,7 в системе наблюдали формирование полиядерных гидроксокомплексов. Наличие многозарядных продуктов гидролиза коагулянта было обнаружено при исследовании растворов методом ЯМР, дилатометрическим и методом потенциометрического титрования (по степени оттитрованности) [6].

Сопоставление теоретических положений и практических результатов показало хорошую их сходимость. Как и предполагали, при коагулировании маломутных вод (р. Иртыш: $M = 3,2 - 3,6$ мг/дм³; $Ц = 11 - 12$ град ПКШ; $Щ = 2,7 - 2,9$ мг-экв/л; $pH = 7,9 - 7,45$; $T = 0,2 - 2$ °C), наилучшие результаты получены при формировании в системе моноядерных гидроксокомплексов алюминия.

Совместное применение коагулянтов при соблюдении соотношения доз по оксиду алюминия $СА : ГАН = 3 : 1$ (преимущественное накопление моноядерных форм), позволяет получить нормативное качество очистки и доза коагулянта по оксиду алюминия может быть сокращена 30 % при снижении концентрации остаточного алюминия в обработанной воде с $0,5 - 0,23$ до $0,13 - 0,11$ мг/дм³. Мутность фильтрата составляла по базовому варианту ($СА + ПАА$) $2,3 - 0,7$ мг/дм³, по исследуемому – $0,4 - 0,2$ мг/дм³.

При очистке воды р. Дон ($M = 160$ мг/л; $Щ = 2,8 - 3,2$ мг-экв/л; $pH = 7,65 - 7,85$) было установлено, что по сравнению с базовым вариантом ($СА + ПАА$) совместное использование $СА$ и $ГАН$ в соотношении доз $2,7 : 1$ (формирование полиядерных гидроксокомплексов) является предпочтительным. Так как в этом случае снижается концентрация взвешенных веществ в отстаивной воде ($8,5$ мг/л), базовый – ($12,2 - 9,6$ мг/л), возможно также сокращения дозы реагентов по оксиду алюминия на 13 %.

Крупномасштабное производство полиоксихлоридов алюминия позволяет на современном этапе упростить технологическую схему очистки природных вод и при правильном выборе коагулянта, не только снизить потребность в нем, но и исключить введение дополнительных подщелачивающих реагентов.

Основные позиции выбора коагулянта можно сформулировать следующим образом:

1. В соответствии с исходными показателями качества природных вод целесообразно проводить предварительную теоретическую оценку коагулирующей активности реагентов с целью сокращения их количества;

2. Независимо от концентрации взвешенных веществ и цветности исходной воды при малом щелочном резерве и (или) низкой температуре обрабатываемой воды рекомендуется использовать высокоосновные коагулянты с целью минимизации снижения щелочности, предотвращения повышения эмиссии углекислого газа;

3. При мутности исходной воды более 50 мг/дм³ (в том числе и в паводковый период) целесообразно использовать высокоосновные коагулянты с целью формирования в системе полиядерных высокозарядных ПГК, что позволит при меньшей дозе коагулянта дестабилизировать частицы природной взвеси;

4. При низких значениях мутности (до 10 мг/дм³) и достаточном щелочном резерве целесообразно использовать низкоосновные коагулянты или сочетать высокоосновные с сульфатом алюминия для формирования в системе преимущественно мономерных ПГК.

Сравнительные рекомендации по выбору оптимального коагулянта в зависимости от исходного состава воды на основании литературных данных и с учетом преимущественного формирования ПГК приведены в таблице.

Сравнительные рекомендации по выбору коагулянта с учетом преимущественного формирования ПГК

Качественные показатели исходной воды	Рекомендуемый коагулянт по лит. данным	Рекомендации авторов	Примечание (решающий фактор)
р. Норильская М = 5,97мг/л рН = 7,69 Щ = 0,52 мг-экв/л	«АКВА-УРАТ™30» [1]	Высокоосновный ОХА + СА	Сохранение щелочного резерва
р. Варзоб М = 1925 мг/л рН = 8,1	«АКВА-УРАТ™18» «АКВА-УРАТ™30» [1]	Высокоосновный ОХА	Формирование полиядерных гидроксокомплексов
Воткинское водохранилище (р. Кама) М = 5,1 – 0,58мг/л Ц = 16-62; рН = 7,69; Щ = 0,52 мг-экв/л; Т < 5 °С	«АКВА-УРАТ™30» [2]	Высокоосновный ОХА	Сохранение щелочного резерва
р. Волга М = 1 - 1,5 мг/л Ц = 55 - 78 мг/л	В зимнее время «АКВА-УРАТ™30» [3]	В зимнее время Высокоосновный ОХА	Нивелирование действия низких температур
р. Чулым М = 16,84 мг/л Ц = 136 Щ = 3,32мг-экв/л Т = 1,2 °С	«АКВА-УРАТ™30» [4]	Высокоосновный ОХА	Нивелирование действия низких температур, формирование полиядерных гидроксокомплексов для снижения цветности

ЛИТЕРАТУРА

1. Сычев А.В., Гетманцев С.В. Применение оксихлорида алюминия для очистки воды с низким щелочным резервом // Водоснабжение и санитарная техника. 2005, № 8. С. 14 – 18.
2. Катаев В.В., Помосова Н.Б. и др. Реагентная обработка камской воды на Ижевском водопроводе // Водоснабжение и санитарная техника. 2005, № 8. С. 33 – 37.

3. Чуриков Ф.И., Яруллин Н.Ю., Овчинников В.П. Производственные испытания полиоксихлорида алюминия на водопроводных станциях г. Казани // Водоснабжение и санитарная техника. 2005, № 8. С. 38 – 42.
4. Мясникова Г.Б. Оценка коагулирующей способности реагентов в ОАО «Ачинский глиноземный комбинат» // Водоснабжение и санитарная техника. 2004, № 10. С. 14 – 16.
5. Гетманцев С.В. Использование коагулянтов в водоподготовке Сибири // Водоснабжение и санитарная техника. 2004, № 10. С. 6 – 8.
6. Вильсон Е.В. Эффективность использования гидроалюмината натрия в технологии водообработки. Дисс. на соискание степени канд. техн. наук, Новочеркасск 1991, 241 с.
7. Серпокрылов Н.С., Вильсон Е.В., Земченко Г.Н. Эколого-экономические аспекты реагентной обработки воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2005, № 8. С. 20 – 24.
8. Дерягин Б.В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок. – М.: Наука, 1986.-204 с.
9. Федотов М.А., Криворучков О.П., Буянов Р.А. Исследование гидролитической поликонденсации акваионов алюминия (Ш) как промежуточного этапа формирования гидрогелей алюминия (Ш) методом ЯМР на различных ядрах // Неорганическая химия. – 1978.- Т.23, вып. 9. – С. 2326 – 2331.
10. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. – М.: Наука, 1977. – 355 с.

УДК 628.16 + 628.335

НОВЫЕ ВИДЫ АЛЮМОСОДЕРЖАЩИХ КОАГУЛЯНТОВ, ИХ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПРИ ВОДОПОДГОТОВКЕ

Г.Н. Алексеева, Л.И. Тонков, Н.Л. Шипкова

Открытое акционерное общество «Сорбент», Пермь, Россия

В настоящее время основным алюмосодержащим коагулянтом, используемым для очистки воды хозяйственно-питьевого назначения, является *сульфат алюминия (СА)*. Это традиционный, хорошо известный для использования на водоканалах коагулянт. Однако основным недостатком сульфата алюминия является низкая скорость гидролиза в холодный период года, вследствие чего в очищенной воде остаточное содержание алюминия превышает допустимые нормы согласно действующим СанПиН 2.1.4.1074-01 [1].

На сегодняшний день требования к содержанию остаточного алюминия в очищенной воде ужесточены и составляют 0,2 мг/дм³ согласно ГН 2.1.5.1315-03 [2]. Используя сульфат алюминия в холодный период года, достичь этого показателя удастся с трудом. Для решения проблемы водоканалы используют подщелачивание очищаемой воды и увеличение дозы коагулянта.

Отделом химических технологий ОАО «Сорбент» разработана технология получения *гидроксохлорида алюминия*, являющегося высокоосновным полимерным соединением, обладающим одновременно коагулирующими и флокулирующими свойствами [3]. При использовании этого коагулянта водоканалам требуется перестроиться на новый метод контроля дозировки реагента в систему водоочистки, т. к. он является менее кислым и существующий в настоящее время контроль по изменению кислотности здесь не подходит. При подборе оптимальной для конкретной воды дозы достигается содержание остаточного алюминия в воде на порядок ниже требований действующих СанПиН 2.1.4.1074-01. При этом доза гидроксохлорида алюминия по сравнению с сульфатом алюминия в пересчете на Al_2O_3 может быть снижена.

Вторым направлением в повышении коагулирующей способности сульфата алюминия является получение смешанных коагулянтов на основе сульфата алюминия [4].

Нашим предприятием разработан ряд смешанных алюмосодержащих коагулянтов, обладающих коагулирующей способностью, не зависящей от температуры очищаемой воды.

Сравнительная характеристика алюмосодержащих коагулянтов, выпускаемых ОАО «Сорбент», представлена в табл. 1.

Гидроксохлоросульфат алюминия (ГХСА) является смешанным коагулянтом на основе сульфата алюминия с добавлением раствора гидроксохлорида алюминия [5]. Выпускается в виде кристаллогидрата и рекомендуется для применения на мутных водах в холодный период года. Улучшение коагулирующей способности достигается совместным присутствием сульфата и частично гидролизованного хлорида алюминия. Промышленные испытания ГХСА на водоканале г. Чернушка Пермской области в паводковый период показали ряд преимуществ этого коагулянта перед традиционным сульфатом алюминия, таких, как более высокая скорость гидролиза на холодной воде, более глубокая очистка по железу и органическим соединениям, определяемым показателем перманганатной окисляемости.

Таблица 1. Сравнительная характеристика алюмосодержащих коагулянтов, выпускаемых ОАО «Сорбент»

Коагулянты			Показатели качества				
			Внешний вид	Массовая доля основного вещества в пересчете на оксид алюминия, %, не менее	Атомное отноше- ние	Массовая доля не- раствори- мых в воде веществ, %, не более	Водород ный показа- тель (pH)*
Сульфат алюминия	Твердый		Твердые частицы неправильной формы	15,0	–	0,7	3,2 ± 0,2
	Раствор	Марка «А»	Прозрачная жидкость с серым оттенком	7,5	–	1,0	3,2 ± 0,2
		Марка «Б»		7,0	–	1,0	2,5 ± 0,2
Гидроксид алюминия	Марка «А»		Прозрачная жидкость с серым оттенком	18,0	Cl/Al не более 1,5	–	4,0 ± 0,5
	Марка «Б»		Кристаллическ ий порошок желто- зеленого цвета	45,0	Cl/Al не более 1,5	–	4,0 ± 0,5
Смешанные коагулянты на основе сульфата алюминия	ГХСА		Твердые частицы неправильной формы желтоватого цвета	15,0	Fe/Al	1,0	3,0 ± 0,5
	АЖК		Твердые частицы неправильной формы желто- коричневого цвета	$\Sigma(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3)$ 15,0	0,13 – 0,15	2,0	2,5 ± 0,3
	Сульфат алюминия модифициро- ванный.		Твердые частицы неправильной формы серо- черного цвета	15,0	–	1,0 Уголь – не менее 3	3,0 ± 0,5

* для водного раствора с массовой долей основного вещества 0,5 % в пересчете на оксид алюминия.

Алюможелезный коагулянт (АЖК) – смешанный коагулянт на основе сульфата алюминия, полученный частичной заменой алюминия на соединение железа [6]. Потребительские свойства коагулянта определяются совместным присутствием солей железа и алюминия, что выражается в получении крупных, быстрообразующихся хлопьев,

способствующих увеличению скорости осаждения и фильтрации. Обладает повышенной коагулирующей способностью при очистке от органических веществ, определяемых как перманганатная окисляемость, при этом возможен отказ от использования флокулянтов. Промышленные испытания коагулянта на водоканале г. Чайковский Пермской области подтвердили эффективность алюможелезного коагулянта. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты промышленных испытаний алюможелезного коагулянта на водоканале г. Чайковский Пермской области

Температура исходной воды, °С	Понижение щелочности, мг-экв/дм ³	Доза АЖК по сумме оксидов, мг/дм ³	Доза АЖК по товарному продукту, мг/дм ³	Исходная вода / очищенная вода					
				Мутность, мг/дм ³	Цветность, мг/дм ³	Алюминий, мг/дм ³	рН	Окисляемость, мгО/дм ³	Железо, мг/дм ³
1,3	0,7	9,5	60	1,4/н/о	42/5	–/0,07	7,4/6,7	8,2/1,4	н/о
4,7	0,6	8,1	53	3,2/н/о	29/5	–/0,07	6,75/6,75	6,7/1,6	н/о
9	0,5	6,7	42	3,2/н/о	26/4	–/0,06	7,6/6,8	6,0/1,5	н/о
12	0,4	6,1	38	3,8/н/о	25/4	–/0,05	7,7/6,85	6,4/1,2	н/о

Сульфат алюминия технический очищенный модифицированный является коагулянтом на основе сульфата алюминия с введением в его состав древесного угля определенной фракции [7].

В случае использования сульфата алюминия модифицированного при водоочистке, он является замутнителем, что ускоряет процесс хлопьеобразования, а введенный уголь служит адсорбентом для тяжелых металлов и органических веществ, таких как фенолы и нефтепродукты, устраняет неприятные привкусы и запахи воды.

Для достижения положительного эффекта при использовании сульфата алюминия модифицированного требуется обеспечение перемешивания в емкостном оборудовании, особенно при приготовлении и дозировке рабочих растворов с целью устранения потерь угля. Концентрирование сорбента на поверхности фильтров формирует дополнительный адсорбционный слой, что повышает степень очистки.

Проведенные промышленные испытания на водоканале г. Чернушка Пермской области показали эффективность модифицированного коагулянта.

В период испытаний цветность колебалась от 396 до 36 град, мутность – от 5,2 до 84,0 мг/дм³, однако, качество очищенной воды соответствовало требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. При этом станция водоподготовки работала в перегруженном режиме с увеличенной скоростью потока на первой ступени очистки.

Смешанные коагулянты являются наиболее эффективными по сравнению с сульфатом алюминия, что облегчает достижение соответствия нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 очищенной воды.

Одной из проблем получения чистой воды в настоящее время является очистка от загрязнений поверхностных вод стоками предприятий. Существующие в настоящее время очистные установки на предприятиях не позволяют в большинстве случаев довести состав стоков до требуемых норм.

Новые виды коагулянтов, предлагаемых ОАО «Сорбент», решают проблему на стадии доочистки стоков. Основным требованием высокой эффективности применяемых коагулянтов является подбор кислотности очищаемых стоков, что на каждый вид стоков подбирается индивидуально. При правильно подобранных условиях доза коагулянта для доочистки незначительна.

Так, отделом химических технологий ОАО «Сорбент» проведены работы по определению возможности применения различных видов алюмосодержащих коагулянтов, выпускаемых предприятием, для очистки сточных вод гальванопроизводств.

Полученные данные, характеристика исходного состава стоков и установленные нормы допустимых сбросов веществ приведены в табл. 3.

Таблица 3. Очистка сточных вод гальванопроизводств коагулянтами ОАО «Сорбент»

Исходный состав стоков, мг/дм ³	Условия очистки					Анализ очищенных стоков по элементам, мг/дм ³					
	рН исход.	Тип коагулянта	Доза по Al ₂ O ₃ , мг/дм ³	рН коагул	рН фильтр	Al	Fe	Ni	Zn	Cu	Cr ³⁺
Al – 1,96 Fe – 82,6 Ni – 8,56 Zn – 1,86 Cu – 0,46 Cr ⁶⁺ – 8,4 Cr ³⁺ – 12,2 рН 1,72	9,0	Гидроксо-хлорид алюминия	5	8,2	7,3	0,06	0,15	н/обн.	/обн.	0,17	не обнаружен
			10	8,6	7,3	0,14	0,10	0,18	н/обн.	0,08	
			20	8,5	8,5	н/обн.	0,05	0,09	0,09	0,02	
			10	9,5	9,0	0,30	0,34	0,30	н/обн.	0,02	
			10	9,5	9,0	0,30	0,34	0,30	н/обн.	0,02	
	10,0	Алюмо-железный коагулянт	5	7,6	6,8	н/обн.	0,92	0,78	0,03	0,16	
			10	6,5	6,5	0,03	0,56	0,76	0,04	0,15	
			10	8,5	7,3	0,17	0,14	0,04	0,03	0,23	
			10	8,5	7,3	0,17	0,14	0,04	0,03	0,23	
			10	8,5	7,3	0,17	0,14	0,04	0,03	0,23	
	9,0	Сульфат алюминия	5	7,8	7,2	н/обн.	0,02	0,68	0,03	0,15	
			10	7,3	7,1	0,02	0,02	0,45	0,01	0,23	

Примечание: Cr⁶⁺ – при рассмотренных условиях не удаляется, необходим перевод его в Cr³⁺. разрешенные нормы сброса, мг/дм³: Al – 4,0; Fe – 3,5; Ni – 0,1; Cr³⁺ – 0,07; Cu – 0,037; Zn – 0,04; рН = 6 ÷ 9.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» М., Минздрав России, 2002.
2. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03, утв. 15.06.2003 г. «ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».
3. Патент РФ № 2131845 «Способ получения основных хлоридов алюминия» приоритет от 08.12.97.
4. Запольский А.К., Баран А.А. «Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды». Л.: Химия, 1987.
5. Патент РФ № 2177908 «Способ получения коагулянта на основе смешанных солей алюминия» приоритет от 10.03.2000 г.
6. Патент РФ № 2264352 «Способ получения алюможелезного коагулянта» приоритет от 27.10.2004 г.
7. Заявка № 2005117867 «Способ получения сульфата алюминия модифицированного» приоритет от 09.06.2005 г.

УДК 628.12.066(470.61)

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕТЛЕНИЯ ВОДЫ НА ВОДОПРОВОДАХ ЮГА РОССИИ

Д.Д. Педашенко, Л.Н. Божко

ФГУП Ростовский НИИ коммунального хозяйства, Ростов-на-Дону, Россия

А.Ю. Скрябин

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

В южных районах России для хозяйственно-питьевого водоснабжения используются водоисточники с меняющимися в широком диапазоне показателями качества воды, особенно по мутности: реки Дон, Миус, Кубань, Обь и др.

Мутность питьевой воды является важным интегральным показателем, определяющим не только степень загрязнения воды нежелательными взвешенными веществами, например, некоторыми солями тяжёлых металлов, но и препятствующим эффективному обеззараживающему процессу (при любом методе обеззараживания).

Проектом Федерального закона «О питьевой воде и питьевом водоснабжении» [1], который находится на рассмотрении в Государственной Думе, предусматривалось ужесточить норматив по

показателю «мутность» с 2,6 до 1 ед. мутности (0,58 мг/л) – в целях обеспечения безопасности питьевой воды в отношении паразитарных агентов. Этот шаг позволил бы повысить безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении взамен увеличения частоты контроля и перечня, контролируемых паразитологических показателей, так как доступные для практического использования методы контроля в России отсутствуют. А в перспективе в соответствии с рекомендациями ВОЗ 2004 года предполагалось дальнейшее снижение этого показателя до 0,1 ед. мутности.

Однако предлагаемый проектом первоначальный уровень требований к показателю «мутность» (0.58 мг/л) пока не принят, по-видимому, в связи с тем, что для этого в большинстве случаев необходима дорогостоящая реконструкция водоочистных сооружений.

Но, каким бы не был узаконен отечественный норматив по мутности питьевой воды, необходимо использовать такую коагуляционную обработку, чтобы обеспечивалась минимальная величина этого показателя. Актуальность проблемы во многих случаях определяется создавшейся в последнее время санитарной обстановкой по существующим водозаборам. Так, по данным санэпиднадзора, увеличилась микробиологическая загрязнённость водоисточников Ростовской области, в том числе и р. Дон. Вирусные загрязнения обнаруживаются в каждой второй пробе речной воды.

Для коммунальных водопроводов, использующих для очистки мутные поверхностные воды, эффективной является специальная схема обработки неорганическим и органическим коагулянтами с поддержанием высокого градиента скорости в процессе коагуляции (более 68 с^{-1}) [2]. Она была реализована на некоторых водопроводах Юга России. В частности наиболее оптимальным является технологическое решение такой обработки, осуществлённое на Александровских водоочистных сооружениях Ростовского водопровода [3]. Основные сложности очистки воды на этих сооружениях связаны с их высокой перегрузкой и недостаточным перепадом уровней воды в цепочке «смеситель-отстойник-фильтр». Суммарная подача речной воды на водоочистные сооружения с насосных станций первого подъёма № 2 и № 3 постоянно (даже в зимнее время) превышает их проектную производительность, составляющую 320 тыс. м³/сут, в 1,4 – 1,7 раза.

Коагулянты дозируются на насосных станциях первого подъёма, расположенных на расстоянии примерно 2 км от водоочистных сооружений (время перемешивания воды с реагентами в водоводах составляет 21 – 27 мин). В качестве неорганического коагулянта используется «АКВА-АУРАТTM10», а органического – полиДАДМАХ.

Соблюдено важное условие для эффективной коагуляции и образования быстрооседающих хлопьев загрязнений – предварительный ввод «АКВА-АУРАТ™10» за 60 – 70 секунд до ввода полиДАДМАХ.

Дозирование реагентов осуществляется в товарном виде: полиДАДМАХ вводится винтовыми эксцентриковыми бесклапанными насосами-дозаторами Spectra 12/33, а «АКВА-АУРАТ™10» – мембранными насосами. Оба типа насосов – производство фирм Германии.

Предусмотрено оборудование автоматизации дозирования полиДАДМАХ, которое позволяет обслуживающему персоналу задать один из режимов:

- автоматический – дозирование полиДАДМАХ в зависимости от мутности речной воды (по показаниям промышленного мутномера) и от производительности насосной станции 1-го подъема (по показаниям расходомеров, установленных на водоводах или по количеству работающих насосов;

- полуавтоматический – дозирование полимера по назначенной обслуживающим персоналом дозе;

- ручная регулировка дозы – на частотном преобразователе устанавливается необходимая частота тока, от которой зависит количество оборотов ротора насоса-дозатора и, следовательно, подачи реагента.

Отдельные результаты обработки воды обоими реагентами по сравнению с самостоятельной обработкой полиДАДМАХ на Ростовском водопроводе в 2006 году приведены в таблице [2].

Эти результаты свидетельствуют о том, что добавление оксихлорида алюминия уменьшает мутность как отстоянной, так и питьевой воды, примерно в 2 раза, достигая среднесуточных величин для питьевой воды до 0,3 мг/л даже при перегрузке водоочистных сооружений в 1,7 раза. При этом температура не оказывает заметного влияния на процесс коагуляции и осветления воды. Замечено, что не осевшие в отстойниках взвешенные вещества выглядят в виде мелких, но визуально различимых частиц, способных задерживаться в фильтрующей загрузке, в то время как при обработке только полиДАДМАХ остаточная мутность представлена визуально не различимыми частицами в виде тумана, которые в фильтрах задерживаются значительно хуже.

С повышением доз «АКВА-АУРАТ™10» эффект осветления воды как отстоянной, так и фильтрованной повышается, а со снижением – наоборот ухудшается независимо от величины доз полиДАДМАХ. В процессе длительных испытаний зафиксировано снижение мутности воды не только на выходе водоочистных сооружений, но и отбираемой из контрольных точек сети города, которая имеет общую продолжительность более 2000 км. Длительная подача более чистой воды в сеть будет

способствовать постепенному оздоровлению её санитарного состояния и повысит безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении [4].

Сравнительные результаты обработки воды

Дата, показатели	Обработка полиДАДМАХ			Обработка полиДАДМАХ и «АКВА-АУРАТ™10»		
	доза, мг/л	мутность отстоянной воды, №/мг/л	мутность на выходе ВОС, мг/л	дозы поли ДАДМАХ / Al_2O_3	мутность отстоянной воды, №/мг/л	мутность на выходе ВОС, мг/л
04.04.06 г. М = 35 – 45 мг/л (русло), М= 20 мг/л (ковш), Т = 6 °С, Q = 520– 560 тыс. м ³ /сут	0,4 – 0,6	29 – 36/2,7 21 – 28/2,7	0,6 – 0,8	0,4– 0,6/0,6	29 – 36/1,6 21 – 28/1,9	– –
07.04.06 г. М =30 мг/л (русло), М= 17 мг/л (ковш), Т = 6 °С, Q = 522 тыс.м ³ / сут	0,2 – 0,48	29 –36/1,36 21 – 28/1,9 1 – 10/2,7 11 – 20/3,2	0,7	0,2 – 0,48/ 0,5 – 0,6	29 –36/0,46 21 – 28/0,8 1 – 10/1,2 11 –20/1,54	0,41
Трёхсуточный период						
04. – 07.06. 2006 г. М = 10 – 15 мг/л, Т = 20 °С, Q = 420 – 570 тыс м ³ /сут	0,15/0,22	1 – 36/4	0,6 – 0,8	0,15 – 0,22/ 0,41 – 0,25	1 – 36/1,5	0,3 – 0,45

ВЫВОДЫ

1. На водопроводах Юга России, где в качестве водоисточников используются мутные поверхностные воды, эффективной является технологическая схема коагуляционной обработки воды двумя реагентами – полиоксихлоридом алюминия и полиДАДМАХ, но с высоким градиентом скорости ($> 68 \text{ с}^{-1}$) в процессе коагуляции. Последнее позволяет снизить мутность питьевой воды примерно в два раза, даже в условиях высокой перегрузки водоочистных сооружений.

2. При снижении мутности питьевой воды повысится безопасность её в эпидемическом отношении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон. Специальный технический регламент «О питьевой воде и питьевом водоснабжении» Проект.
2. Педашенко Д.Д., Божко Л.Н. Осветление мутных поверхностных вод на коммунальных водопроводах // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 1.
3. Педашенко Д.Д., Божко Л.Н. Обработка воды реагентами полиДадмах и «АКВА-АУРАТ™10» для водоснабжения г. Ростова-на-Дону // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. № 10. С. 2.
4. Айдинов Г.Т., Соловьёв М.Ю., Зыкова Т.А. и др. Снижение мутности питьевой воды на Ростовских водоочистных сооружениях с целью повышения их барьерной роли по отношению к вирусным загрязнениям // Гигиена и санитария. 2005. № 3.

УДК 628.16

ПОВЫШЕНИЕ КОАГУЛЯЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛИОКСИХЛОРИДОВ АЛЮМИНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Н.С. Серпокрылов, М.Ю. Баринов, А.Ф. Садовников, Т.В. Клименко
Ростовский государственный строительный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Основным направлением, повышающим качество очистки воды от взвешенных веществ, является выбор наиболее эффективных реагентов для ее коагуляционной обработки. Традиционно применяемый в качестве коагулянта сернокислый алюминий в настоящее время все чаще заменяется коагулянтами нового поколения – полиоксихлоридами алюминия (ПОХА), например марки «АКВА-АУРАТ». Между тем стоимость таких коагулянтов в настоящее время остается достаточно высокой, особенно для коммунальных предприятий. Поэтому поиск способов снижения их потребления путем уменьшения их доз при одновременном улучшении качества очистки и снижении эксплуатационных расходов является весьма актуальным.

Способов оптимизации конвективной (в объеме) коагуляции воды на сегодняшний момент известно достаточно много и в основном все они сводятся к следующим группам:

- изменение физико-химических свойств образующейся в процессе гидролиза коагулянта коллоидной системы (предварительная обработка окислителями и корректорами pH);

- оптимизация гидродинамического режима коагуляции (смешение и хлопьеобразование);

- физические методы интенсификации коагуляции (аэрирование, наложение электрического и магнитного полей, воздействие ультразвуком, ионизирующим излучением);

- повышение коагулирующей активности применяемого коагулянта (концентрационное коагулирование, применение смеси коагулянтов и т.д.).

В настоящее время последняя группа способов остается как бы в «тени», т.к. достаточно сложно, а порой и невозможно, в условиях действующих сооружений изменить коагулирующие свойства применяемого коагулянта.

В данной статье приводятся предварительные результаты экспериментов по активации ПОХА – «АКВА-АУРАТ™30» (АА) одним из самых простых и доступных методов нанотехнологий – диспергирования продукта активации – приготовляемого рабочего раствора АА. В связи с тем, что проведенные исследования вторгаются в сферу высоких технологий, а, также учитывая сложность и еще недостаточную изученность происходящих при этом процессов, в статье в основном приводятся лишь результаты проведенных предварительных исследований и не делается попыток объяснения физических и химических превращений.

Целью исследований являлась интенсификация процесса агрегирования взвешенных веществ при коагулировании воды, содержащей взвешенные вещества, путем повышения коагуляционной активности рабочего раствора (в действительности низкоконцентрированной суспензии) АА, его диспергированием вплоть до размеров наночастиц, а также увеличение времени «старения» рабочего раствора.

Диспергирование приготовляемого рабочего раствора по предлагаемому способу осуществлялось на установке «Термомикс» (производство Германии). Для увеличения турбулизации перемешиваемого объема дополнительно использовались специальные диспергирующие насадки, а также вихревой кавитационный генератор (производство ООО «ПАСАТЕРМ» г. Шахты, Ростовской обл.). Последний представляет собой корпус с расположенными внутри его на одном валу дисками.

В этой серии экспериментов критерием оценки степени дисперсности частиц являлась оптическая плотность приготовленного рабочего раствора АА, которая определялась с помощью фотоэлектроколориметра при длине волны 540 нм.

Известно, что чем выше оптическая плотность рабочего раствора при одинаковой исходной концентрации АА, тем больше частиц находится

в конусе Тиндаля, то есть в единице объема. Это также можно интерпретировать как большую поверхностную энергию диспергированных частиц и, следовательно, большую коагуляционную активность.

В результате проведенных исследований было установлено, что оптическая плотность и, следовательно, степень дисперсности приготовляемого рабочего раствора АА увеличивается с ростом интенсивности перемешивания (среднеквадратичного значения скорости перемешивания G) в большей степени, чем с ростом времени перемешивания (T). Так в ходе экспериментов оптическая плотность рабочего раствора АА, приготовленного на установке «Термомикс», при гидродинамических параметрах: $G = 4000 \text{ с}^{-1}$ и $T = 6$ мин увеличилась с 1,10 до 1,38, а при $G = 9000 \text{ с}^{-1}$ и $T = 2$ мин составила 1,58. Применение специальной диспергирующей насадки при этих же параметрах перемешивания позволило еще более повысить степень дисперсности – оптическая плотность увеличилась до 2,58.

Резкое увеличение оптической плотности и, следовательно, степени дисперсности произошло также при применении для приготовления рабочего раствора АА вихревого теплогенератора. При развиваемом им $G = 11200 \text{ с}^{-1}$ и времени (9,3 мин) циркуляции через него приготавливаемого раствора АА, его оптическая плотность составила уже 4,57, что позволяет говорить о частицах, близких к наноразмерам.

Моделирование процесса очистки воды от взвешенных веществ рабочим раствором АА, приготовленным тем или иным способом, проводили путем осветления искусственно приготовленной суспензии каолина на специальной установке типа «Джар-Тест». Эксперименты проводились на водопроводных очистных сооружениях г. Ростова-на-Дону. Доза рабочего раствора АА была принята 5 мг/дм^3 по Al_2O_3 , что соответствовало 50 %, заранее определенной по стандартной методике оптимальной для данной мутности суспензии каолина. Это было вызвано тем обстоятельством, что осветление суспензии каолина при помощи АА при оптимальных его дозах происходило весьма интенсивно, и разность в показателях качества отстоянной воды (ее оптическая плотность) в этом случае иногда превышала ошибку измерения (10 %).

Гидродинамический режим коагуляционной обработки в процессе моделирования был принят как наиболее характерный для условий применения АА в процессах очистки воды от взвешенных веществ и составлял: время смешения – 2 мин; $G_{\text{см}} = 100 \text{ с}^{-1}$; время «медленного» перемешивания (процесс хлопьеобразования) – 10 мин. $G_{\text{пер}} = 30 \text{ с}^{-1}$. Время отстаивания составляло 30 мин. Результаты моделирования влияния условий приготовления рабочего раствора АА на его коагуляционные свойства приведены в табл. 1.

Как известно, со временем происходит «старение» приготовленных растворов коагулянтов и уменьшение их коагулирующей способности. Поэтому была изучена стойкость полученных рабочих растворов АА в течение 120 часов с момента приготовления. Установлено, что за 120 часов при традиционном воздушно-механическом приготовлении оптическая плотность и активность рабочего раствора снижается с 1,1 до 0,18, т. е. в 6,1 раза. В лучшем варианте без насадки (2000 с⁻¹, 2 мин.) она снизилась с 1,6 до 1,17, т. е. в 1,4 раза, а с насадкой (9000 с⁻¹, 2 мин.) – с 3 до 2, т. е. в 1,5 раза. Через сутки снижение активности рабочего раствора АА наблюдается еще более заметно: при воздушно-механическом приготовлении в 2,6 раза, при диспергировании без насадки – в 1,14, с насадкой – 1,07.

Для проверки полученных результатов в полупроизводственных условиях изучали осветление воды р. Дон. Сравнивались различные способы приготовления рабочего раствора ПОХА «АКВА-АУРАТ™30»: I – традиционное воздушно-механическое перемешивание, которое чаще всего применяется на очистных сооружениях; II – высокоскоростная мешалка с диспергатором при $G = 9000 \text{ с}^{-1}$ и временем перемешивания 4 мин; III – вихревой кавитационный генератор при $G = 11200 \text{ с}^{-1}$ и временем перемешивания 1,8 мин; IV – тоже, но при 9,3 мин.

Таблица 1. Результаты моделирования влияния диспергирования рабочего раствора «АКВА-АУРАТ™30» на процесс осветления каолиновой суспензии различной концентрации при дозе 5 мг/дм³ по Al₂O₃

Параметры приготовления рабочего раствора АА			Параметры исходной каолиновой суспензии		Оптическая плотность после 30 мин отстаивания
Тип перемешивающего устройства	G, с ⁻¹	T, мин	условия разбавления	оптическая плотность	
воздушно-механическое		5	8-кратное	1,05	0,58
"Термомикс" без диспергирующей насадки	4000	1			0,55
		3			0,51
		5			0,43
		6			0,50
воздушно-механическое		5	без разбавления	За пределами определения фотоэлектроколориметрическим способом	1,58
"Термомикс" со специальной диспергирующей насадкой	4000	1			1,35
		3			1,25
		5			1,38
		6			1,39
воздушно-механическое		5	12-кратное разбавление	0,258	0,17
"Термомикс" без диспергирующей насадки	9000	2			0,15

Доза вводимого раствора АА принималась равной производственной, характерной для данного качества исходной воды. Гидродинамические условия процесса коагуляции принимались идентичными для обработки речной воды на очистных сооружениях в поселке Александровка (г. Ростов-на-Дону) при введении реагентов на площадке очистных сооружений: смешение (смеситель) – $G = 80 \text{ с}^{-1}$, время 3 мин; движение по трубопроводам от смесителей к камерам хлопьеобразования – $G = 120 \text{ с}^{-1}$, время 1,5 мин; перемешивание в камере хлопьеобразования – $G = 15 \text{ с}^{-1}$, время 6 мин.

Наиболее типичные результаты испытаний (табл. 2) показывают, что при интенсивных способах приготовления рабочего раствора АА, эффективность агрегации взвеси выше по сравнению с традиционным способом, что позволяет снизить в 2 – 3,5 раза мутность отстаивной воды.

Таблица 2. Результаты исследований по осветлению воды р. Дон

Доза по Al_2O_3 , мг/дм ³	Мутность воды, мг/дм ³				
	исходная	после отстаивания через промежутки времени (мин)			
		0	10	20	30
2,2	16,4	11,3	5,9	4,5	4,5
		6,4	3,6	2,8	2,4
		11,4	4,1	4,6	2,8
		6,0	3,1	2,8	2,2
1,8	13,7	11,9	10,4	9,9	8,5
		10,8	9,1	6,8	5,6
		9,6	6,8	6,4	5,1
		9,4	7,7	5,7	4,1
0,9	5,4	5,0	4,8	3,5	2,8
		5,1	3,1	2,3	1,1
		3,9	3,0	1,7	1,2
		4,5	2,1	0,8	0,8

Учитывая, что при применении кавитационно-вихревого генератора для диспергированияготавливаемого рабочего раствора АА параллельно происходит нагрев раствора, что является несомненным преимуществом такого способа при низких температурах в сравнении с традиционными способами, в которых в эти периоды зачастую требуется подача в растворные баки коагулянта горячей воды нагретой другим источником теплоснабжения, в этом случае, растворение товарного порошкообразного полиоксихлорида алюминия в растворном баке происходит путем многократной циркуляции содержимого бака через кавитационно-вихревой поток, создаваемый при помощи вихревого теплогенератора, в котором происходит и диспергирование частиц приготавливаемой суспензии вплоть до наноразмеров.

ВЫВОД

В качестве вывода можно отметить повышение эффективности коагуляционной обработки примесей природных вод путем высокого уровня диспергирования рабочего раствора АА, добавляемого в обрабатываемую воду при ее кондиционировании.

УДК 628.162

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ «АКВА-АУРАТ™30» В ЗИМНИЙ ПЕРИОД НА СТАНЦИИ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ «КАМА-ИЖЕВСК»

А.А. Становских, Н.Б. Помосова
МУП «Ижводоканал», Ижевск, Россия

В.П. Овчинников, Ф.И. Чуриков
ЗАО «Таурат», Казань, Россия

В феврале – марте 2006 года проведены наладочные работы (НР) по оптимизации технологии водоподготовки с использованием полиоксихлорида алюминия (ПОХА) – «АКВА-АУРАТ™30» (АА30) в присутствии анионоактивного флокулянта «Праестол 2515» ($MM \approx 9 \cdot 10^6$). До этого на станции подготовки воды (СПВ) были внедрены сухие флокулянты – К 650TR, АК 631 (катионные) и Praestol 2500 (неионогенный), которые показали высокую эффективность в периоды высокой цветности и мутности воды в водоисточнике (Воткинское водохранилище, 54 км от СПВ). Качество исходной камской воды в период НР: мутность (М) $0,25 - 0,44$ мг/дм³; цветность – $21 \div 23$ град; перманганатная окисляемость – $6,1 \div 7,2$ мгО₂/дм³; рН = $7,2 \div 7,56$; щелочность $\approx 2,2$ мг-экв/дм³; $t - 0,1$ °С.

В наших исследованиях были поставлены следующие задачи:

- 1) повышение качества очистки воды по показателям – остаточный Al^{3+} , перманганатная окисляемость (ПО), характерных для холодного периода года, когда ухудшаются и без того «вялотекущие» процессы коагуляции;
- 2) обеспечение выхода технологии СПВ на такой уровень очистки, который в перспективе способен обеспечить выполнение требований нового Федерального закона «О питьевой воде и питьевом водоснабжении» (в стадии проекта).

Станция с проектной производительностью $Q = 185000$ м³/сут функционирует по типовой двухступенчатой технологии: осветление воды в горизонтальных отстойниках со встроенными камерами хлопьеобразования зашламленного типа и фильтрование на скорых

фильтрах. В летнее время используется сульфат алюминия (СА), в холодные периоды года (до 7 месяцев) – АА30. Технологическая схема состоит из двух параллельно работающих блоков: секций П-5 и Л-4. Секция П-5 включает вертикальный гидравлический смеситель вихревого типа, пять горизонтальных отстойников и пять скорых фильтров. Секция Л-4 аналогична П-5; отличие – состоит из четырех отстойников и четырех фильтров.

Ввод коагулянта производится в водовод исходной воды перед смесителями секций П-5 и Л-4, флокулянта – в отводящие из смесителя трубопроводы (имеется 4 точки).

Подбор наиболее эффективных доз реагентов проводился в лабораторных условиях в два этапа. На первом – определялась оптимальная доза коагулянта (диапазон 4 – 14 мг $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{дм}^3$) без флокулянта; на втором этапе – оптимизация процесса коагуляции в присутствии PR 2515. Интервал времени отстаивания составлял 2 ÷ 120 мин.

Показатели качества (М и остаточный А1) определялись в отстоянной воде.

Пробное коагулирование проводилось по ГОСТ Р51642-2000 на установке с механическим перемешиванием и термостатированием проб при температуре приближенной к условиям водоисточника.

1) *Особенности первого этапа пробного коагулирования.* Кинетические кривые процесса коагуляции речной воды и изменения концентрации остаточного Al^{3+} идут через экстремум – наилучшие эффекты снижения мутности и остаточного А1 соответствует дозе 6 – 8 мг/дм³; дальнейшее повышение дозы реагента до 12 мг/ дм³ не улучшает очистку воды, а передозировка свыше 12 мг/дм³ – приводит к ухудшению, как по М, так и по остаточному А1 (по-видимому, из-за повышения кинетической устойчивости тонкодисперсных фракций хлопьев и их пептизации).

2) *Особенности второго этапа пробного коагулирования.* Осветление воды проводилось при неизменной, оптимальной дозе коагулянта, дозы вводимого полимера варьировались в широком интервале концентраций – 0,06 ÷ 0,2 мг/дм³.

Характер процессов коагуляции, хлопьеобразования и их седиментации в присутствии макромолекул флокулянта резко меняются.

При всех исследованных дозах коагулянта (6, 7, 8 мг/дм³) наилучшие результаты очистки воды наблюдаются в интервале доз вводимого полимера 0,1 – 0,12 мг/дм³. При увеличении доз полимера до 0,2 мг/дм³ эффективность бинарной системы реагентов (по цветности, мутности, ПО) остается на одном уровне.

Учитывая природу анионноактивного полимера, повышение дозы PR 2515 должно приводить к закономерному снижению концентрации

остаточного Al в осветленной воде. Объяснение этому явлению лежит в природе полимера. Сополимер PR 2515 содержит $\approx 15\%$ карбоксилатных групп (COO^-), что способствует реакциям комплексообразования с ионами цветных и тяжелых металлов (Al , Fe , Cu и др.) и связыванию их в нерастворимые соединения, переходящие в осадок. Из этого следует, (подтверждено исследованиями на модельных системах в КГТУ, г. Казань), что при температуре холодной воды менее $5^\circ C$ следует применять высокие дозы анионоактивных флокулянтов (праестолы – 2515; 2520; 2530) в интервале $0,7 - 0,15$ мг/дм³. В теплое время эти флокулянты активны при меньших дозах – $0,01 \div 0,06$ мг/дм³.

Во всех случаях правильно подобранные дозы полимера – это дополнительный фактор повышения эффективности очистки по снижению остаточного Al^{3+} в готовой воде. Этот фактор учитывается не всеми ВОС по сезонам года.

3) Изучено влияние концентрации рабочего раствора АА30 (от 2 до 4 % по Al_2O_3) на эффект очистки. Использованы дозы «АКВА-АУРАТTM30», $Al_2O_3 - 7$ мг/дм³, полимера – $0,07$ мг/дм³.

Установлено, что наибольшей коагулирующей способностью обладают рабочие растворы коагулянта с $3,4 - 3,6\%$ концентрацией по оксиду алюминия.

4) Исследовано влияние времени между интервалами ввода коагулянта и флокулянта (в диапазоне 2 – 17 мин, через каждые 3 минуты).

Выяснено, что для получения наилучших результатов очистки воды необходимо флокулянт вводить после коагулянта через ≈ 5 мин. Наладочные работы проводились с учетом процессов, смоделированных в лаборатории. Дозы АА30 по Al_2O_3 $3 - 8$ мг/дм³, флокулянта $0,05 - 0,1$ мг/дм³.

В период НР часовой расход воды на СПВ менялся в интервале $8,6 - 12,1$ тыс. м³/сут (производительность возрастала на $11 - 60\%$ выше проектной).

Основные результаты наладочных работ.

1. Применение коагулянта «АКВА-УРАТTM30» и флокулянта «Праестол 2515» в зимний период при «нулевой температуре» и дефиците мутности в речной воде позволяет повысить качество питьевой воды до требований не только СанПиН 2.1.4.1074-01, но и международных нормативов. Достигнута мутность $\approx 0,02$ мг/дм³ (эффект очистки $\approx 99,9\%$), цветность не более 6 град. (эффект $\approx 72 \div 75\%$), перманганатная окисляемость – $2,4$ мг O_2 /дм³ ($40 - 33\%$).

2. Динамика изменения мутности по длине горизонтального отстойника показывает, что в холодной воде коагуляция коагулянта АА30 (степень гидролиза продукта $\approx 43\%$) протекает недостаточно активно. Барьерная роль отстойников по задержанию ВВ при дозах коагулянта $3 - 5,5$ мг/дм³ и флокулянта $0,05 - 0,075$ мг/дм³ падает на $5 - 30\%$. Связано это

с тем, что процессы коагуляции и осаждения тонких фракций хлопьев гидроксида алюминия практически не происходят. Концентрация суммарного остаточного алюминия перед фильтрами $1,65 - 2,05 \text{ мг/дм}^3$, при этом 76 – 77 % его находится в растворенной форме (в виде Al^{3+}). Увеличение доз коагулянта до $7 - 8 \text{ мг/дм}^3$ и флокулянта до $0,09 \text{ мг/дм}^3$ улучшает коагуляцию и эффективность работы отстойников возрастает до 44 – 66 %. Однако содержание остаточного Al остается высоким – $1,55 \div 1,95 \text{ мг/дм}^3$ в секции – П-5 и $1,43 \div 1,73 \text{ мг/дм}^3$ в секции Л-4. Доля растворенного алюминия при этом увеличивается до 80 %.

Из-за низкой эффективности работы отстойников происходит перераспределение функций работы сооружений и СПВ начинает работать по типу станции контактной коагуляции. Возрастает барьерная роль фильтров. В этом случае качество фильтрата зависит от многих факторов: состава и состояния фильтрующей загрузки, интенсивности и времени промывки, продолжительности фильтроцикла.

Одним из определяющих факторов, влияющих на содержание остаточного Al в фильтрате является доза флокулянта.

3) Проведены испытания технологии очистки воды с двойной подачей флокулянта. Дополнительное введение PR 2530 (степень COO^- – групп $\approx 30 \%$) перед фильтрами в дозах $0,008 \text{ мг/дм}^3$ снижает содержание в фильтрате растворенного Al на 15 %.

По-видимому, происходит возрастание отрицательного потенциала поверхности загрузки (или перезарядка), что повышает защитное действие фильтра к Al^{3+} , которые связываются на поверхности «полимер-кварц» в полиакрилатные комплексы.

4) Выравнивание гидравлических нагрузок на отстойники с учетом их индивидуальных особенностей (расходы, скорости потока воды в зонах осаждения) – еще один фактор повышения барьерной роли, стабильности осаждения хлопьев (снижение мутности до $0,96 - 1,19 \text{ мг/дм}^3$), снижения остаточного Al до $0,78 - 1,54 \text{ мг/дм}^3$.

5) В ходе наладочных работ изучена динамика изменения M и остаточного Al в воде после каждого фильтра. Это позволило разработать режимы работы фильтровальной станции – составить индивидуальные графики фильтроциклов, а, следовательно, стабилизировать проскоки частичек M и Al^{3+} на минимальном уровне.

ВЫВОДЫ

Внедрение в зимний период комплекса мероприятий: оптимизация доз «АКВА-АУРАТ™30», «Праестол», выравнивание гидравлических нагрузок на отстойники, «перезарядка» загрузки фильтров, индивидуализация графиков фильтроциклов станции – позволили существенно улучшить качественные показатели питьевой воды по мутности, остаточному алюминию, перманганатной окисляемости, приблизив их к требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 и ISO.

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОЧИСТКИ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СЕРОВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ВОД

Л.Н. Фесенко, М.В. Тамадаева, И.В. Новосельцева

Южно-Российский Государственный технический университет (НПИ),
Новочеркасск, Россия

С.И. Игнатенко, А.Ю. Черкесов

ООО НПП "Экофес", Новочеркасск, Россия

Высоконцентрированные сероводородные воды, как правило, имеют антропогенное происхождение и являются стоками различных производств, использующих в технологических процессах сульфид натрия. Так, на предприятиях кожевенной промышленности процесс обезволаживания сопровождается образованием сточных вод с концентрацией сульфидов (Na_2S) до 5 – 8 г/л, при обезволивании голя отработанный обезволивающий раствор содержит 0,25 – 0,4 г/л Na_2S и т.д. Наиболее концентрированные по сероводороду сточные воды образуются на заводах по переработке сернистой и высокосернистой нефти. Например, на ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» технологические конденсаты ряда производств содержат до 20 – 50 г/л сероводорода. Необходимость очистки таких стоков от сульфидов совершенно очевидна ввиду крайне высокой токсичности сероводорода и его агрессивности по отношению к стали, бетону и многим другим материалам.

Существуют различные модификации метода выделения сероводорода из воды без добавления в неё каких-либо химических реагентов. Принцип такого рода метода основан на выделении из воды молекулярного сероводорода физическими воздействиями. Сущность воздействий заключается в переводе сероводорода из водной системы в газовую фазу при соответствующих условиях, в числе которых: создание большой поверхности раздела фаз (вариант пленочной дегазации), повышение температуры воды (термическая деаэрация), либо понижение давления до уровня, при котором вода закипает без дополнительного подогрева (вакуумная дегазация). Однако в сернисто-щелочных стоках (СШС) от нефтепереработки ($\text{pH} > 12$) сероводород преимущественно находится в виде сульфида S^{2-} и гидросульфида HS^- и для перевода его в молекулярную форму H_2S с целью последующей дегазации необходимо подкисление воды до pH 5 и ниже. Для подкисления сульфидных вод могут быть использованы технические кислоты (серная или соляная), либо кислые компоненты (CO_2 , SO_2 , SO_3) в составе искусственных газовых или

парогазовых смесей или отходящих дымовых газов энергетических установок. Именно этот процесс реализуется на блоке карбонизации СЩС того же «Салаватнефтеоргсинтез» путем обработки воды свободной углекислотой с последующей отдувкой образующегося молекулярного сероводорода в смеси со свободной CO_2 и последующем сжигании сероводорода на факеле. С другой стороны невозможность утилизации серы при данном методе, большой расход CO_2 на карбонизацию СЩС, не экологичность технологии (попадание SO_2 в атмосферу), неудовлетворительное качество очищенной на выходе воды (невозврат ее в технологические циклы предприятия) и др. вызывают необходимость поиска, изучения и внедрения новых, более надежных и совершенных технологий обработки данной категории стоков.

Методы выделения сероводорода и его последующей утилизации в виде серосодержащих осадков основаны на окислении сульфидов до элементарной серы с последующим ее извлечением из воды отстаиванием, фильтрованием, флотацией или другими способами [1]. В зависимости от типа применяемого окислителя данную группу можно разбить на несколько методов:

- хлорирование,
- манганирование,
- окисление перекисью водорода,
- озонирование,
- обработка сернистым газом,
- электрохимическое окисление,
- окисление кислородом.

Первые три метода имеют общий недостаток – необходимость применения привозных реагентов, что для высоконцентрированных СЩС потребует значительного их количества, что явно нецелесообразно с экономической точки зрения. Методы озонирования и электрохимического окисления (точнее электрохимического получения ClO^- , используемого для окисления сероводорода) позволяют получать окислитель (озон или гипохлорит натрия) непосредственно при обработке воды, однако это связано со значительным потреблением электроэнергии опять таки ввиду больших расходов этих окислителей. В таблице представлены стехиометрические дозы различных реагентов при окислении сероводорода до свободной серы или до сульфатов.

Все представленные в таблице реагенты имеют большой удельный расход, многие из них требуют особых мер безопасности при их хранении и использовании. А поскольку СЩС характеризуется величиной $\text{pH} > 12$, то реакции окисления будут протекать преимущественно с образованием сульфатов, т.е. расход окислителя в указанных в таблице диапазонах близок к максимальному значению. Нетрудно подсчитать, что при

концентрации сульфида 1 г/дм³ расход 10 %-ного гипохлорита натрия составит примерно 1 м³ на 1 м³ сероводородного стока.

Расходы реагентов при окислительной обработке сероводородных вод

Реагент (окислитель)	Окислительно-восстановительная реакция	Стехиометрический расход окислителя, г/г ΣH ₂ S
Кислород	$2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^- + 6\text{H}^+$	0,31 ÷ 0,5
Озон	$3\text{H}_2\text{S} + \text{O}_3 = 3\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^- + 4\text{H}^+$	0,47 ÷ 1,41
Перекись водорода	$\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}_2 = \text{SO}_4^- + 6\text{H}^+$	1 ÷ 2
Хлор	$\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 = \text{S} + 2\text{HCl}$ $\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$	2,09 ÷ 8,36
Двуокись хлора	$5\text{H}_2\text{S} + 2\text{ClO}_2 = 5\text{S} + 2\text{HCl} + 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{S} + 2\text{ClO}_2 + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$	0,79 ÷ 3,97
Гипохлорит натрия	$\text{H}_2\text{S} + \text{NaClO} = \text{S} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{S} + 4\text{NaClO} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{NaCl}$	2,19 ÷ 8,76
Хлорная известь	$\text{H}_2\text{S} + \text{CaOCl}_2 = \text{S} + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{S} + 4\text{CaOCl}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{CaCl}_2$	3,74 ÷ 14,94
Йод	$\text{H}_2\text{S} + \text{J}_2 = \text{S} + 2\text{HJ}$ $\text{H}_2\text{S} + \text{J}_2 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^- + \text{HJ} + 8\text{H}^+$	7,47
Двуокись марганца	$\text{H}_2\text{S} + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{S} + \text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ $2\text{H}_2\text{S} + \text{MnO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^- + \text{MnSO}_4 + 10\text{H}^+$	1,28 ÷ 2,56
Перманганат калия (в нейтральной среде)	$3\text{H}_2\text{S} + 4\text{KMnO}_4 = \text{S} + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{MnO} + \text{MnO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ $2\text{H}_2\text{S} + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^- + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnO} + \text{MnO}_2 + 10\text{H}^+$	4,65 ÷ 6,2
Перманганат калия (в кислой среде)	$5\text{H}_2\text{S} + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{S} + 2\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + 4\text{OH}^-$	1,86 ÷ 9,29

Обработка сернистым газом, как правило, реализуется в замкнутых технологиях (жидкофазный процесс Клаусса), включающих:

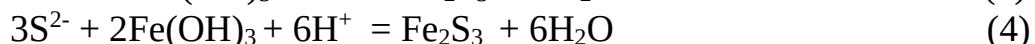
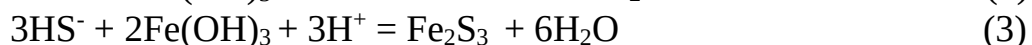
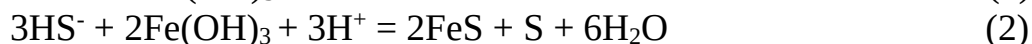
- дегазацию молекулярного сероводорода или окисление его диоксидом серы до элементарной серы;
- окисление (сжигание) сероводорода или S⁰ до SO₂;
- утилизация SO₂ в качестве окислителя или подкислителя сульфидной воды.

Однако область применения этого метода ограничивается многостадийностью технологии, необходимостью применения сложного химического оборудования для сжигания H_2S и S , а также потребление жидкого топлива для этих целей.

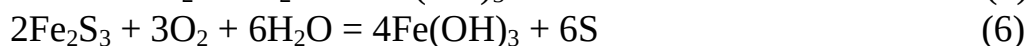
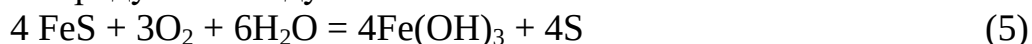
Методы окисления сероводорода кислородом включают некаталитическое, каталитическое и биохимическое окисление. Первый метод предусматривает применение повышенных температур и давления, а также технического кислорода. Эти обстоятельства не позволяют рассматривать некаталитическое окисление в качестве рационального метода выделения H_2S . При каталитическом методе 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, в последние годы реализация 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 $85 - 90^\circ\text{C}$. При этом окисление сульфид-ионов осуществляется молекулярным кислородом в координационной сфере иона металла переменной валентности при изменении его валентного состояния. Причем ион металла работает как переносчик электронов с сульфид-ионов на кислород, попеременно восстанавливаясь сульфид-ионом и окисляясь молекулярным кислородом. Тем не менее, для значительных (граммовых) концентраций сульфидов необходимо и соответствующее количество O_2 на окисление сероводорода, что потребует больших количеств катализаторных установок, стоимость которых достаточно велика.

Биохимическое окисление высококонцентрированных сульфидных вод нами не рассматривается ввиду невысоких скоростей протекания процесса и связанной с этим необходимостью создания больших по объемам сооружений. Кроме того, реализация данного метода сопровождается загрязнением окружающей среды сероводородом [2].

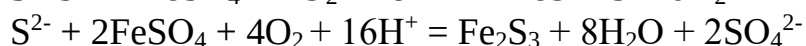
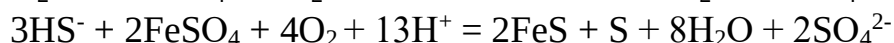
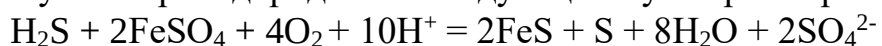
Наиболее целесообразным, с нашей точки зрения, является совмещение процессов катализа с участием водорастворимого катализатора с одновременным связыванием сероводорода в нерастворимый сульфид металла. Как представляется, наиболее перспективными катализаторами, способными осуществить указанный процесс для высококонцентрированных сульфидных вод являются соединения железа, как наименее токсичные и дешевые реагенты. В этой связи заслуживает особого внимания метод очистки сероводородных вод, впервые предложенный Д. Андерсеном, Д.П. Козыревым, и П.Г. Купцовым [3], который заключается в связывании сероводорода в нерастворимые сульфиды при введении в воду гидроксида железа (III):



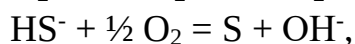
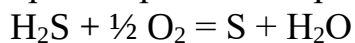
Реакции (1, 2) с образованием сульфида железа FeS и серы протекают в слабокислой и нейтральной средах, реакции (3, 4) с образованием трисульфида железа Fe₂S₃ – в нейтральной и щелочной. Образующийся сульфид железа отделяют от воды отстаиванием и регенерируют продувкой воздухом:



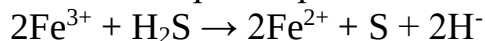
Как следует из реакций (5, 6), может быть осуществлен замкнутый процесс с многократным использованием одного и того же гидроксида железа путем попеременного его перевода в FeS или (Fe₂S₃) либо в Fe(OH)₃. Именно это обстоятельство делает весьма заманчивым данный метод в условиях очистки высококонцентрированных сульфидных вод, поскольку реагент находится в обороте. Использование одной и той же гидроокиси железа в некоторой степени лимитируется постепенным ее обогащением серой, образующейся в каждом цикле. Поэтому необходимо выводить по мере накопления серой часть гидроокиси и пополнять её свежей, для чего могут быть применены сульфатные или хлоридные соли железа, в частности сульфат железа (II), который является отходом сталелитейной промышленности и производства диоксида титана. В результате гидролиза FeSO₄ образуется новый Fe(OH)₃, который и взаимодействует с сероводородом по следующим суммарным реакциям:



Параллельно в присутствии железа происходит каталитическое окисление сероводорода кислородом воздуха до элементарной серы:



а также окисление H₂S раствором железа (III)



При этом железо (II) окисляется опять таки кислородом воздуха до трехвалентной формы с последующим взаимодействием с сероводородом.

Поскольку суспензия FeS отличается высокой агрегативной устойчивостью, а также с целью сокращения объемов сооружений предлагается проводить реакцию окисления сульфида железа кислородом воздуха (регенерацию) до гидроксида железа без предварительного отделения FeS непосредственно во всем объеме обрабатываемой воды.

Образующиеся при этом гидроксид железа (III) и сера обладают значительно лучшими седиментационными свойствами.

Все написанное носит самый общий характер и, безусловно, требует своего дальнейшего теоретического и экспериментального изучения. В химической лаборатории НПП «Экофес» (г. Новочеркасск, Ростовской обл.) авторами были проведены поисковые лабораторные исследования с целью качественной оценки эффективности данного метода применительно к стокам типа СЩС от нефтепереработки. Исследования проводили на модельной воде с концентрацией сульфида $1,0 \text{ г/дм}^3$, $\text{pH} = 12,1 - 12,3$. В модельную воду объемом 250 мл добавляли 10 % -ный FeSO_4 в количестве 1,75 от стехиометрической, рассчитанной по реакции:



Далее, образующуюся суспензию FeS продували воздухом с подачей 6 – 8 л в минуту на 1 л обрабатываемой воды. Момент окисления FeS в $\text{Fe}(\text{OH})_3$ фиксировали по характерной устойчивой оранжевой окраске, не меняющейся в течение 2 – 3 мин. Продолжительность цикла составляла от 30 до 40 мин. После окончания каждого цикла воду отстаивали, осветленную воду сифоном сливали, а осадок использовали в следующем цикле. Всего было отработано 17 циклов с одной и той же гидроокисью. Также было установлено, что после 4 – 5 циклов началась интенсивная флотация серы (в пенном слое), которая оседала на стенках цилиндра (над уровнем воды). Т.е. образующаяся в процессе водообработки сера легко отделяется от суспензии $\text{Fe}(\text{OH})_3$ методом пенной флотации, что значительно упрощает процесс её последующей утилизации.

В заключение следует отметить, что взятое за основу направление каталитического окисления высококонцентрированных сульфидных вод кислородом воздуха в присутствии соединений железа является одним из наиболее вероятных и реальных в решении проблем очистки и утилизации данных стоков с наименьшими затратами на используемые реагенты и при максимальном экологическом и технологическом эффекте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Линевич С.Н. Очистка природных и сточных сероводородных вод: Учеб пособие / Новочерк. политехн. ин-т. Новочеркасск, 1979. 51 с.
2. Линевич С.Н. Комплексная обработка и рациональное использование сероводородсодержащих природных и сточных вод. М.: Стройиздат, 1987. С. 30.
3. Козырев Д.П., Купцов И.Г. Удаление сероводорода из артезианских вод посредством гидрата окиси железа с последующей их регенерацией. М., 1946.

ИССЛЕДОВАНИЯ КОАГУЛЯЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МОДИФИКАЦИЙ ОКСИХЛОРИДНЫХ КОАГУЛЯНТОВ

С.Н. Линевич, Е.П. Силаева, Е.А. Сесикашвили

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

С.В. Гетманцев

ОАО «АУРАТ», Москва, Россия)

Для удаления из воды взвешенных и коллоидных примесей, обуславливающих ее мутность и цветность, в настоящее время используют, в основном, два технологических процесса: осаждение и фильтрацию.

Одним из приемов, широко используемых в технологии очистки воды для снижения содержания взвеси в природных водах, является седиментация (осаждение). Однако примеси, обуславливающие мутность и цветность природных вод, отличаются малыми размерами, вследствие чего их осаждение происходит крайне медленно и неполно. Кроме того, наличие в воде примесей коллоидного характера (планктон, гумус и др.) еще более осложняет процесс седиментации. Для ускорения процесса седиментации и фильтрации чаще всего прибегают к предварительному коагулированию коллоидных и дисперсных частиц примесей воды.

Как известно, коагуляция примесей воды представляет собой процесс укрупнения коллоидных и диспергированных частиц, происходящий за счет их взаимного сближения и слипания под действием сил молекулярного притяжения [1]. Коагуляция завершается образованием видимых агрегатов-хлопьев, отделением их от жидкой среды и выпадением осадка.

Коллоидные и тонкодисперсные примеси природных вод, как правило, обладают определенной агрегативной устойчивостью, обусловленной наличием вокруг частиц гидратных оболочек и двойного электрического слоя.. Последний является препятствием для самокоагуляции коллоидных и тонкодисперсных примесей воды. Поэтому для дестабилизации примесей в воду вводят различные электролиты-коагулянты.

Сегодня коагуляционная водообработка является одним из самых распространенных методов очистки природных вод от тонкодисперсных и коллоидных загрязнений. Масштабы применения метода коагуляционной водообработки непрерывно расширяются и совершенствуются.

Важной особенностью коагуляционной водообработки является то, что при правильном выборе коагулянта и обеспечении оптимального режима процесса коагуляции, кроме эффективного удаления из воды коллоидных и тонкодисперсных примесей можно добиться повышения санитарно-бактериологического состояния воды, удаления из воды ионов тяжелых металлов, различных специфических загрязнений (СПАВ, фенолы, нефтепродукты, пестициды, радиоактивные вещества и др.) [2].

В нашей стране нашли широкое применение коагулянты на основе солей алюминия и железа, а также их смеси.

В последнее время наибольшее внимание специалистов-производственников и ученых в области технологии очистки природных и сточных вод привлекают коагулянты последнего поколения — оксихлоридные коагулянты с общей химической формулой $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$. В нашей стране налажено крупнотоннажное производство и ведется выпуск и внедрение нескольких модификаций этого вида коагулянтов.

Одновременно продолжается изучение и исследование эффективности полиоксихлоридных коагулянтов при их использовании на воде различных водисточников.

Целью наших исследований было установление эффективности различных марок коагулянта оксихлорида алюминия при их использовании для обработки донской воды.

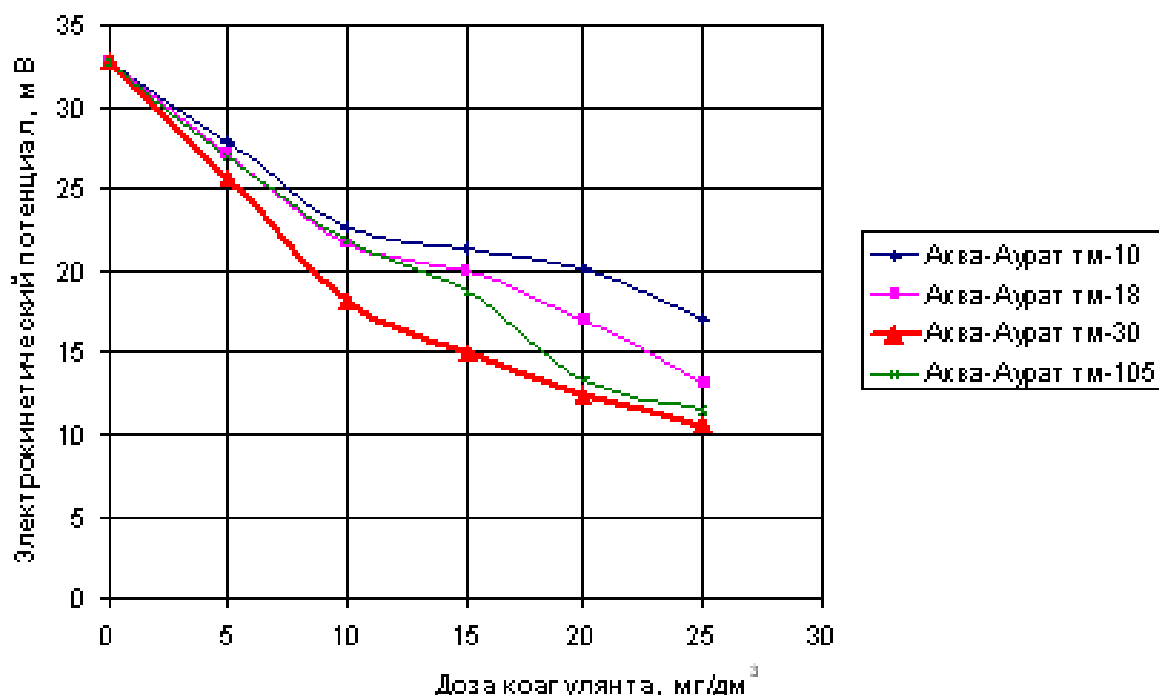
Исследования были осуществлены непосредственно на донской воде в условиях водоочистой станции ВОС-1 Новочеркасского центрального городского водопровода по стандартной методике «пробное коагулирование».

Донская вода в процессе исследований имела следующие основные показатели качества: мутность — 29,8 мг/дм³; цветность — 21,3 град; температура — 6 °С; рН — 7,35; щелочность, — 4,9 мг-экв/дм³.

В процессе исследований обработка донской воды проводилась различными дозами коагулянта в диапазоне от 5 до 25 мг/дм³. В качестве коагулянта были изучены следующие марки оксихлорида алюминия «АКВА-АУРАТ»: тм10, тм18, тм30, тм105.

В качестве параметра, характеризующего эффективность процесса коагуляции, был принят электрокинетический потенциал (ξ -потенциал). Величина ξ -потенциала измерялась электрофоретическим методом.

Результаты исследований после их соответствующей обработки представлены в виде совмещенного графика, изображенного на рисунке.



**Изменение ξ -потенциала донской воды от дозы
полиоксихлоридных коагулянтов:
Аква-Аурат™10, Аква-Аурат™18, Аква-Аурат™30, Аква-Аурат™105**

ВЫВОДЫ

Анализ результатов проведенных исследований позволяет сделать следующие выводы:

1. Из изученных четырех марок (модификаций) оксихлоридных коагулянтов при коагуляционной обработке донской воды наиболее эффективным является оксихлорид алюминия марки АКВА-АУРАТ™30.

2. По своей коагулирующей эффективности оксихлоридные коагулянты при коагуляционной обработке донской воды могут быть расположены в «ряд» следующего вида:

АКВА-АУРАТ™30 > АКВА-АУРАТ™105 > АКВА-АУРАТ™18 > АКВА-АУРАТ™10

3. Оптимальные дозы оксихлоридных коагулянтов исследуемых марок находятся в диапазоне от 10 до 20 мг/дм³ (в зависимости от изменений параметров качества исходной воды).

ЛИТЕРАТУРА

1. Николадзе Г.И., Минц Д.М., Кастальский А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. М. «Высшая школа» 1984. 367 с.
2. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. М. Научн. изд., 2005. 576 с.

3. Линевиц 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.

УДК 628.162.5

ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ ВОД СМЕШАННЫМИ КОАГУЛЯНТАМИ В МУП «ВОЛОГДАГОРВОДОКАНАЛ»

С.Ю. Пучкель, В.Л. Поповцев, С.Н. Шестаков

МУП ЖКХ «Вологдагорводоканал», Вологда, Россия

А.И. Круглов, А.В. Сычев

ОАО «АУРАТ», Москва, Россия

Как показывает производственный опыт, эффективность очистки воды зависит от ряда известных факторов, которые в той или иной степени должны быть учтены при организации процесса технологической очистки воды [1]. В первую очередь, обращает внимание химическая активность коагулянта, способного подвергаться интенсивному и полному гидролизу с обеспечением быстрой коагуляции образующихся частиц [2]. При проведении процесса очистки воды наряду с выбором коагулянта необходимо также учитывать конструктивные особенности очистных сооружений, аппаратное оформление, гидродинамические характеристики и временной фактор.

На ход коагуляции при использовании всех видов коагулянтов сильное влияние оказывает температура воды. По мере понижения температуры значительно повышается вязкость дисперсной среды, уменьшается степень гидролиза коагулянта. Понижение температуры воды от 30 °С до 0 °С увеличивает её вязкость в 2,24 раза, снижает интенсивность броуновского движения и соответственно скорость коагуляции [3]. Интенсификация процесса очистки может быть достигнута увеличением дозы коагулянтов, а также применением коагулянтов с повышенной основностью, например, полиоксихлоридов алюминия (ПОХА). Малая мутность, высокая цветность и незначительный щелочной резерв очищаемой воды также вызывают определенные трудности при её очистке и достижении нормативных показателей питьевой воды [4]. В этом случае, подбор коагулянта осуществляется с учётом не только его химической активности, но и его способности в меньшей степени зависеть

от ряда физико-химических параметров очищаемой воды, в том числе и от её щелочного резерва [5]. Необходимо отметить существование проблемы очистки воды с низким щелочным резервом. Так сернокислый алюминий обладает повышенной чувствительностью к водородному показателю pH и температуре очищаемой воды. В этом случае, с одной стороны, для достижения необходимого эффекта очистки воды требуется применение повышенных доз коагулянта, с другой, нецелесообразность проведения реагентной обработки воды сульфатом алюминия без предварительного подщелачивания, из-за значительного увеличения коррозионной активности воды и неэффективной, вялой коагуляции. Решением этой проблемы может явиться или реконструкция очистных сооружений с внедрением узла подщелачивания воды, или применение более эффективных современных коагулянтов.

Второе условие было бы более предпочтительным, поскольку его выполнение не требует больших капитальных затрат. Ориентируясь на применение современных коагулянтов, следует обратить внимание на то, что выбранный коагулянт должен обладать наряду с перечисленными выше качествами ещё и достаточной массой заряда частиц, образующихся в результате гидролиза, с участием которых идет коагуляция, хлопьеобразование с последующим осаждением цветообразующих примесей.

В этой связи наибольшее предпочтение следует отдать современным коагулянтам ПОХА, поскольку их использование взамен сульфата алюминия не только позволяет снизить остаточные концентрации нормируемых примесей в питьевой воде, уменьшить её солесодержание, но и обеспечивает улучшение показателей всех физико-химических процессов при очистке [6].

Известно, что коллоидные частицы гидроокиси и основных солей алюминия в нейтральной и слабокислой среде вследствие сорбции катионов водорода и алюминия имеют положительные заряды. Поэтому процесс коагуляции этих коллоидов улучшается при увеличении концентрации в воде поливалентных анионов, в частности SO_4^{2-} , которые для положительно заряженных коллоидов являются противоионами. Повышение концентрации в воде одновалентных анионов, например, Cl^- , в значительно меньшей степени стимулируют коагуляцию [7, 8]. Авторы в работе [9] указывают, что при использовании коагулянтов ПОХА, например, «СКИФ™» и «АКВА-АУРАТ™105» проявляется синергетический эффект коагуляции. Настоящая работа посвящена изучению технологии очистки воды, основанной на использовании

синергетического эффекта и раздельном вводе коагулянтов на очистных сооружениях с форсированными скоростями восходящего потока в камерах реакции, дефицита времени отстоя и осаждения взвешенных частиц при ускоренных режимах фильтрации.

Основной технологической задачей явилась оптимизация режима коагуляции, критериями которой служили: степень очистки воды, снижение её мутности и цветности, скорость образования хлопьев, время осветления очищаемой воды, минимизация вторичных загрязнений (содержание остаточного алюминия), оптимальная доза коагулянтов и точки их ввода, стоимость очистки воды. Моделирование параметров действующих очистных сооружений осуществляли в лабораторных условиях. Пробное коагулирование и выявление синергетического эффекта очистки воды проводили по известной методике «джар-тест» с использованием коагулянтов: «АКВА-АУРАТ™30» и сульфата алюминия. Испытания проводили на воде р. Вологда. Для создания условий раздельного ввода коагулянтов в два мерных цилиндра объёмом по 0,5 л, заполненных исходной водой, вводили: в один – заданную дозу коагулянта «АКВА-АУРАТ™30», а в другой – сульфата алюминия. Содержимое цилиндров перемешивали в течение двух минут. Затем воду из цилиндров объединяли в цилиндре объёмом 1 л и вводили в него 0,3 мг/л флокулянта ПАА. Полученную смесь перемешивали в течение одной минуты и ставили на отстой и осветление. Визуально, во времени наблюдали за протеканием процесса коагуляции (хлопьеобразование, величина частиц и объём осадка). Сравнение эффективности очистки воды данным методом проводили пробной коагуляцией с использованием этих же коагулянтов, введенных в очищаемую воду традиционным способом. Результаты наблюдений и данные экспериментов представлены в табл. 1, из которых следует, что процесс очистки воды проходит значительно интенсивнее с использованием двух коагулянтов с раздельными точками их ввода, что может служить подтверждением синергетического эффекта, в отличие от процесса коагуляции, проходящего традиционным способом, с применением только одного из них. Суммарная доза коагулянтов «АКВА-АУРАТ™30» и сульфата алюминия равная 18 мг/л по Al_2O_3 позволяет ускорить процесс очистки воды на 30 – 40 %, улучшить экономические показатели и интенсифицировать отдельные стадии процесса. Данные лабораторных исследований были подтверждены промышленными испытаниями, которые проводили на очистных сооружениях МУП «Водоканал» г. Вологда на блоке № 1 с расходом воды 30 тыс. м³/сут.

Таблица 1. Пробное коагулирование с отдельным вводом коагулянтов

Источник: **р. Вологда**Цветность, град. **29,5**Мутность, ЕМФ **2,49**Щелочность, мг-экв./л **5.85**Температура, °C **+ 0**рН **7.42**Доза хлора мг/л. **4**

Показатели	Ед. измерения	Суммарная доза коагулянта, мг/л / Доза флокулянта, мг/л					
		СА18/0,3	А-А 18/0,3	А-А+СА18/0,3	А-А+СА11/0,3	А-А+СА9/0,3	А-А-СА7/0,3
Хлопьеобразование (начало и характеристика хлопьев)	—	Хлопья образовались через 30 мин. Хлопья средние	Хлопья образовались через 10 мин. Хлопья средние	Хлопья мелкие, образовались через 5 мин	Хлопья мелкие, образовались через 5 мин	Хлопья мелкие, образовались через 1 ч	Хлопья мелкие, образовались через 1 ч
Осаждение (начало и через 30 мин.)	—	Осаждения нет	Осаждение началось через 10 мин.	Осаждение началось через 15 мин.	Осаждения нет	-	-
Осветление через 60 мин	—	Осветление медленное	Осветлилась 1/3	Осветлилась 1/2	Осветления нет	-	-
Полное осветление		2 час	2 час	1,5 час	2,5 час	3,5 час	3,5 часа
Цветность	град	9,1	8,1	7,8	9,3	10,6	12,0
Мутность	ЕМФ/дм ³	0	0,34	0	0	0	0,11
Щелочность	мг-экв/л.	4,7	5,0	5,0	4,9	5,1	5,1
Щелочная разность	мг-экв/л.	1,1	0,4	0,8	0,9	0,7	0,7
Остаточный алюминий	мг/л	0,05	0,16	0,044	0,04	0,021	0,04
РН		7,39	7,39	7,64	7,59	7,44	7,5

Примечание: 1. Доза Аква-Аурата 30 и сульфата алюминия определялась по Al_2O_3

2. Флокулянт ПАА, доза 0,3 мг/л.

Данный блок был выбран в связи с тем, что на этом сооружении идет превышение допустимых пределов действующего СНиП по следующим параметрам:

- по скорости восходящего потока в камерах реакции;
- по скорости осаждения взвеси в отстойниках;
- по времени пребывания воды в отстойниках;
- по скорости фильтрации,

что неблагоприятно влияло на работу блока в целом. Вода не успевала пройти нормальный режим коагуляции и осветления, поступая на фильтры с неосевшими хлопьями, в результате чего на фильтрах происходила контактная коагуляция с проскоком негидролизованного коагулянта. Значительное влияние на процесс коагулирования примесей при использовании сульфата алюминия оказывала низкая температура воды. При низких температурах 1 – 5 °С очистка воды сульфатом алюминия практически не идет. Лучшие результаты были получены при использовании «АКВА-АУРАТ™30», однако, процесс очистки был неустойчив из-за суточного колебания расхода очищаемой воды и отсутствия автоматизированного контроля подачи коагулянта. Поэтому на этом блоке наблюдалось заметное снижение скорости коагуляции, неудовлетворительное хлопьеобразование и крайне малая величина образующихся твердых частиц и выпавшего осадка. Малая мутность воды 2,5 – 4 мг/л и высокая цветность также отрицательно сказывались на эффективности процесса очистки воды.

При проведении производственных испытаний с внедрением лабораторных данных были установлены в разных точках водного потока два дозатора коагулянтов. Подачу флокулянта проводили третьим дозатором. Суммарная рабочая доза коагулянта «АКВА-АУРАТ™30» и сульфата алюминия по Al_2O_3 составляла 18 мг/л. Флокулянт ПАА вводили с дозой 0,3 мг/л. Данные испытаний, представленные в табл. 2, подтвердили правильность выбранного направления и позволили внедрить технологию очистки питьевой воды с применением коагулянтов «АКВА-АУРАТ™30» и сульфата алюминия с отдельными точками их ввода в очищаемый водный поток. Наблюдаемые скачки мутности и остаточного алюминия (табл. 2) в вечернее и ночное время объясняется только изменением расхода воды и отсутствием на очистном блоке автоматизированного контроля подачи рабочих растворов коагулянтов. Однако, даже в этом случае качество питьевой воды не снизилось, что подтверждает стабильность и надежность технологии очистки воды с отдельным вводом коагулянтов.

**Таблица 2. Данные испытаний коагулянтов с отдельными точками их ввода
в очищаемый водный поток**

Дата	Часы	РЧВ		
		цветность	мутность	остаточный алюминий
15.03.05	10 ⁰⁰	19,3	0	0,05
	13 ⁰⁰	19,3	0	
	14 ⁰⁰	17,3	0	0,05
	15 ⁰⁰	17,3	0	
	16 ⁰⁰	18	0	
	17 ⁰⁰	17,3	0	
	18 ⁰⁰	16,6	0	0,20
	19 ⁰⁰	17,3	0,37	
	20 ⁰⁰	17,3	0,37	
	21 ⁰⁰	17,3	0,37	
	22 ⁰⁰	16,6	0,5	
	23 ⁰⁰	17,3	0,69	
16.03.06	24 ⁰⁰	17,3	0,5	
	1 ⁰⁰	17,3	0,25	
	3 ⁰⁰	18,0	0	
	4 ⁰⁰	17,3	0	
	5 ⁰⁰	17,3	0	
	6 ⁰⁰	16,6	0	0,20

Таким образом, как показали промышленные испытания, при форсированных режимах работы очистных сооружений можно использовать данную технологию очистки с применением двух различных коагулянтов с отдельным их вводом в поток очищаемой воды.

ВЫВОДЫ

1. Применение коагулянтов «АКВА-АУРАТ™30» и сульфата алюминия с отдельными точками их ввода в поток очищаемой воды показало эффективность данного метода, способного решить проблему очистки воды на сооружениях с форсированными режимами работы.

2. Промышленные испытания показали, что применение смешанных коагулянтов с отдельным их вводом в поток очищаемой воды сокращает время коагуляции, осветления и осаждения твердых частиц практически в 1,5 – 2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. М.: Стройиздат, 1971.
2. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. М.: Наука, 1977.
3. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. М., 2005.
4. Гигиенические требования к качеству воды централизованной системы питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074-01.

5. Сычев А.В., Гетманцев С.В. Применение оксихлорида алюминия для очистки воды с низким щелочным резервом // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. № 8.
6. Гетманцев С.В., Сычев А.В., Круглов А.И., Юденков И.Г., Разумова В.И. Очистка сточных вод от соединений фосфора коагулянтами марки «АКВА-АУРАТ™» в присутствии активного ила. Материалы II Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 1000-летию Казани; г. Казань: 2005. С. 158 – 159.
7. Каргин В.А., Шишкиашвили Н.Е., Бацакадзе А.Д. Получение и исследование основных солей алюминия // Журнал физической химии. Т. 21. № 3. 1947.
8. Мартынова О.И. Коагуляция при водоподготовке. М.: Госэнергоиздат, 1951.
9. Гетманцев С.В., Сычев А.В., Рашковский Г.Б. Применение коагулянтов «АКВА-АУРАТ» для очистки сточных вод // Экология производства. 2006. № 5.

УДК 628.16

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ СВЕТЛЕНИЯ ПРОМЫВНЫХ ВОД СКОРЫХ ФИЛЬТРОВ ВОДОВОДНЫХ СТАНЦИЙ

Д.А. Бутко

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

Повторное использование промывных вод скорых фильтров станций осветления маломутных и вод средней мутности, по нашему мнению, должно в обязательном порядке предусматривать удаление взвешенных веществ. Учитывая неравномерность поступления воды в сооружения повторного использования, наиболее оптимальным способом осветления является отстаивание. В течение длительного периода времени на кафедре водоснабжения и водоотведения Ростовского ГСУ проводились исследования по снижению содержания взвешенных частиц в промывной воде, возвращаемой в голову сооружений. Для экспериментов использовалась промывная вода со скорых производственных однослойных фильтров водопроводных станций г. Ростова-на-Дону.

Экспериментальные данные об осветлении промывных вод неизбежно содержат в себе случайные ошибки, вызванные большим количеством таких факторов, эффекты действия которых столь незначительны, что их нельзя выделить и учесть в отдельности.

Математическая обработка позволяет учесть воздействие случайных ошибок, максимально приближаясь к истинному значению измеряемых величин. Экспериментальные данные представляют собой зависимость содержания взвешенных веществ в промывной воде от различной продолжительности отстаивания. Полученные данные можно представить в виде зависимости эффекта осветления от времени.

Статистическая обработка опытных данных производилась с помощью компьютерной программы Statistica 5.5 (изготовитель StatSoft, Inc.) В результате первоначального анализа установлено, что время осветления зависит от высоты слоя отстаивания, начального содержания взвешенных веществ в промывной воде, температуры воды при осаждении и требуемого эффекта осветления. Получение зависимости от четырех переменных представляет достаточно сложную задачу, поэтому было принято решение найти зависимость времени осветления от трех факторов при постоянной высоте осаждения. Выполнение анализа потребовало представления опытных данных в табличной форме, в которой каждому времени осветления соответствует начальное содержание взвешенных веществ в воде, температура воды и требуемый эффект. В качестве модели для аппроксимации принято следующее уравнение:

$$t = (b_1 \cdot \tilde{N}_{\text{взв}} + b_2 \cdot T)^{b_0} \cdot \exp\left(\tilde{Y} \cdot \frac{b_0}{10}\right), \quad (1)$$

где: t – время осветления промывной воды до определенного эффекта, с;

$\tilde{N}_{\text{взв}}$ – начальная концентрация взвешенных веществ, мг/дм³;

T – температура промывной воды в процессе осветления, °С;

b_0, b_1, b_2 – коэффициенты уравнения.

Определение коэффициентов уравнения (1) возможно с помощью модуля «Нелинейное оценивание» программы Statistica 5.5. С достоверностью 97 % установлено, что коэффициенты b_1 и b_2 постоянны для всех высот слоя отстаивания, и (1) принимает вид:

$$t = (0,158 \cdot \tilde{N}_{\text{взв}} + 30,65 \cdot T)^{b_0} \cdot \exp\left(\tilde{Y} \cdot \frac{b_0}{10}\right) \quad (2)$$

Коэффициент b_0 зависит от высоты слоя отстаивания в производственном отстойнике и может быть определен по графику (рис. 1).

Зависимость (2) позволяет определить время осветления промывной воды до требуемого эффекта при всех глубинах отстойных сооружений, применяемых на практике.

Время осветления до требуемого эффекта зависит от начального содержания взвешенных веществ, температуры и высоты слоя отстаивания. В случае моделирования процессов перемешивания к выше перечисленным факторам необходимо прибавить значение критерия Кэмпбелла GT.

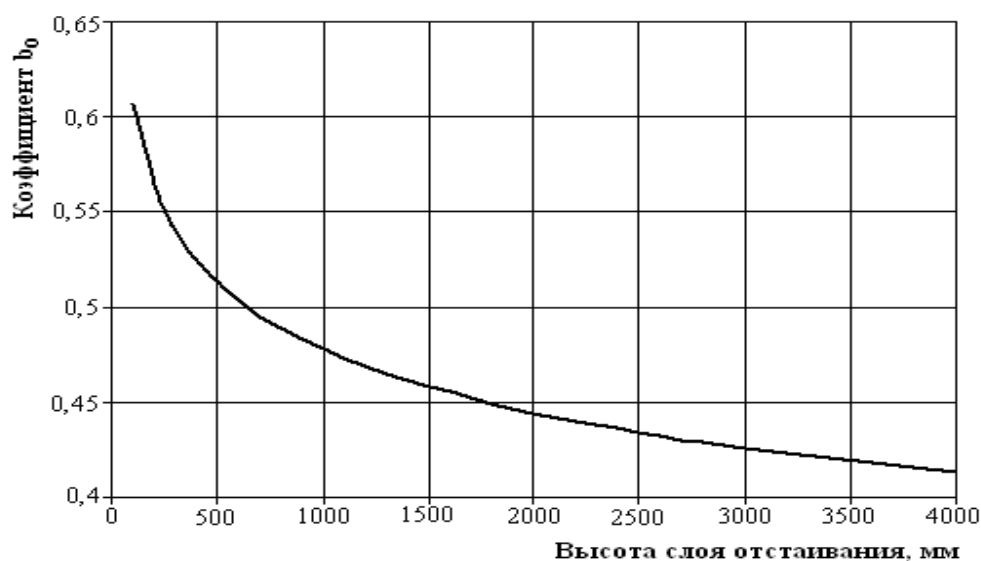


Рисунок 1. Изменение коэффициента b_0 в зависимости от высоты слоя отстаивания

В результате аппроксимации получены индивидуальные для каждого случая коэффициенты основного уравнения метода, что позволило произвести расчет времени отстаивания, соответствующего эффекту осветления 20, 40, 60 и 70 %. На рис. 2 и 3 представлены результаты расчета при высоте слоя отстаивания $h = 320$ мм.

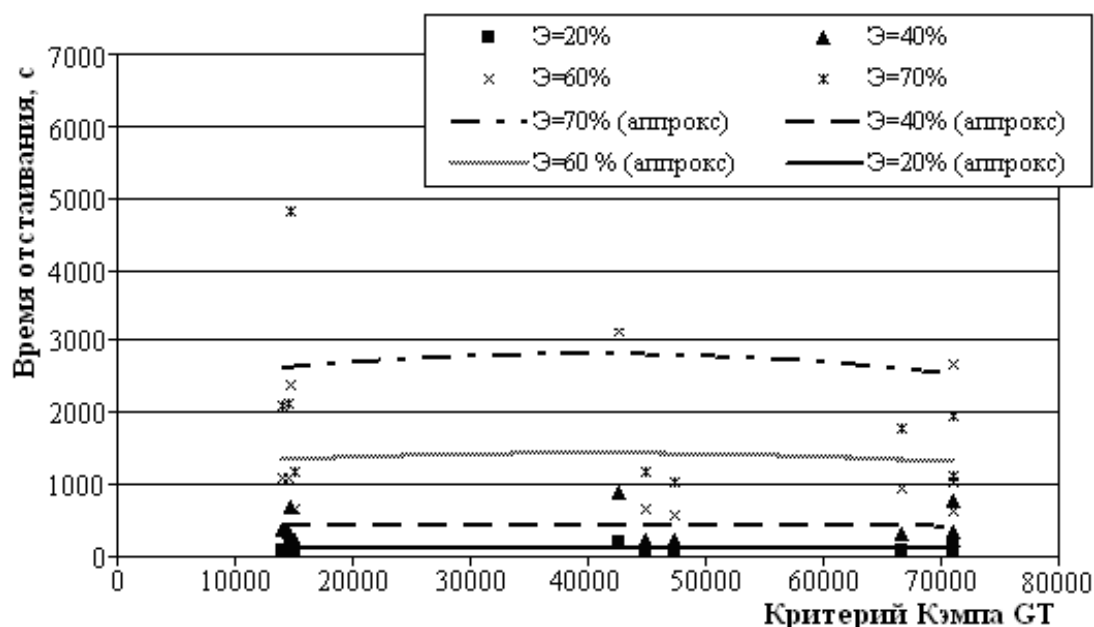


Рисунок 2. Время отстаивания промывной воды до требуемого эффекта осветления при моделировании движения ее по трубопроводу (высота слоя отстаивания $h = 320$ мм)

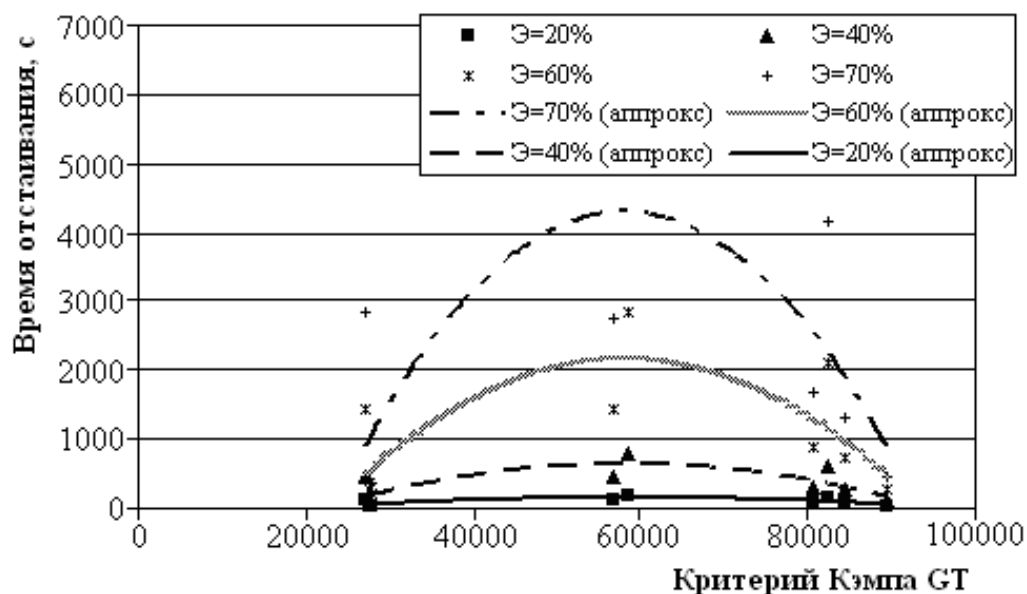


Рисунок 3. Время отстаивания промывной воды до требуемого эффекта осветления при моделировании движения ее по трубопроводу с последующей камерой хлопьеобразования (высота слоя отстаивания $h = 320$ мм)

Представленные на рис. 2 и 3 графики наглядно показывают, что время осветления изменяется в зависимости от критерия Кэмпбелла GT, а форма кривой различна для первого и второго случая перемешивания. Исходя из вышесказанного, можно с достаточной степенью достоверности утверждать, что время отстаивания до требуемого эффекта осветления зависит от начального содержания взвешенных веществ в промывной воде, температуры и критерия Кэмпбелла, поэтому в полученную ранее зависимость возможно введение коэффициента, учитывающего параметры перемешивания, тогда уравнение примет вид:

$$t = K \cdot ((0,158 \cdot \tilde{N}_{\hat{a}q\hat{a}} + 30,65 \cdot T)^{b_0} \cdot \exp(\tilde{Y} \cdot \frac{b_0}{10})) \quad (3)$$

Значение коэффициента K можно определить по графикам, изображенным на рис. 4 и 5.

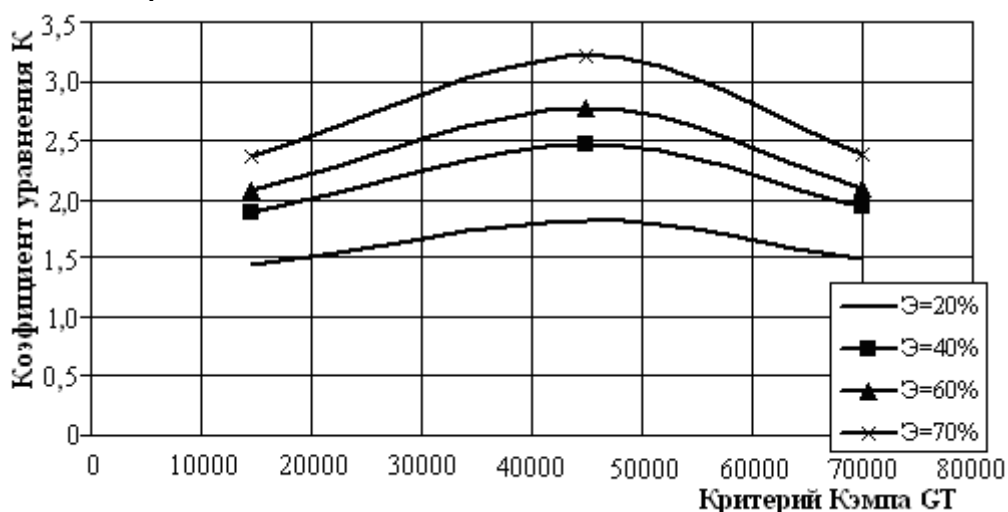


Рисунок 4. Значение коэффициента K при перемешивании в трубопроводе при различных значениях GT (высота слоя отстаивания $h = 320$ мм)

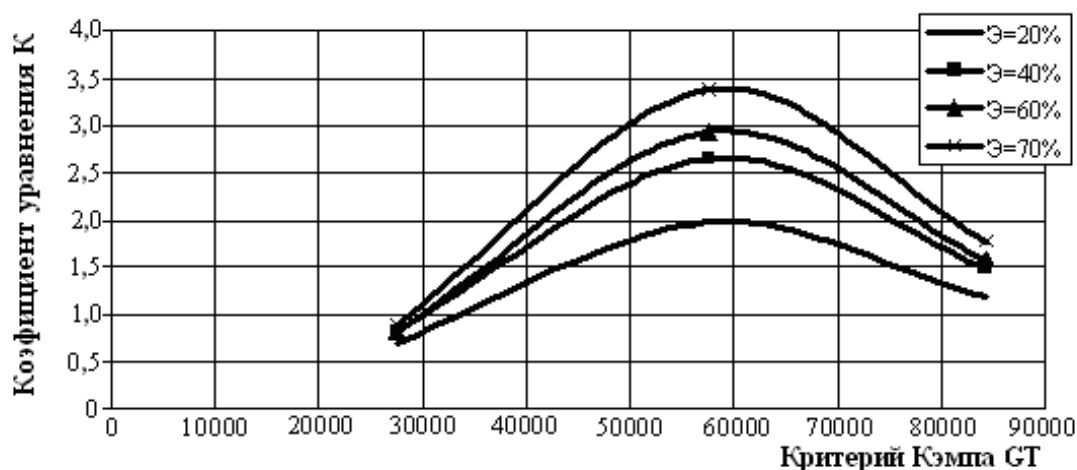


Рисунок 5. Значение коэффициента K при перемешивании в трубопроводе с последующим моделированием камеры хлопьеобразования при различных значениях GT (высота слоя отстаивания $h=320$ мм)

Опираясь на представленные результаты математической обработки экспериментов, можно сформулировать следующие выводы:

1 – перемешивание в сбросных трубопроводах приводит к ухудшению седиментационных свойств взвешенных частиц по сравнению с отобранными непосредственно после скорого фильтра;

2 – результат воздействия, оказываемого высокими градиентами скорости на свойства взвешенных частиц, неодинаков при различных значениях критерия Кэмпбелла GT ;

3 – применение камеры хлопьеобразования в сооружении повторного использования промывных вод скорых фильтров позволяет в значительной степени улучшить способность взвешенных частиц к осаждению.

4 – время осветления промывных вод, предварительно не обработанных коагулянт, необходимо определять по зависимости (1), вводя коэффициент пересчета для случая моделирования различных режимов перемешивания.

УДК 628.1(470.61)

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МАЛКИНСКОГО ГРУППОВОГО ВОДОПРОВОДА ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ-КУРОРТОВ КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

В.А. Соукун

ОАО «Ростовский Водоканалпроект», Ростов-на-Дону, Россия

Безусловно, сегодня, в наше нелегкое время, проблемы возникают быстрее, нежели мы их успеваем решать. Но одна из них, к сожалению, стала постоянной – весьма сомнительное качество питьевой воды.

Имеющиеся на сегодняшний день технологии очистки природных поверхностных вод для питьевого водоснабжения (реагентная обработка, отстаивание, фильтрование и хлорирование), разрабатывались специалистами, в том числе и института «Ростовский Водоканалпроект», еще тогда, когда поверхностные водоисточники были значительно чище. Однако, в последние годы сложившаяся повсеместно экономическая ситуация способствует все в большей и большей степени загрязнению наших рек и озер тяжелыми металлами, пестицидами, биогенными веществами (азотом, фосфором, хлорорганическими соединениями) и т.д. Существующие методы водоподготовки и технологии уже не в состоянии обеспечить без значительных затрат требуемое новыми санитарными нормами качество питьевой воды. Поэтому, как никогда, актуальна реализация мероприятий, направленных на обеспечение экологической безопасности питьевой воды.

К сожалению, города-курорты Кавказских Минеральных Вод (КМВ) пьют далеко не идеальную воду Кубанского водопровода с водозабором из канала и водохранилища, где организация зон санохраны представляет большие сложности. В то же время, в этом регионе более 13 лет эксплуатируется Малкинский групповой водопровод (МГВ) с использованием крупнейшего в России Малкинского месторождения пресных подземных вод, отвечающего всем требованиям ГОСТа «Вода питьевая». Утвержденные запасы составляют 530 тыс. м³ в сутки. Но производительность системы из-за отсутствия бюджетных ассигнований доведена только до 60 – 80 тыс. м³ в сутки, то есть, составляет приблизительно восьмую часть утвержденных запасов, хотя обеспечивает потребности городов Новопавловска, Георгиевска, Минеральных вод и прилегающих населенных пунктов (п. Комсомolec; ст. Георгиевская, Незлобная; х. Садовый, Левокумка; Терский лепрозорий и др.). Существующие сооружения водопадающего тракта (протяженность водовода которого составляет 85 км) способны пропустить более 200 тыс. м³ ежедневно.

Институтом ОАО «Ростовский Водоканалпроект» неоднократно доказывалась экономическая и стратегическая целесообразность подачи высококондиционной воды Малкинского месторождения в города Кавказских Минеральных Вод и «сердце» кубанского водопровода – главную насосную станцию (ГНС). Кубанский водопровод получит второй источник питания, требуемый нормами и сложившейся геополитической ситуацией.

Подача воды от Кубанского водопровода, в связи с обвальным ростом цен на реагенты и эксплуатационные расходы, а также возрастающими требованиями к качеству чистой воды должна постепенно снижаться за счет увеличения подачи воды МГВ городам Кавказско-Минеральной группы.

Катастрофические паводки в 2002 г. на несколько месяцев вывели из строя систему водоснабжения г. Кисловодска с водохранилищем на озере Эшакон. Водоохранилище заилено, что, соответственно, резко сократило его объем и усложнило режим эксплуатации. Город Кисловодск, уникальные природные условия которого не уступают Швейцарским курортам, испытывает недостаток питьевой воды.

Институтом в 1993 – 1994 г.г. разработан проект водоснабжения городов КМВ на базе Малкинского месторождения подземных вод (II очередь) с подачей высококачественной воды в г. Кисловодск в необходимом количестве.

Главгосэкспертиза Госстроя России рассмотрела вышеупомянутый проект в 1994 г. и подтвердила целесообразность строительства системы водоснабжения, но за счет средств местного бюджета Ставропольского края. Краевому бюджету это не под силу. Вот почему этот жизненно важный для городов Кавказских Минеральных Вод проект до сих пор не реализован.

В то же время, вынашивается идея строительства 4-й нитки магистрального водовода диаметром 1400 мм, протяженностью 38 км Кубанского водопровода для подачи более дорогой воды несоизмеримо худшего качества.

Учитывая изложенное, дальнейшее развитие системы Малкинского Группового водопровода является важнейшей задачей жизнеобеспечения региона КМВ, которую решить без финансовой поддержки Федерального правительства невозможно.

УДК 628.12.15

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БАССЕЙНА ЕНИСЕЯ И ИХ ФОРМИРОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Б.Ф. Турутин, В.А. Кулагин, А.И. Матюшенко

Красноярская государственная архитектурно-строительная академия,
Красноярск, Россия

Водный режим Енисея обусловлен преобладанием снеговой составляющей в источниках питания реки. В естественном (бытовом) режиме наиболее многоводен Енисей в теплую часть года, когда наблюдается высокое и продолжительное весенне-летнее половодье и паводки дождевого или смешанного происхождения.

Объем стока за период половодья зависит от накопленных в холодное время года запасов воды в снежном покрове, количества весенних осадков (март – июнь), глубины промерзания почвы, увлажнения почв бассейна в предшествующий половодью летне-осенний сезон. Длительность и характер половодья определяется условиями таяния снега и режимом выпадения осадков в апреле – июне. При дружном таянии половодье обычно протекает бурно, отличается высокими подъемами воды и проходит за короткий период времени. При ранней, но затяжной весне сход снежного покрова происходит медленно. В результате наблюдается низкое растянутое половодье. Средняя дата начала половодья: конец апреля – начало мая. Продолжается оно 2,5 – 3,5 месяца. Выпадающие в это время дожди увеличивают водность реки. Часто дожди формируют серию подъемов на спаде половодья.

Внутригодовое распределение стока реки при естественном (бытовом) режиме проходит весной и летом. Доля стока весеннего сезона (апрель – июнь) составляет 48 %, летнего (июль – сентябрь) около 36 %. Сток всего весенне-летнего периода составляет 84 % годового. На долю осеннего стока (октябрь – ноябрь) приходится около 9 % и на долю зимнего – 7 %, а в зарегулированных условиях на долю весенне-летнего периода приходится всего 46 % годового стока реки, почти в два раза меньше, чем до ввода Енисейских ГЭС. Таким образом, на участке исследования современный водный режим реки определяется влиянием Красноярской ГЭС.

На ледовый режим Енисея особое влияние оказали изменения в термическом режиме реки, вызванные Красноярской ГЭС. В естественных условиях до строительства ГЭС зимой ход уровней воды характеризуется незначительными колебаниями. В период образования ледостава наблюдалось повышение уровней воды. Это вызвано сужением русла и уменьшением его пропускной способности. Процесс образования ледяного покрова растянут по времени. Дата наступления ледостава приходится обычно на конец октября, первую декаду ноября. Средняя продолжительность ледостава 145 – 165 дней.

Под влиянием Красноярского водохранилища ледовый режим коренным образом изменился. На участке Енисея ниже створа ГЭС образуется незамерзающая полынья.

До строительства Красноярской ГЭС на уровеньный режим Среднего Енисея основное влияние оказывали климатические условия. Начало подъема уровня было приурочено к середине апреля и вызвано притоком талых вод. В период весеннего ледохода наблюдались заторы, которые иногда вызывали наводнения у г. Красноярска. В течение мая – первой половины июня наблюдались два – три подъема уровня на высоту 1,5 – 2 м, в конце мая – начале июля проходит основная волна половодья с более высоким подъемом уровня. Амплитуда колебания р. Енисей в

г. Красноярске составляла 901 см. Низкие уровни межени осенью нарушались 3 – 4 дождевыми паводками. Затем наблюдались низкие предледоставные уровни, резкие подъемы на 1,5 – 2 м в день ледостава и плавное понижение уровней до конца марта.

Неоднородность ледотермических процессов на реках Восточной Сибири определяется условиями замерзания и режимом скоростей течения воды. Первый из этих факторов определяет первичное состояние ледяного покрова и степень подледной зашугованности русла. Так, в местах, где раньше всего наступает ледостав, создаются условия для уплотнения льда и усиления зашугованности русла. Ниже таких первичных очагов осеннего ледостава процесс замерзания протекает более спокойно. Различия в условиях замерзания и степени зашугованности русла существенно влияют на процесс нарастания льда зимой и ослабление ледяного покрова весной. В местах, где образование ледостава происходило более активно, и отмечалась значительная зашугованность русла, лед к концу зимы характеризовался большей толщиной и устойчивостью [1].

Весной стаивание льда, зависящее от температуры и скорости течения воды, на разных участках русла протекает с различной интенсивностью. Этим обуславливается различие толщины льда перед вскрытием.

Вскрытие Енисея происходит весьма неравномерно по его длине. Разность дат вскрытия реки у г. Кызыла и в низовьях превышает 40 дней. В верхнем течении реки фронт вскрытия перемещается со скоростью ~ 80 км/сут, в среднем течении он замедляется (до 60 км/сут), а в нижнем его скорость еще больше снижается и составляет 30 – 45 км/сут, т.е. процесс вскрытия идет в 1,5 – 2 раза медленнее, чем на верхних участках [2].

Вскрытие Енисея на более северных участках, например от устья Ангары до Осиновского порога, обычно происходит в течение первой декады мая. Скорость продвижения границы ледохода 60 км/сут. На участке Енисея от с. Селиваниха до г. Игарки вскрытие происходит в среднем с 19 по 29 мая, причем скорость продвижения северной границы ледохода составляет ~ 25 км/сут (минимальная для Енисея). Это объясняется уменьшением уклона реки и увеличением толщины льда на 30 – 40 см по сравнению с вышерасположенными участками. От г. Игарки и ниже скорость движения фронта вскрытия возрастает до 42 км/сут. В некоторые годы вскрытие происходило значительно быстрее. Так, в 1960 г. северная граница ледохода на этом участке переместилась за три дня (30 мая – 2 июня), т.е. в 3 – 4 раза быстрее обычного. Причина этого кроется в наступлении в конце мая высокой температуры воздуха (среднесуточная составила 18 – 23 вместо обычных 0 – 5 °С), обусловившей быстрое взламывание и разрушение льда. При этом вскрытие на данном участке произошло на 5 – 6 дней раньше средних сроков, а на участках, расположенных выше, наоборот, на 4 – 5 дней

позднее. Подобное быстрое разрушение ледяного покрова под воздействием теплового фактора наблюдалось впервые за последние 40 лет.

Весной 1967 г. вскрытие Енисея от д. Подкаменная Тунгуска до с. Селиваниха произошло с 28 апреля по 2 мая, т.е. на 12 – 17 сут раньше обычного (26 апреля – 2 мая) вскрытия северных притоков. Однако возникшая при этом волна половодья не смогла полностью взломать лед на Енисее, и северная граница ледохода остановилась между с. Курейка и г. Игаркой; ниже ледяной покров не был нарушен в течение последующих 19 дней. Ледоход ниже г. Игарки наблюдался в обычные сроки (27 мая – 9 июня).

Для Енисея и других больших сибирских рек развитие весенних процессов в основном зависит от климатических условий. Последние влияют не только на сроки вскрытия рек и начала ледохода, но и на продолжительность последнего, а также на скорость передвижения по реке волны вскрытия. В затяжные, недружные весны взламывание и нарушение ледяного покрова на больших реках происходит медленно. Во время скоротечной весны мощная волна половодья быстро перемещается вниз по реке, встречая прочный ледяной покров, слабо или совершенно еще не подготовленный для вскрытия. Поэтому в подобных случаях ледоход носит бурный и прерывистый характер.

Процесс взламывания льда на участках нижнего течения больших сибирских рек осложняется еще и тем, что толщина льда здесь значительно больше, чем на верхних участках.

На Енисее с почти меридианным направлением течения его водных масс механический фактор взламывания льда проявляется со значительно меньшей силой [1]. Существенную роль при этом играют следующие факторы: продолжительность подготовительного периода, высота подъема уровня воды при вскрытии и толщина льда подготовительного периода.

По условиям прохождения ледохода Енисей можно разделить на три характерных участка – верхний, средний и нижний. На верхнем участке от г. Кызыла до г. Красноярска река в основном вскрывается под воздействием теплового фактора, а механический фактор имеет второстепенное значение. Подготовительный период на участке составляет в среднем 21 день; он более продолжителен, чем на нижерасположенных участках. Высота подъема уровня воды 2 – 4,5 м. На среднем участке от Красноярска до д. Подкаменная Тунгуска продолжительность ледохода уменьшается в среднем до нескольких дней. При этом усиливается роль механического фактора вскрытия, чему способствует значительная высота подъема уровня воды и увеличившаяся мощность потока. Пик половодья происходит позднее разрушения ледяного покрова на несколько дней.

На остальной части течения исключительно велика роль механического фактора вскрытия реки, сопровождающегося высокими подъемами уровня воды и заторами льда. Подготовительный период на этом участке наиболее короткий.

Таким образом, ледоход на Енисее может быть трех типов: средний, сильный и очень сильный. После строительства Красноярской ГЭС ледовый режим реки в значительной степени изменился, однако в целом приведенная выше типизация ледохода остается в силе.

Значительное количество льда при подвижках и во время ледохода нагромождается на берегах, что приводит к частичному их разрушению. Иногда (весной) повреждаются строения, оказавшиеся в опасной зоне. На сток льда весной влияют толщина льда и высота слоя снега, образовавшегося на льду в течение зимы, метеорологические условия в подготовительный период и продолжительность последнего, интенсивность подъема уровня воды при вскрытии и т.д. Учесть это влияние с помощью количественных характеристик весьма трудно. Вместе с тем, как и для осеннего периода, справедлива следующая зависимость: чем продолжительнее ледоход, тем больше сток льда весной, и, наоборот, чем период короче, тем меньше проходит льда мимо пунктов наблюдений. Естественно, что весной продолжительность ледохода значительно меньше таковой осенью. Суммарный же сток льда в верховьях Енисея за оба периода примерно одинаков, а в низовьях Енисея весенний сток льда в 8 – 10 раз больше осеннего, что объясняется большой толщиной льда, образовавшейся за длительный период низких отрицательных температур. Весной сток льда у г. Игарки в среднем составляет 2000 – 3000 млн. м³.

После сооружения Красноярской ГЭС количество ледяного материала на Енисее от Красноярска до устья Ангары резко уменьшилось, что отразилось на количественных характеристиках стока льда (рис. 1).

Весенние заторы льда на реках – характерные явления для изучаемой территории. М.А. Великанов и Е.В. Близняк, изучавшие ледовый режим Енисея, обратили внимание на это явление и отметили грозный его характер. Заторам льда на реках обычно сопутствует ледоход, представляющий опасность для различных гидротехнических сооружений. В периоды образования заторов и загромождения русла льдом происходит резкий и значительный подъем уровня воды, в результате которого возникает опасность затопления населенных пунктов. Это обстоятельство должно приниматься во внимание при проектировании и строительстве на реках гидротехнических сооружений, в том числе и ГЭС.

Развитие заторов на реках отличается большой динамичностью. Наиболее бурные процессы происходят в период формирования затора на участке реки в пределах скопления битого льда перед очагом затора. Все объекты, находящиеся в этой зоне, подвергаются значительному воздействию льда (рис. 2). Случаи раздавливания речных судов,

разрушения и повреждения, например, причалов и мостов приурочены именно к этой активной зоне. Губительные последствия воздействия льда наряду с разливами воды дают основания относить заторы на реках к опасным природным явлениям [3].

Распространение заторов определяется особенностями гидрологического режима рек и климатическими условиями того или иного региона. Для рек енисейского бассейна можно выделить два главных фактора, обуславливающих образование зимой мощного ледяного покрова и сохранение его примерно в том же виде к моменту вскрытия.

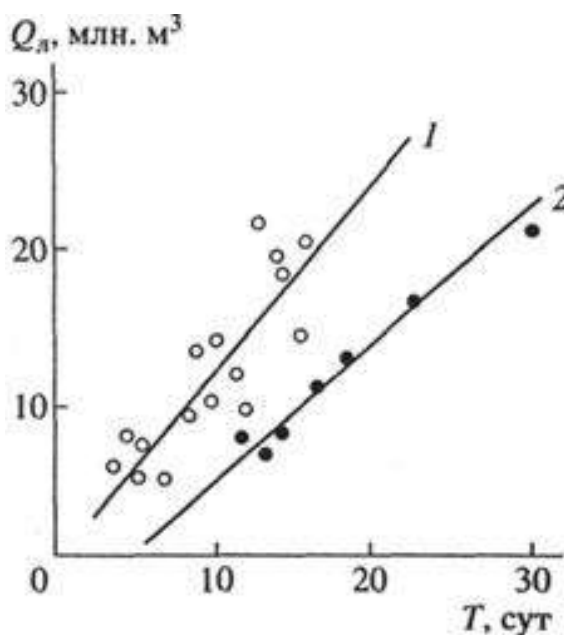


Рисунок 1. Зависимость стока льда от продолжительности весеннего ледохода в верхнем и среднем течениях Енисея (кривые 1 и 2 соответственно)

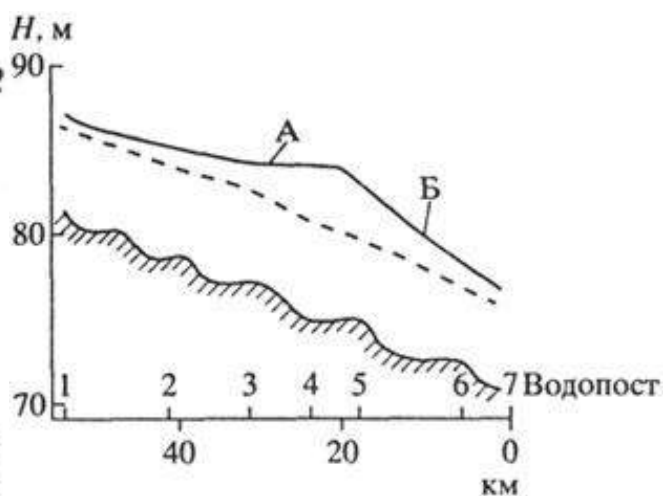


Рисунок 2. Типовая ледовая обстановка при заторе льда на Енисее и продольные профили реки: А — профиль водной поверхности при максимальном развитии затора, Б — профиль после прорыва затора. Водопады: 1 — Пустодомовский, 2 — Шумиха, 3 — Скит (Дивногорск), 4 — в 3 км ниже устья р. Маны, 5 — Караульная дача, 6 — Базаиха, 7 — Красноярск

При зарегулированном режиме ход уровней воды определяется режимом работы Красноярской ГЭС, происходит выравнивание годового хода уровней воды за счет перераспределения водности. Рассматривая многолетний ход максимальных уровней, можно отметить неправильную периодичность их изменения со средним периодом 3 – 4 года. Вниз по течению реки (от г. Дивногорска до г. Красноярска) прослеживается слабая тенденция снижения величины максимальных уровней воды. Она может быть связана как с подобным трендом максимальных расходов воды (смотреть ниже), так и с общим размывом дна в нижнем бьефе Красноярской ГЭС, что вообще характерно для нижних бьефов гидроузлов.

Длина полыньи в среднем составляет около (90 – 120) км. Она зависит как от изменения погодных условий, так и от сбросов ГЭС. В отдельные годы кромка ледостава может удаляться на 260 км от плотины ГЭС или приближаться к ней до 90 км. Ниже по течению в районе кромки ледостава из-за резкого сжатия поперечного сечения русла возникают подпорные явления, сопровождающиеся резкими подъемами уровней воды (до 7 – 9 м), особенно значительными в условиях неустойчивого режима ледообразования, вызванного подвижками льда под влиянием изменения погодных условий и сбросов ГЭС.

Таким образом, на исследуемом участке р. Енисей ледостав как таковой отсутствует вообще, река не замерзает круглый год. Лишь на изолированных от главного потока участках с замедленным водообменом зимой появляется ледяной покров. На зимние уровни воды он не оказывает заметного влияния.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гидрологические ежегодники (1941–1991 гг.). Красноярск, 1992. Т. 7. 315 с.
- 2 Турутин Б.Ф., Матюшенко А.И., Лелеков Т.И. Термика инфильтрационных сооружений: монография. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2000. 208 с.
- 3 Турутин Б.Ф., Кулагин В.А., Матюшенко А.И. Инженерно-экологическая надежность водоснабжения из подземных источников: монография. Красноярск: ИПЦ КГТУ, РИО КрасГАСА, 2006. 210 с.

УДК 628.12(470.47)

ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА СЕВЕРНОМ ГРУППОВОМ ВОДОПРОВОДЕ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

К.А. Лавгаев, В.Б. Убушиев

"Калмелиоводхоз", Элиста, Республика Калмыкия, Россия

А.М. Попов, Г.Т. Рыбин

"Южводпроект" филиал ФГУ "Управление Ростовмелиоводхоз",
Ростов-на-Дону, Россия

С.И. Игнатенко

Проектный научно-исследовательский институт водоснабжения и водоотведения
ЮРГТУ (НПИ), Новочеркасск, Россия

Очистные сооружения в системе водопровода являются наиболее ответственным звеном, призванным надежно и бесперебойно очищать природную воду до стандартного питьевого качества.

Способы обработки воды и необходимый состав водоочистных сооружений устанавливаются в зависимости от качества воды в источнике водоснабжения, производительности станции и результатов технико-экономических расчетов. В России технологии подготовки питьевой воды основаны на коагуляции, отстаивании или осветлении в слое взвешенного осадка, фильтровании, обеззараживании хлором. Они были разработаны в то время, когда водные объекты не подвергались интенсивному антропогенному воздействию, которое в последнее время привело к значительному ухудшению их состояния.

Отечественный и зарубежный опыт водообработки на сегодняшний день располагает значительным количеством практических разработок и рекомендаций в области очистки воды для хозяйственных и питьевых целей. Тем не менее, выбор рациональной схемы водоочистки представляет определенные трудности. Иногда действующие очистные сооружения не дают ожидаемых при их проектировании результатов. Это объясняется не только не продуманной технологической схемой или несоблюдением правильных режимов эксплуатации, но и возможным, иногда весьма значительным, изменением в сторону ухудшения качественного состава воды водоемов в отдельные годы или сезоны года, что не всегда учитывается при проектировании очистных сооружений.

На водопроводных очистных сооружениях Северного группового водопровода Республики Калмыкия, с забором воды из реки Волги, принята двухступенчатая обработка воды в вертикальных отстойниках с последующим фильтрованием на скорых фильтрах с песчаной загрузкой. Однако в процессе эксплуатации отстойники подверглись интенсивной коррозии, в результате которой один из двух работающих полностью вышел из строя, а второй – заполнен накопившимся осадком, находится на грани разрушения по причине его коррозии и своих функций практически не выполняет. Т.е. вода проходит через отстойник транзитом и в нем может задерживаться только грубодисперсная взвесь. Восстановлению отстойники не подлежат и требуют своей замены. Поверхность фильтрующего материала после промывки характеризуется наличием на ней бугров, воронок, отходом песка от стен фильтра, а также скоплением грязевых комков на поверхности фильтрующего слоя. Все это свидетельствует во-первых: о повреждении (или кольматации отдельных участков) дренажной системы; во-вторых: о так называемом «перерождении» загрузки, т.е. прочном обволакивании зерен песка органической и минеральной слизью по причине неравномерного распределения воды по площади фильтра. Уплотнение и закрепление загрязнений на зернах фильтрующего материала ухудшает качество промывок, снижает фильтрующую способность загрузки, что вызывает необходимость ее замены. В результате истираемости и измельчаемости песка при промывках в процессе эксплуатации произошла естественная

убыль фильтрующего слоя, которая не пополнялась и, как следствие, изменился фракционный и гранулометрический состав загрузки с повышением коэффициента ее неоднородности. Уменьшение же толщины фильтрующего слоя, в свою очередь, привело к увеличению расстояния от поверхности песка до кромок водоотводящих желобов, что и послужило причиной неполного выноса в них загрязнений при промывках и постепенному накоплению и закреплению на песке грязевых отложений. Все перечисленное свидетельствует о безусловной необходимости восстановления фильтров (замены дренажа на современный трубчато-пористый и перегрузки зернистого слоя) с учетом новых научных и практических разработок в области очистки воды фильтрованием.

В соответствии с принятой проектом технологией обработки воды на очистных сооружениях Северного группового водопровода к применению принят коагулянт – сернокислый алюминий. Однако в течение последних лет коагулянтное хозяйство не эксплуатировалось и требует капитального ремонта, в том числе восстановления воздухоудовного хозяйства, системы дозирования и перекачки реагента, замены воздухораспределительных систем, выполнения кислотоупорной изоляции емкостей и др. Наиболее экономичным и целесообразным с точки зрения технологии представляется установка нового, компактного блока по приготовлению и дозированию коагулянта нового поколения, изготовленного на основе полиоксихлорида алюминия, масштабный выпуск которого освоен на целом ряде предприятий России.

Многолетняя практика эксплуатации станции, особенно при обработке низкотемпературной воды и в периоды половодья показывает, что при использовании традиционного коагулянта – сернокислого алюминия – невозможно обеспечить требований к качеству питьевой воды одновременно по остаточному алюминию 0,5 мг/л, мутности 1,5 мг/л (2,6 ЕМФ), цветности 20 град ПКШ и перманганатной окисляемости 5 мг/л.

В связи с изложенным, по нашему мнению, основным направлением решения задачи обеспечения стабильного качества питьевой воды должно быть применение технологии, основанной на традиционных методах обработки: коагуляции, фильтрования и обеззараживания воды с применением более эффективной реагентной обработки за счет использования новых реагентов и изменения режима их ввода в очищаемую воду, применения принципа контактной коагуляции примесей воды непосредственно в толще зернистой загрузки фильтров. Также, при реконструкции очистных сооружений представляется целесообразным скорректировать принятую в проекте технологию таким образом, чтобы при форсированных режимах работы она была бы способна обеспечить производительность станции в 1,5 – 2 раза большую в сравнении с проектной, не снижая при этом качества очищаемой воды.

К числу установок, подтвердивших свою высокую надежность и технологичность, прежде всего, следует отнести сооружения, работающие в режиме контактной коагуляции. Контактная коагуляция примесей воды в толще фильтрующей загрузки отличается не только высокой скоростью протекания процесса, но и большей, в сравнении с коагуляцией в свободном объеме, полнотой извлечения из воды примесей, что позволяет обрабатывать воду мутностью до 100 – 120 мг/л и цветностью до 120 град против 10 – 15 мг/л и 30 – 50 град в обычных скорых фильтрах. Другими особенностями контактной коагуляции являются независимость процесса от щелочности и температуры воды, ее солевого состава, меньшие на порядок дозы коагулянта, меньшее влияние рН и др.

К сооружениям, работающим в режиме контактной коагуляции, относят контактные осветлители и контактные фильтры различных модификаций. Наиболее перспективными из них считаются контактные фильтры типа КФ-5 с двух- или многослойной загрузкой и скоростью фильтрования до 20 м/ч (против 4 – 5 м/ч у контактных осветлителей).

В контактных фильтрах вода с добавленным к ней реагентом (коагулянтом или флокулянтом) фильтруется через загрузку из материалов различной плотности в направлении сверху вниз так, как в обычных скорых фильтрах. Различные плотности материалов обеспечивают их постоянное расположение по высоте фильтрующего слоя после их взвешивания при промывке, а различные размеры фракций позволяют осуществлять фильтрование воды в направлении убывающей крупности зерен (сверху вниз), что позволяет использовать полностью всю 2-х метровую толщину загрузки, тогда как в обычных однослойных фильтрах работают только 400 – 500 мм песчаного слоя, какой толщины бы он не был.

Истощение освоенных традиционно используемых месторождений кварцевого песка и его сравнительно низкие технологические характеристики вызывают необходимость применения новых, промышленно доступных и более эффективных фильтрующих материалов. Основываясь на проведенных исследованиях кафедры ВХПиНМ ЮРГТУ (НПИ) [1], наиболее целесообразно использование нового высокоэффективного сорбционно-фильтрующего материала марки ОДМ-2Ф (опоки дробленные модифицированные), производимого из природного минерального сырья опалкристобалитовой породы. ОДМ-2Ф абсолютно безвреден для человека и не образует токсичных соединений, нерастворим в нейтральных и щелочных средах, обладает высокой стойкостью к истиранию (0,087 % при допустимой не более 0,5 %) и измельчению (0,23 % при допустимой не более 4 %), имеет соответствующий гигиенический сертификат качества. По взвешенным и коллоидным веществам суммарное поглощение материалом ОДМ-2Ф достигает значений 1 – 1,7 г на г сорбента, что считается весьма хорошим

показателем. На основании исследований сорбционных свойств материала ОДМ-2Ф в статических условиях установлено, что его сорбционная емкость составляет: по алюминию – 1,5 мг/г сорбента; железу – до 9 мг/г; нефтепродуктам – 9 мг/г; фенолам – до 16 мг/г.

Контактные фильтры, реконструируемые из старых песчаных на очистных сооружениях Северного группового водопровода, предлагается выполнить двухслойными с верхним слоем из материала ОДМ-2Ф размерами фракций 1,8 – 2,5 мм и высотой слоя 1,3 – 1,5 м и нижним – кварцевым песком производства АО «Гора хрустальная» с размерами зерен 0,7– 1,5 мм и толщиной слоя 0,4 – 0,6 м.

Коагулянт вводят непосредственно перед подачей воды на фильтры в шайбовый смеситель, устанавливаемый на трубопроводе, подающем воду на фильтрование. С тем, чтобы не происходило выпадение хлопьев $Al(OH)_3$ в толще воды над фильтром, воду подают через верхнюю распределительную систему, монтируемую над поверхностью загрузки на расстоянии 10 – 15 см от нее (непосредственно под желобами фильтра). Во время промывки фильтра часть промывной воды (15 – 20 % от общего количества) подается в верхнюю распределительную систему, тем самым более интенсивно отмывая загрязненный верхний расширившийся слой загрузки.

При обработке волжской воды контактным фильтрованием к применению принят коагулянт высокоосновной полиоксихлорид алюминия $Al_2(OH)_5Cl$ (товарная марка «АКВА-АУРАТ™30»). Сухой «АКВА-АУРАТ™30» в отличие от жидких оксихлоридов имеет более высокий процент содержания активного продукта в товарном реагенте и более высокую основность. Поскольку поставка коагулянта осуществляется в герметично упакованной таре, то наиболее рационально его хранение в сухом виде на складе.

Для приготовления раствора коагулянта следует принять полиэтиленовые емкости для агрессивных жидкостей по следующей схеме: в трех емкостях (растворные баки, работающие попеременно) готовится 15 %-ный раствор коагулянта, откуда погружными химическими насосами перекачивается в расходные баки (два бака, работающие также попеременно), доводится до 2 – 4% -ной концентрации и оттуда, насосами дозаторами дозируется в шайбовый смеситель. Перемешивание коагулянта в растворных баках осуществляется гидравлическим способом при помощи тех же химических насосов через тангенсальное сопло, смонтированное на дне растворного бака. Вся коагулянтная установка размещается на площади 5х3,65 м. Месячная потребность в товарном коагулянте первой очереди реконструкции (два фильтра площадью фильтрования 7,5х5,0 м производительностью 10 тыс. м³/сут каждый) при дозе оксихлорида 5 мг/л составит 10 т, которые разместятся на площади 4,2 м² (при высоте складирования 2,0 м 25-килограммовых мешков).

Очередность работ по корректировке технологии водоподготовки представляется следующей: в первую очередь крайне необходимо восстановить в технологическом цикле реагентную обработку воды, т.е. смонтировать и пустить в работу установку по приготовлению и дозированию оксихлорида алюминия, поскольку безреагентная схема очистки на данном составе сооружений не может обеспечить качество очищаемой воды до требований СанПиН 2.1.4.1074-01. Следующий этап реконструкции – переоборудование существующих скорых песчаных фильтров в высокопроизводительные контактные фильтры. Это потребует поочередной перегрузки фильтров, осмотр нижнего дренажа фильтров и, в случае необходимости его замены на трубчато-пористый. Далее монтаж верхней распределительной системы, дезинфекционная обработка загрузки и пуск фильтра в работу по схеме контактной коагуляции. Скорость фильтрования воды при заданной производительности одного контактного фильтра 10 тыс. м³/сут (всего на станции 5 фильтров) и его площади 37,5 м² составит 11,1 м/ч (при рекомендуемой до 20 м/ч).

Наиболее сложный этап реконструкции – замена вертикальных отстойников на аналогичные новые, или на другие сооружения или установки более производительные (в пересчете на единицу площади), менее объемные и простые конструктивно и в эксплуатации. Тем более, что СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» [2] рекомендует применение вертикальных отстойников при производительности водоочистной станции до 5 тыс. м³/сут. Производительность же станции после её реконструкции должна составить 50 тыс. м³ и, как показывают расчеты, число рабочих вертикальных отстойников должно быть не менее 7 штук.

Как альтернатива вертикальным отстойникам в качестве первой ступени предварительной очистки воды, по нашему мнению, более рационально применение фильтров с плавающей загрузкой типа ФПЗ-4 со скоростью фильтрования 10 м/ч, содержанием взвешенных веществ в исходной воде до 250 мг/л и цветностью до 150 град. [3]. Суммарная площадь таких фильтров составит всего около 200 м² (суммарная площадь зоны осаждения в вертикальных отстойниках – 2170 м² при скорости восходящего потока 0,4 мм/с).

В фильтрах ФПЗ-4 (безнапорный вариант) с нисходящим фильтрационным потоком используется неоднородная загрузка с диаметром гранул 0,5 – 4,0 мм с фильтрованием исходной воды в направлении убывающей крупности зерен и отводом осветленной воды средней дренажной системой, расположенной в толще загрузки с гранулами 0,8 – 1,5 мм. Промывка загрузки осуществляется нисходящим потоком воды, накопленной в надфильтровом пространстве [3]. Плавающая загрузка в работе не имеет непосредственного контакта с нижней дренажной системой сбора и отвода промывной воды. Это

позволяет отказаться от применения в корпусах фильтров дренажа большого сопротивления и специальных промывных насосов, уменьшить материалоемкость сборно-распределительных систем и рационально использовать весь располагаемый напор над коллектором отвода промывной воды.

На настоящей стадии решения задачи усовершенствования технологии реагентной обработки и увеличения производительности водоочистной станции Северного группового водопровода Ростовским институтом «Южводпроект» совместно с ПНИИВиВ ЮРГТУ (НПИ) выполнен рабочий проект реконструкции скорого фильтра и установки по приготовлению и дозированию коагулянта и Элистинским управлением «Калммелиоводхоз» планируется выполнение данных работ (первая очередь реконструкции) к концу 2006 г. Все это создает уверенность в повышении технологической и санитарной надежности работы очистных сооружений с минимальными капитальными затратами на реализацию проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Линевиц С.Н., Игнатенко С.И. Эффективность применения метода контактной коагуляции на донских водопроводах //Изв. вузов Сев.-Кавк. рег. Технич. науки.-1988.-№ 3-С. 68 – 72.
2. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения // Госстрой СССР. - М., Стройиздат, 1985. – 136 с.
3. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, переработанное и дополненное. Учебное пособие. - М.: Издательство АСВ, 2004. - 496 с.

УДК 628.162.82.002.5

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ВОДОПРОВОДАХ ЮГА РОССИИ

И.П. Турянский, В.А. Лысов

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

Анализ качества воды в реках Северного Кавказа (Кубань, Дон, М. Донец, Миус, Северский Донец и др.) показал наличие характерных загрязнений природного и антропогенного характера за счёт сброса неочищенных промышленных и бытовых сточных вод, поверхностного стока и т.д. Для рек Кубани характерно повышенное содержание взвешенных веществ, органических загрязнений (фенолов до 0,008 мг/л,

нефтепродуктов до 0,64 мг/л, пестицидов до 0,01 мг/л, СПАВ – 0,04 мг/л). Из неорганических загрязнений особое место занимают медь (до 1,0 мг/л) и соли тяжёлых металлов. Для нижнего Дона на отдельных участках содержание загрязняющих веществ по данным М.Г. Журбы и др. [1] находится в пределах 1 – 2 ПДК, по нефтепродуктам, соединениям меди 5 – 9 ПДК, нитратам 3 – 6 ПДК, хлорорганическим загрязнениям 3 – 4 ПДК. В реке М. Донец, используемой большей частью как источник не для аварийного, а для основного водозабора г. Таганрога, наблюдается большое количество органики, ракушки-дрейсены. В р. Миус в настоящее время сформировался целый букет загрязнений бытовыми и промышленными (шахтными) водами.

Существующие технологические схемы очистки воды на водопроводах г. Ростова-на-Дону, Анапы, Таганрога, районного центра Покровское, запроектированных и построенных ещё в 60-е годы XX века и ранее, не могут справляться с повышенными загрязнениями природного и антропогенного характера, что и подтверждает анализ работы сооружений. Так, в р. Кубань резко увеличилось содержание нефтепродуктов в результате аварии на нефтепроводе. Очистные сооружения г. Анапы не были подготовлены к работе в таких сложных условиях, и создавалась аварийная ситуация, смягчённая применением порошкообразного активированного угля. Повышенное содержание ракушки-дрейсены в р. М. Донец постоянно создаёт угрозу для эксплуатации Донводопровода. Зарастают водоводы, проложенные в сложных рельефных условиях. Увеличивается гидравлическое сопротивление в трубах, и, как следствие, наблюдается перерасход электроэнергии. При внезапных остановках и последующем пуске насосов масса ракушки выносится в смесители, забивает перегородчатые камеры хлопьеобразования. Возникали трудности и при эксплуатации водопровода районного центра Покровское и Миусского водопровода г. Таганрога, работающих с забором воды из р. Миус. Учитывая перечисленное, становится понятной необходимость разработки предложений по глубокой очистке питьевой воды для водопроводов юга России.

Для повышения барьерной роли на очистных сооружениях предлагается применять первичное и вторичное озонирование с последующей обработкой на сорбционных фильтрах. Как показали исследования на Анапском водопроводе в условиях сложившейся высотной схемы работающих очистных сооружений, рекомендуется применение сорбционных фильтров, работающих в режиме псевдооживления (с движением воды снизу вверх), что позволяет снижать потери напора в загрузке с $3 \div 3,5$ м до $0,3 \div 0,5$ м.

Для соблюдения надлежащего контроля над санитарным состоянием водопроводной сети на конечном этапе обработки рекомендуется проводить хлорирование с дозой хлора, обеспечивающей остаточный хлор

в пределах рекомендаций СанПиН. Учитывая действие двойного озонирования и сорбционной очистки, расход хлора небольшой, что не ухудшает органолептические показатели воды, подаваемой потребителям, но повышает надёжность контроля санитарного состояния водопроводной сети.

Для основных сооружений I ступени осветления воды рекомендуется применение контактной среды – взвешенного слоя в осветлителях и камерах хлопьеобразования, обладающего высокой способностью к извлечению загрязнений из речной воды. Для повышения эффективности и надёжности работы нами рекомендуется реконструкция существующих сооружений с целью создания на их основе осветлителей с выделенной зоной реакции и автоматической системой удаления осадка. Такое решение успешно внедрено и апробировано на водопроводах районного центра Покровское и консервного завода г. Семикаракорска. Внедрение камер хлопьеобразования с взвешенным слоем осадка и с выделенной зоной реакции на водопроводе г. Анапа позволило улучшить качество воды, повысить надёжность эксплуатации и производительность станции на 10 тыс. м³/сутки. Применённые камеры – универсальные, так как позволяют формировать хлопьевидную взвесь как при наличии взвешенного слоя, так и без него и обеспечивают нормальный режим осветления в горизонтальных отстойниках независимо от качества исходной воды р. Кубань.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, переработанное и дополненное. Учебное пособие. - М.: Изд. АСВ, 2004. 496 с.

УДК 628.163(470.45)

БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ «ЦВЕТЕНИЯ» ВОДЫ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

С.Г. Калинина, Г.В. Кравцова, С.В. Яковлев

Федеральное государственное научное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт озёрного и речного рыбного хозяйства»
Волгоградское отделение, Волгоград, Россия

Водохранилища Волгоградской области представляют собой искусственные водоёмы многоцелевого назначения, и поэтому водные

организмы и водопотребители должны быть обеспечены водой, качество которой отвечает нормативным требованиям.

Природно-климатические, гидрологические и гидрохимические условия водоёмов благоприятствуют нормальному развитию гидробионтов. Значительное влияние на гидрохимический режим и формирование биоценозов водохранилищ оказывают внутриводоёмные процессы и мощный антропогенный пресс. По уровню биологической продуктивности экосистемы водохранилищ Волго-Донского судоходного канала и Волгоградское водохранилище относятся к мезотрофному типу с чертами эвтрофии, а Цимлянское – к высокоэвтрофному типу.

Основной объём органического вещества в водоёмах образуют планктонные водоросли. Особенно благоприятные условия создаются для обильной вегетации ряда представителей синезелёных, возбудителей «цветения» воды: виды рода *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Microcystis*.

В Цимлянском водохранилище биомасса синезелёных в летний период обычно составляет 10 – 20 г/м³ [1, 2]. Молодые популяции синезелёных в дневное время в силу физиологических особенностей концентрируются в поверхностных слоях воды, достигая 80 – 100 г/м³. В местах нагона скапливаются водорослевые массы более высоких концентраций – 0,5 – 2,5 кг/м³. По классификации О.П. Оксюк с соавторами [3] биомасса синезелёных указанного порядка представляет экологическую опасность для жизни гидробионтов. Как правило, максимальные биомассы синезелёных в летний период характерны для прибрежий, заливов, бухт, балок. Устойчивая штилевая обстановка в сочетании с высокой температурой воды (23 – 25 °С) создают условия для формирования заморных зон и в придонных слоях воды глубоководных участков. Угроза для жизни гидробионтов, в том числе и рыб, существует ежегодно во второй половине лета. Особенно опасен период активной вегетации и массового отмирания высокотоксичного представителя синезелёных *Microcystis aeruginosa*.

На обширных акваториях этот возбудитель «цветения» воды формирует монодоминантный альгоценоз, подавляет развитие других видов водорослей, экранирует прохождение света в толщу воды, ограничивает фотосинтез, поглощает значительные объёмы кислорода при минерализации. В процессе жизни и при разложении он выделяет токсины, опасные для гидробионтов [4, 5]. В целом, это снижает самоочищающие способности водоёма и его санитарно-гигиенические свойства.

В водохранилищах Волго-Донского судоходного канала степень «цветения» воды синезелёными в 2 – 3 раза ниже, чем в Цимлянском водохранилище. Летние биомассы порядка 5 – 7 г/м³ довольно обычны для этих водоёмов. В заливах и мелких бухтах в период нагона максимальные

концентрации водорослей достигают 100 г/м^3 , что также представляет реальную угрозу для жизни водных обитателей.

В нижней зоне Волгоградского водохранилища интенсивность развития синезелёных по сравнению с Цимлянским в 3 – 5 раз меньше $3 – 5 \text{ г/м}^3$. Максимальные биомассы летнего фитоценоза достигают 40 г/м^3 , особенно в заливах при нагонных явлениях.

Обильное «цветение» воды опасно не только для самой экосистемы. Вода, используемая из водохранилищ для технических нужд, не может удовлетворять водопотребителей: забиваются фильтры и, как следствие, происходит удорожание водопотребления, на сельскохозяйственные угодия выносятся токсичные виды водорослей, что является причиной загрязнения почвы, затрудняется обеспечение водопоя сельскохозяйственных животных из-за различных заболеваний и т.д. Довольно остро складывается ситуация при подготовке питьевой воды на водозаборах городов: Волгодонска, Цимлянска, Котельниково, Волжского, Камышина, Волгограда и других населённых пунктов. Питьевая вода в летний период не отвечает нормативным требованиям и может представлять определённую опасность для здоровья населения.

В целом, экосистемы водохранилищ в течение вегетационного периода обеспечивают активность самоочищения. Однако, летом, в период напряжения определённых гидрометеоусловий и высокой скорости процессов минерализации органического вещества самоочищение воды затрудняется. Консументы экосистемы не способны в полной мере минерализовать огромную массу биологической продукции, и в воде накапливаются продукты распада.

Во второй половине прошлого столетия проблема «цветения» воды и негативные последующие явления на водохранилищах резко обострились. Начался активный поиск путей снижения обильного развития синезелёных. Наряду с исследованиями их физиологических особенностей, выявлению причин «цветения» воды были апробированы химические, механические и биологические методы предотвращения массового развития синезелёных. Особенно интересны в этих направлениях работы института гидробиологии АН Украины, Московского университета, отделений системы ГосНИОРХ и др. Однако, реально ни один метод не оказался эффективным, и поэтому проблема остаётся актуальной.

Наиболее популярным и безопасным для водохранилищ равнинных рек оказался биологический метод — вселение биомелиораторов — рыб амурского комплекса, в частности, типичного фитопланктофага белого толстолобика. Подобные работы были выполнены на водохранилищах Украины, Краснодарского края, в бывших республиках Средней Азии, в ряде областей юга России. Несмотря на некоторое увеличение рыбопродуктивности в этих водоёмах уровень «цветения» воды не снижался.

В водохранилищах Волгоградской области до настоящего времени осуществляется вселение белого толстолобика. Его доля в уловах Цимлянского водохранилища достаточно заметна и составляет до 10 % от общего вылова рыб; сформировалось и промысловое стадо, что является положительным моментом для рыбного хозяйства [6]. Однако объёмы вселения биомелиоратора не обеспечивают планируемого изъятия фитопланктона ни в одном водохранилище. Водоёмы по-прежнему обильно «цветут». Так, в сентябре 2005 г. мощное развитие *Microcystis* наблюдалось на всей акватории Цимлянского водохранилища. Биомасса водорослей в нагонах составляла 2 – 3 кг/м³. В это же время на Волгоградском водохранилище регистрировались мощные нагонные явления в правобережной части. В балке Оленья биомасса фитопланктона достигала 60 г/м³, разлагающаяся масса водорослей создавала мощную пену и неприятный запах в береговой зоне.

В связи с продолжающимся биологическим загрязнением, ежегодно регистрируемым в водохранилищах Волги и Дона, назрела необходимость в разработке новых технологий по регулированию и предотвращению «цветения» воды, вызванного развитием синезелёных.

Многолетними исследованиями сотрудников Пензенского научно-исследовательского института под руководством канд. биол. наук Н.И. Богданова в области новых биотехнологий выделен штамм зелёной водоросли ИФ Р№С — 111 *Chlorella vulgaris*, который проявляет себя и в культуре и в природной воде как антагонист основных возбудителей «цветения» воды [7 – 9]. Эта технология апробирована автором на Пензенском водохранилище питьевого назначения. Были получены положительные результаты. После вселения штамма *Chlorella* водохранилище в течение 5 лет не «цвело», и в структуре фитоценозов произошли изменения в сторону увеличения степени развития группы зелёных водорослей, что может характеризовать водоём с улучшенным качеством воды. Опыт учёных Пензенского НИИ широко обсуждался на форумах различных уровней, и в результате было принято решение к использованию предложенной Н.И. Богдановым биотехнологии по вселению штамма *Chlorella* в водоёмы юга России.

Ведущими научными учреждениями по разработке, поиску и внедрению новых биотехнологий, связанных с улучшением качества воды в водоёмах Волгоградской области, являются ФГНУ «Волгоградское отделение ГосНИОРХ» и ГНУ «Всероссийский НИИ орошаемого земледелия». Первый опыт по вселению штамма *Chlorella*, проведённый в 2005 г. в Береславском водохранилище в экспериментальном варианте, показал обнадеживающие результаты по минимизации развития синезелёных. В летний период они составляли всего 30 % от общей численности фитопланктона, и их доминирующая роль не регистрировалась. В августе 2006 г. на Волгоградском водохранилище

(залив Осадный) был заложен эксперимент с целью установления факта подавления развития синезелёных. Полученные данные подтверждают заключения Н.И. Богданова об ингибирующем воздействии штамма *Chlorella* на возбудителей «цветения» воды. Эти материалы предварительны и требуют дальнейших, более глубоких исследований.

В настоящее время осуществляется апробация вселения штамма в различные типы водоёмов области с целью определения объёмов внесения альголизанта, выявлению сукцессий в фитоценозе после внесения штамма, выполняются исследования по изучению природы антагонистических отношений, механизма подавления, влияния на другие биоценозы.

В результате вселения штамма ИФР №С-111 *Chlorella vulgaris* в водохранилища области следует ожидать:

- повышения самоочищающей способности экосистем за счёт утилизации загрязняющих веществ штаммом *Chlorella*,
- снижения вероятности появления локальных заморных зон в водоёмах,
- улучшения кормовой базы беспозвоночных и рыб за счёт структурных изменений в фитопланктоценозах,
- увеличения биомассы зоопланктона, наиболее потребляемого трофического звена, улучшения нагула молоди и рыб-планктофагов,
- улучшения условий естественного воспроизводства рыб и увеличения рыбопродуктивности водохранилищ,
- возрастания тенденций к равновесию энергии и вещества в экосистемах,
- повышения качества воды для водопользователей и сокращения расходов на её очистку,
- приближения качества воды к нормативным требованиям ГОСТа и снижения затрат на водоподготовку,
- повышения рекреационной значимости водохранилищ для населения за счёт снижения степени «цветения» воды и улучшения её санитарно-гигиенических свойств в местах отдыха.

Наряду с биологическими методами, регулирующими степень «цветения» воды в водоёмах, необходима разработка дополнительных мер — механических и химических — с целью возможного комплексного воздействия на экосистему.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинина С.Г. Структурные и продукционные характеристики фитопланктона Цимлянского водохранилища // Сб. научн. трудов ГосНИОРХ, Л., вып. 256, 1987. С. 54 – 62.
2. Голоколёнова Т. Б. Цветение» водоёмов синезелёными водорослями и меры по его предотвращению // Материалы Всероссийской науч.-

- практ. конф. «Экологические проблемы загрязнения водоёмов Волжского бассейна, современные методы и пути их решения», Волгоград, 2004. С. 123.
3. Оксийук О.П., Столберг Ф.В. Управление качеством воды в каналах. Киев: Наукова думка, 1986. С. 176.
 4. Сиренко Л.А. Физиологические основы синезелёных водорослей в водохранилищах. Киев: Наукова думка 1972. С. 204.
 5. Горюнова С.В., Демина Н.С. Водоросли – продуценты токсичных веществ. М.: Наука, 1974. С. 256.
 6. Яковлев С.В. Роль популяции белого толстолобика в формировании промыслового ихтиокомплекса Цимлянского водохранилища // Материалы Всероссийской научн.-практ. конф. «Экологические проблемы загрязнения водоёмов Волжского бассейна, современные методы и пути их решения»; Волгоград. 2004. С. 123.
 7. Богданов Н.И. Штамм микроводоросли *Clorella vulgaris* – продуцент биомассы // Бюлл. Изобретения, № 4 – Патент РФ № 1751981. 1997
 8. Богданов Н.И. Биологические аспекты борьбы с «цветением» воды синезелёными водорослями в Пензенском водохранилище // Водохозяйственный комплекс России: состояние, проблемы, перспективы. Сб. мат. научн. – практ. конф. Пенза, 2003. С. 23 – 24.
 9. Богданов Н.И. «Цветение» водоёмов синезелёными водорослями и меры по предотвращению // Материалы Всероссийской научн.-практ. конф. «Экологические проблемы загрязнения водоёмов Волжского бассейна, современные методы и пути их решения»; Волгоград: 2004. С. 123.

УДК 628.1

УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД КАК МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

В.Б. Смирнов

ЗАО Научно-производственная компания «Медиана-Фильтр» Москва, Россия

Несмотря на то, что все большее внимание, уделяется охране окружающей среды, общемировой тенденцией является ухудшение качества воды в водоемах. Не исключением являются и природные водоемы РФ. По существующим требованиям нормируется содержание тридцати неорганических соединений и элементов и около 680 индивидуальных органических соединений, изомеров и смесей, которые классифицируются как «вредные вещества в питьевой воде». Несмотря на

столь внушительный список контролируемых показателей, уже сейчас можно с уверенностью утверждать, что употребление воды в пищу (равно как и использование в производстве пищевых субстанций), прошедшей подготовку только на городских очистных сооружениях, не только не улучшает здоровье, но и в ряде случаев для него опасно (вспомним хотя бы вспышку вирусного гепатита в Нижнем Новгороде). Такое положение вещей связано с тем, что оборудование большинства водоподготовительных станций устарело и требует реконструкции. Кроме того, зачастую, старые технологии водоподготовки (это в основном коагуляция, хлорирование) в «одиночку» справиться с новыми техногенными загрязнителями не в состоянии.

В будущем, в связи с нарастанием опасности техногенных катастроф, не приходится надеяться на улучшение качества воды в водозаборах. В то же время можно быть уверенным во внедрении высокочувствительных (вероятно маркерных) методов мониторинга гигиенического качества воды и ужесточении нормативов по содержанию в воде (всех видов) токсичных соединений. В связи с этим при проектировании новых водоподготовительных станций, которые в идеале должны быть устойчивы к аварийным загрязнениям водозаборов, необходимо использовать технологии, обеспечивающие исключительную стабильность качества питьевой воды. На современном этапе таким требованиям отвечают только мембранные (ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос) технологии водоподготовки в комплексе с химическими технологиями (озонирование и другие методы разрушения органических соединений). Из всех мембранных методов для подготовки воды питьевого качества наиболее подходящим является ультрафильтрация.

Применение ультрафильтрации позволяет полностью решить проблему удаления взвесей агломератов коллоидов, микроорганизмов. Фильтрат, полученный на установках ультрафильтрации, имеет следующие типичные характеристики: значения SDI менее 2; взвешенные вещества менее 0,5 мг/л; содержание органических соединений в воде в сочетании с коагуляцией снижается в 2 – 3 раза; цветность не более 10 – 15⁰; качество фильтрата стабильно и не зависит от флуктуаций качества питающей воды.

Ультрафильтрационная мембрана Hydracap изготавливается из полых волокон гидрофильного полиэстерсульфона (PES). Мембрана изготовлена из полых волокон с внутренним диаметром 0,8 или 1,2 мм. Стандартный модуль Hydracap 60 включает в себя 13200 полых волокон. Мембраны с волокнами диаметром 0,8 мм используются при значении мутности до 200 мг/л. Для более мутной воды рекомендуется использовать мембраны с волокнами диаметром 1,2 мм.

Параметр селективности стандартной мембраны составляет 100 – 150 кДа, что соответствует размеру поры примерно 0,025 мкм. Таким образом, мембрана обеспечивает эффективный барьер для большинства вирусов (на 4 порядка), бактерий (на 6 порядков) и *Cryptosporidium* oocysts. На рис. 1 представлена диаграмма ультрафильтрационной системы, которая состоит из питающего насоса, грязевика, ультрафильтрационного модуля, бака обратной промывки, насоса обратной промывки и системы химической очистки и дезинфекции.

Питающая вода под давлением подается в систему при помощи питающего насоса. Оценочный максимум дифференциального давления через всю систему около 2,5 бар, учитывающий потери на трение, а также падение давления на мембране, которое может увеличиваться из-за ее постепенного загрязнения и достигать значения 1,0 бар.

Периодически проводится обратная промывка ультрафильтрационного модуля, для которой используется фильтрат, собранный в бак обратной промывки. Во время обратной промывки из системы удаляются загрязнения, и восстанавливается начальное падение давления на мембране.

Ультрафильтрационная система работает в автоматическом режиме и управляется микропроцессорным контроллером (PLC), который координирует работу всех компонентов системы, управляя работой насосов, клапанов и дозирующего оборудования.

В воду, которая питает ультрафильтрационную систему, может осуществляться дозирование коагулянта. Данный прием особенно эффективен, если имеют место периодические ухудшения качества питающей воды. Действие коагулянта приводит к формированию «хлопьев», на которых адсорбируются органические соединения. «Хлопья» задерживаются на поверхности мембраны и легко удаляются при обычной обратной промывке. Без использования коагулянта уменьшение параметра полной органики (ТОС) системой ультрафильтрации находится на уровне 25 %, при использовании коагулянта данное значение возрастает до 60 % (поверхностные воды).

Нашей компанией были проведены полупромышленные испытания собственных установок ультрафильтрации, одна из них работала на мембранах Hydracap. В настоящей статье сообщается о некоторых результатах работы этой установки.

Результаты испытаний. В ходе полупромышленных испытаний отработывалась схема работы установки ультрафильтрации на воде реки Москва. Были уточнены основные показатели работы установки, такие как, удельный съём фильтрата с поверхности мембранного элемента, доза коагулянта, уровень pH исходной воды и воды, полученной в результате ультрафильтрации.

Дозы коагулянтов. Для обеспечения более полного удаления органических веществ из исходной воды проводилось дозирование полиоксихлорида алюминия («АКВА-АУРАТ™18) и/или хлорида железа III. Использование этих коагулянтов позволяет добиться снижения уровня органических веществ в воде не менее чем на 60 %.

Как наглядно видно из графиков (рис. 1, 2), технология ультрафильтрации с предварительной коагуляцией имеет значительное преимущество перед классической технологией осветления. Качество воды, полученной после ультрафильтрации по взвешенным веществам, практически не зависит от качества исходной воды и стабилизируется на уровне 0,1 – 0,2 мг/л. Содержание железа в выходной воде не превышало 100 мкг/л и определялось, в основном, количеством дозируемого в поток исходной воды хлорного железа. Эффективность удаления окисляющейся органики (перманганатная окисляемость) составила около 60 % и зависит от условий коагуляции (температура, pH, время коагуляции) и типа коагулянта.

КПД по воде – не менее 92 %. Расход электроэнергии на выработку 1 м³ воды составляет около 0,19 кВт*ч.

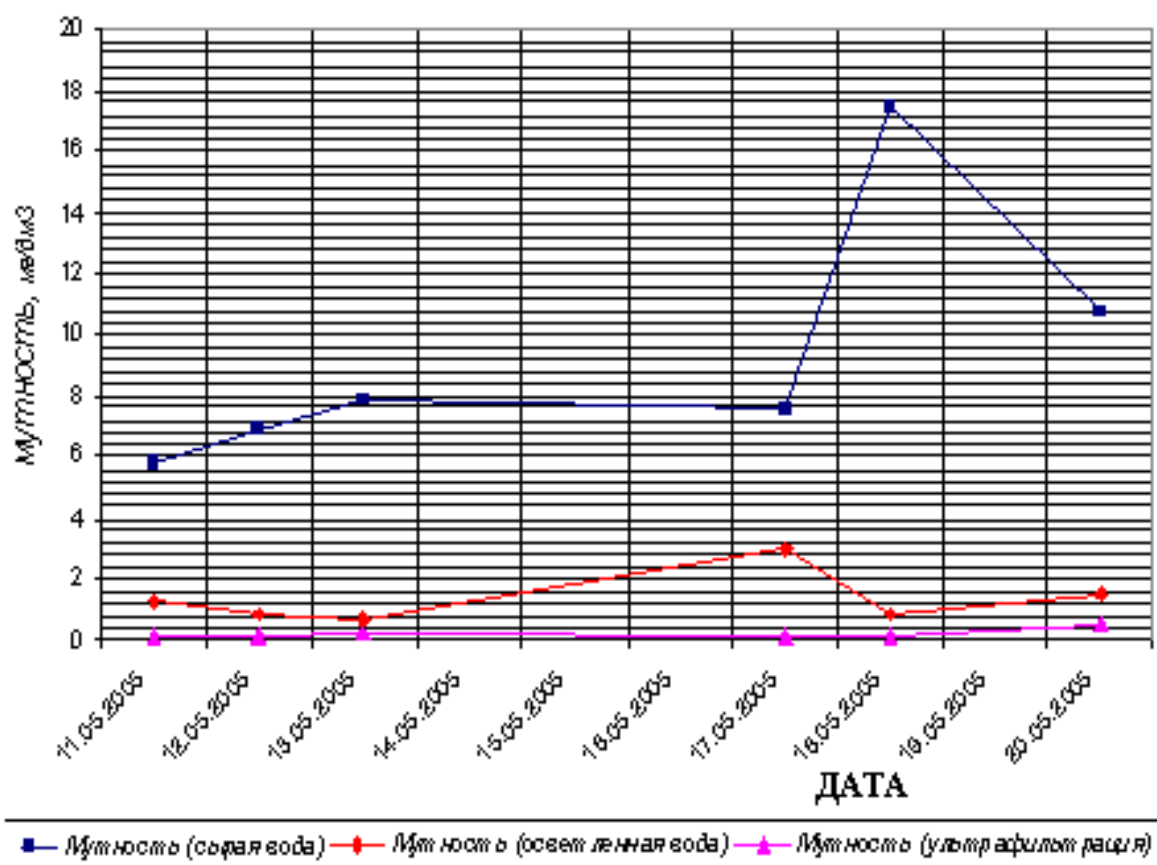


Рисунок 1. Мутность сырой, осветленной воды и воды после ультрафильтрации (тип 1)

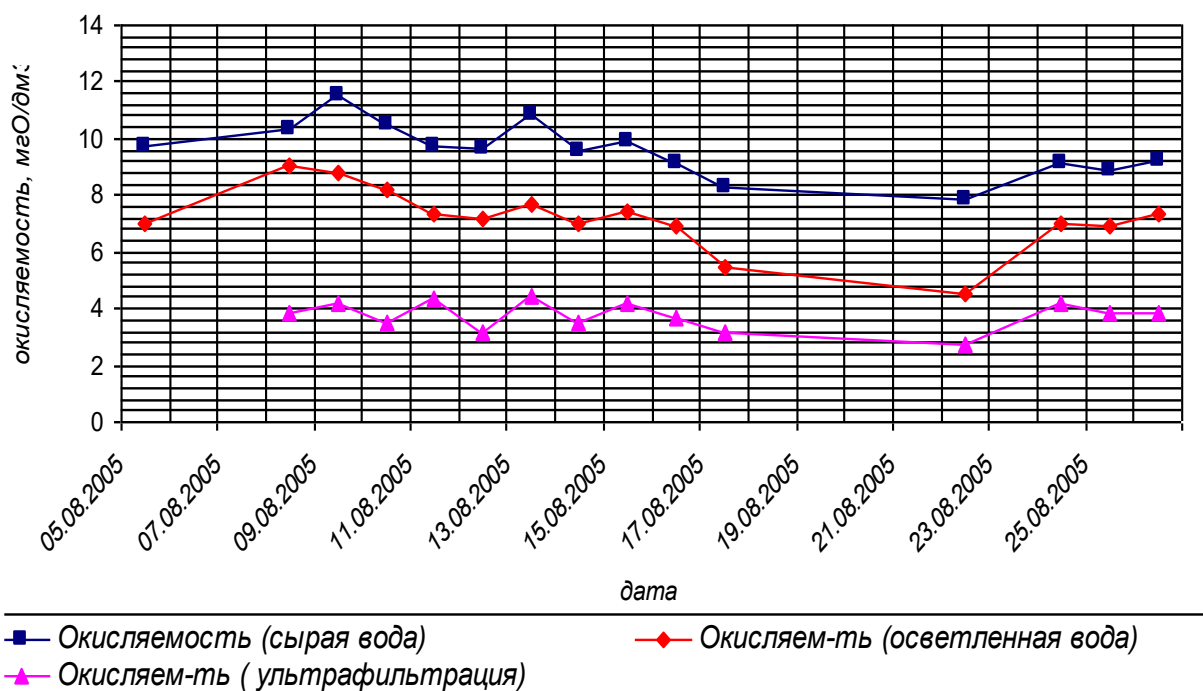


Рисунок 2. Содержание органических веществ в сырой, осветленной воде и воде после ультрафильтрации (в пересчете на перманганатную окисляемость) (тип 2)

Состав и технические характеристики полупромышленной установки. Установка ДВС-М-150-УФ состоит из двух основных блоков – блока коагуляции и основного фильтрационного модуля.

Основные технические характеристики пилотной установки ДВС-М-150-УФ

Скорость фильтрации	1600 - 7000 л/ч
Максимальное рабочее давление	5 бар
Максимальное трансмембранное давление	1,4 бар
Максимальное трансмембранное давление при обратной промывке	1,4 бар
Максимальная концентрация свободного хлора	200 мг/л
Максимальная экспозиция по свободному хлору	200,000 мг/ч
Максимальная мутность исходной воды	100NTU
Максимальная рабочая температура	40 ⁰ С
диапазон рН при работе	4-10
диапазон рН при химической мойке	1.5-14
Скорость обратной промывки	4800 – 13500 л/ч

Рекомендуемые подключения.

Входная вода	до 7000 л/час
Воздух	собственный компрессор
Электроэнергия	380 В, 3-фазное 50 Гц
Потребляемая мощность	до 3 кВт
Канализация	Ø 75 – 100 мм

Основной фильтрационный модуль включает в себя:

- мембранный блок;
- насос подачи исходной воды;
- насос обратной промывки;
- блок химической мойки;
- емкость для сбора очищенной воды;
- блок автоматики и управления;
- блок коагуляции предназначен для предварительной подготовки воды: коагуляции и аэрации, и состоит из компрессора, гидравлической мешалки, дозирующих насосов, емкости и блока автоматики.

УДК 628.1.036.4

РАСЧЕТ ДОЗ РЕАГЕНТОВ ПРИ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕРОВОДОРОДНЫХ ВОД

Л.Н. Фесенко

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

А.Ю. Черкесов, С.И. Игнатенко

ООО НПП "Экофес", Новочеркасск, Россия

Сероводород как в свободном состоянии (H_2S), так и в виде гидросульфидов (HS^-) и сульфидов (S^{2-}) достаточно широко распространен как в природных (артезианских), так и в сточных водах. Удаление сероводорода является обязательной операцией, так как данное соединение высокотоксичное и жестко лимитируется санитарными и природоохранными органами.

Значительное место в практике удаления из воды сероводорода занимает окислительно-восстановительные процессы, что и легло в основу большинства известных технологий обработки сероводородсодержащих вод. Сущность реагентных (химических) методов удаления из воды сероводорода заключается в добавлении к обрабатываемой воде химических реагентов, вступающих в реакцию с H_2S , в результате которой происходит либо его связывание в малорастворимые сульфиды (обычно в моносulfид FeS или трисульфид Fe_2S_3 железа), либо его окисление и перевод в менее активные соединения (элементарную S^0 или её окислы – $\text{S}_x\text{O}_6^{2-}$, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_3^{2-} , SO_4^{2-} и др.).

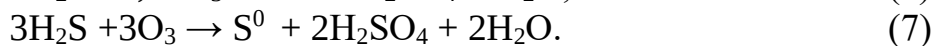
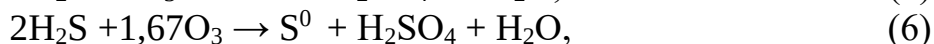
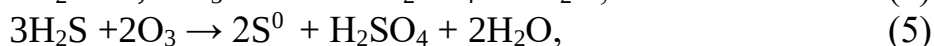
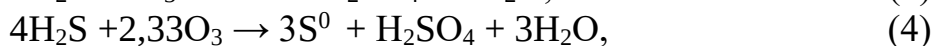
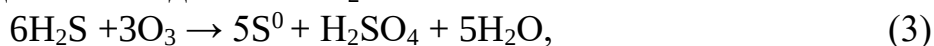
В качестве реагентов при химическом окислении сероводорода могут быть использованы различные окислители: хлор и хлорсодержащие соединения (гипохлориты кальция и натрия, хлорная известь, диоксид хлора), озон, перекись водорода, диоксид серы, перманганат калия, галогены, кислород и др. При этом основным продуктом окисления выступает, прежде всего, элементарная сера, что объясняется легкостью отдачи гидросульфидными и сульфидными ионами своих электронов с последующим превращением этих ионов в нейтральные атомы серы. Помимо образования элементарной серы, окисление сероводорода сопровождается появлением в воде оксидов серы различной степени окисления, которых известно более сорока. И совершенно неправильным является представление, что выход продуктов окисления (серы и сульфатов) зависит от дозы окислителя, т.е. имеется в виду, что при малых дозах окислителя сероводород окисляется до свободной серы, а при больших – до сульфатов. Так, на примере озона, считается, что при его дозе (стехиометрической) 1,88 мг/мг H_2S реакция протекает только с образованием SO_4^{2-} по уравнению:



а при дозе 0,47 мг/мг H_2S сероводород окисляется только до коллоидной серы [1]:

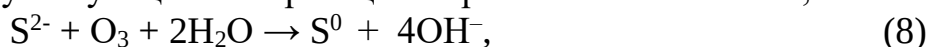


Однако, термодинамически возможны все виды реакций, приводящие к образованию в растворе, как молекулярной серы, так и всех её окислов. Реакции взаимодействия H_2S с озоном можно записать и так:



и т.д., при этом дозы озона, рассчитанные по реакциям (3 – 7) составят соответственно 0,71; 0,82; 0,94; 1,18 и 1,41 мг на 1 мг сероводорода. Т.е. можно записать сколь угодно много промежуточных реакций между реакциями (1 и 2) с расходом озона от 1,88 до 0,47 мг/мг H_2S .

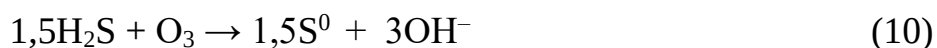
В действительности, протекание конкурирующих реакций и, соответственно, выход конечных продуктов окисления сероводорода (или соотношение их концентраций в растворе) определяется не дозой окислителя, а величиной pH среды. Так, в соответствии с известным принципом Ле Шателье, синтезу элементарной серы в щелочной среде препятствует сопутствующее этой реакции образование ионов OH^- , т.е.



и в данных условиях предпочтительна реакция окисления до сульфатов



и, наоборот: в кислой среде более вероятно образование S^0 по реакции



поскольку протекание реакции до SO_4^{2-} тормозится сопутствующим образованием H^+ в растворе



Влияние величины pH на выход компонентов реакций окисления изучали путем последовательных измерений ЭДС проб сероводородной воды при непрерывном введении окислителя и в диапазоне 3,5 – 11,5 pH. Запись кривых «ред-окс-потенциал-объем окислителя» осуществляли через блок высокоомного вольтметра потенциостата П-5848 потенциометром КСП-4. Исследования проводили с участием 4-х окислителей: гипохлорита натрия, йода, озона, гипохлорита кальция. Анализ кривых потенциометрического титрования показал, что расход реагента, отвечающий моменту полного окисления сероводорода, возрастает с увеличением pH во всех изучаемых случаях, т.е. в щелочной среде выход коллоидной фракции снижается. По результатам потенциометрии установлен линейный характер зависимости расхода окислителя (Д, мг на мг H_2S) от значений pH среды (коэффициент корреляции не ниже 0,98 для всех изучаемых случаев):

$$\text{для гипохлорита натрия} \quad \text{Д} = 1,707 + 0,216 \text{ pH}, \quad (12)$$

$$\text{для озона} \quad \text{Д} = -0,219 + 0,165 \text{ pH}, \quad (13)$$

$$\text{для йода} \quad \text{Д} = 0,495 + 0,635 \text{ pH}, \quad (14)$$

$$\text{для гипохлорита кальция} \quad \text{Д} = 2,214 + 0,172 \text{ pH} \quad (15)$$

Для количественной оценки выхода коллоидной фракции был рассчитан стехиометрический расход каждого из окислителей, составлены теоретические уравнения, определяющие ту часть сероводорода (в %), которая окисляется в молекулярную серу и, наконец, с учетом (12 – 15) были получены формулы расчета ожидаемой концентрации серы (S^0 , мг/л) по известным значениям pH среды и суммарной концентрации сероводорода ($C_{\text{H}_2\text{S}}$, мг/л) в воде:

$$\text{для гипохлорита натрия: } \text{S}^0 = (0,738 - 0,065 \text{ pH}) \cdot C_{\text{H}_2\text{S}}, \quad (16)$$

$$\text{для озона: } \text{S}^0 = (1,340 - 0,110 \text{ pH}) \cdot C_{\text{H}_2\text{S}}, \quad (17)$$

$$\text{для йода: } \text{S}^0 = (1,230 - 0,069 \text{ pH}) \cdot C_{\text{H}_2\text{S}}, \quad (18)$$

$$\text{для гипохлорита кальция: } \text{S}^0 = (0,594 - 0,052 \text{ pH}) \cdot C_{\text{H}_2\text{S}}, \quad (19)$$

Рассмотрение термодинамики окислительной обработки сероводородных вод (реакции 16 – 19) стало необходимым, поскольку правильный расчет дозы окисляющего реагента (озона, хлора или какого-либо другого) играет первостепенную роль при выборе и обосновании установок, на которых получают окислитель (тот же озон или, например, гипохлорит натрия), либо при расчетах количества поставляемого окислителя (перманганата калия, хлор-газа и др.), а также при назначении оборудования, комплектующего ту или иную предлагаемую технологию очистки сероводородсодержащих вод.

УМЕНЬШЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОТОКАХ

Д.В. Кашарин

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

Одним из основных мероприятий по восстановлению экологического состояния естественных и искусственных водотоков, а также обеспечения гарантированных глубин, является проведение их расчистки и дноуглубительных работ. Однако при проведении дноуглубительных работ происходит повышение концентрации взвешенных веществ, что приводит к заиливанию нижележащих участков русел, ухудшает условия водопользования (в особенности рыбного хозяйства при заилении нерестилищ).

По проведенным исследованиям известно, что повышенная концентрация взвешенных веществ может улавливаться на расстоянии до 5 км от места производства работ [1]. При этом на удалении в 500 м повышение концентрации достигает 300 – 400 % от фонового. Границы распространения пятна повышенной мутности (X) ориентировочно можно определить по уравнению:

$$\frac{X}{h_{\text{ср}}} = f\left(\frac{u}{V_{\text{ср}}}\right),$$

где $h_{\text{ср}}$ и $V_{\text{ср}}$ – соответственно средние величины глубины и скорости
речного потока, м/с;

u – гидравлическая крупность частиц грунта, мм/с.

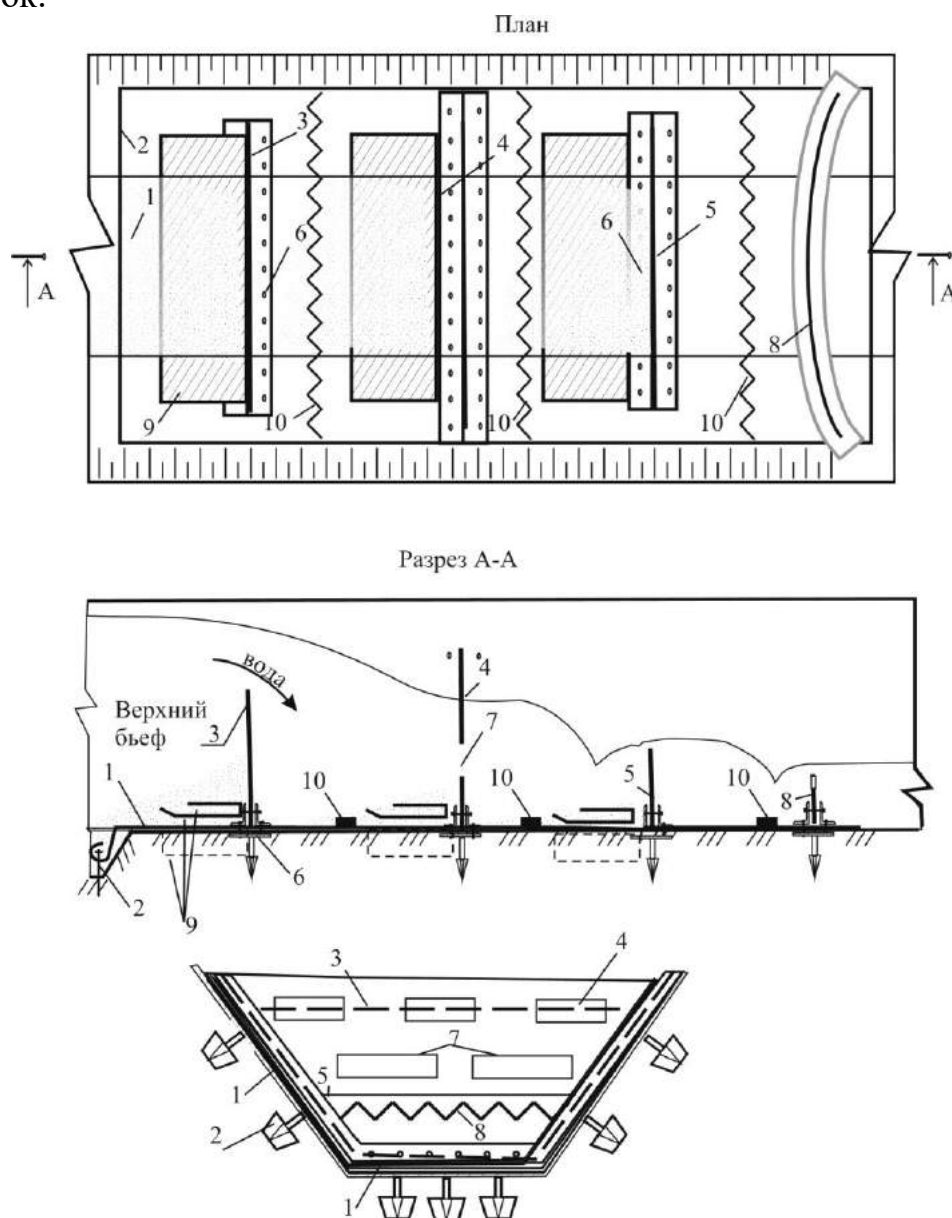
С учетом рекомендаций (Хват В.М. 1983) относительные значения в уравнении (11.1) связаны следующими величинами:

$\frac{u}{V_{\text{ср}}}$	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,03
$\frac{X}{h_{\text{ср}}}$	3,0	3,5	4,5	7,0	25,0	40,0	200,0

При выполнении работ в непроточных водоемах пятна повышенной мутности могут достигать в диаметре 200 – 300 м.

Нами разработано подпорное сооружение-отстойник из композитных материалов [2], которое обеспечивает снижение концентрации взвешенных наносов, поступающих с места производства дноуглубительных работ. Данное сооружение может быть демонтировано и перенесено в расчетный створ, находящийся ниже по течению.

Подпорное сооружение-отстойник из композитных материалов монтируется на берегу водотока. Монтаж включает в себя раскладку гибкого флютбета, присоединение к нему подпорных стенок 3, 4, 5, криволинейного гребня 8, съёмных карманов 9 и русловых анкеров 2 за счет узлов крепления 6 (см. рисунок). Затем конструкция устанавливается в водоток.



Сооружение-отстойник: 1 – гибкий флютбет; 2 – русловой анкер;

3, 4, 5 – соответственно первая, вторая и третья водоподпорные стенки; 6 – узел крепления подпорной стенки; 7 – отверстия; 8 – зубчатый гребень; 9 – съёмный карман; 10 – запорное устройство

Сооружение-отстойник работает следующим образом. Взвешенные частицы за счет влияния подпорной стенки частично осаждаются, попадая в съёмный карман 9, затем поток воды переливается через вторую подпорную стенку 4, выполненную выше первой, в которой по периметру в шахматном порядке размещены водовыпускные отверстия 7. Осевшие на гибком флутбете наносы также по мере накопления попадают в съёмные карманы 9, и далее вода переливается через криволинейный гребень 8 подпорной стенки 5, которая служит для аэрации потока (используется в водотоках рыбохозяйственного назначения). После накопления наносов предусматривается снятие карманов 9 и их освобождение от накопившихся наносов с последующей установкой на прежнее место.

После расчистки русла подпорное сооружение-отстойник переносят в другой рабочий створ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства – Л.: Гидрометеиздат, 1990. 226 с.
2. Пат. 2278204 Российская Федерация, МПК E02B. Подпорное сооружение-отстойник и способ его возведения. № 20031357/03; заявл. 04.12.2003, опубл. 20.06.2006. Бюл. № 17.

УДК 628.162(282.256.1)

ОСОБЕННОСТИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ АРТЕЗИАНСКОЙ ВОДЫ ВЕРХНЕ-ОБСКОГО БАССЕЙНА МЕТОДОМ УПРОЩЕННОЙ АЭРАЦИИ

И.И. Рождов

COWI, Москва, Россия

Л.Н. Фесенко

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

Для водоснабжения г. Сургута используется подземная вода Атлымского горизонта. Вода содержит около 2 мг/дм³ двухвалентного железа, связанного в органо-фосфатные комплексы, что значительно отличает ее состав от вод, в которых железо находится в виде иона Fe²⁺ или связанным с гидрокарбонатными ионами.

В связи с этим для разработки режима эксплуатации водоочистных сооружений г. Сургута, первоначально построенных по схеме: аэрация и

последующее фильтрование на зернистых фильтрах, потребовалось проведение ряда лабораторных и производственных экспериментов на пилотной установке и действующих производственных фильтрах.

Установлено, что процесс аэрации воды способствует насыщению воды кислородом, снижению концентрации двуокиси углерода и повышению pH, удалению следов сероводорода и метана. Последнее требует в свою очередь установления режима обработки, при котором нельзя допускать окисления значительной части железа до трехвалентного. Соединения Fe^{3+} , образующиеся в воде перед подачей на фильтры, в большей своей части на фильтрах не задерживаются.

В связи с этим аэрацию воды, осуществляемую барботажным методом, либо пребывание воды в баке реакторе после пленочной дегазации следует ограничить во времени до 6 – 8 мин.

На фильтрах процесс окисления и задержания железа происходит на поверхности зерен загрузки в слое специфической пленки, содержащей кроме соединений гидроокиси железа значительное количество органического вещества и фосфатов. В образовании пленки, несомненно, участвуют железобактерии.

Все это несколько усложняет работу фильтров.

При недостаточно глубокой промывке фильтрующего слоя происходит накопление упомянутой выше пленки и образование комков, агломератов, в которые при последующем фильтровании не проникает кислород, и развиваются анаэробные процессы, резко ухудшающие органолептические свойства фильтрата.

В связи с этим на одном из производственных фильтров применена загрузка из дробленого антрацита, который отмывается лучше, чем кварцевый песок.

По окончании фильтроцикла продолжительностью 36 ч осуществляется воздушное взрыхление при понижении воды в фильтре ниже кромки промывных желобов в течение 10 мин. Специальным методом установлено, что при подаче воздуха интенсивное перемешивание и перетирание зерен загрузки происходит только в верхнем 20 – 30 см слое, остальная масса загрузки остается неподвижной. После воздушного взрыхления проводится водяная промывка восходящим током воды с интенсивностью $12 - 14 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ в течение 10 мин и последующий сброс первого фильтрата в течение 25 – 30 мин при пониженной до 3 м/ч скорости фильтрации. Возможно сброс первого фильтрата осуществлять в отдельные емкости, из которых в дальнейшем производят промывку фильтров.

Путем многочисленных наблюдений и статистической обработки результатов установлено, что повышение концентрации железа в фильтрате наблюдается при **понижении** скорости фильтрации. Это связано

с трудностями доставки кислорода в нижние слои загрузки. Рекомендовано не допускать уменьшения скорости фильтрации ниже 8 – 9 м/ч.

Недопустимо также оставлять заполненные водой фильтры в неработающем состоянии во избежание возникновения анаэробных процессов на остаточных загрязнениях зерен.

УДК 546.133.1

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ГАЗА, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ РАСТВОРОВ ХЛОРИДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ РЕАГЕНТА – ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ

С.В. Кудрявцев

Государственное унитарное предприятие Краснодарского края «Кубаньводкомплекс»,
Краснодар, Россия

В настоящее время наиболее распространенным методом обработки воды с целью ее обеззараживания является хлорирование жидким хлором. Результаты проверок Ростехнадзором и управлением ГО и ЧС предприятий водохозяйственного комплекса Краснодарского края, использующих для обеззараживания питьевых и очищенных сточных вод жидкий хлор, указывают на несоответствие в полной мере состояния и технической оснащенности существующих хлораторных требованиям действующих Правил безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора (ПБ 09-594-03).

Одним из путей решения данного вопроса является реконструкция хлораторных с переводом на альтернативный метод обеззараживания воды гипохлоритом натрия, получаемым в простых по конструкции установках путем электролиза раствора поваренной соли.

Однако, несмотря на то, что первые исследования электрохимического производства гипохлорита натрия относятся еще к середине прошлого века [1, 2], до сих пор остается много неясного в механизме процесса электролиза растворов хлоридов. В частности, мало изучен вопрос о составе образующихся газов, нет достоверных сведений о наличии в них хлора. Такие исследования необходимы как для понимания механизма процесса, так и для составления материального баланса электролиза растворов хлоридов.

Лабораторные исследования зависимости состава электролизных газов от концентрации растворов хлоридов и продолжительности процесса проводились на установке непроточного типа [3], к газоотводному штуцеру которой подключали газоанализатор типа ОРСА.

Анализ известных результатов исследований процессов, протекающих при электролизе [1, 2, 4], показывает, что в газовой фазе могут присутствовать кислород, водород и хлор.

Порядок проведенных исследований состоял в следующем: в колонках газоанализатора при нормальных условиях поглощали хлор и кислород. Количество водорода определяли по разности между общим объемом выделившегося газа и объемом, поглощенным при газовом анализе.

Исследовали состав газов, образующихся при электролизе солевых растворов, приготовленных на дистиллированной и водопроводной воде, концентрацией 1,0; 3,0; 5,0; 7,0 %, а также морской воды. Продолжительность электролиза составляла 120 мин, отбор проб на газовый анализ проводили с интервалом 15 мин.

По результатам исследований было установлено, что во всех пробах газа, отобранных как в начале, так и в конце электролиза, хлор обнаружен не был. Следовательно, весь выделяющийся на аноде хлор растворяется в электролите и участвует в образовании раствора гипохлорита натрия.

Отмечено, что с увеличением содержания хлоридов в солевом растворе общий объем газов, образующихся при электролизе, снижался. Также количество образующегося газа уменьшалось и со временем в процессе электролиза для всех исследованных растворов. При этом особенно заметное снижение скорости газовыделения наблюдалось в интервале 30 – 60 мин электролиза, когда количество выделившегося газа уменьшалось в среднем на 70 % от объема, отобранного в первые 30 мин. После 90 мин электролиза снижение замедлялось и в конце исследуемого интервала времени составило в среднем 30 % от объема, отобранного через 90 мин.

Из анализа полученных данных установлено, что на количество образующегося кислорода влияет только концентрация растворов хлоридов, и оно не зависит ни от времени электролиза, ни от природы растворителя соли.

Так, с увеличением содержания хлоридов в электролите на каждые 2 %, количество кислорода в газе уменьшалось на 40 – 50 %. Образование кислорода в процессе электролиза происходит на аноде при разряде гидроксил-ионов и электрохимическом окислении гипохлорита до хлората. На основании этого можно предположить, что реакция окисления гипохлорита на аноде, приносящая дополнительное количество кислорода в электролизный газ, начинает играть заметную роль в более концентрированных растворах хлоридов, когда содержание активного хлора в электролите будет выше, чем достигнутое в данных исследованиях.

Также установлено, что с течением электролиза скорость выделения водорода падает, причем характер зависимостей такой же, как и для

общего объема газа. Отмечено, что при электролизе растворов на водопроводной воде содержание водорода в газе больше, чем при растворах хлоридов на дистиллированной воде. Очевидно, в первом случае на катоде образуется пленка из солей жесткости, содержащихся в водопроводной воде, которая тормозит электрохимическое восстановление гипохлорита и не препятствует разряду молекул воды с выделением газообразного водорода.

Для составления материального баланса были проанализированы зависимости содержания активного хлора в растворе, а также количества и состава электролизных газов для заданного интервала времени электролиза растворов хлоридов разной природы и концентрации.

Далее установлено, что в процессе электролиза с уменьшением концентрации хлоридов в исходном электролите содержание активного хлора снижается, а объем выделяющихся газов растет. Содержание кислорода в газах для каждой заданной концентрации растворов хлоридов остается постоянным. С накоплением гипохлорита во времени электролиза происходит снижение количества водорода в газе за счет преобладания роли реакции электрохимического восстановления гипохлорит-иона на катоде, протекающей совместно с реакцией разряда молекул воды, что также сопровождается снижением концентрации гипохлорита в электролите.

При электролизе слабokonцентрированных растворов хлоридов (1,0 – 3,0 %) и морской воды достигается предельная концентрация активного хлора. В солевых растворах с концентрацией 5,0 – 7,0 % предельная концентрация активного хлора не была достигнута за исследуемые 120 мин электролиза.

Таким образом, при электролизе более концентрированных солевых растворов баланс между образованием и потерями активного хлора поддерживается дольше.

Следует особо отметить, что характер рассматриваемых зависимостей зависит от того, на чем приготовить исходный раствор: дистиллированной, водопроводной или морской воде. Наличие в электролите ионов кальция и магния приводит к образованию отложений солей жесткости на катоде. Следовательно, при использовании растворов хлоридов на водопроводной воде, образующиеся катодные отложения при одинаковых условиях электролиза способствуют получению большей концентрации активного хлора и образованию несколько большего объема газа, чем при электролите на дистиллированной воде. Морскую воду по характеру зависимостей можно рассматривать как 1,5 – 2,0 %-ный солевой раствор, что соответствует ее солесодержанию [5].

Анализ состава газа, образующегося в производственных условиях при электролизе растворов хлоридов на электролизных установках «Хлорэфс» (ООО НПП «Экофес», г. Новочеркасск), показал отсутствие газообразного хлора в выделяющихся газах и подтвердил результаты лабораторных исследований.

ВЫВОДЫ

1. Обработка воды гипохлоритом натрия, получаемым в электролизных установках из раствора поваренной соли, является экологически безопасным, надежным и перспективным методом обеззараживания для объектов водопроводно-канализационного хозяйства различной сложности и производительности.

2. Полученные данные о зависимости состава электролизного газа от природы и концентрации исходного электролита и содержания образующегося активного хлора в полном объеме характеризуют материальный баланс электрохимического производства гипохлорита натрия, что позволит определить аналитические зависимости для параметров электролиза и выявить наиболее оптимальные режимы получения обеззараживающего реагента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разумовский Э.С., Медриш Г.Л., Казарян В.А. Очистка и обеззараживание сточных вод малых населенных пунктов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1986. 173 с.
2. Якименко Л.М., Серышев Г.А. Электрохимические процессы в химической промышленности: Электрохимический синтез неорганических соединений.- М.: Химия, 1984. 160 с.
3. Кудрявцев С.В., Бабаев А.А., Фесенко Л.Н. Особенности электрохимического способа получения растворов гипохлорита натрия // Изв. вузов. Сев.- Кавк. регион. Техн. науки.- 2000.- № 1. С. 71 – 75.
4. Любушкин В.И., Любушкина Е.Т. Кинетика процессов, протекающих при электролизе хлористого натрия в бездиафрагменном электролизере // Изв. вузов. Сев.- Кавк. регион. Естествен. науки.- 1980.- № 2. С. 49 – 51.
5. Фесенко Л.Н., Кудрявцев С.В., Бабаев А.А. Применение морской воды для производства гипохлорита натрия / Проблемы строительства и инженерной экологии: Материалы научно-практ. конф., посвященной 70-летию строительного факультета / Юж.- Рос. гос. техн. ун-т. (НПИ).- Новочеркасск: НОК, 2000. С. 196 – 199.

ОПЫТ РЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ СУЛЬФАТОВ И СОЛЕЙ ЖЕСТКОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОКСИХЛОРИДА АЛЮМИНИЯ И ИЗВЕСТИ

Л.Н. Фесенко

Южно–Российский государственный технический университет (НПИ),
Новочеркасск, Россия

С.И. Игнатенко

ООО НПП "Экофес", Новочеркасск, Россия

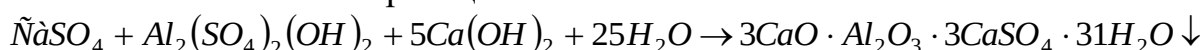
В ряде случаев вода поверхностных и подземных источников содержит повышенное количество сульфат-ионов, концентрация которых в водах питьевого и хозяйственного назначения регламентируется нормами СанПиН 2.1.4.1074-01 до 500 мг/л (в воде рыбохозяйственных водоемов значение ПДК по ионам SO_4^{2-} составляет до 100 мг/л). Кроме того, сточные воды производств стекла, сульфоугля, минеральных удобрений, серной кислоты после очистки содержат значительные количества сульфат-ионов, концентрация которых превышает предельно допустимую. Проблема доочистки сточных вод от сульфатов также актуальна в угольной промышленности (шахтные воды) и цветной металлургии (подотвальные и рудничные воды, сточные воды обогатительных фабрик, поверхностный сток).

В частности вопрос очистки воды от сульфатов возник при подготовке воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов Новошахтинска и Красного Сулина Ростовской области. Существующие очистные сооружения производительностью 50 тыс. м³ в сутки с забором воды из Соколовского водохранилища разработаны по традиционной технологии, включающей коагулирование воды с последующим отстаиванием, фильтрованием и обеззараживанием. Вода водохранилища, вследствие её загрязнения шахтными водами, сбрасываемыми без очистки на рельеф, содержит сульфат ионы в количестве до 1000 – 1100 мг/л и характеризуется повышенной жесткостью (до 10 – 12 ммоль/л). Существующая технология водоподготовки, безусловно, не может обеспечить снижение сульфатов и общей жесткости до требований СанПиН 2.1.4.1074-01, т. е. необходим второй этап очистки воды, связанный с её десульфатацией и умягчением. С учетом значительных объемов сульфатсодержащих вод (50 тыс. м³/сут), такие традиционные методы, как обратный осмос, ионный обмен или электродиализ окажутся

весьма дорогостоящими. В частности, был просчитан вариант обработки воды по схеме: содо-известкование с последующим Н-ОН ионированием. В результате даже, несмотря на то, что обессоливанию подвергалась часть потока воды (2/3 от общего расхода), только суточный расход кислоты (75 %-ная H_2SO_4) и щелочи (40 %-ная $NaOH$) для регенерации фильтров составил 36,4 и 99,6 тонн соответственно. Кроме того, утилизация отходов водоочистки, а это хорошо растворимые рассолы с концентрацией солей от 4 – 5 г/л (обратный осмос) до 10 – 25 г/л (электродиализ) и 80 – 100 г/л (кислые и щелочные стоки от ионитных установок), или их захоронение крайне проблематичны, а в ряде случаев попросту невозможно.

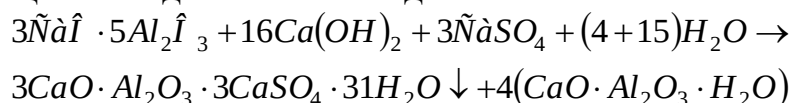
С другой стороны, в последние годы внимание исследователей все больше привлекают технологии удаления из воды сульфатов методами химического осаждения, из которых следует выделить сульфоалюминатный метод, разработанный в институте «Унипромедь» [1]. Указанный метод прост, не требует сложного оборудования и в то же время позволяет достичь значений концентраций сульфатов, не превышающих ПДК. Суть метода заключается в осаждении сульфатов в виде труднорастворимой трехсульфатной формы гидросульфоалюмината кальция – $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$, который проходит наиболее эффективно с применением алюминийсодержащих реагентов – основных хлоридов алюминия, алюмината натрия, хлорида алюминия, оксисульфата алюминия, а также извести (второй осадитель).

Следуя литературным данным, наиболее предпочтительным реагентом является дигидроксисульфат алюминия – $Al_2(SO_4)_2(OH)_2$, поскольку при этом отсутствует вторичное загрязнение воды хлоридами [2]. Осаждение $CaSO_4$ при обработке воды дигидроксосульфатом алюминия описывается реакцией:



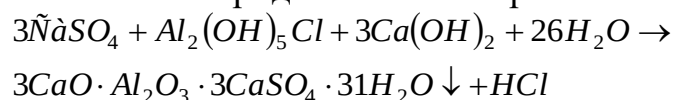
Из приведенной реакции следует, что вторичное загрязнение отсутствует, однако по разным причинам дигидроксосульфат алюминия и (поли)оксисульфат алюминия (торговая марка «Касофт») не нашел применения в практике водоподготовки и его промышленное производство не получило развития [3].

Позволяет исключить вторичное загрязнение воды применение в качестве осадителя синтезированного алюмината кальция $3CaO \cdot 5Al_2O_3$, при этом реакция осаждения имеет вид:



Однако приготовление рабочего раствора реагента является сложным и трудоемким [4].

Применение хлорида алюминия ухудшает состав очищаемой воды за счет введения хлор-ионов. С оксихлоридом в обрабатываемую воду вносится в 7 раз меньше хлоридов, в связи, с чем нами был выбран именно этот реагент в качестве осадителя, тем более что выпуск оксихлорида алюминия (ОХА) широко освоен отечественной промышленностью и находит все большее применение в качестве коагулянта при очистке воды поверхностных источников. Осаждение сульфатов при применении высокоосновного полиоксихлорида алюминия протекает по реакции



Достоинством данного метода является также и то, что одновременно с сульфатами удаляется также и кальций, а поскольку реакция протекает в щелочной среде, то в осадок уходит также и магний в результате его гидролиза и осаждения в виде гидроксида. Таким образом, одновременно с десульфатацией происходит умягчение и декарбонизация воды (снижение концентрации HCO_3^- и соответственно, общей минерализации воды), что особенно важно для условий обработки воды Соколовского водохранилища.

Однако следует признать и тот факт, что сульфоалюминатные методы осаждения изучены крайне недостаточно, в основном на уровне лабораторных и поисковых исследований (объектом исследований являлись шахтные воды рудников Урала), отсутствуют рекомендации по дозам осадителей (ОХА и извести) в зависимости от качественного состава воды, нет характеристики протекания процесса осаждения и уплотнения образующейся взвеси и других технологических показателей. Все это сделало необходимым проведение исследований с целью установления доз реагентов и показателей качества очищаемой воды в условиях обработки воды Соколовского водохранилища.

Исследования проводили на очистных сооружениях водопровода ОАО «Несветайводострой» (г. Новошахтинск) на опытно-производственной установке, смонтированной в отделении смесителей станции. В качестве исходной использовали сырую воду Соколовского водохранилища, подаваемую насосной станцией I-го подъема на площадку очистных сооружений с отбором воды из трубопровода перед смесителем. Схема работы установки следующая: сырую воду повысительным насосом подавали в декарбонизатор-отстойник емкостью 0,4 м³, куда добавляли известковый раствор и коагулянт – оксихлорид алюминия. После отстаивания объема воды из верхнего уровня отстойника при помощи гибкого шланга, подвешенного к поплавку, отбирали осветленную воду и самотеком направляли её на контактный фильтр. Фильтр представлял собой колонну, выполненную из винипласта с размерами в плане

0,15x0,15 м, высотой 4,0 м и загруженную двумя слоями фильтрующего материала. Нижний слой – дробленый кварц производства ЗАО «Гора Хрустальная», высотой слоя 0,5 м с диаметром фракций 0,7 – 1,8 мм и верхний слой – сорбционно-фильтрующий материал ОДМ-2Ф производства ООО «Окпур» с размерами зерен 1,8 – 3,0 мм и толщиной слоя 1,0 м. Подача и отвод воды в фильтре осуществлялись через дренажные колпачки типа ФЭЛ. Для визуального контроля за расширением фильтрующих слоев во время промывки одна из стенок фильтра выполнена из оргстекла. В ходе эксперимента определяли мутность, цветность, рН, ионный состав воды на выходе из фильтра, а также параметры исходной (сырой) воды. Скорость фильтрования во всех случаях поддерживали постоянной и равной 10 м/ч, при этом расход воды через установку составлял 0,225 м³/ч.

В результате исследований установлено, что сульфоалюминатный метод может быть реализован при подготовке воды Соколовского водохранилища до качества, соответствующего требованиям СанПиН, при этом технология должна включать два последовательных этапа водообработки: первый – обработка воды известью и оксихлоридом с последующим выделением твердой фазы (отстаиванием или осветлением во взвешенном слое) и второй – контактное фильтрование осветленной воды с оксихлоридом (вторичное добавление коагулянта перед фильтрами), доза которого определяется нейтральным значением рН (рН ≈ 8,0) на выходе воды из фильтра. При этом дозу извести следует определять по формуле:

$$\ddot{A}_{\tilde{N}\hat{a}\hat{l}} = 1,5 \cdot [\hat{I}\tilde{N}\hat{l} - 3 + (\hat{l}g - \mathcal{A}_{\hat{l}.\hat{e}})] \cdot 28, \text{ мг/дм}^3$$

или

$$\ddot{A}_{\tilde{N}\hat{a}\hat{l}} = 1,5 \cdot [\tilde{N}\hat{a} + 2(\hat{l}g - \mathcal{A}_{\hat{l}.\hat{e}})] \cdot 28, \text{ мг/дм}^3,$$

где $\mathcal{C}a$ и $\mathcal{M}g$ – концентрации кальция и магния в исходной воде, ммоль/дм³);

$\mathcal{H}\mathcal{C}\mathcal{O}_3$ – щелочность исходной воды, ммоль/дм³

$\mathcal{J}_{н.к.}$ – некарбонатная жесткость воды, ммоль/дм³, равная $(\mathcal{C}a + \mathcal{M}g) - \mathcal{H}\mathcal{C}\mathcal{O}_3$.

Доза $\mathcal{A}l_2(\mathcal{O}\mathcal{H})_5\mathcal{C}l$ (сопутствующая с известкованием) принимается из условия, что рН известкованной воды после добавления ОХА должно составлять величину рН = 10,7 – 10,9, как наиболее оптимальную для осаждения солей жесткости и гидросульфоалюмината кальция и которая, как это установлено экспериментально, составляет величину в 10 – 13 раз меньшую, чем доза извести (в мг/дм³ по $\mathcal{A}l_2\mathcal{O}_3$).

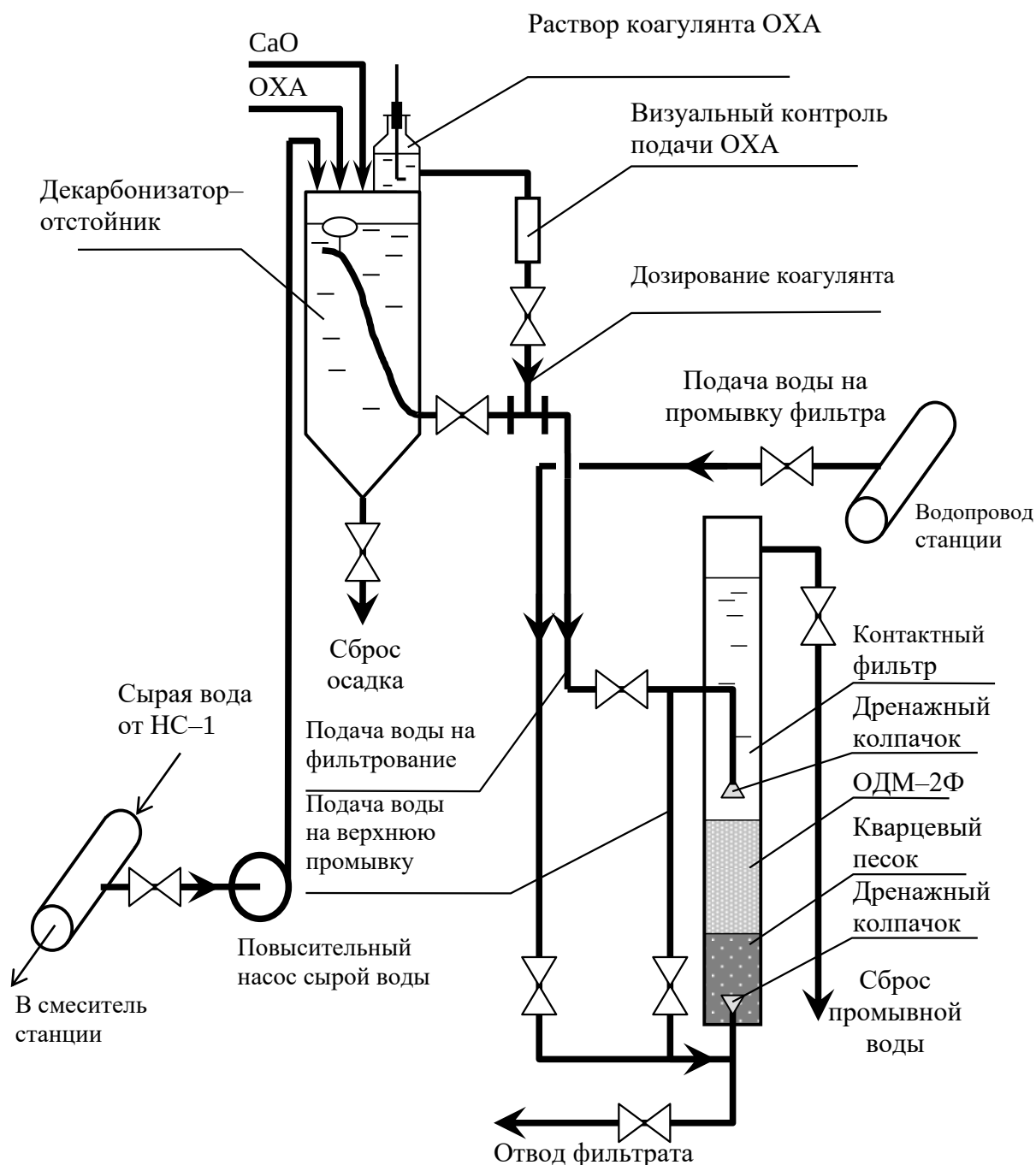


Схема работы опытно-производственной установки умягчения и десульфатации воды

Основные показатели качества исходной и очищенной на опытно-производственной установке воды сульфатоалюминатным методом при дозах извести 300 мг/дм^3 и коагулянта $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ 50 мг/дм^3 (в том числе первичное коагулирование 30 мг/дм^3 , вторичное – 20 мг/дм^3) представлены в таблице.

**Результаты испытаний опытно-производственной установки по
десульфатации и умягчению воды**

Параметры	Концентрации загрязнений		
	в исходной воде	в очищенной воде	требования СанПиН 2.1.4.1074-01
Взвешенные вещества, мг/дм ³	4,0	0,2	1,5
Цветность, град. ПКШ	80,0	10,0	20,0
рН	7,9	8,3	6 – 9
Жесткость общая, ммоль/ дм ³	10,5	6,5	7,0(10)
Кальций, ммоль/ дм ³	5,6	4,7	–
Магний, ммоль/ дм ³	4,9	1,8	–
Гидрокарбонат, ммоль/ дм ³	6,0	1,5	–
Сульфаты, мг/дм ³	756,0	489,6	500,0
Хлориды, мг/дм ³	88,8	303,5	350,0
Общее солесодержание, мг/дм ³	1672,4	1340,0	1000(1500)
Алюминий, мг/дм ³	-	0,2	0,5

Таким образом, сравнивая существующие методы деминерализации воды (в том числе удаление ионов SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^-) в данном случае для станции производительностью 50 тыс. м³/сут, наиболее приемлемым решением, позволяющим свести к минимуму загрязнение окружающей среды отходами водоочистки, а также требующим наименьшего привлечения денежных средств на собственно очистку воды и очистку вторичных отходов, следует признать сульфоалюминатный метод. Данная технология в сравнении с ионным обменом, электродиализом, обратным осмосом и ультрафильтрацией имеет следующие преимущества:

1. Исключается необходимость приобретения и монтажа дорогостоящего оборудования (установок) по обессоливанию воды, поскольку действующие сооружения водоподготовки (смесители, отстойники, скорые фильтры), после некоторой их реконструкции вполне способны реализовать технологию реагентной десульфатации воды при одновременном её умягчении и деминерализации.

2. В процессе водоочистки удаляемые соли переводятся в нерастворимую (твердую) фазу, наиболее удобную после соответствующего обезвоживания к утилизации, например в производстве строительных материалов или при получении негашеной извести (путем обжига образующегося при водоочистке осадка). Применение мембранных технологий или ионного обмена потребует обработки на выпарных и кристаллизационных установках, образующихся при опреснении рассолов, что заведомо будет стоить значительно дороже, чем собственно опреснение воды.

3. Процент воды, теряемый при реагентной десульфатации и умягчении, значительно ниже, чем при осмосе, электродиализе или ионном обмене (5 – 6 % против 30 – 50 %).

Полученные результаты исследований создают определенную уверенность в реальной возможности удаления из воды сульфатов методами химического осаждения с применением полиоксихлорида алюминия и извести.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сальникова Е.О., Передерий О.Г., Пушкарев В.В. Осаждение сульфатов из сточных вод в виде сульфоалюминатов кальция // Цветные металлы. 1979. № 9. С. 41 – 43.
2. Сальникова Е.О., Гофенберг И.В., Туралина Е.Н. Очистка сточных вод от сульфат-ионов с помощью извести и оксисульфата алюминия // Химия и технология воды. 1992.-Т. 14. № 2. С. 152 – 157.
3. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод.- М., 2005. С. 157.
4. Сальникова Е.О., Гофенберг И.В., Туралина Е.Н., Ситчихина Л.Е. Осаждение сульфатов из сточных вод алюминатом кальция // Химия и технология воды. 1990.-Т. 12. № 4. С. 319 – 322.

УДК 626.88

ИМПУЛЬСНОЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ РЫБОЗАЩИТНОЕ УСТРОЙСТВО МАШИННЫХ ВОДОЗАБОРОВ С РАСХОДОМ ДО 0,5 М³/С

Е.Д. Хецуриани

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

П.А. Михеев

Новочеркасская государственная мелиоративная академия, Новочеркасск; Россия

Использование водных ресурсов для различных хозяйственных целей связано со строительством водозаборных сооружений и изъятием из поверхностных водоисточников значительных объемов воды. В настоящее время на территории Российской Федерации учтено около 7,1 тыс. водозаборов суммарной производительностью более 11,5 тыс. м³/с. Как показывает практика, многие из них оказывают отрицательное влияние на водные биоценозы, в том числе и ихтиофауну. По данным органов

рыбоохраны за последние пять лет по выявленным нарушениям правил защиты рыб расчётный ущерб рыбному хозяйству только от одного водозабора составляет от 102 до 1360 тыс. руб. в год или в среднем 24,8 тыс. руб. на 1 м³/с забираемой воды. Исследования в бассейнах рек Волги, Дона, Кубани и др. свидетельствуют, что водные экосистемы испытывают весьма высокую нагрузку, а отдельные ценные виды рыб находятся на грани исчезновения и требуют чрезвычайных мер по их спасению. Данные обстоятельства свидетельствуют о необходимости разработки широкого круга мероприятий по охране рыбных запасов и, прежде всего, мер по защите рыб при организации водоотбора.

Изучение и анализ специальной и патентной литературы показали, что в настоящее время разработано и запатентовано большое количество рыбозащитных устройств, использующих в качестве рабочего органа гидравлические, воздушные или водовоздушные струи, создающие гидродинамические завесы, однако большинство конструкций сложны или малоэффективны, недостаточно изучены или морально устарели, при этом разработки последних лет имеют чёткую тенденцию к отказу от фильтрующих водоприёмных поверхностей.

Предложенная конструкция рыбозащитного устройства базируется на известных закономерностях поведения молоди рыб в зоне поперечных гидродинамических возмущений, реакциях молоди на струю в сочетании с динамическим воздействием струй на рыб, что повысит эффективность работы устройства.

Общий вид конструкции импульсного гидродинамического рыбозащитного устройства приведён на рис. 1.

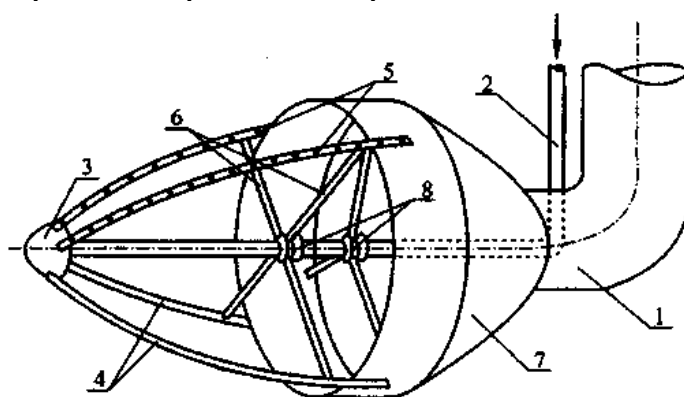


Рисунок 1. Принципиальная схема импульсного гидродинамического рыбозащитного устройства: 1 – всасывающая труба; 2 – напорная труба; 3 – водораспределительная камера; 4 – струеобразователи; 5 – сопла; 6 – опорные стержни; 7 – диффузор; 8 – подшипники скольжения

Основная идея конструкции РЗУ заключается в том, что с помощью системы струй, создаваемой струеобразователями (флейтами), в зоне всасывающего оголовка водозабора формируется гидродинамическая завеса, пульсирующая за счёт вращения струеобразователей вокруг оси

всасывания. В силу того, что молодь рыб при контакте со струёй получает динамическое воздействие в виде импульса, повторяющегося при прохождении молоди через зону влияния РЗУ в процессе вращения следующего струеобразователя, конструкция получила название «Импульсное гидродинамическое рыбозащитное устройство».

Рыбозащитное устройство работает следующим образом.

При работающем насосе забираемая вода попадает во всасывающую трубу 1 и подается потребителю. Часть этой воды из напорной линии при наличии достаточного давления (при отсутствии возможности создать необходимое давление ставится дополнительный насос) по напорной трубе 2 подается к водораспределительной камере 3, закрепленной на напорной трубе 2 с помощью подшипников скольжения как на валу. Из водораспределительной камеры вода поступает в струеобразователи 4 и в виде струй, выходящих из сопел 5 формирует гидродинамическую рыбозащитную завесу. При этом струи выходят из струеобразователей под определенным углом и, за счет вертикальной составляющей скорости истечения формируют вокруг оголовка область повышенной турбулентности, а за счет реактивной составляющей приводят систему струеобразователей, объединенных водораспределительной камерой 3 и опорными стержнями 6 в единое целое, во вращение на подшипниках скольжения 8.

Наиболее сложными и ответственными элементами конструкции рыбозащитного устройства являются напорная труба, водораспределительная камера и струеобразователи, поэтому при их конструировании необходимо учитывать следующие особенности:

1. Напорная труба 2 выполняет не только водопроводящие, но и опорные функции для всего устройства. В этой связи она должна быть коаксиальная с диффузором всасывающего трубопровода и надежно закреплена опорными стержнями с ним. На напорной трубе закрепляются подшипники скольжения из фторопласта: верхний – как элемент крепления водораспределительной камеры; нижний – в пределах диффузора или участка всасывающего трубопровода, входящего в состав РЗУ до соединительного фланца.

2. Водораспределительная камера 3 по своей конструкции должна, во-первых, создавать оптимальные условия для движения промывного потока с минимальными гидравлическими потерями, что наиболее актуально для низконапорных водозаборов, когда по техническим условиям давление в отводящем трубопроводе находится на пределе необходимых значений для обеспечения работоспособности струеобразователей. Во-вторых, корпус камеры является не только местом её крепления к напорному трубопроводу, но и местом размещения и крепления струеобразователей. В этой связи своим конструктивным

решением и размерами камера должна обеспечивать надежность как одного, так и другого крепления.

На рис. 2 приведены примеры конструктивных решений водораспределительных камер, учитывающих отмеченные условия.

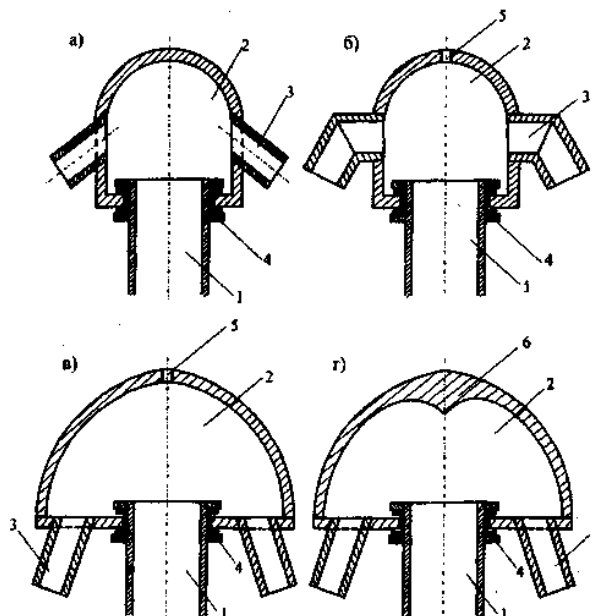


Рисунок 2. Конструкции водораспределительной камеры импульсного гидродинамического РЗУ: а) – с боковым размещением струеобразователей под углом к оси; б) – то же нормально к оси и насадкой для создания встречной струи; в) – с торцевым размещением струеобразователей и встречной насадкой; г) – с торцевым размещением струеобразователей и внутренним обтекателем; 1 – напорный трубопровод; 2 – корпус водораспределительной камеры; 3 – струеобразователи; 4 – корпус подшипника скольжения; 5 – встречная насадка; 6 – внутренний обтекатель

Приведенные конструкции и их элементы отличаются следующими характеристиками:

- боковое размещение струеобразователей (рис. 2, а, б), позволяет получить более компактную конструкцию камеры меньшей в диаметре, а создаваемая струеобразователями зона турбулентных возмущений выдвигается навстречу набегающему потоку реки, предотвращая контакт молоди с элементами РЗУ;

- боковое крепление струеобразователей по нормали к оси камеры (рис. 2, б) позволяет применять резьбовое соединение, а встречная насадка формирует встречный «факел» струи, способствующий переводу молоди рыб на периферийные участки зоны контакта с РЗУ, при этом расход на работу струеобразователей увеличивается;

- торцевое крепление струеобразователей более надежно для устройств, рассчитанных на водозаборы с большими расходами, камера уменьшается по длине, но становится большей в диаметре, наличие встречной насадки (рис. 2, в) имеет те же достоинства и недостатки, а

внутренний обтекатель обеспечивает плавное изменение направление движения потока к струеобразователям.

Крепление водораспределительной камеры к напорному трубопроводу обеспечивается с помощью жесткого соединения через корпус подшипника таким образом, чтобы предотвратить её перемещение в направлении силы давления воды в напорном трубопроводе.

3. Струеобразователи 4 могут выполняться как прямолинейными, так и криволинейными, а размещение сопел по трем схемам.

По прямолинейной схеме, когда сопла размещаются в линию вдоль образующей трубы струеобразователя под определенным углом к оси устройства. В этом случае система струй обеспечивает и формирование рыбозащитной гидродинамической области, и вращение струеобразователей.

Вторая схема – по спирали, таким образом, что сопла, расположенные у водораспределительной камеры (в голове устройства) ориентированы нормально к оси устройства с плавным изменением угла ориентации на 90° к концу струеобразователя (у кормы). Такое размещение позволяет головным соплам формировать турбулентную зону с максимальными геометрическими характеристиками, а кормовым – осуществлять вращение струеобразователей.

По третьей схеме основное количество сопел размещается линейно по нормали к оси устройства, обеспечивая формирование рыбозащитной турбулентной зоны РЗУ, а другая часть сопел (в корме) обеспечивает вращение струеобразователей и располагается под прямым углом к первой с направлением в сторону противоположную направлению вращения.

Устройство может быть изготовлено из металла, в этом случае отдельные узлы выполняются сборно-разборными, а так же из синтетических материалов (термопластов) методом литья. Конструкции узлов и деталей в каждом случае уточняются.

Эксплуатацию рыбозащитного устройства обеспечивает организация-водопотребитель в лице обслуживающего персонала насосной станции. Специальная подготовка персонала для работы с устройством не требуется.

В обязанности обслуживающего персонала входит:

1. Контроль расхода и давления воды подаваемой в систему струеобразователей.

2. Контроль вертикального положения устройства в потоке, который при всех уровнях воды в водоемисточнике должен находиться в погруженном состоянии не менее чем на 0,5 м от поверхности воды и на 0,5 – 0,7 м от дна.

3. При продолжительной остановке работы устройства оно должно подниматься для осмотра и обслуживания из воды, а при непрерывной

работе это необходимо делать в периоды профилактики насосно-силового оборудования.

4. Соблюдение правил техники безопасности при монтаже и обслуживании устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водный кодекс РФ // Собр. законодательства РФ.-№ 47.-20 ноября 1995.- Ст. 105, 139, 140.
2. Закон РФ «Об охране окружающей среды» // Собр. законодательства РФ.- № 47. – 14 января 2002.- Ст. 42, 43, 60, 70.
3. Федеральный закон «О животном мире» // Собр. законодательства РФ.- № 47. – 24 апреля 1995. – Ст. 21, 22.
4. Строительные нормы и правила. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. СНиП 2.06.07-87.-изд. офиц.-М.: Стройиздат, 1987. 35 с.
5. Михеев П.А. Рыбозащитные сооружения и устройства. -М.: Рома, 2000. 405 с.

УДК 628.35

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ ПОСЛЕ ПРОМЫВКИ СКОРЫХ ФИЛЬТРОВ

Д.А. Бутко, В.А. Лысов, А.В. Бутко, А.Ю. Скрябин, П.Д. Ананко

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

Одним из путей снижения количества воды, затрачиваемой на собственные нужды станций водоподготовки, является применение повторного использования промывных вод скорых фильтров. В СНиП 2.04.02-84 предлагается две схемы возврата промывных вод со стабильными параметрами. К сожалению, в природе редко встречаются источники водоснабжения с абсолютно одинаковыми характеристиками, а в эксплуатации существуют одинаковые станции водоподготовки.

В г. Ростове-на-Дону функционируют две станции водоподготовки, на которых осуществлена двухступенчатая схема очистки с использованием в качестве реагентов высокомолекулярного флокулянта ВПК-402 (осветление и обесцвечивание) и хлора (обеззараживание). В среднем за год на промывку скорых фильтров затрачивается около 10 % воды от производительности станции, сбрасываемой в поверхностный водоем – реку Дон. В связи с этим нами выполнялись исследования качества промывных вод в течение всех периодов года.

Методика исследований заключалась в следующем: периодически производился отбор проб промывной воды из сбросного трубопровода, отводящего ее от фильтров. Для отбора воды на коллекторе, отводящем воду после промывки, был установлен патрубок, оборудованный краном. Конец патрубка загнутый под углом 90° установлен в центре живого сечения трубопровода и повернут навстречу потоку. После начала промывки фильтров (время промывки ≈ 23 мин) открывался кран на патрубке и производился отбор воды, причем с таким расчетом, чтобы в ходе промывки в пробу попала промывная вода не менее чем трех фильтров. Из полученного объема промывной воды (около 20 дм^3) после тщательного перемешивания отбирались три пробы, в которых по стандартным методикам определялся ряд физико-химических и бактериологических показателей.

Качество промывной воды характеризовалось следующими показателями:

1. Содержание взвешенных веществ

Установлено, что в процессе промывки скорого фильтра в отводимой промывной воде максимальное приращение загрязнению наблюдается по показателю взвешенные вещества. Концентрация взвешенных веществ в промывной воде, образующейся при промывке одной или двух очередей фильтров, изменяется в широких пределах, так как одновременно выводятся на промывку два и более фильтра, причем в поток поступает вода различного качества, соответствующая периодам промывки каждого из фильтров. За период исследований накоплено большое количество измерений концентрации взвешенных веществ в потоке промывных вод очистных сооружений на Центральном и Александровском водопроводах г. Ростова-на-Дону.

Содержание взвешенных веществ в промывной воде есть функция большого количества факторов, которая является величиной случайной. Образованные группы данных можно рассматривать как выборки из одной или нескольких генеральных совокупностей. Для проверки «нулевой» гипотезы используются критерии достоверности, величины, которых приведены в специальных таблицах в зависимости от уровня значимости. Статистическое сравнение нескольких выборок рекомендуется выполнять с помощью дисперсионного анализа с расчетом F-критерия, равного отношению межгрупповой дисперсии к внутригрупповой дисперсии.

В результате расчета получен F-критерий, численное значение которого равно 3,43, что соответствует уровню значимости 99 % («нулевая» гипотеза может быть принята с достоверностью 99 %). Более наглядное представление о собранных данных можно получить, построив гистограмму распределения взвешенных веществ. Полученные данные были сгруппированы по интервалам в 50 мг/дм^3 (рис. 1; 2).

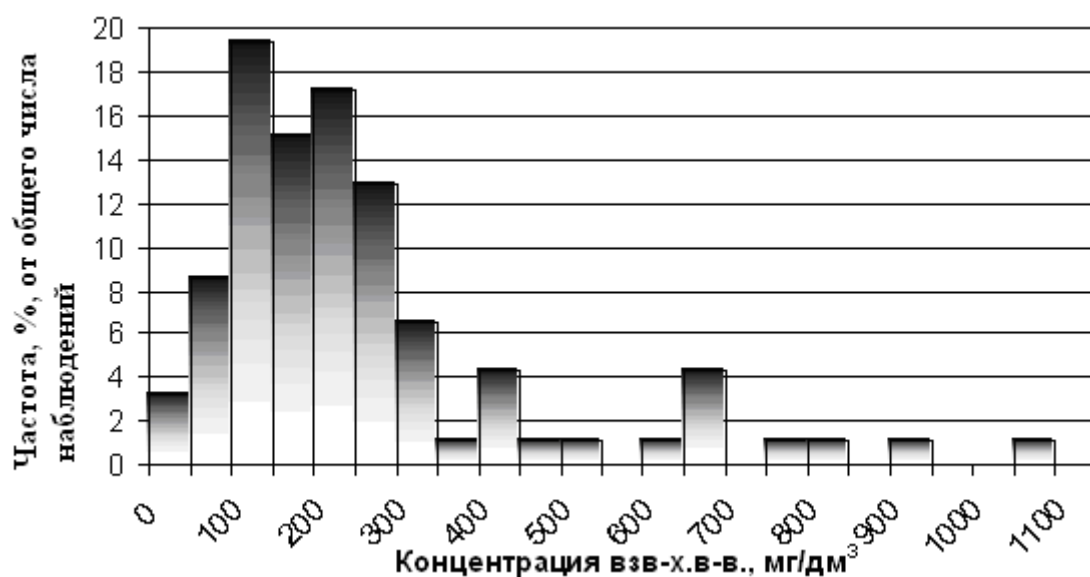


Рисунок 1. Гистограмма распределения концентраций взвешенных веществ в промывной воде очистных сооружений Центрального водопровода

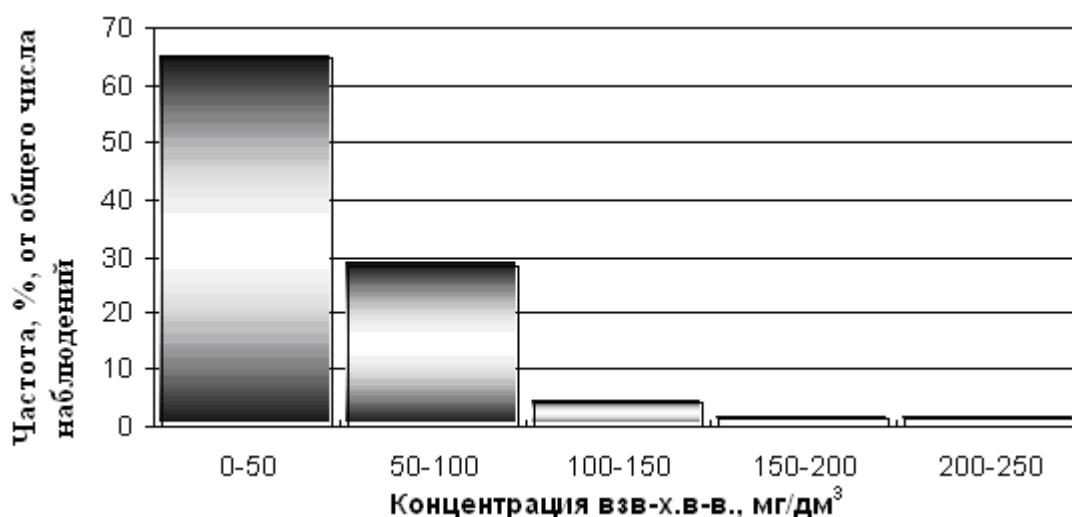


Рисунок 2. Гистограмма распределения концентраций взвешенных веществ в промывной воде очистных сооружений водопровода в поселке Александровка

Из гистограмм (рис. 1; 2) видно различие по качеству промывных вод на одинаковых станциях одного и того же водисточника. Большинство измеренных значений содержания взвешенных веществ в промывной воде Центрального водопровода находятся в пределах 50 – 350 мг/дм³, а подавляющее количество значений содержания взвешенных веществ в промывной воде Александровского водопровода находится в интервале до 100 мг/дм³, причем около 2/3 всех измеренных значений в пределах 0 – 50 мг/дм³.

2. Цветность

Исходная вода практически в течение всего периода года имеет цветность менее 30 град (кратковременно наблюдалось повышение

цветности до 60 град и выше), поэтому высокая цветность промывной воды маловероятна, однако изучение этого фактора загрязнения весьма важно.

В период исследований цветность промывной воды находилась в пределах:

- в зимний период от 8° до 14,43° ПКШ (среднее 14,7° 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 характеристики интервалов колебаний не могут 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. Видно, что 95 % доверительный интервал превышает средние значения в зимний и осенний период, но т. к., уменьшение цветности происходит совместно с удалением взвешенных веществ, а концентрация взвешенных веществ высокая, некоторое завышение не может отразиться отрицательно на последующую обработку.

3. Общая щелочность

В течение года в исходной воде общая щелочность колеблется в небольших пределах и является величиной практически постоянной (в 1999 году 2,5 – 3,6 мг-экв/дм³). Применяемый для осветления природных вод высокомолекулярный флокулянт ВПК-402 в процессе обработки незначительно снижает щелочность (по данным Центральной лаборатории максимальное снижение общей щелочности воды составляет 3,85 %). В течение всего периода проведения исследований общая щелочность промывной воды была равна или незначительно отличалась от исходной, находясь в пределах 1,8 – 4,9 мг-экв/дм³.

4. Активная реакция воды (pH)

Активная реакция природной воды, поступающей на обработку на очистные сооружения, находится в достаточно узких пределах 7,88 – 8,3. Изменение активной реакции (pH) в процессе обработки воды может происходить под воздействием применяемых при очистке реагентов. В результате реагентной обработки ВПК-402 происходит подкисление (уменьшение показателя pH), однако его величина находится в пределах, установленных для воды питьевого качества (6,0 – 9,0). Гистограмма, изображенная на рис. 3, показывает, что все измеренные значения pH находятся в пределах 6,6 – 8,2 с преобладанием значений в интервале 7,0 – 8,0.

5. Температура

Промывка скорых фильтров на обеих водоочистных станциях водопровода г. Ростова-на-Дону производится водой, прошедшей полную очистку, поэтому температура сбрасываемой промывной воды

практически не отличается от обрабатываемой. В течение года колебания температуры составляют от 0,1 °С зимой до 29,5 °С летом.

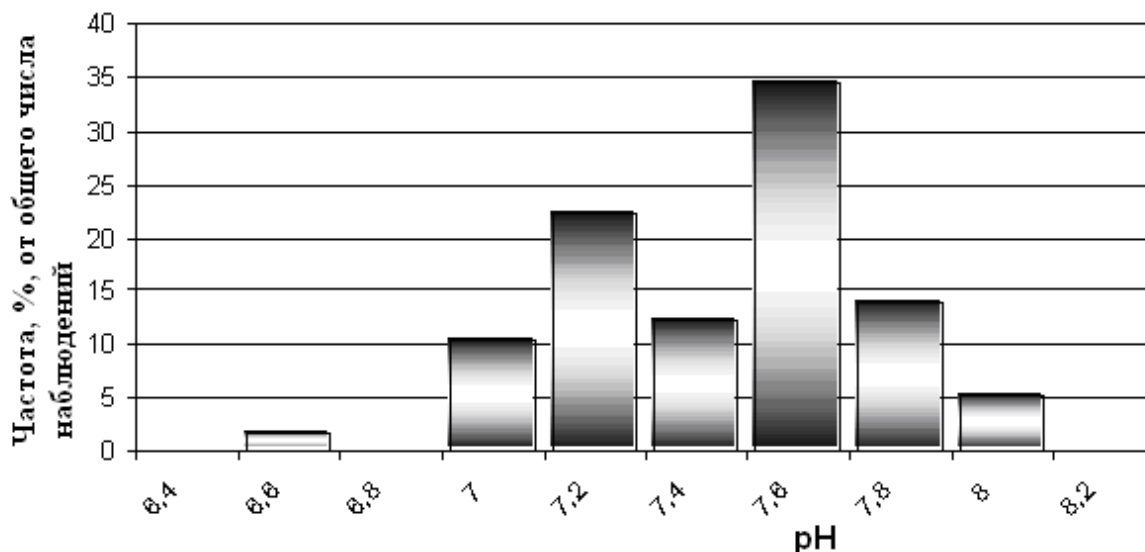


Рисунок 3. Частотное распределение активной реакции в промывной воде

6. Содержание остаточного активного хлора

Вода для промывки насосной станцией забирается из резервуаров чистой воды после вторичного хлорирования, поэтому содержание остаточного активного хлора можно принять равным содержанию его в забираемой воде: в пределах 0,73 до 0,85 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 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 (ПДК для питьевых вод – 0,1 мг/дм³, для воды рыбохозяйственных водоемов – 0,00001 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 НИИ «Микробиологии и паразитологии» г. Ростова-на-Дону производился анализ промывной воды на содержание в ней патогенных микроорганизмов. Выявлено, что в

основном бактериальное загрязнение промывной воды наблюдается в период весна – осень.

**Результаты микробиологического исследования
промывных вод скорых фильтров**

Время года	Общее число колоний в 1 мл	Коли-индекс	Содержание патогенных микроорганизмов на 25 л воды
Весна	30 – 37	менее 9	1 – 2 яйца аскариды, 4 цисты лямблии, 3 яйца токсакары, личинки
Лето			2 яйца аскариды, 2 цисты лямблии, 1 погибшая токсакара
Осень			1 – 2 погибшая аскарида, 1 погибшая токсакара, 1 циста лямблии

ВЫВОДЫ

1. При возврате промывных вод в основной поток обрабатываемой воды необходимо учитывать стабильно высокое содержание взвешенных веществ, а в весенне-летний период среднюю цветность, превышающие эти же показатели в природной воде.

2. Промывная вода фильтров имеет бактериальное загрязнение в течение всего года меньше, чем в подаваемой на обработку речной воде, даже с учетом наличия в ней яиц гельминтов.

3. На процесс разделения суспензии большое влияние будет иметь высокое содержание остаточного ВПК-402.

4. Сброс воды данного состава в водоем может отразиться негативно на качество воды в нем, поэтому более целесообразно предусмотреть схему повторного использования промывных вод фильтров.

УДК 628.162

**УДАЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И СОЕДИНЕНИЙ
АЗОТА ИЗ ПРИРОДНЫХ ВОД**

Н.Г. Насонкина, С.В. Андриенко

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, Макеевка, Украина

Э.И. Жуков

ЦКИПИВЛ ГОКП Укрпромводчермет, Донецк, Украина

Традиционные технологии подготовки воды не могут обеспечить достаточно глубокую очистку воды от органических соединений. Даже при

оптимальных условиях проведения коагуляционных процессов из воды удастся удалить не более 40 % биоразлагаемых органических веществ.

В основу предварительной очистки воды от органических веществ и соединений азота могут быть положены процессы, протекающие в водоемах. Анализ баланса органических веществ показывает, что в любой замкнутой системе более 99 % органических веществ, продуцируемых в водных средах, довольно быстро разлагается. Остающаяся фракция (гумус) довольно устойчива к биохимическому разложению. Учитывая, что гумус состоит в основном из остатков растений и животных, образовавшихся в данной водной среде, можно предположить, что его устойчивость не абсолютна, и она будет определять скорость процессов. Увеличения эффективности самоочищения можно добиться повышением концентрации биомассы в единице объема водотока и иммобилизацией природных сообществ гиробионтов на носителях.

Изучение процессов предварительной биологической очистки проводилось в пилотных условиях на Карловской фильтровальной станции. Для иммобилизации гидробионтов выбрана модифицированная волокнистая насадка. В ходе исследований установлено, что массовая концентрация обрастаний на насадке увеличивалась в течение первых двух месяцев. Образования, сформировавшиеся на загрузке, имеют сложный характер и содержат значительное количество минеральных веществ. Минеральная часть обрастания содержит металлы, обладающие коагулирующим и адгезирующим потенциалом по отношению к взвесям. Преобладающими в этот период являлись бактерии родов *Pseudomonas* и *Chromobacterium*. Затем наступил период стабилизации, характеризующийся отсутствием увеличения биомассы биообрастаний. Можно предположить, что в экосистеме биореактора сформировался характерный биоценоз, включающий представителей фауны, выедающей избыток микробной биомассы.

В ходе биологической очистки гетерогенная популяция микроорганизмов утилизирует многокомпонентное органическое вещество. В большинстве случаев оказывается практически невозможным определить в отдельности концентрации органических веществ, находящихся в воде, как и содержание отдельных видов микроорганизмов в активном иле, так и в биопленке. В этих условиях концентрация загрязнений, представляющих смесь простых субстратов, частично микроорганизмами может не утилизироваться. Процесс очистки приведен на рис. 1.

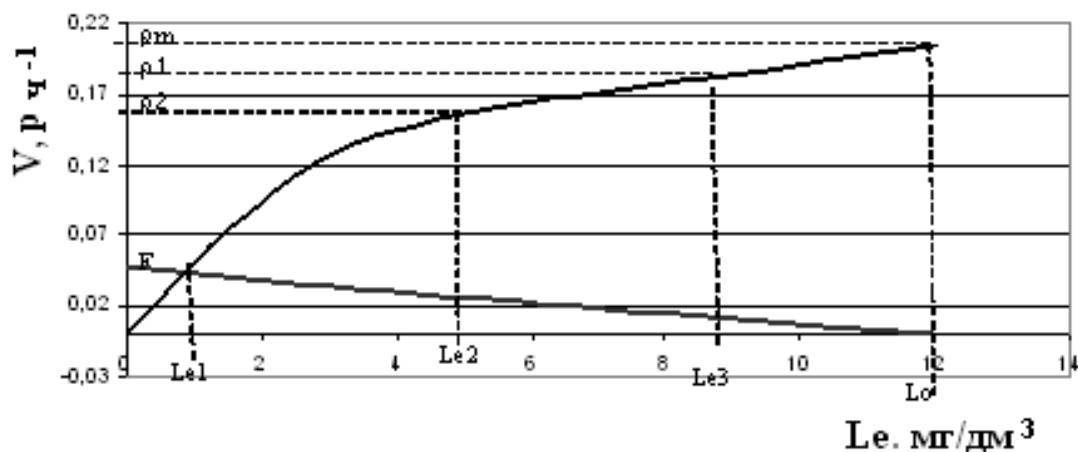


Рисунок 1. Графическое представление биологической очистки в

соответствии с моделью:
$$\frac{dL}{dt} = -\rho(L) = -\frac{\rho_m B L^n}{K_L^{n-p} L_0^p + L^n} :$$

L_0, L – начальная и текущая концентрации загрязнений, мг/дм³,
 ρ_m – максимальная удельная скорость изъятия загрязнений, час⁻¹;
 K_L, n и p – положительные константы.

Исходя из рис. 1, можно сказать, что закон, управляющий процессом очистки, зависит от положения точки $Le = Le^*$ на кривой $\rho(L)$. Так, низким значениям F соответствуют в основном трудноразлагаемые вещества. Оптимальная эффективность достигается через 5 час. Этого периода достаточно и для удаления из воды аммония, нитритов и нитратов (рис. 2).

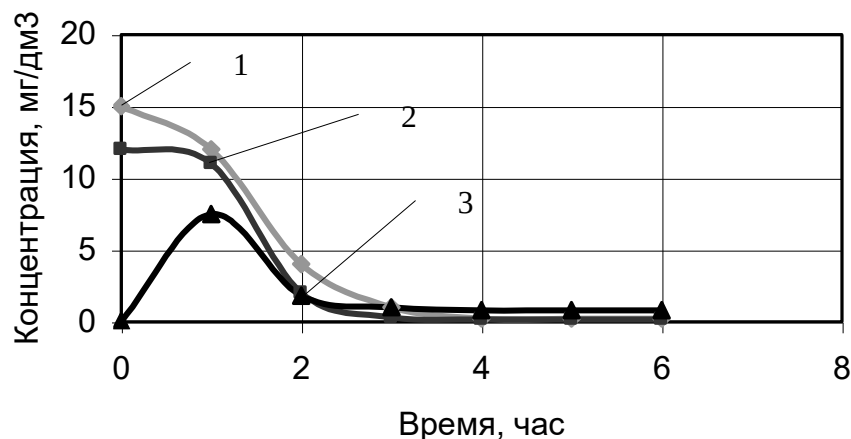


Рисунок 2. Зависимость изменения концентрации неорганического азота от продолжительности очистки воды в биореакторе
 1 - NH_4^+ ; 2 - NO_3^- ; 3 - NO_2^-

При использовании биологических методов для очистки воды следует обращать внимание на нитрифицирующие бактерии, чувствительные к изменениям температуры (рис. 3).

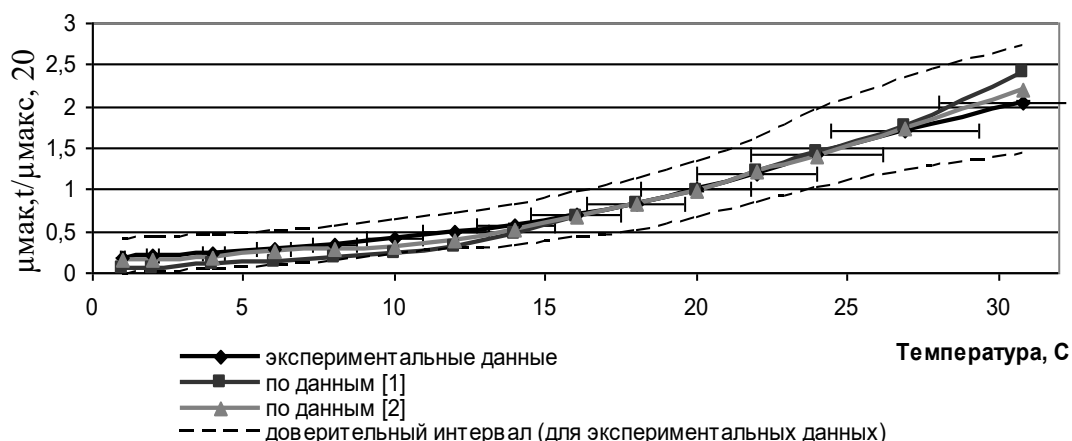


Рисунок 3. Зависимость скорости нитрификации от температуры воды

Как следует из рис. 3, критическим моментом в работе нитрифицирующего реактора с активным илом является понижение температуры в зимнее время. В этот период рекомендуется законсервировать блок биологической очистки, заменив его сорбционно-каталитическим фильтром.

Наличие в подземных водах соединений азота, позволяет предположить возможность их удаления с помощью биологических методов. Для экспериментов был выбран источник п. Корсунь с высокой концентрацией нитратов (130 мг/дм³). Исходная вода из скважины поступала в блок биореакторов.

Через две недели с момента запуска установки сформировался постоянный биоценоз.

Способность к «полной» денитрификации широко распространена среди бактерий, господствующими среди которых являются роды *Pseudomonas*, *Alcaligenes*. Среди денитрифицирующих бактерий встречаются и патогенные для человека микроорганизмы.

Гетеротрофные денитрифицирующие бактерии, преобразующие нитраты, нитриты, а также аммонийный азот в газообразный азот, требуют подачи в обрабатываемую воду субстрата, содержащего органический углерод. Природные воды, предназначенные для получения воды питьевого качества, обычно не содержат в достаточном количестве органических углеродсодержащих соединений. В связи с этим в них необходимо добавлять субстрат. В зависимости от применяемого субстрата количество удаляемых нитратов различно. В качестве источника углерода можно использовать поли-оксимасляную кислоту, этанол, глюкозу и другие [3]. Средняя степень практического использования субстрата составляет 72 % [3]. Поскольку задача состоит в том, чтобы ассимилировать нитрат, то необходим такой субстрат, который не лимитировал бы скорость реакции. Избежать лимитирования субстрата

можно, добавляя в систему экзогенный субстрат (уксусную кислоту, спирт и другие).

В качестве переменных показателей были приняты тип загрузки и углеродное питание. В ходе первого эксперимента изучалась работа денитрификатора, загруженного модифицированным природным носителем (мел и цеолит) ершом. В качестве углеродного питания была принята муравьиная кислота, во втором опыте – меласса, в третьем опыте – спирт. В четвертом эксперименте в качестве загрузки использовали катализатор – адсорбент марки «КАТАН-3В» (фирмы Катализ).

Результаты по удалению нитратов приведены на рис. 4, по ХПК и pH на рис. 5.

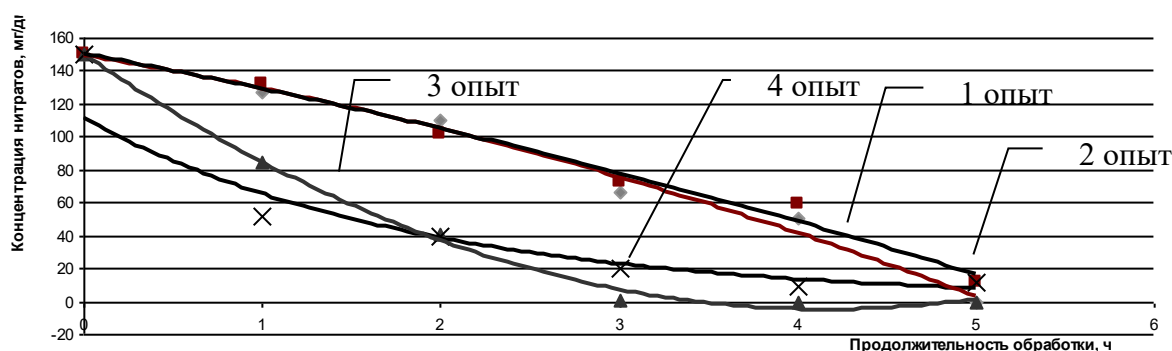


Рисунок 4. Кинетика удаления нитратов из воды в биофильтрах

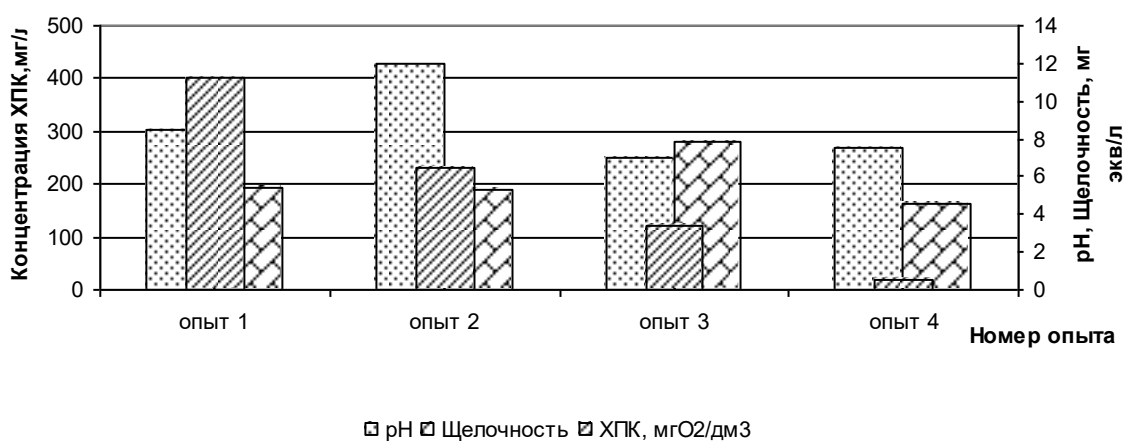


Рисунок 5. Зависимость значений ХПК, щелочности и pH от эксперимента

Наилучшие результаты по снижению нитратов наблюдаются при использовании катализатора. Повышение ХПК в воде связано с ростом биомассы и вводом углеродного питания. Для снижения ХПК необходима дополнительная ступень нитрификации. Поскольку азот входит в состав соединений в восстановленной форме, то прежде, чем можно будет проводить денитрификацию, эти соединения должны быть подвергнуты

нитрификации. Следовательно, для очистки подземных вод от нитратов необходимо применять двухступенчатую систему: денитрификация – нитрификация.

На рис. 6 показана скорость удаления нитрата в единице объема r_{v,NO_3} в зависимости от его концентрации на данном участке.

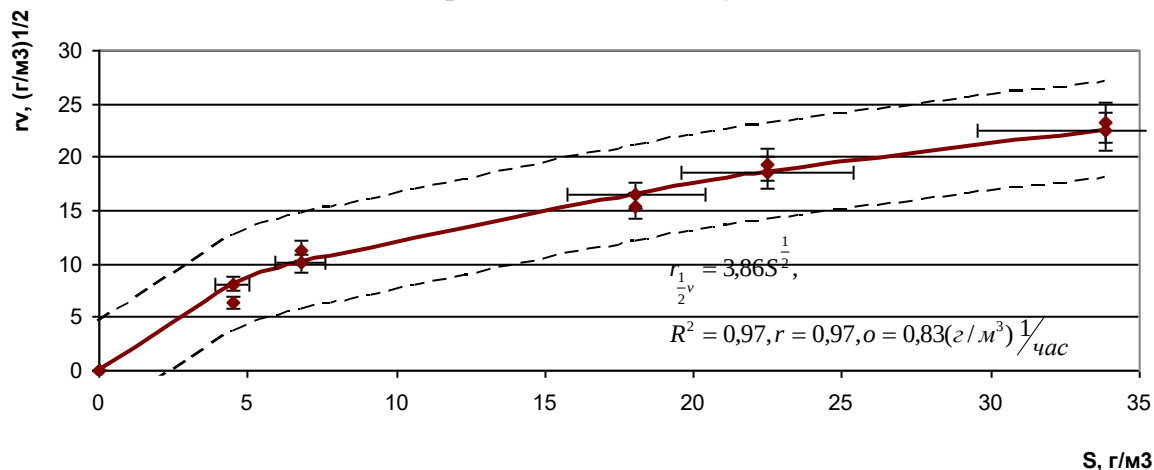


Рисунок 6. Изменение скорости удаления нитрата от его концентрации на заданном участке

Полученные данные подтверждают необходимость введения стадии преднитрификации.

Все промежуточные продукты денитрификации (и нитрификации) токсичны, и их присутствие в воде нежелательно. Это касается нитрита NO_2^- , оксида и диоксида азота (NO и N_2O). При денитрификации содержание этих веществ составляет обычно тысячные доли. Однако, при нарушении процесса, выделение указанных промежуточных веществ может существенно возрасти. Сложившееся положение требует жесткого контроля прохождения процесса денитрификации.

ВЫВОДЫ

Установлена возможность интенсификации очистки природных вод природным биоценозом при помощи модифицированной насадки. Закрепленный на насадке биоценоз снижает содержание органических, неорганических и биогенных примесей в природной воде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилин В.А. Обобщенная модель и механизм аэробной биологической очистки // ДАН СССР, 1981. – Т. 258, № 5. – С. 1269 – 1273.
2. Вавилин В.А., Васильев В.Б. Модель адаптации экосистемы активного ила к многокомпонентному субстрату – загрязнителю // ДАН СССР, 1982. – Т. 267, № 4. – С. 1012 – 1016.
3. Насонкина Н.Г. Повышение экологической безопасности систем питьевого водоснабжения. Макеевка: ДонНАСА, 2005. – 181с.

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ВОДОПОДГОТОВКИ

А.Б. Кожевников, О.П. Петросян

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

Специфика систем водоподготовки, состав технологических объектов, степень их влияния на качество конечного продукта и другие характерные признаки позволяют сформулировать требования к проектируемым системам автоматизации объектов водоподготовки. Эти требования и рекомендации достаточно обоснованно вошли в разработанное в свое время институтом Союзводоканалпроект «Пособие (к СНиП 2.04.02-84) по проектированию автоматизации и диспетчеризации систем водоснабжения». Рассмотрим их в свете реалий сегодняшнего дня.

К общим требованиям следует отнести:

- система автоматизации сооружений водоснабжения должна предусматривать: автоматическое управление основными технологическими процессами в соответствии с заданным режимом или по заданной программе; автоматический контроль основных параметров, характеризующих режим работы технологического оборудования и его состояние; автоматическое регулирование параметров, определяющих технологический режим работы отдельных сооружений и их экономичность;
- системы автоматического регулирования и управления должны по возможности охватывать все сооружения объекта водоснабжения;
- контролируемые параметры должны определяться исходя из принятой (возможной) степени автоматизации сооружений, условий их эксплуатации и требований органов санитарно-эпидемиологической службы к составу и свойствам воды;
- при разработке систем автоматизации, телемеханизации и технологического контроля, как правило, необходимо использовать приборы и оборудование, серийно изготавливаемые промышленностью, а также типовые конструкции;
- система автоматического управления должна предусматривать возможность местного управления отдельными устройствами или сооружениями.

Имеет смысл выделить требования к отдельным видам устройств.

Так для насосной группы имеем следующее:

- схема автоматизации должна обеспечивать пуск и остановку насоса при поступлении управляющего импульса и аварийное отключение насоса при срабатывании электрических и технологических защит;
- все вспомогательные операции (открывание и закрывание задвижек, заливка насосов, охлаждение подшипников и т.д.), связанные с пуском и остановкой насосов, а также включением резервных насосных агрегатов, за исключением агрегатов станций третьей категории надежности действия, должны выполняться автоматически;
- при аварийном отключении насоса в результате действия защитных устройств схемы управления насосами с пуском и остановкой на закрытую задвижку должны обеспечивать последующее автоматическое закрывание задвижки. При неисправности задвижки в процессе пуска насос следует отключить;
- при построении САР в качестве регулируемого параметра рекомендуется использовать давление в диктующей точке (диктующих точках) сети, а в отдельных случаях – на коллекторе насосной станции. Последнее возможно, когда станция расположена вблизи потребителей, например, станция подкачки городского (промышленного) водоснабжения, или когда расчетами либо экспериментами установлено соответствие между изменениями давления в напорном коллекторе и диктующей точке;
- в ряде случаев в качестве регулируемого параметра может быть использован уровень воды в резервуаре или расход воды в водоводе.

На объектах технологического процесса водоподготовки, использующих те или иные реагенты следует руководствоваться следующими соображениями:

- для уменьшения трудоемкости, исключения контакта людей с реагентами и экономного расходования реагентов все операции, связанные с использованием химических реагентов на водоочистных станциях, максимально автоматизируются;
- в качестве дозирующих устройств растворов коагулянтов и других реагентов в автоматизированных системах рекомендуется применять насосы-дозаторы, регулирующие клапаны и бункерные дозаторы;
- системы автоматического дозирования раствора коагулянта в обрабатываемую воду рекомендуется выполнять:
 - а) по соотношению расходов обрабатываемой воды и раствора коагулянта;
 - б) по заданному приращению удельной электрической проводимости (УЭП) воды, смешанной с коагулянтом;
- при всех системах дозирования оптимальную дозу коагулянта следует устанавливать пробным коагулированием.

Серьезное внимание уделяется автоматизации процесса обеззараживания воды газообразным хлором по двум причинам: с одной стороны ввиду высокой токсичности хлора система его дозирования и

сопутствующее оборудование должны иметь очень высокую степень защиты в аварийных ситуациях, а с другой – доза вводимого в воду хлора должна быть достаточна для получения потребителем гарантированно обеззараженной воды, но с отсутствием нерастворенного хлора, испаряющегося с ее поверхности, что накладывает серьезные требования к точности дозировки. Из этих двух причин следуют частные требования:

- все САР процесса обработки воды газообразным (жидким) хлором для обеззараживания и иных целей строятся на базе автоматизированных вакуумных дозаторов (хлораторов);
- современные САР процесса хлорирования воды относятся к типу стабилизационных, действующих по отклонению от заданных концентраций остаточного хлора в обработанной воде, с автоматическим анализатором в канале обратной связи. САР хлора должна обеспечивать содержание хлора в обработанной воде с отклонением от нормы $\pm 0,05$ мг/л;
- характерной особенностью САР процесса обеззараживания воды хлором является возможное большое запаздывание сигнала, поступающего на регулятор и исполнительный механизм от анализатора хлора; эти неблагоприятные динамические свойства объекта регулирования требуют применения в САР процесса хлорирования воды регулирующих устройств с высокими динамическими качествами;
- динамические качества САР процесса хлорирования воды можно повысить, уменьшив время запаздывания путем приближения точки отбора хлорированной воды к точке ввода хлора.
- при обработке воды хлором с целью его обесцвечивания или борьбы с биологическими отложениями, когда оптимальная доза хлора устанавливается по опытным данным, системы управления хлораторами строятся также по схемам стабилизации с коррекцией дозы хлора по концентрации остаточного хлора;
- при проектировании и устройстве систем автоматизации и технологического контроля процесса хлорирования воды следует иметь в виду, что современные анализаторы хлора в воде построены по амперометрическому методу измерения, которые определяют содержание общего активного хлора (свободного +связанного);
- для обеспечения качественного и надежного обеззараживания необходимо контролировать и регулировать содержание хлора в воде с учетом значения рН и температуры воды, которые существенно влияют на растворимость хлора в воде.

Автоматизация процессов в отстойниках и осветлителях должна проводиться с учетом следующих рекомендаций:

- в отстойниках и осветлителях предусматривается устройство для автоматического контроля предельного уровня осадка;

- автоматизацию выпуска осадка следует осуществлять по достижении предельного уровня, возможно дистанционное управление выпуском осадка.

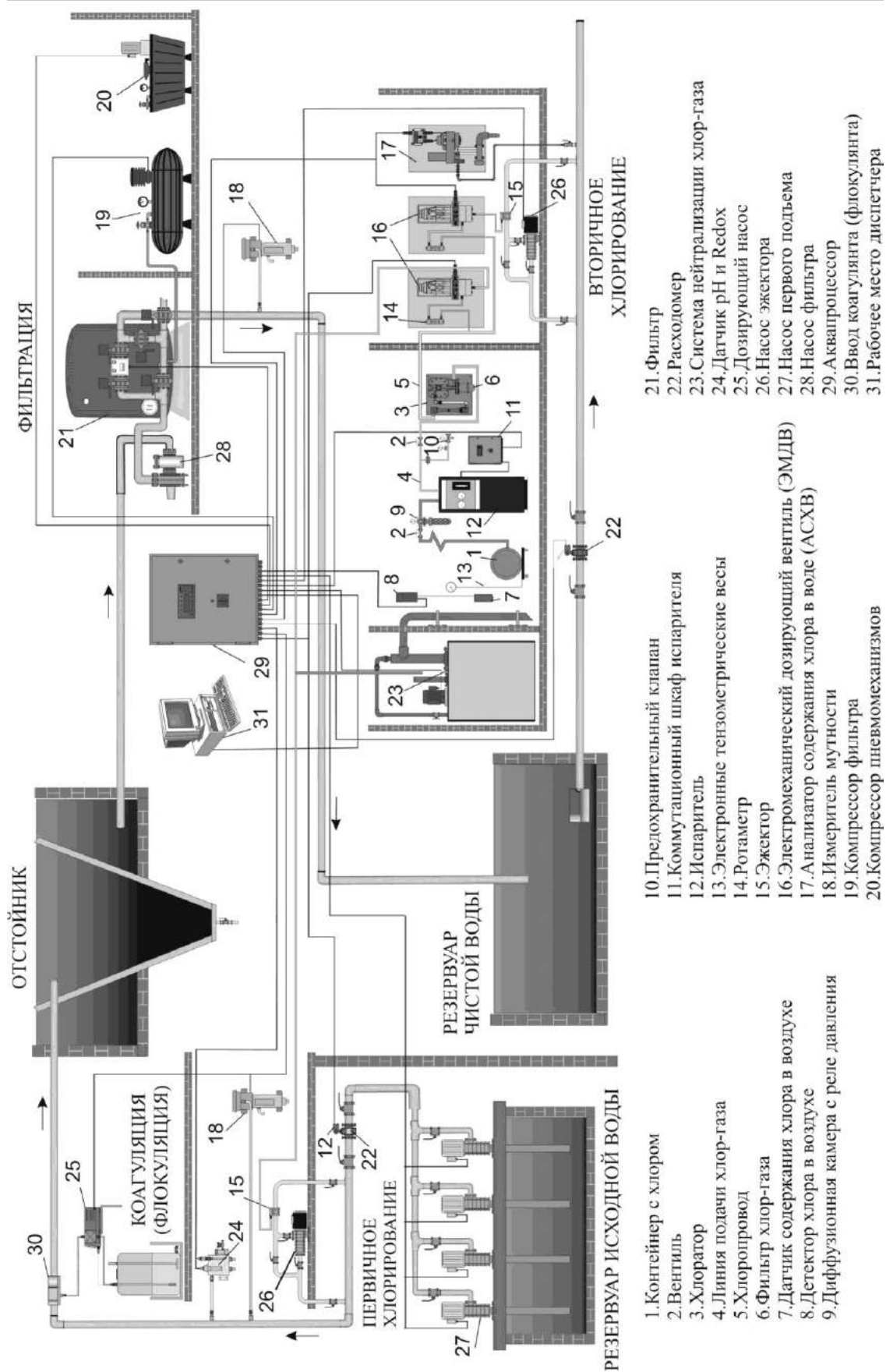
Обязательной операцией водоподготовки является фильтрация со следующей спецификой требований автоматизации ее объектов:

- на фильтрах регулирование скорости фильтрования осуществляется по расходу фильтрованной воды или по уровню воды в фильтре;
- вывод фильтров на промывку рекомендуется осуществлять по потере напора в загрузке или по положению дросселирующего органа, установленного на трубопроводе фильтрованной воды;
- схема автоматизации процесса промывки фильтров и контактных осветлителей должна обеспечивать выполнение в определенной последовательности следующих операций: управление по заданной программе затворами и задвижками на трубопроводах, подводящих и отводящих обрабатываемую воду, пуска и остановки насосов промывной воды и воздуходувок при воздуховоздушной промывке;
- продолжительность промывки следует устанавливать по времени или по мутности промывной воды в отводящем трубопроводе;
- процесс регенерации фильтров автоматизируется: взрыхление загрузки – по времени; подача регенерационного раствора – по его объему или по времени; отмывка загрузки – по времени; включение фильтра в работу – по окончании процесса регенерации.

Вышеприведенный перечень основных требований к объектам автоматизации систем водоснабжения позволяет получить исходный или базовый вариант структуры АСУ ТП водоподготовки. Ее детализация будет определяться спецификой и технологическими нюансами конкретных систем водоподготовки, подлежащих автоматизации.

На сегодня задача комплексной автоматизации процесса водоподготовки с учетом перечисленных выше требований может быть успешно реализована, что подтверждает разработанная ФСП «КРАВТ» автоматизированная система управления технологическим процессом водоподготовки (АСУТП ВП), базирующаяся в основном на разработанных и выпускаемых серийно этим предприятием программных продуктах, измерительных и исполнительных механизмах. На рисунке представлена типовая схема такой АСУТП ВП, перечислены операции технологического процесса подготовки питьевой воды, а также примененные измерительные устройства, исполнительные механизмы и контроллерные блоки, объединенные в единую автоматизированную систему, обеспечивающую взаимодействие всех локальных систем автоматики через аквапроцессор и компьютер диспетчера.

Внедрение АСУТП ВП является потребностью сегодняшнего дня, т.к. практически исключает влияние человека на процессы измерения и регулирования, что гарантирует высокое качество водоподготовки.



Типовая схема АСУТП ВП

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ КОАГУЛЯЦИИ ДОНСКОЙ ВОДЫ

С.Н. Линевич, В.В. Корохов

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

С.А. Бреус

МУП «Горводоканал», Новочеркасск, Россия

В 70-х годах XX века, благодаря появлению доступной и дешевой электроэнергии в России получили широкое распространение исследования технологических процессов обработки воды, построенных на использовании электрического тока [1, 2]. Одним из способов очистки воды с помощью электричества является электролитическая коагуляция. При этом наблюдаются следующие процессы: анодное растворение металла электрода (например, алюминия) при пропускании электрического тока через обрабатываемую воду, образование электролита – гидрооксида алюминия и комплексов на его основе и коагуляция взвешенных частиц, содержащихся в природной воде. Несмотря на то, что электролитическую коагуляцию можно условно разделить на указанные стадии, что позволяет облегчить проведение исследований технологического процесса, рассматривать их необходимо в тесной взаимосвязи.

Рассмотрим возможность построения системы управления установкой электролитической коагуляции. Она состоит из корпуса с трубопроводами подачи исходной и обработанной воды. В корпусе установлены алюминиевые электроды, которые поочередно являются катодами и анодами. К ним подведены электрические цепи от блока питания, который обеспечивает заданную плотность тока на электродах [2].

Целью технологического процесса, реализуемого в этой установке, является очистка воды от взвешенных частиц. Показателем эффективности в этом случае, с финансовой точки зрения является стоимость 1 м³ обрабатываемой воды, с технической – степень снижения мутности в воде. Достичь высоких технико-экономических показателей работы установки можно, разработав систему управления процессом осветления воды.

Для определения структуры системы управления и ее параметров в настоящее время широко используется системный подход. Он заключается в изучении установки электрокоагуляции как объекта управления,

декомпозиции цели управления установкой, анализа достижения каждой из них и синтеза системы управления, которая позволит достичь основной цели. Такой подход значительно облегчает исследование объекта управления, разработку структуры отдельных подсистем и системы управления в целом и, наконец, позволяет определить их параметры и настройки.

Структура установки электролитической коагуляции как объекта управления представлена на рис. 1.

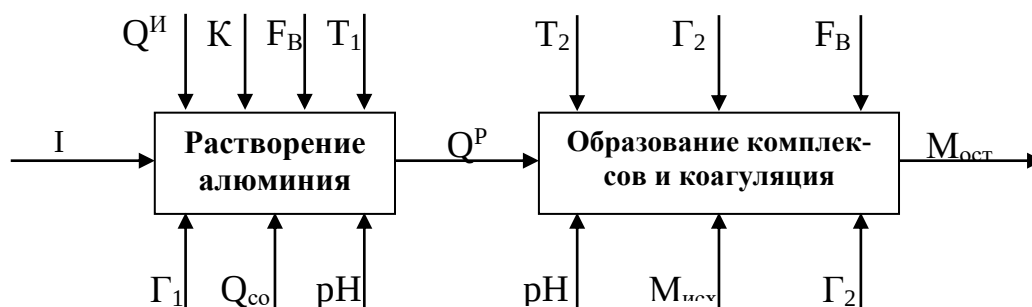


Рисунок 1. Структура установки электролитической коагуляции как объекта управления

Рассмотрим подробнее процесс электролитического растворения алюминия. Здесь выходным параметром является концентрация ионов алюминия в обрабатываемой воде Q^P_{Al} . Входным или управляющим воздействием является ток I , проходящий через обрабатываемую воду. На выходной параметр оказывают воздействие возмущающие воздействия: $Q^И_{Al}$ – количество растворенного алюминия в исходной воде; $Q_{сол}$ – количество растворенных солей в исходной воде; pH_1 – активная реакция ионов водорода в исходной воде; $F_В$ – расход воды, поступающей на обработку; T_1 – температура исходной воды; K – конструктивные особенности аппарата; Γ_1 – прочие возмущения.

Таким образом, все параметры можно разделить на две группы:

- 1) параметры, определяемые конструкцией аппарата; они характеризуются медленным изменением своих значений в течение эксплуатации установки;
- 2) параметры обрабатываемой воды; их величины характеризуются суточными и сезонными колебаниями, зависят от погодных условий и от хозяйственной деятельности человека.

Самым простым решением задачи управления установкой является разработка одноконтурной системы регулирования по отклонению. Структурная схема такой системы показана на рис. 2.

Основное достоинство одноконтурной системы регулирования по отклонению это то, что она реагирует на все возмущающие воздействия. Вторым положительным моментом является точность регулирования, которую можно обеспечить при небольшом количестве возмущающих

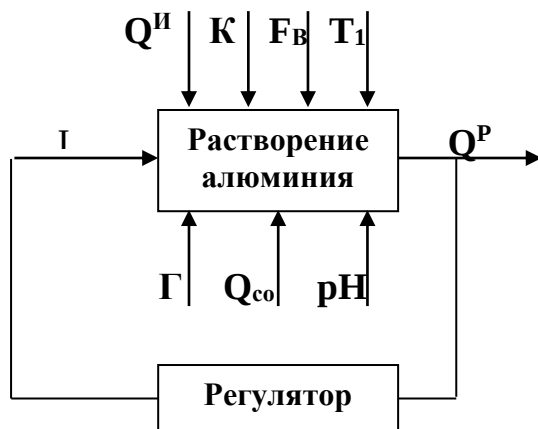


Рисунок 2. Структурная схема
одноконтурной системы
регулирования по отклонению

воздействий и их изменении в узком диапазоне. Однако в данном случае мы видим большое количество возмущающих воздействий. Такое возмущение как температура воды носит ($0...30\text{ }^{\circ}\text{C}$) характер изменения, но имеет низкую скорость изменения параметра. А исходная мутность природной воды реки Дон изменяется в диапазоне от 1 до 40 мг/дм^3 с всплеском до 125 мг/дм^3 в период паводка, который продолжается 2 – 3 недели. Это

приводит к тому, что точность регулирования в такой системе остается низкой, вследствие чего наблюдается перерасход электроэнергии и переизбыток ионов алюминия в воде или их нехватка и, следовательно, низкое качество обрабатываемой воды.

Проведя декомпозицию цели можно сделать вывод, что повысить качество регулирования можно за счет стабилизации наиболее сильных возмущающих воздействий, например, температуры, pH воды и ее расхода. Структура такой системы управления включает в себя подсистему стабилизации температуры воды ПС1, подсистему стабилизации pH ПС2, подсистему стабилизации расхода воды ПС3 и подсистему управления концентрацией растворенного алюминия в обрабатываемой воде ПС4. Все это показано на рис. 3. Приведенная система управления значительно более эффективна, чем предыдущая, но предполагает наличие вспомогательного оборудования – теплообменника или нагревателя, бака с реагентом (щелочью) и дозатора для его подачи, насоса, оборудованного регулирующей заслонкой или частотно-регулируемым приводом. Также необходимо определить параметры каждой из подсистем. Это значительно усложняет и удорожает процесс создания и эксплуатации установки. Стабилизация температуры, особенно при большом объеме обрабатываемой воды экономически не выгодно, а мутность исходной воды вообще невозможно стабилизировать, кроме того, по-прежнему остается большое число неконтролируемых возмущающих воздействий. Это говорит о том, что система работает в условиях дефицита рабочей и априорной информации. Дальнейшее наращивание подсистем стабилизации отдельных параметров приведет лишь к усложнению и удорожанию системы.

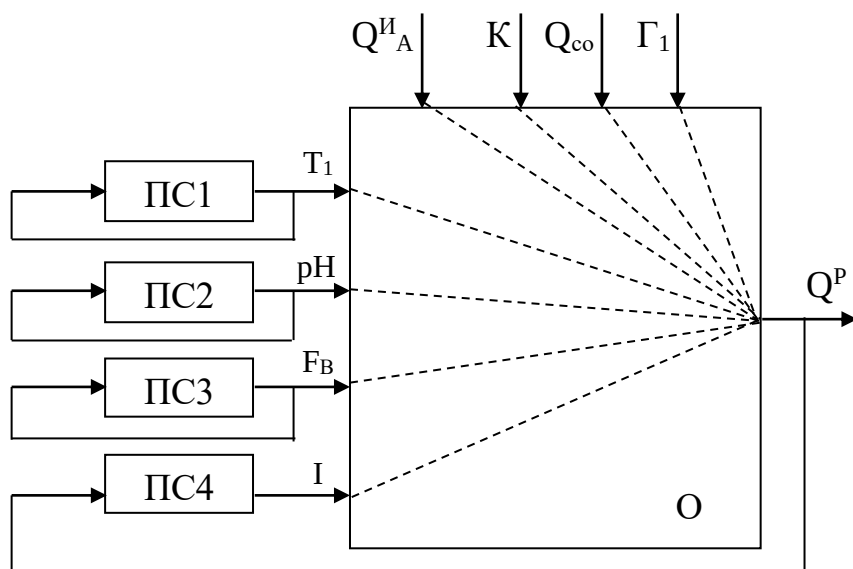


Рисунок 3. Структура системы управления с использованием подсистем стабилизации различных параметров

Поэтому предлагается, для повышения эффективности работы электрокоагуляционной установки в условиях дефицита информации, использовать адаптивную систему управления. Она позволит учитывать значительное количество информации и расширит область функционирования установки. Структура предложенной адаптивной системы управления показана на рис. 4. Она включает в себя подсистемы стабилизации расхода и pH воды, что не требует значительных материальных и энергетических затрат, и адаптивную подсистему управления, которая собирает информацию о необходимых параметрах воды, обрабатывает ее и рассчитывает величину управляющего воздействия. Это одновременно позволит оценивать эффективность

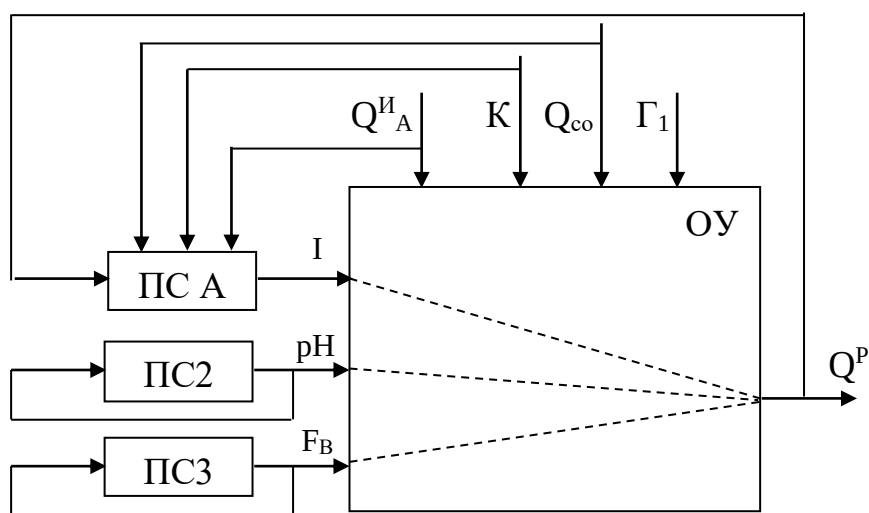


Рисунок 4. Структура адаптивной системы управления процессом растворения алюминия

работы установки и поддерживать ее в наивысшей точке.

Основной задачей при построении адаптивной системы управления является получение математической модели, описывающей

технологический процесс, а также разработка алгоритма движения системы к экстремуму. Имеется подробное описание получения математических моделей процессов очистки воды [3, 4], которое позволяет выбрать для идентификации объекта управления статистические методы, в частности проведение ряда экспериментов по ортогональному плану второго порядка. Преимущества такого описания технологического процесса заключаются в высокой достоверности результатов моделирования 85 – 95 %, небольших временных и материальных затрат на проведение эксперимента, простота математической обработки результатов эксперимента, использование математической модели для нахождения экстремума целевого параметра и максимума эффективности работы всей установки [5]. Также имеется возможность коррекции коэффициентов математической модели во время эксплуатации установки с целью повышения точности регулирования.

ВЫВОДЫ

1. Разработан ряд систем управления процессом растворения алюминия с различной структурой, показана необходимость построения адаптивной системы управления установкой электрокоагуляции;
2. На основе ранее проведенных исследований, предложен способ получения математической модели процесса растворения алюминия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. Киев: Вища шк., 1981. С. 150 – 185.
2. Яковлев С.В., Краснобородько И.Г., Рогов В.М. Технология электрохимической очистки воды. Л.; Стройиздат, 1987. 312 с.
3. Корохов В.В. Активный эксперимент в адаптивных системах управления установками очистки воды / Новые технологии управления движением технических объектов: Материалы 4-й Междунар. науч.-техн. конф. - Ростов – н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. – С. 115-116.
4. Линевич С.Н., Гулевич Е.П., Корохов В. В., Свечкарев В.П. Управление процессом обеззараживания донской воды УФ-облучением // Изв. вузов Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. - 2000. - № 2. – С. 59-61.
5. Бондарь А.Г., Статюха Г.А., Потяженко И.А. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии (алгоритмы и примеры): Учеб пособие. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980. – 264 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ БЕЗРЕАГЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭШКАКОНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ГОДА

В.С.Алешин, Е.Б. Рассказов, Н.Е. Циндрин

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

Основной задачей Эшкаконского водохранилища является повышение расходов воды в маловодный период за счет сработки запасов воды, созданных путем временного задержания избытков стока над потреблением в многоводные сезоны или годы. Наиболее строгие требования к качеству воды водохранилищ предъявляются при использовании ее для коммунального водоснабжения, особенно в городе-курорте Кисловодске.

Водохранилище является громадным предварительным отстойником, однако имеется ряд отрицательных влияний водохранилища на качество воды. В начальный период после заполнения водохранилища, в первые 2 – 3 года, на качество воды оказывали воздействие последствия затопления почвенного покрова, кустарника, леса. В этот период в водохранилище интенсивно развиваются биогенные процессы (гниение), появляется сероводород, увеличивается количество бактерий, изменяется вкус воды, ее цвет. Продолжительность этого периода зависит от размеров водохранилища, его географического положения, характера затопления территории, степени и качества ее очистки и санитарной обработки перед заполнением водохранилища.

В последующем на качество воды в водохранилище основное влияние оказывают гидробиологические процессы и антропогенные факторы (т.е. влияние человеческой деятельности).

Замедление скорости перемещения воды в водохранилище, резкое снижение турбулентности режима могут приводить к образованию застойных зон, к дефициту кислорода, ослаблению самоочищающейся способности водохранилища, накоплению биогенных элементов (сероводорода, метана, аммиака и т.д.). Избыток биогенных элементов в условиях повышенных температур и при значительном дефиците кислорода создает благоприятные условия для чрезмерного развития отдельных представителей фитопланктона, что приводит к «цветению воды». В водохранилищах получили наибольшее распространение, так называемые, сине-зеленые водоросли. При цветении уменьшается количество кислорода, ухудшается химико-биологический режим воды, выделяются токсичные элементы.

В связи с этим нами были проведены исследования и анализ качественного состава воды Эшкаконского водохранилища и его сезонные изменения.

Согласно проведенным исследованиям (см. таблицу) в воде Эшкаконского водохранилища отсутствуют ионы тяжелых металлов и токсичные вещества. Вода водохранилища характеризуется низкой температурой 4 – 12 °С в течение года, что предохраняет водохранилище от зарастания сине-зелеными водорослями и «цветения» воды. Наличие в пресной воде водохранилища рыбы является признаком удовлетворительного качества воды в нем, а также развитие и размножение в воде форели, которая очень чувствительна к содержанию в воде растворенного кислорода, который находится в пределах 8 – 10 см³/л.

Содержание свободной углекислоты в воде не превышает 1,4 мг/л, по жесткости вода водохранилища относится к умеренно жестким 2,86 – 5,72 мг.экв/л. Содержание железа в закисной и окисной форме в воде не превышает 0,4 мг/л, что меньше допустимых норм в 2,5 – 5 раз. Органические, фенольные соединения, мышьяк, СПАВ, нефтепродукты в воде полностью отсутствуют, это свидетельствует о том, что в воду и водохранилища и реки Эшкакон не попадают хозяйственные и промышленные сточные воды.

Показатели качественного состава воды водохранилища

№ п/п	Наименование ингредиентов	Кол-во анализ.	Глубина отбора проб от поверхности воды, м						
			3	10	15	20	25	30	40
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Цветность, град	110	5,0	5,0	4,0	5,0	5,0	4,0	5,0
2	Запах, балл	110	0	0	0	0	0	0	0
3	Прозрачность, см	110	30 16	25 10	19 8	17 7	16 5	10 2	0 0
4	рН	110	8,5 8,3	8,4 8,1	8,51 8,5	8,52 8,8	8,53 8,4	8,41 8,2	8,47 8,41
5	Мутность, мг/л	110	0,3 60	0,8 110	1,7 140	6,0 310	11,0 560	22,0 900	282 2950
6	Жесткость, мг-экв/л	110	2,9 3,1	2,8 3,0	3,1 2,9	3,2 3,15	2,7 2,65	2,9 3,0	3,1 3,18
7	Щелочность, мг/л	110	3,2 3,4	3,1 3,2	3,3 3,1	3,4 3,3	2,9 2,95	3,2 3,4	3,4 3,3
8	Сухой остаток, мг/л	110	138 240	141 260	160 270	201 320	230 340	240 410	320 510
9	Сульфаты, мг/л	110	49 51	42 53	51 50	48 47	52 54	51 53	56 54

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Хлориды, мг/л	110	4,41 4,0	4,4 4,1	4,2 4,7	4,8 4,2	3,9 4,7	4,7 4,3	4,5 4,2
11	Медь, мг/л	110	0,38 0,41	0,45 0,47	0,3 0,34	0,36 0,40	0,40 0,41	0,35 0,37	0,34 0,36
12	Хром, мг/л	110	Отсутствует						
13	Никель, мг/л	110	Отсутствует						
14	Железо, мг/л	110	0,25 0,22	0,16 0,2	0,19 0,23	0,23 0,19	0,36 0,3	0,3 0,29	0,31 0,4
15	Температура, °С	110	5 10	4 8	4 8	4 8	4 8	4 6	4 6
16	Окисляемость перманганатная, мг/л	110	0,63	1,4	1,08	1,53	1,4	1,3	1,64
17	Свинец, мг/л	110	-	-	-	0,0005	-	-	-
18	Сероводород, мг/л	110	Отсутствует						
19	Углекислота свободная, мг/л	110	1,4	-	1,0	-	0,8	-	-
20	БПК 20, мг О ₂ /л	110	0,65	1,04	0,8	1,4	1,21	1,1	1,7
21	ХПК, мг/л	110	1,7	2,64	1,9	17,6	13,3	12,9	17,9
22	Цинк, мг/л	110	0,005	0,004	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005
23	СПАВ, мг/л	110	-	-	-	-	-	-	
24	Мышьяк, мг/л	110	-	-	-	-	-	-	-
25	Молибден, мг/л	110	0,025-	0,025	0,015	0,015	0,020	0,025	0,025
26	Марганец, мг/л	110	-	-	-	0,01	-	-	-

Концентрация взвешенных веществ в воде водохранилища в течение года колеблется в пределах от 0 до 150 мг/л. Согласно проведенным исследованиям, количество взвешенных веществ составляет 0,0 – 1,6 мг/л в январе, феврале, сентябре, октябре, ноябре, декабре, а в марте, июле, августе от 4 мг/л до 10 мг/л. В этот период года исходную воду из водохранилища рекомендуется подавать на очистные сооружения без реагентной обработки. В апреле, мае, июне концентрация взвешенных веществ колеблется от 10 мг/л до 150 мг/л. В этот период исходную воду необходимо обрабатывать реагентами и, в первую очередь коагулировать перед подачей на основные водопроводные очистные сооружения для дальнейшей ее обработки в горизонтальных отстойниках, самотечных и напорных фильтрах.

II ВОДООТВЕДЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ

СТОЧНЫХ ВОД

ПИЛОТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МЕМБРАННОГО БИОРЕАКТОРА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В.Н. Швецов

ФГУП Ордена Трудового Красного Знамени

Комплексный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии, Москва, Россия

Проведены длительные испытания процесса биологической очистки сточных вод на пилотной установке мембранного биореактора на очистных сооружениях города Подольска. Сточная вода на пилотный мембранный биореактор (МБР) производительностью до 240 м³/сут (рис. 1) подавалась непосредственно из канала после механических решеток после процеживания через сетку с размером ячеек 1 мм.

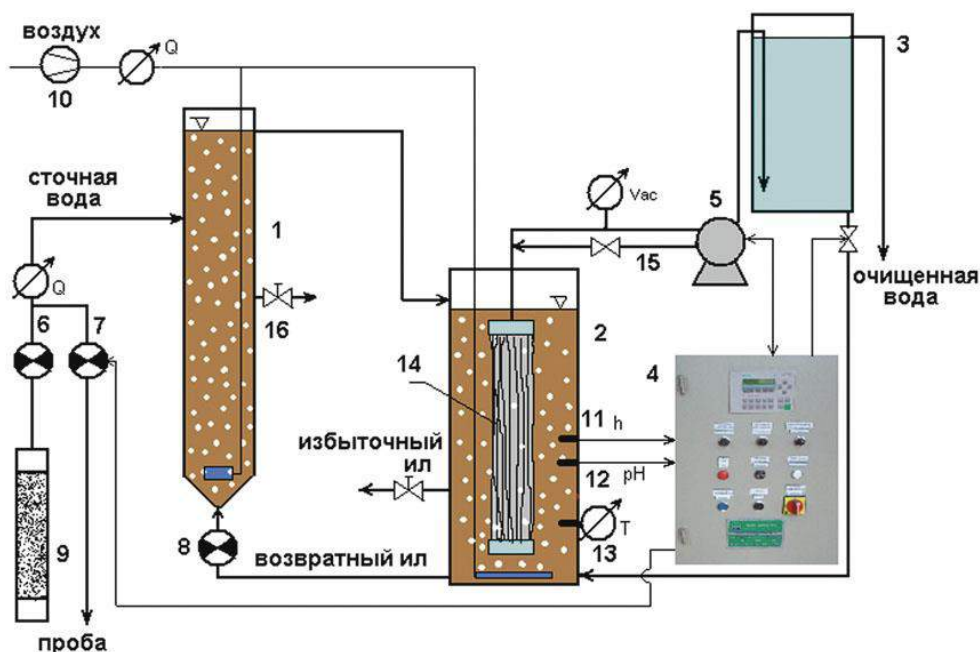


Рисунок 1. Принципиальная схема пилотной установки: 1 – биологический реактор; 2 – мембранный биореактор; 3 – емкость очищенной воды; 4 – блок управления; 5 – рабочий насос; 6 – питающий насос; 7 – насос отбора проб; 8 – насос рециркуляции; 9 – сетчатый фильтр; 10 – воздушный компрессор; 11 – датчик уровня; 12 – датчик pH-метра; 13 – термометр; 14 – мембранный модуль; 15 – линия обратной промывки

Пилотная установка непрерывно работала с апреля 2005 г по июль 2006 г. Средние показатели качества исходной воды составляли: взвешенные вещества – 90 – 200 мг/л, ХПК – 180 – 300 мг/л, БПК_{полн.} – 120

– 210 мг/л, аммонийный азот – 17 – 30 мгN/л, азот органический – 8 – 22 мг N/л, фосфор – 2,3 – 4,0 мг P/л.

В процессе исследований время пребывания сточных вод в биореакторе (период аэрации) варьировался в диапазоне 2,5 – 12 ч, Концентрация активного ила в биореакторе от 2 до 20 г/л. Эффективная площадь фильтрации полволоконных мембран фирмы «Зенон» (размер пор 0,04 мкм) составляла 0,93 м². Трансмембранное давление (вакуум) в процессе работы варьировал в диапазоне 0,5 – 5 м. вод. ст. Для минимизации степени загрязнения мембран, процесс фильтрования осуществлялся в циклическом режиме (фильтрация – обратная промывка – фильтрация) с различной частотой.

Мембранные биотехнологии (МБР) для очистки сточных вод находят все более широкое применение за рубежом. На современном этапе в МБР применяют в основном погруженные в иловую смесь блоки полволоконных микрофильтрационных мембран, обеспечивающих отведение очищенной воды из аэротенка под вакуумом. Важно отметить, что в МБР мембраны используются не для удаления исходных загрязнений, а для задержания биомассы в биореакторе.

Технологии МБР обеспечивают высокое качество очищенной воды, полное задержание взвешенных частиц и бактерий, высокую концентрацию активного ила в реакторе и соответственно высокую окислительную мощность, а также исключают стадию гравитационного разделения иловых смесей во вторичных отстойниках.

Мембраны задерживают в реакторе все микроорганизмы, а также взвешенные и коллоидные частицы загрязнений сточных вод, в результате время их пребывания в реакторе становится неограниченным и таким образом, мембраны в МБР полностью разобщают гидравлическое время пребывания воды в реакторе и время пребывания твердой фазы – активного ила и взвешенных частиц загрязнений сточных вод, обеспечивая их присутствие в реакторе до тех пор, пока они не подвергнутся биологической деструкции. Полное задержание микроорганизмов активного ила в реакторе создает благоприятные условия для автоселекции и адаптации биоценоза активного ила к окислению биорезистентных и медленно окисляющихся компонентов загрязнений сточных вод.

В то же время, загрязнение мембран, которое приводит к снижению потока пермеата, более частой химической очистке мембран и необходимости их замены, увеличивая эксплуатационные затраты, является наиболее серьезной проблемой влияющей на работу всей систем МБР. Поэтому, большое число исследований за рубежом посвящены изучению, моделированию и управлению, процессами загрязнения мембран. Загрязнение является общей проблемой в любых мембранных процессах, однако из-за крайне гетерогенной природы иловой смеси в биореакторах, в частности присутствия микроорганизмов, предсказывать и

управлять загрязнением мембран в МБР наиболее сложно. Микроорганизмы производят внеклеточные высокомолекулярные полимеры (ВП) с высокой способностью к загрязнению мембран. На загрязнение также влияет структура и размер хлопка активного ила. К сожалению, ни распределение размера хлопка, ни концентрацию биополимеров невозможно получить или вывести на основе измерения концентрации биомассы, которая в большинстве случаев является единственным измеряемым параметром иловой смеси.

Характеристики процесса загрязнения еще более усложняются при изменении физических, химических, и физиологических параметров иловой смеси и качества очищаемой воды во времени. При увеличении возраста ила или органической нагрузки его концентрация возрастает и воздействует на уровни (ВП) непредсказуемым образом. Работа с высокими дозами ила имеет ряд достоинств, так как при этом сокращается прирост ила и снижаются объемы сооружений, но слишком высокие дозы ила обуславливают высокую вязкость иловой смеси, которая снижает массопередачу. Турбулентция в погружных МБР обеспечивается аэрацией, и создает необходимые скорости поперечного потока вблизи мембран, увеличивает массопередачу и снижает их загрязнение при более высоком значении критического потока (поток, при котором загрязнение минимально). Концепция критического потока, весьма полезная при обычном мембранном фильтровании, оказалась не столь результативной для процессов фильтрования в МБР, где скорости загрязнения приближаются к нулю только при очень низких потоках и, в конечном счете, непрактичных значениях. Было показано что в системах МБР работа при очень низких скоростях фильтрования, близких к «критическому потоку», может приводить первоначально к медленному линейному увеличению трансмембранного давления (ТМД), которое на определенном этапе может стать быстрым и катастрофическим.

Таким образом, несмотря на многочисленные исследования загрязнения мембран, большой диапазон используемых эксплуатационных режимов и состава очищаемой воды, общие закономерности, в отношении загрязнения мембран в частности в МБР не установлены.

Учитывая вышеизложенное, цель настоящих исследований состояла в комплексной оценке технологических параметров работы как непосредственно биореактора в системе МБР, так и мембранных блоков в условиях длительного эксперимента на реальной сточной воде, оценке стабильности технологического процесса в производственных условиях при существенных колебаниях состава и расходов сточных вод, температуры и др. параметров, в установлении взаимосвязей параметров работы биореактора с характером изменения фильтрационных характеристик полуволоконных микрофильтрационных мембран.

В России первые исследования в этом направлении начались с 2003 г. в институте «ВОДГЕО» на лабораторных стендах, публикуемые материалы являются их продолжением.

На рис. 2, показана взаимосвязь ряда технологических параметров работы пилотной установки при разных периодах аэрации (гидравлическое время пребывания сточной воды в реакторе).

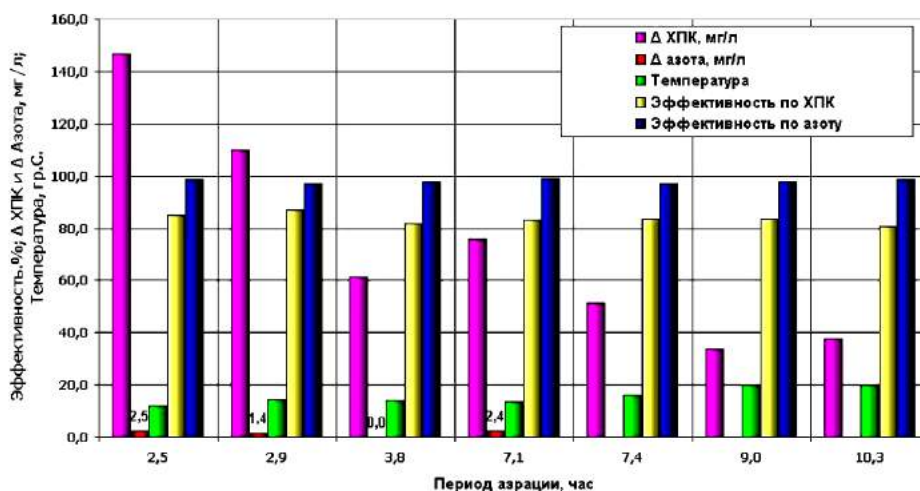


Рисунок 2. Взаимосвязь параметров работы МБР с периодом аэрации

Эффективность удаления органических загрязнений по ХПК независимо от температуры и периода аэрации в диапазоне от 2,4 до 10,6 ч составляла 85 – 90 %, по азоту аммонийному – 98,5 – 99,8 %, что не достижимо на традиционных сооружениях биологической очистки при аналогичных условиях эксплуатации аэротенков. После мембранного биореактора ХПК очищенной воды за весь период наблюдений не превышала 35 мг/л, а БПК_{полн.} 1,5 мг/л. Содержание взвешенных веществ в очищенной воде не превышало 1 – 2 мг/л. Изменение температуры в реакторе в процессе работы установки в диапазоне 19 – 8 °C практически не отражалось на эффективности снижения ХПК, БПК и нитрификации.

Эффективность очистки (в целом по системе биореактор – мембранная фильтрация) как по ХПК, так и по удалению азота аммонийного практически не зависела от времени обработки при варьировании периода аэрации (рис. 3), что свидетельствует о высокой стабильности работы системы. При колебаниях ХПК внутри реактора в диапазоне 50 – 250 мг/л, ХПК очищенной воды после мембранных блоков всегда оставалась в пределах 26 – 36 мг/л, а БПК не превышала 2,5 мг/л.

При увеличении органической нагрузки на входе в биореактор, а также при накоплении активного ила в системе (до 10 – 12 г/л) окислительная мощность по удалению органических загрязнений и соединений азота увеличивалась в 4 – 5 раз. Фактически в исследованном диапазоне параметров окислительная мощность МБР (в отличие от обычных аэротенков) возрастала пропорционально приложенной органической.

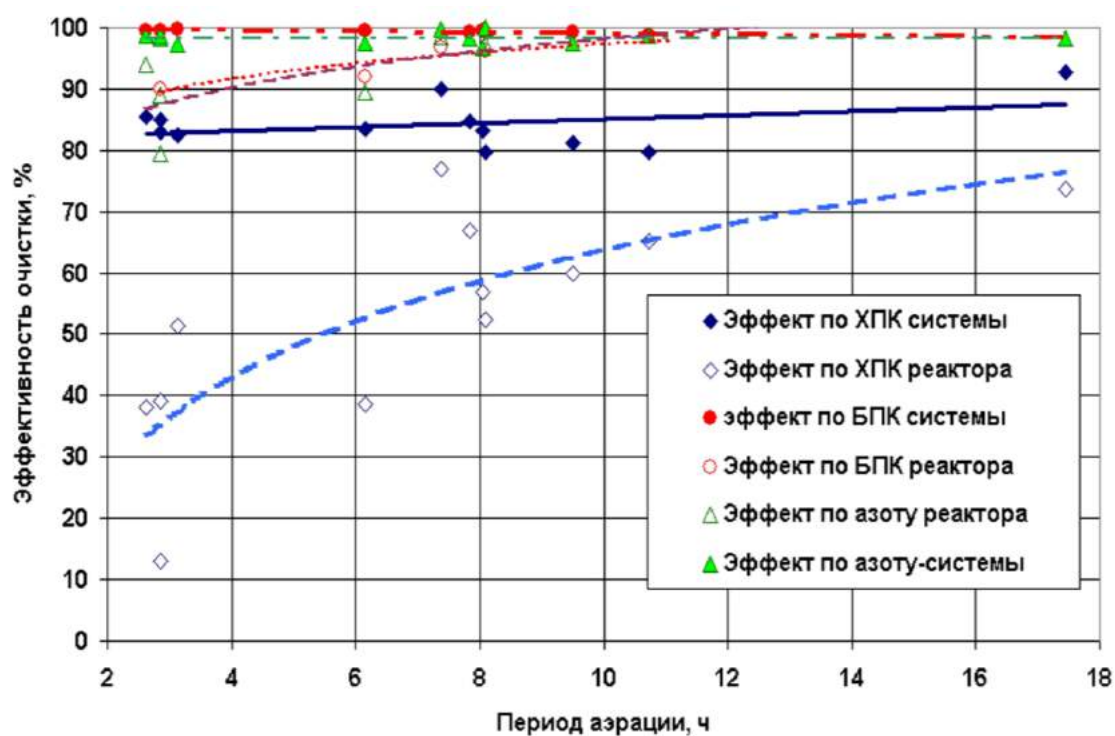


Рисунок 3. Взаимосвязь эффективности очистки от периода аэрации

Важной особенностью работы МБР было возникновение градиента концентраций на мембране между содержимым биореактора и очищенной водой (пермеат). Причем градиент ХПК (как разница в значениях ХПК внутри реактора и на выходе из системы) значительно возрастал при снижении времени аэрации и продолжительности эксперимента во времени. Наблюдается также устойчивая статистическая связь градиента ХПК с концентрацией активного ила в реакторе и периодом аэрации. Это, по-видимому, вызвано накоплением трудноокисляемых высокомолекулярных коллоидных веществ сточных вод, образованием продуктов метаболизма или продуктов распада бактериальных клеток при высоких концентрациях активного ила. Взаимосвязи градиента с окислительной мощностью, удельной скоростью окисления и с другими параметрами работы биореактора не обнаружено.

На рис. 4 представлена характеристика работы мембранного блока за период исследований. В качестве обобщенной характеристики состояния мембран использовалась величина «нормализованного потока» (J), измеряемая как удельный поток через мембрану ($\text{м}^3/\text{м}^2$ сут) отнесенный к единице перепада давления (м.в.ст.).

Корреляционный анализ взаимосвязи скорости забивания мембран (снижение нормализованного потока во времени) показал, что значимая корреляционная связь ($R = 0,82$) скорости загрязнения мембран имеет место только с величиной удельного потока (рис. 5) и с концентрацией активного ила в реакторе ($R = 0,76$) (рис. 6). Значимой взаимосвязи с градиентом концентрации по ХПК не обнаружено.

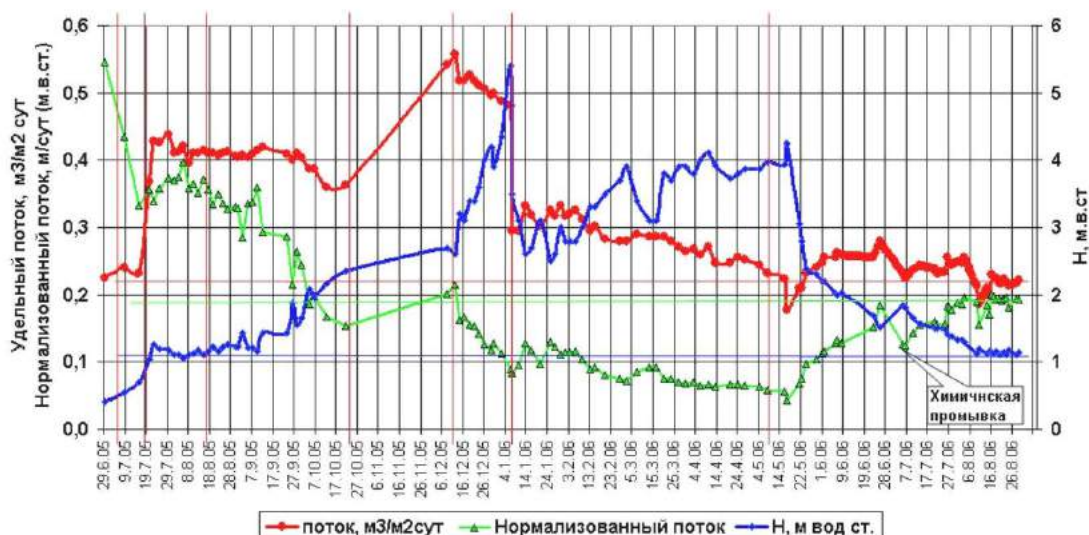


Рисунок 4. Удельный поток, давление и нормализованный поток

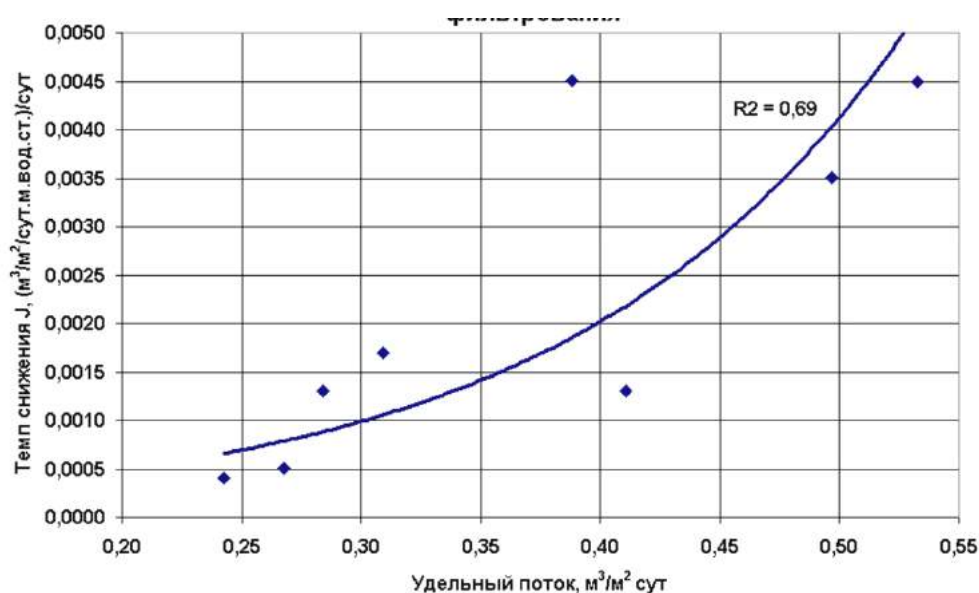


Рисунок 5. Взаимосвязь темпа снижения нормализованного потока со скоростью фильтрования

Характер зависимости темпа снижения нормализованного потока от скорости фильтрования (удельный поток J м³/м²·сут), показывает (рис. 5), что скорость загрязнения снижается с уменьшением скорости фильтрования. При этом на кривой не наблюдается характерного минимума, который мог бы указывать на существование «критического потока». Минимальному темпу снижения J (0,001 – 0,0015 м³/м²·сут. (м.в.ст.)) соответствует величина удельного потока пермеата 0,3 – 0,35 м³/м²·сут. На основании этой величины следует рассчитывается требуемая площадь мембран.

Из графика на рис. 6 следует, что при концентрации ила свыше 8 – 10 г/л темп забивания мембран существенно возрастает, поэтому поддерживать концентрацию ила в биореакторе свыше 10 г/л технологически нецелесообразно из-за увеличения скорости забивания

мембран, процессов самоокисления ила, накопления продуктов метаболизма и заметного ухудшения условий массопереноса кислорода.

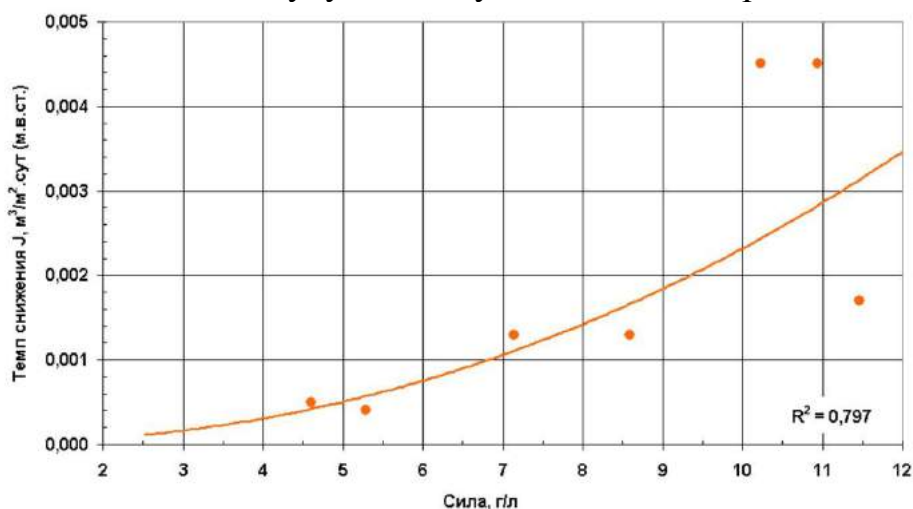


Рисунок 6. Влияние дозы на средний темп снижения нормализованного потока

ВЫВОДЫ

Окислительная мощность МБР выше, чем в традиционных аэротенках в 4 – 5 раз, при этом качество очистки удовлетворяет самым высоким требованиям на сброс в водоемы рыбохозяйственного назначения.

Использованные в исследовании половолоконные блоки фирмы «Zenon» показали стабильную и надежную работу без химической очистки в течение 12 месяцев. При этом потери напора (вакуум) на мембранах не превышал 5 м.в.ст. Установлена взаимосвязь темпов падения нормализованного потока через мембраны с концентрацией активного ила в биореакторе и со скоростью фильтрования. Оптимальные значения этих параметров составляют: доза ила – до 10 г/л, скорость фильтрования – 0,25 – 0,3 м/сут.

Оценка работы системы МБР по технологическим показателям позволяет сделать вывод об очень высокой стабильности устойчивости как системы в целом, так и непосредственно биореактора. Барьер, который представляют собой мембраны на выходе из биореактора, обеспечивает в широком диапазоне варьирования параметров (органическая и гидравлическая нагрузки, доза ила, период аэрации и др.) полное удержание биомассы в биореакторе независимо от физиологического состояния активного ила, его седиментационных характеристик и степени дисперсности. Естественные изменения степени очистки сточных вод в биореакторе при изменении параметров на входе компенсируются фильтрованием на мембранах, обеспечивая стабильно высокое качество очищенной воды, несмотря на возникающий при этом градиент концентраций. Отрицательного влияния величины градиента концентрации ХПК на показатели работы мембран не обнаружено.

ГЛУБОКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

Р.Ш. Непаридзе

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

Требования санитарных органов и рыбоохраны к качеству очищенных сточных вод, сбрасываемых в водоемы общественного пользования, постоянно повышаются, что естественно определяет необходимость разработки эффективных методов очистки и доочистки сточных вод.

В зависимости от экологической ситуации, в отдельных регионах к очищенным сточным водам часто предъявляются особенно высокие требования. Например, на некоторых участках р. Волги, на побережье Азовского и Черного морей, в Прибайкалье и др. экологические требования к качеству очищенных сточных вод значительно повышены и по химическим и органическим веществам, их содержание составляет, мг/л: алюминий – 0,08, железо – 0,05, натрий – 12, хлориды – 30, кальций – 20, магний – 4, сульфаты – 10, общее содержание солей – 100, БПК₅ – 2, ХПК – 30, растворенный кислород не менее 6, взвешенные вещества до 5, аммоний солевой до 0,05, нитрит-анион до 0,02, нитрат-анион до 5, фосфат-анион до 0,04, СПАВ – 0.

Для обеспечения требуемого качества очищенных сточных вод по БПК₅, ХПК, аммонийному азоту, солесодержанию в НИИ КВОВ были проведены исследования, которые показали, что требуемая степень очистки сточных вод наиболее реально достигается с использованием сочетания биологических, физико-химических и сорбционных методов с использованием активного угля и озона, в ряде случаев схема дополняется мембранными фильтрами.

В результате экспериментальных исследований и производственных испытаний разработана технологическая схема сверхглубокой очистки сточных вод, на основе которой созданы станции заводского изготовления для малых населенных мест и разработана методика расчета очистных сооружений для более крупных объектов. Очистная станция включает в себя следующие процессы и сооружения:

- биологическая очистка в двухступенчатых аэротенках-отстойниках;
- доочистка от фосфатов, органики и взвешенных веществ на фильтрах-биореакторах;
- тонкая очистка на фильтрах с активным углем и озоном;

- обессоливание на ионообменных или на мембранных фильтрах;
- обеззараживание воды озоном;
- обработка осадка в аэробных стабилизаторах и обезвоживание на фильтрпрессах или на иловых площадках.

При разработке станций все сооружения и методы, входящие в общий процесс очистки воды, были максимально интенсифицированы. Оптимизация каждого из этих методов в общем процессе очистки позволила получить качество сточных вод, удовлетворяющее требованиям СанПиН, и сделала очистные сооружения надежными и гибкими.

Оптимизация процесса биологической очистки в аэротенках-отстойниках основана на разделении его на несколько этапов.

Наличие двух групп микроорганизмов с разными скоростями размножения микроорганизмов, обуславливает целесообразность осуществления ступенчатых процессов в аэротенке, когда в первой ступени происходит окисление углеродсодержащих загрязнений и аммонификация, а во второй – осуществляется нитрификация стоков.

Одновременно процесс очистки в аэротенках интенсифицирован за счет повышения рабочей концентрации активного ила. Последнее осуществляется благодаря конструктивным особенностям аэротенков-отстойников, работающих с использованием взвешенного слоя ила в отстойной зоне. Дальнейшее повышение концентрации ила достигается путем применения биоценоза взвешенных и прикрепленных культур активного ила, для чего в зоне аэрации размещаются насадки из различных материалов (например, капроновые ерши и др.), на поверхности которых развиваются и прикрепляются микроорганизмы активного ила.

Все аэрационные сооружения оборудованы разработанной в НИИ КВОВ эффективной мелкопузырчатой системой аэрации, выполненной из пластмассы.

По сравнению с традиционными керамическими пластинами и дырчатыми трубами пластмассовые аэраторы обеспечивают снижение капитальных затрат – на 40 – 50 %, сокращение энергозатрат до 40 %, снижение потерь напора воздуха – в 1,5 – 2 раза и обеспечивается длительный период работы аэраторов без текущего и капитального ремонта.

В процессе полной биологической очистки из сточных вод удаляется не более 40 % общего фосфора, содержащегося в очищаемой воде. Остаточное количество растворенных фосфатов из сточных вод наиболее простым способом может быть удалено переводом их в нерастворимые соединения в результате химического взаимодействия ионов PO_4 с коагулянтом. В качестве коагулянтов применялись: сульфат алюминия, сульфат железа и др.

Удаление фосфатов и доочистка от растворенных органических и взвешенных загрязнений наиболее эффективно проводится в

разработанном фильтре-биореакторе. Биореактор загружен зернистым материалом (гравий, керамзит, клиноптилолит), а над загрузкой помещен ершовый наполнитель. Сбоку он снабжен узлом подачи воды и реагента, выполненным в виде смесителя. В смеситель также подается сжатый воздух. Таким образом, в фильтре-биореакторе созданы необходимые условия для проведения в нем процесса химико-биологической очистки с использованием реагентов и, закрепленных на ершовом наполнителе и зернистой загрузке, микроорганизмов. Микроорганизмы постоянно снабжаются кислородом, которым очищаемая вода предварительно обогащается перед поступлением в биореактор.

Наиболее универсальным методом для глубокой доочистки сточных вод, в особенности от биорезистентных и токсичных соединений (СПАВ, фенолы и др.), является адсорбция на активированном угле.

Одновременно для более полного использования сорбционной способности активного угля в технологической схеме используется окислительно-сорбционный способ доочистки сточных вод. Метод заключается во введении в воду окислителя (озона) и фильтровании через слой гранулированного угля.

Следовательно, при обработке воды происходит не простое суммирование эффекта окисления и сорбции загрязнений, а окислительно-сорбционное взаимодействие, в основе которого лежит усиление сорбционных свойств образующихся в процессе окисления продуктов, и ускорение реакции окисления на поверхности угля, вследствие увеличения на ней концентрации реагирующих веществ. Эффект окислительно-сорбционного взаимодействия проявляется в увеличении срока службы угля. Применение озона обеззараживает сточную жидкость и полностью обесцвечивает воду от специфического желтоватого цвета.

Разработана конструкторская документация и проекты станций сверхглубокой очистки сточных вод и обработки осадков, изготавливаемой целиком в заводских условиях.

Результаты химических анализов в процессе производственных испытаний сооружений показали, что уровень остаточных органических загрязнений в воде после сверхглубокой очистки не превышает уровня аналогичных примесей в питьевой воде.

Очистная станция разработана отдельными блоками, что создает возможность обеспечения необходимой степени очистки при конкретных требованиях к качеству очищенной воды с минимальными затратами.

На основании данной технологии, при различных комплектациях сложности очистки сточных вод, разработанные станции реализованы в Московской, Иркутской, Кемеровской, Самарской, Саратовской областях, в Карелии, Казахстане, Санкт-Петербурге, Нефтеюганске. Строятся в Мордовии, Башкортостане, Тамбове и других регионах России.

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ КОАГУЛЯНТОВ И ФЛОКУЛЯНТОВ

И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина

ФГУП Ордена Трудового Красного Знамени

Комплексный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт
водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной
гидрогеологии, Москва, Россия

Нефтепродукты являются одним из самых распространенных и жестко нормируемых загрязнителей окружающей среды, основным источником которых являются поверхностные и промышленные сточные воды. Несмотря на обширные исследования, проводимые по очистке сточных вод от нефтепродуктов, интерес к этой проблеме не снижается. Приоритетными направлениями в решении данной задачи являются техническая модернизация существующих систем водоочистки, внедрение прогрессивных технологий и оборудования. Использование в схемах очистки сточных вод новых высокоэффективных конструкций отстойников, флотаторов, фильтров, применение современных фильтрующих материалов, новых видов коагулянтов и флокулянтов позволяет при наименьших затратах обеспечить требуемое качество очистки сточных вод от нефтепродуктов.

В настоящее время практически ни одна технологическая схема глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод не обходится без применения коагулянтов и флокулянтов. Это обусловлено тем, что большинство сточных вод содержит кроме грубодисперсных нефтепродуктов, выделяемых в сооружениях механической очистки, тонкодисперсные примеси, извлечение которых в сооружениях механической очистки эффективно только после их укрупнения с использованием коагулянтов и флокулянтов. После механической очистки сточной воды в зависимости от ее вида и применяемых очистных сооружений содержание нефтепродуктов обычно составляет 10 – 150 мг/л. При этом химический состав нефтепродуктов также непостоянен и определяется источником образования сточных вод. Например, после очистки промливневых сточных вод нефтеперевалочных баз в нефтеотделителе содержание нефтепродуктов составляет 11 – 100 мг/л, а их состав зависит от вида транспортируемой нефти. Нефтепродукты сточных вод машиностроительных заводов представлены применяемыми в производстве минеральными маслами, а их содержание перед реагентной очисткой составляет 25 – 50 мг/л.

Самыми распространенными реагентами, используемыми на стадии коагуляции, являются неорганические коагулянты, в основном, сернокислый алюминий, который применяется как самостоятельный реагент или совместно с флокулянтами. Однако применение сернокислого алюминия приводит к ряду негативных последствий: коррозии оборудования, образованию больших количеств трудно обезвоживаемого осадка, вторичному загрязнению воды, уменьшению эффективности очистки воды при низких температурах. Устранение этих недостатков возможно при использовании эффективных коагулянтов и органических флокулянтов.

Из минеральных коагулянтов большей эффективностью, чем сернокислый алюминий, обладают оксихлориды и оксисульфаты алюминия, которые по сравнению с сернокислым алюминием более эффективны при низких температурах и обладают меньшей коррозионной активностью.

Наиболее широко в практике очистки сточных вод применяются неорганические коагулянты в сочетании с флокулянтами. Это позволяет использовать достоинства и преимущества этих двух групп реагентов. Продукты гидролиза коагулянтов обладают высокой адсорбционной и коагулирующей активностью по отношению к растворенным и коллоидным загрязнениям, а флокулянты способствуют укрупнению скоагулированных загрязнений и их осаждению. Перспективным является также самостоятельное использование флокулянтов, которые имеют ряд преимуществ перед неорганическими коагулянтами: меньший расход, простота в использовании, высокая эффективность, отсутствие коррозионной активности, вторичного загрязнения очищенной сточной воды сульфатами, хлоридами, ионами алюминия, что особенно важно при ее повторном использовании. Положительным фактором, способствующим внедрению эффективных неорганических коагулянтов и органических флокулянтов, является появление на российском рынке широкого ассортимента этих реагентов.

На основании результатов исследований, проведенных в институте ВОДГЕО, по применению коагулянтов и флокулянтов для очистки наиболее распространенных видов нефтесодержащих сточных вод, разработаны, апробированы в промышленном масштабе и реализованы технологии очистки различных категорий нефтесодержащих сточных вод после их механической очистки с применением современных высокоэффективных флокулянтов и коагулянтов.

Применение катионного флокулянта Праестол 852 в дозе 3 мг/л для очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода в количестве 800 м³/ч напорной флотацией позволило полностью отказаться от коагулянта – сернокислого алюминия. При этом уменьшился расход реагента в 50 раз, снизились транспортные расходы, сократился годовой

сброс загрязняющих веществ на 485 т, в том числе: взвешенных веществ на 77 т, нефтепродуктов на 29 т, сульфатов на 379 т, снизились эксплуатационные затраты на 0,5 млн. руб. Содержание нефтепродуктов в очищенной воде составило 4 – 11 мг/л при исходной концентрации 42 – 150 мг/л. Эффект очистки по взвешенным веществам составил в среднем 94 % при исходном содержании 100 мг/л, а по ХПК – 61 % при исходном содержании 320 мг/л.

Применение порошкообразного флокулянта Праестол 852 вместо коагулянта потребовало небольшой реконструкции существующего реагентного хозяйства. Растворные баки были снабжены мешалками лопастного типа, приемным бункером с дозатором сухого флокулянта и перфорированными трубами для подачи сжатого воздуха. Для приготовления рабочего 0,2 % раствора флокулянта были использованы существующие расходные баки, перемешивание рабочего раствора в которых осуществлялось сжатым воздухом.

Реагентная очистка промливневых сточных вод нефтеперевалочной базы, прошедших механическую очистку (радиальные отстойники – буферные резервуары – напорные флотаторы), была осуществлена импеллерной флотацией с применением катионного флокулянта Праестол 853 и фильтрованием с использованием оксихлорида алюминия «АКВА-АУРАТ™30» совместно с анионным флокулянтом Праестол 2540. Это позволило снизить содержание нефтепродуктов, в среднем, со 136 мг/л до 1,31 мг/л, т.е. на 99 % (см. рисунок). Несмотря на большие колебания содержания нефтепродуктов (от 23 до 595 мг/л) в поступающей сточной воде, в очищенной сточной воде концентрация нефтепродуктов составляла 0,5 – 2 мг/л.

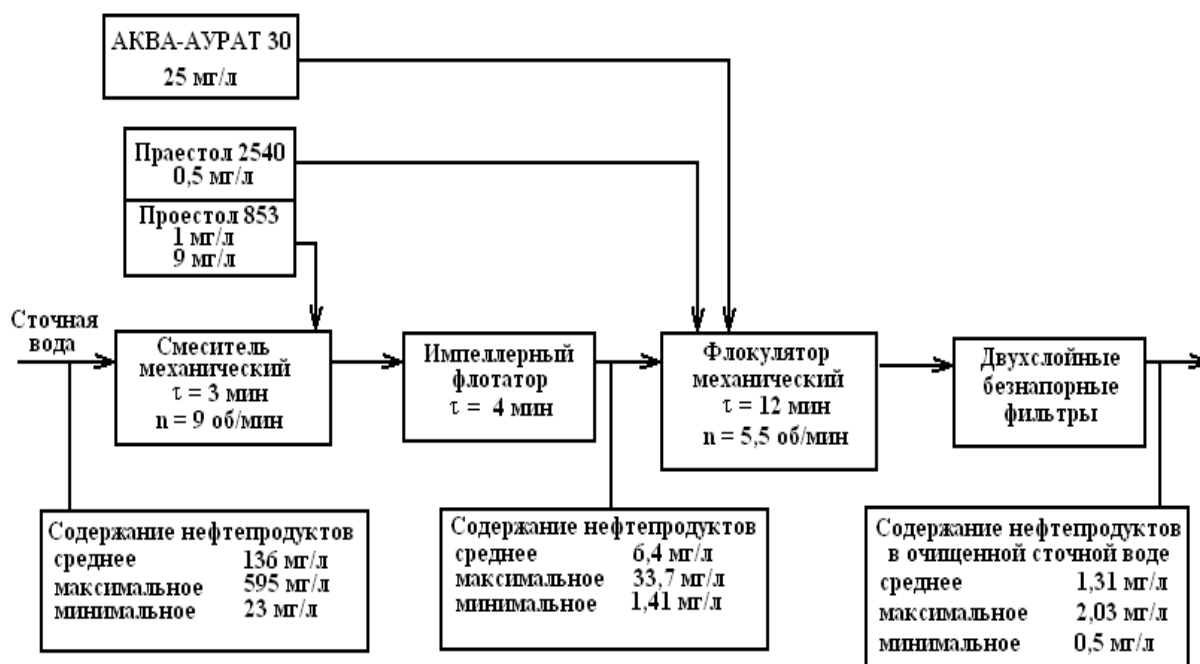


Схема очистки нефтесодержащих сточных вод нефтеперевалочной базы

Исследования, которые были проведены по очистке смешанных поверхностных и производственных жиро- и нефтесодержащих сточных вод, поступающих на Угрешские групповые очистные сооружения г. Москвы, показали, что для их эффективной очистки напорной флотацией могут использоваться оксихлорид алюминия марки «АКВА-АУРАТ™18» совместно со слабокатионным флокулянт Праестол 851 или слабоанионным флокулянт А 1510. Оптимальные дозы «АКВА-АУРАТ» составляют 25 – 50 мг/л по оксиду алюминия при содержании нефтепродуктов в сточной воде от 27 до 135 мг/л, жиров – от 96 до 474 мг/л. Для достижения оптимальных значений рН, равных 6,5 – 7,0, необходима дополнительная обработка воды щелочным реагентом (кальцинированной или каустической содой) в количестве 150 – 200 мг/л. Совместное использование «АКВА-АУРАТ™18» в дозе 25 мг/л и флокулянта А 1510 или Праестол 851 в дозе 1,5 – 2 мг/л позволяет снизить содержание жиров в сточной воде с 33 – 96 мг/л до 1,75 – 5,4 мг/л, нефтепродуктов с 14 – 27 до 0,4 – 1,36 мг/л, что значительно ниже требуемых норм для сброса в городскую канализацию (4 мг/л по нефтепродуктам и 20 мг/л по жирам). Объем образующегося осадка составляет 1 % при влажности 97,6 %. Катионный флокулянт Праестол 851 обеспечивает более высокий эффект очистки по жирам и нефтепродуктам, что делает его применение более предпочтительным, чем анионного флокулянта А 1510. При возрастании концентрации жиров до 474 мг/л и нефтепродуктов до 135 мг/л в исходной сточной воде оптимальные дозы коагулянта и флокулянта, которые обеспечивают требуемое качество очищенной воды, должны быть увеличены до 50 и 3 мг/л соответственно.

По сравнению с использованием оксихлорида алюминия в сочетании с флокулянт применение катионного флокулянта Праестол 853 совместно с анионным флокулянт Праестол 2540 позволяет очистить сточную воду до требуемых норм при значительно меньших расходах реагентов и затрат на их приобретение. Так, при совместном применении флокулянтов Праестол 853 (3 мг/л) и Праестол 2540 (1 мг/л), содержание жиров в очищенной сточной воде снижается с 33 – 96 мг/л до 2,4 – 8,8 мг/л, а нефтепродуктов – с 14 – 27 мг/л до 0,5 – 3 мг/л. Объем образующегося осадка составляет 0,2 – 0,22 %, влажность – 90 – 91 %. При этом годовые затраты на реагенты сокращаются не менее чем в 2 раза. На основании полученных результатов предложена и запроектирована технологическая схема флотофлокуляционной очистки сточных вод на Угрешских очистных сооружениях г. Москвы.

Таким образом, представленные данные свидетельствуют об эффективности технологий очистки нефтесодержащих сточных вод с применением коагулянтов и флокулянтов. Выбор эффективных реагентов и их дозы в значительной степени определяются характеристиками очищаемой сточной воды.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАГЕНТОВ
СЕРИИ ODORFLO™ ПРОИЗВОДСТВА КОМПАНИИ
SNF FLOERGER® (ФРАНЦИЯ)
ДЛЯ ДЕЗОДОРИРОВАНИЯ ЗАПАХОВ СТОЧНЫХ ВОД.**

А.С. Усачев, М.Л. Багурина
ООО «СНФ Балтреагент», Москва, Россия

При очистке городских и производственных стоков образуются запахи, которые могут быть сильными, стойкими и вредными для собственных работников, для окрестных жителей, а так же для сотрудников торговых и промышленных предприятий, расположенных вблизи от водоочистного предприятия.

На предприятиях по очистки сточных вод запахи разной интенсивности образуются на протяжении всего технологического процесса. Основные зоны возникновения запаха – это головная часть сооружений, отстойники, аэротенки, и большая часть зон, в которых работают с илом (осадком).

Запахи, связанные с технологическим процессом, – это, как правило, сероводород (H_2S), аммиак (NH_3), двуокись серы (SO_2), скатолы (C_9H_8NH), меркаптаны (RSH), амины (RNH_2 или RNH) и индолы (C_8H_6NH).

Для решения проблемы неприятных запахов сточных вод компания SNF FLOERGER®, Франция разработала реагенты серии ODORFLO™ для устранения и маскировки запахов.

Реагент марки ODORFLO™ АСТ 34 содержит гидратированные альдегидные группы, и предназначен для связывания молекул «запаха» таких как; сероводорода, аммиака, двуокиси серы, скатолов, меркаптанов, аминов и индолов. Этот реагент особенно подходит для высоких уровней сероводорода в атмосфере замкнутых пространств

Реагент марки ODORFLO™ FLR 5 состоит из смеси терпеновых спиртов с добавлением поверхностно-активных веществ. Его действие основано на маскировке и поглощении запахов.

Реагент ODORFLO™ FLR 5 может применяться для уничтожения неприятных запахов от водоочистных установок, коллекторов, поверхности отстойников, жировых масс и отстоя, свалок, скотобоев, и т.д. Используется в виде водного раствора для разбрызгивания, введения в сточную воду или распыления в воздухе.

По соображениям безопасности ODORFLO™ FLR 5 не следует использовать, если запах вызван высокой концентрацией сероводорода

Эффективность реагентов серии ODORFLO™ была показана на примере дезодорации сточных вод станции «Бортничи», водоканала г. Киева, исследования проводились в научно-исследовательской измерительной лаборатории ОАО «УкрНИИСВП» 10 – 17 марта 2006 г. Результаты исследований представлены на графиках (рис. 1 – 4).

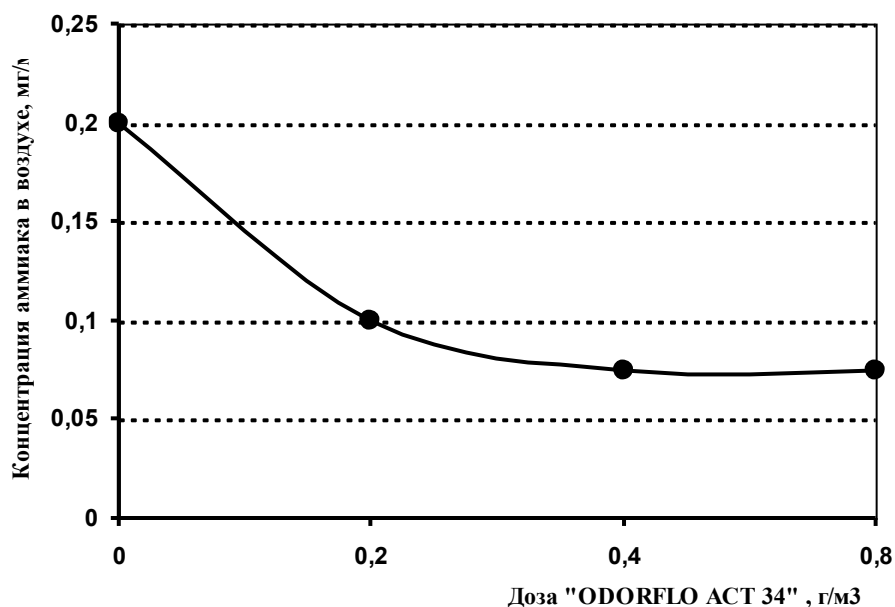


Рисунок 1. Зависимость концентрации аммиака в воздухе от дозы ODORFLO™ ACT 34, которая была введена в сточную воду

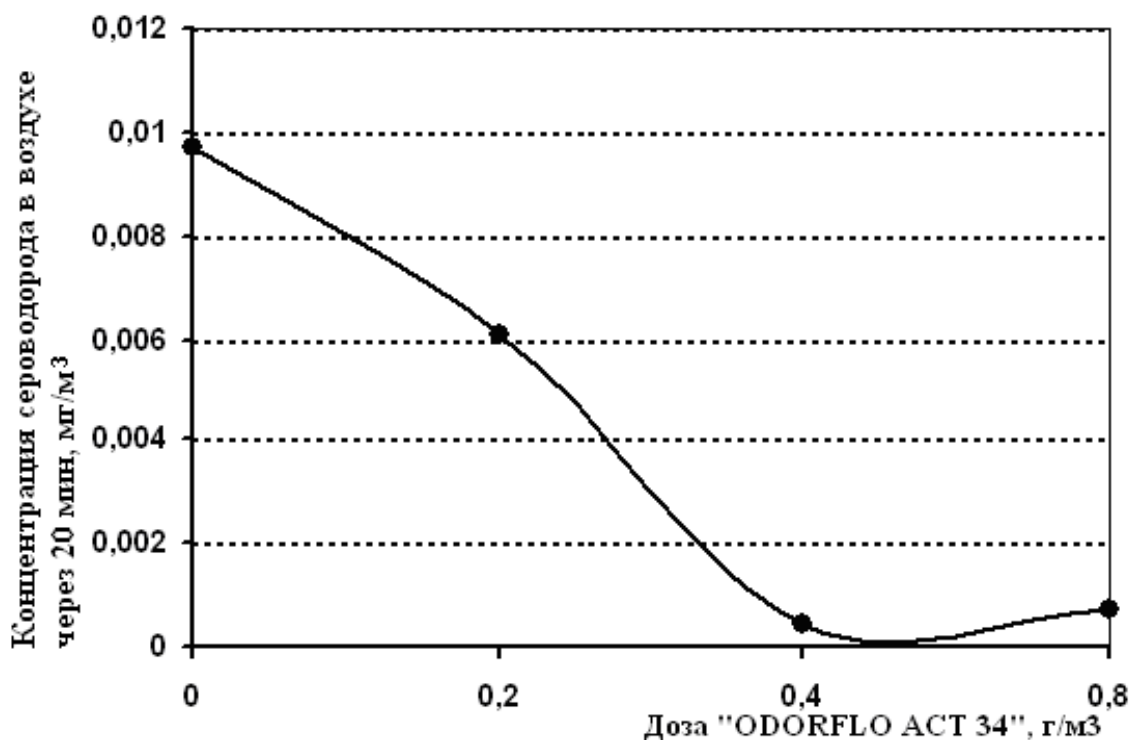


Рисунок 2. Зависимость концентрации сероводорода в окружающем воздухе от дозы реагента ODORFLO™ ACT 34 через 20 мин

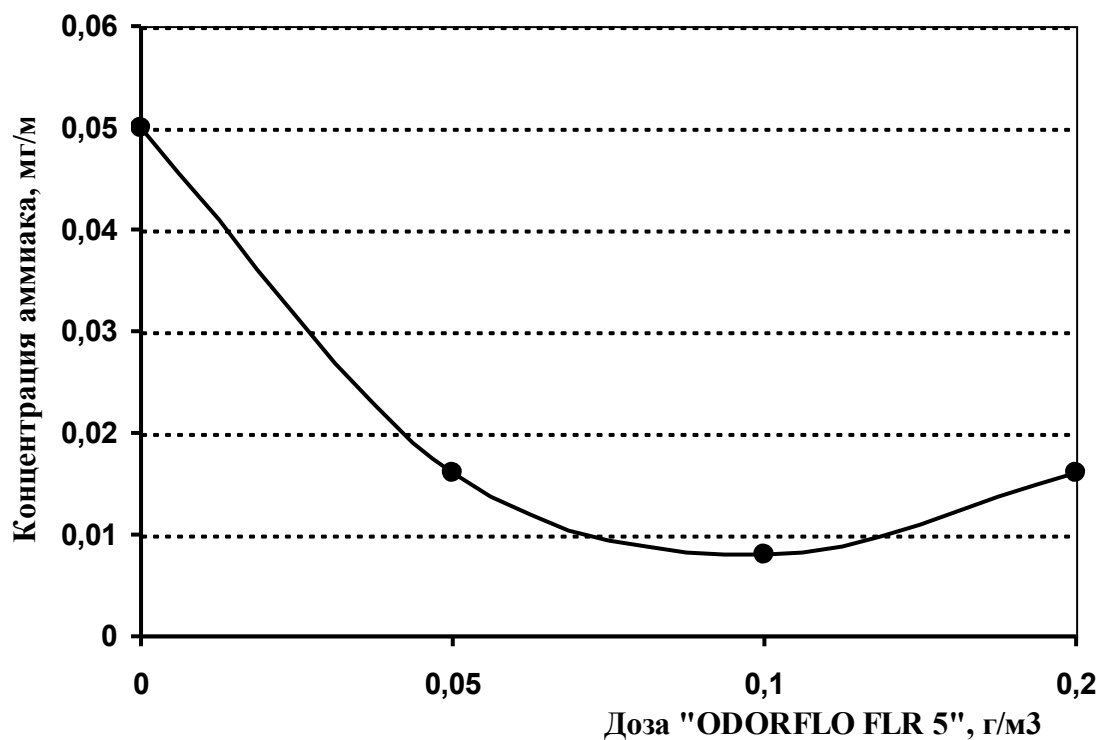


Рисунок 3. Зависимость концентрации аммиака в воздухе от дозы ODORFLO™ FLR 5 и ODORFLO™ АСТ 34 в дозе 0,3 мг/л (г/м³), которые были введены в сточную воду

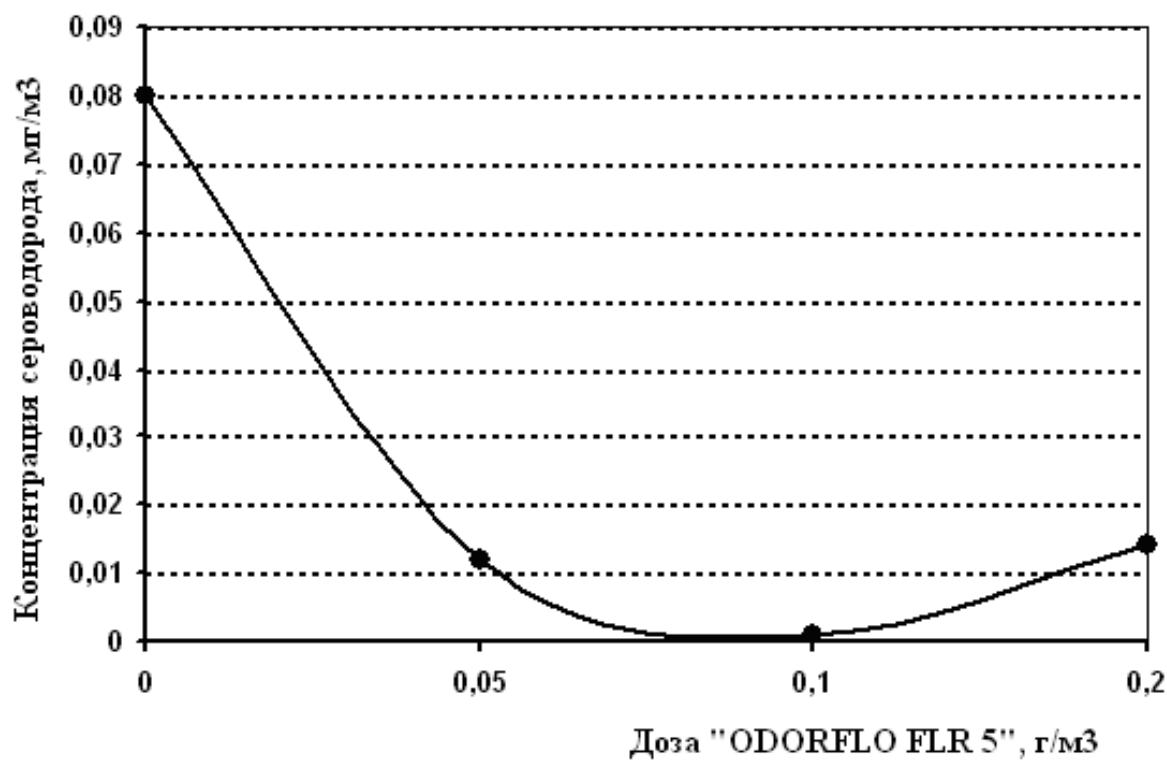


Рисунок 4. Зависимость концентрации сероводорода в воздухе от дозы ODORFLO™ FLR 5 и ODORFLO™ АСТ 34 в дозе 0,3 мг/л (г/м³), которые были введены в сточную воду

ВЫВОДЫ

1. Реагенты ODORFLO FLR 5 и ODORFLO ACT 34 проявили высокую эффективность для дезодорации запахов сточных вод, которые поступают на Бортническую станцию аэрации.

2. Эффективность снижения концентрации сероводорода в воздухе над сточной водой при использовании реагента ODORFLO ACT 34 составляет 37 – 55 %.

3. Эффективность снижения концентрации аммиака в воздухе над сточной водою при использовании реагента ODORFLO ACT 34 составляет около 50 %.

4. При использовании двух продуктов – ODORFLO FLR 5 и ODORFLO ACT 34, эффективность дезодорации составляет:

- по аммиаку до 84 %
- по сероводороду до 98 %.

При этом реагент ODORFLO FLR 5 обладает выраженным хвойным ароматом.

5. Оптимальная доза реагентов составляет:

ODORFLO ACT 34: 0,2 – 0,4 г/м³;

ODORFLO FLR 5: 0,05 – 0,1 г/м³.

УДК 628.162

«АКВА-АУРАТ™ 30» В СИСТЕМЕ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ ЦЕХА ОСВ «АВТОВАЗ»

Н.П. Почиталин, Л.А. Каймакова

ОАО «АвтоВАЗ», Тольятти, Россия

С.В. Базин, Д.В. Овчинников, Ф.И. Чуриков

ЗАО «ПП «Таурат»», Казань, Россия

Вопросы повторного использования промывных вод фильтров (ПВФ) на многих водопроводах решаются по индивидуальным программам. Большая роль в них отводится реагентам нового поколения – полиоксихлоридам алюминия и высокомолекулярным флокулянтам.

Задачами производственных испытаний (ПИ) «АКВА-АУРАТ™ 30» (АА30) на ОСВ являются: 1)определение возможности внедрения новых реагентов, сравнение их эффективности с сульфатом алюминия (СА), который используется в цехе и для очистки ПВФ; 2)технико-экономическая оценка (ТЭО) модернизации технологии ОСВ, а также их влияние на экономические, экологические и др. показатели производства.

Источником водоснабжения г. Тольятти является Куйбышевское водохранилище. Состояние водоисточника по химическим показателям удовлетворительное, что способствует нормальному функционированию станции при температуре воды выше 5 °С.

Проблемы в эксплуатации станции – нестабильность процессов коагуляции и фильтрования на IV-той очереди ОС, применение высоких доз СА, проскок остаточного Al^{3+} , частичек мутности в резервуары чистой воды (РЧВ) возникли при внедрении системы повторного использования ПВФ. Возврат ПВФ в смеситель волжской воды IV-той очереди ведется периодически (по мере накопления), 4 раза в сутки по $\approx 2,5$ часа за 8 часовый период с расходом ≈ 1200 м³/ч. Увеличение расхода воды на IV очереди до 90000 м³/сут меняет гидродинамические характеристики потока, физико–химическую картину процессов коагуляции, седиментации, что способствует выносу взвешенных веществ из отстойника. Это ухудшает характеристики работы фильтров IV – очереди и качество фильтрата. Трудности в работе IV-той очереди негативно влияют на показатели работы всей станции и, главное, ухудшают в РЧВ качество питьевой воды по мутности и остаточному Al^{3+} .

Для растворения СА предусмотрена горячая вода. Имеются 3 резервуара (по 40 м³) для приготовления концентрированных растворов, 2 резервуара (по 21 м³) – для рабочих растворов коагулянта, реактор растворения флокулянта (1 м³) и 2 резервуара по 21 м³ для получения 0,05 % рабочего раствора полимера. Дозирующие насосы способны обеспечить точную дозировку реагентов. На станции имеются благоприятные условия для проведения производственных испытаний (ПИ) АА30.

Программа (ПИ) АА30 включала следующие этапы:

- контроль АА30 (76 т., продукт соответствует ТУ 6-09-05-1456-96);
- ПИ на IV-очереди ОС начаты (29.09.05 г.) с оптимизации процессов совместной очистки волжской воды и ПВФ с добавками АА30 в присутствии и отсутствии Праестола 2515.

После введения техпроцесса IV-очереди в рабочий режим водообработки, производились замены СА на АА30 на I -ой очереди, затем – на II-ой и III-ей очередях ОС. Испытания показали, что АА30 на всех очередях следует применять совместно с праестью флоккулянт с вводом в соответствующих точках: АА30 лучше дозировать перед смесителями, а флоккулянт – после смесителей, в каналы перед контактными камерами отстойников.

Изучение кинетики хлопьеобразования по длине отстойника – по изменению мутности (М) и концентрации Al^{3+} показали, что полнота процессов осветления холодной воды в присутствии флоккулянта идет глубже. Полимер эффективно интенсифицирует процессы коагуляции и осаждения взвешенных веществ (ВВ). Вынос мутности и Al^{3+} в сборные

каналы снижается в 3 – 5 раз (в сравнении с СА) – соответственно до 1,1 – 1,8 мг/л и 0,6 мг/л. Уменьшение выноса взвешенных веществ из отстойников увеличивает защитное действие фильтров, улучшает сорбционные процессы в загрузке, стабилизирует качество фильтрованной воды – (мутность не более 0,8 мг/л, остаточный Al^{3+} не более 0,3 мг/л).

В присутствии СА процессы осветления воды по длине горизонтального отстойника идут вяло, а в камере хлопьеобразования коагуляция вообще не протекает. СА образует мелкие, с высокой седиментационной устойчивостью хлопья, которые формируются только во второй половине зоны осаждения. Значительная доля введенного СА выносится из отстойников (мутность более 6 мг/л, растворенный Al^{3+} 3 – 4 мг/л). Следовательно, барьерная роль отстойников по задержанию взвешенных частиц в холодное время года невелика. Расчеты показывают, что КПД отстойников не превышает 30 %. В зимнее время ВОС переключается на работу по типу станции контактного фильтрования. Из-за снижения эффективности сорбционных процессов в теле фильтра наблюдается систематический проскок ионов $Al_{ост}$ в питьевую воду выше ПДК.

Переход станции с СА на АА30 и подбор доз бинарной системы «коагулянт-флокулянт» (АА30 – Праестол) позволили вывести технологию на минимальное потребление АА30. Достигнутая общая экономия коагулянта составила до 25 %, а на 1У-той очереди – до 40 %.

Основные результаты ПИ коагулянта АА30 следующие.

1. На 1У-той очереди предложена «циклическая» технология очистки речной воды в смеси с ПВФ, в которой подача реагентов осуществляется своевременной регулировкой дозаторов подачи АА30 и флокулянта. Найдены оптимальные дозы реагентов:

а) в период возврата ПВФ доза АА30 – 4 мг/л по Al_2O_3 (по товарному $\approx 13,4$ мг/л), для флокулянта ПР 2515 – $0,9 \div 1,2$ мг/л (время подачи реагентов составляет до 2,5 часов в смену);

б) при отключении системы ПВФ доза АА30 – 3 мг/л по Al_2O_3 , а флокулянта – с 0,06 до 0,03 мг/л (режим работы $\approx 5,5$ часов в смену).

2. На I-ой – III-ей очередях без возвращения ПВФ, дозы реагентов практически постоянны: АА30 ≈ 3 мг/л по Al_2O_3 ; Праестолы – $\approx 0,4$ мг/л.

3. На всех очередях при переходе на АА30 улучшается качество питьевой воды по показателям: содержание остаточного Al^{3+} уменьшается на 25-40 % (до 0,15 – 0,3 мг/л), мутность в 2 – 2,5 раза, перманганатная окисляемость – на 10 %, хлороформ – на 20 %.

4. Снижается потребление хлора (до 10 %) и содержание галогенпроизводных в водопроводной воде.

Кроме того преимуществом АА30 перед СА является сокращение расхода воды на приготовление рабочих растворов реагента в 3 – 4 раза; уменьшается время приготовления в 8 – 10 раз, что снижает

энергопотребление реагентного хозяйства; стабилизируется процесс очистки речной + ПВФ на IV-той очереди; проскок остаточного алюминия в питьевую воду в период ПИ не зафиксирован; снижается коррозионная активность воды по отношению к бетонным сооружениям (сульфатная и углекислотная агрессивность); в период низкого щелочного резерва в водоисточнике необходимость подщелачивания воды известью или содой отпадает.

ВЫВОДЫ

1. Результаты исследований ТЭО перехода станции с сульфата алюминия (среднегодовые нормы 30 мг/л) на полиоксихлорид алюминия марки «АКВА-АУРАТ™30» (нормы – 5 мг Al_2O_3 /л) показывают улучшение экономических, экологических и санитарно-гигиенических показателей водоочистной станции.

2. На основании анализа результатов исследований были разработаны рекомендации на перспективу по следующим направлениям: улучшение устойчивости и барьерной роли работы ОСВ, повышение стабильности очистки и качества воды для холодного периода года. Без применения современных реагентов – полиоксихлорида алюминия и высокомолекулярных флокулянтов – дальнейшее совершенствование технологии на тольяттинском ОСВ проблематично.

УДК 628.543

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ И ОБОРОТНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.И. Круглов, С.В. Гетманцев, А.В. Сычев

ОАО «АУРАТ», Москва, Россия

Биологическая очистка сточных вод активным илом от загрязняющих примесей давно и широко известна в мировой практике [1]. Однако современные литературные данные отмечают, что биологическая очистка сточных вод не всегда является эффективной и особенно при очистке их от фосфорных соединений [2, 3]. В работе [4] показано, что при обработке высокомутных сточных вод эффективными коагулянтами ПОХА процесс коагуляции, осветления в присутствии активного ила идет настолько быстро, что за столь короткий промежуток времени не успевают сформироваться соответствующие мицеллы с протеканием классического процесса коагуляции. Активный ил в виде осадка механически захватывает

коагулянт и выводит его из зоны действия, следствием чего является перерасход коагулянта.

Как показывает отечественная практика, очистные сооружения промышленных сточных вод и канализации в большинстве случаев находятся на крайне низком техническом уровне и за последние 30 лет не модернизировались. Технология очистки на очистных сооружениях не совершенствовалась. В данной работе, располагая некоторым опытом применения высокоэффективных коагулянтов ПОХА, был изучен метод очистки сточных вод промышленных предприятий и канализации от фосфорных соединений. С этой целью были проведены лабораторные испытания очистки сточных вод от соединений фосфора на городских ОСК МУП «Водоканал» г. Троицка, с форсированными режимами работы отдельных узлов очистки (вторичные отстойники и аэротенки).

Испытания проводили на сточной воде, с температурой 17 – 19 °С в разных точках отбора проб для ввода коагулянтов. Результаты испытаний представлены в табл. 1, 2.

Предварительное пробное коагулирование в точке ввода коагулянта (распределительная камера вторичных отстойников) с применением коагулянтов полиоксихлоридов, «АКВА-АУРАТ™30, 18, 10, 105, 170, 180», а также сульфата алюминия совместно с «АКВА-АУРАТ™30» при дозах 20 мг/л, показало практическую возможность очистки сточных вод от соединений фосфора (табл.1).

Таблица 1. Результаты лабораторных испытаний коагулянтов по очистке сточных вод городских очистных сооружений МУП «Водоканал» г. Троицка Московской области от 25.04.2006 г. рН = 7,5-8; t = 19 °С, точка отбора проб – распределительная камера вторичных отстойников

№ п/п	Коагулянт	Доза в расчете на Al_2O_3 , мг/л	Содержание фосфора (Р), мг/л		Эффективность очистки, %	Содержание остаточ. А1, мг/л	Содержание Fe, мг/л
			до очистки	после очистки			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Аква-Аурат 30	5	2,7	0,95	65,05	0,05	0,05
		10	2,7	0,6	78,3	0,065	0,001
		20	2,7	0,31	88,4	0,11	-
2	Аква-Аурат 18	5	2,7	0,95	65,05	0,07	0,09
		10	2,7	0,5	81,9	0,95	0,001
		20	2,7	0,31	88,4	0,13	-
3	Аква-Аурат 105	5	2,7	0,95	65,0	0,18	-
		10	2,7	0,42	84,4	0,12	0,085
		20	2,7	0,18	93,2	0,08	-
4	Аква-Аурат 170	5	2,7	0,55	79,7	0,14	
		10	2,7	0,28	89,6	0,16	0,07
		20	2,7	0,34	93,2	0,2	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Аква-Аурат 30 – Сульфат алюминия	5	2,7	0,85	68,5	0,19	0,092
		10	2,7	0,13	95,2	0,08	< 0,001
		20	2,7	0,07	97,4	0,17	< 0,001
6	Аква-Аурат 10	5	2,7	1,3	52,0	0,25	0,45
		10	2,7	0,88	67,5	0,19	0,09
		20	2,7	0,89	67,0	0,28	-
7	Сульфат алюминия	20	2,7	0,84	69,0	0,24	0,05

Наиболее высокую активность при очистке от фосфорных соединений проявили коагулянты «АКВА-АУРАТ™30, 18, 105, 180, 170» и сульфат алюминия совместно с «АКВА-АУРАТ™30» с отдельными точками их ввода. Результаты испытаний показывают, что применение коагулянтов полиоксихлоридов алюминия, за исключением «АКВА-АУРАТ™10», дает возможность очищать сточные воды от соединений фосфора на 90 – 95 % с остаточным содержанием фосфора от 0,13 до 0,2 мг/л, что находится в пределах допустимых норм и ниже.

Из данных, представленных в табл. 2 следует, что при минимальном времени отстоя и снижении рабочей дозы коагулянтов эффективность очистки также зависит от выбора точки ввода коагулянтов. При этом, оптимальные условия очистки от фосфора достигаются при вводе коагулянтов в распределительную камеру вторичных отстойников (табл. 1). Ввод коагулянтов в сточную воду в двух точках позволил снизить суммарную дозу коагулянтов до 10 – 15 мг/л при остаточном содержании алюминия в очищенной воде менее 0,2 мг/л, железа 0,001 мг/л, содержание фосфора 0,13 мг/л.

**Таблица 2. Точка отбора проб – камера перед аэротенками,
после первичных отстойников**

№ п/п	Коагулянт	Доза в расчете на Al_2O_3 , мг/л	Содержание фосфора (Р) до очистки, мг/л	Содержание фосфора (Р) после очистки, мг/л	Эффектив- ность очистки, %
1	Аква-Аурат 30	10	6,18	0,28	95,03
2	Аква-Аурат 18	10	6,18	1,29	72,13
3	Аква-Аурат 105	10	6,18	1,3	79,0
4	Аква-Аурат 170	10	6,18	1,03	83,3
5	Сульфат алюминия	10	6,18	0,87	85,92
6	Смесь Аква-Аурат + сульфат алюминий	10	6,18	0,28	95,3

Применение коагулянтов «АКВА-АУРАТ™30» и сульфата алюминия с отдельными точками их ввода в очищаемую воду позволило не только добиться высокой эффективности процесса очистки сточной воды (95 %), но и снизить суммарную рабочую дозу коагулянтов с 20 – 25 мг/л до 10 – 15 мг/л по Al_2O_3 при остаточном содержании алюминия в очищенной сточной воде, сбрасываемой в водоем рыбохозяйственного назначения $< 0,2$ мг/л, а фосфорных соединений не более 0,13 мг/л. Содержание железа в сбрасываемых стоках находилось на уровне 0,001 мг/л

Внедрение полученных данных в промышленные условия позволило бы стабилизировать процесс очистки сточных вод, уменьшить рабочие дозы коагулянтов, снизить затраты на реконструкцию очистных сооружений и улучшить в целом экономику процесса очистки сточных вод. Причем, затраты на приобретение коагулянтов могут быть существенно минимизированы. Кроме этого следует отметить, что коагулянты производителя ОАО «АУРАТ» находят в настоящее время более широкое применение, причем, не только при водоподготовке питьевой воды или при очистке промышленных сточных вод, но и при очистке оборотной технологической воды, что особенно важно для промышленных предприятий с значительным водооборотом. К настоящему времени имеется лишь отдельная узкая информация об использовании коагулянтов «АКВА-АУРАТ™30» и «АКВА-АУРАТ™18» при очистке технологической воды с последующей ее циркуляцией в технологическом процессе на Глебычевском керамическом заводе. На заводе «Стройфарфор» с этой целью используют сульфат алюминия. Предприятием ООО «ГидроТехИнжиниринг» проводятся работы по использованию коагулянтов ПОХА при очистке водооборотной воды на объекте «Кувшиново». Предварительные лабораторные испытания при выборе коагулянтов и рабочей дозы показали обнадеживающие результаты. При этом качество очищенной воды, согласно предъявляемым к ней требованиям: по цветности, мутности, и по содержанию других примесей позволяет использовать ее в водообороте предприятия. Большая работа проведена сотрудниками ОАО «АУРАТ», ЗАО «Производственное предприятие «ТАУРАТ» (г. Казань) и ОАО «АвтоВАЗ» (г. Тольятти) по совершенствованию технологии очистки стоков с применением коагулянта «АКВА-АУРАТ™30» для использования в оборотном водоснабжении [5]. Как видно из представленных примеров использование нового метода очистки не только сточных, но и оборотных вод промышленных предприятий высокоэффективными коагулянтами ПОХА является эффективным и перспективным методом очистки.

ВЫВОДЫ

1. Метод очистки воды от фосфорных соединений и других лимитируемых примесей смешанными коагулянтами «АКВА-АУРАТ™30» и сульфата алюминия может быть рекомендован для применения на водоочистных станциях для очистки сточных и оборотных вод.

2. Высокая эффективность коагулянтов ПОХА совместно с сульфатом алюминия при данном методе очистки достигается при использовании их в водооборотных системах, что позволяет существенно улучшить экономические показатели производственного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клячко В.А., Апелцин И.Э. Очистка природных вод. М.: Стройиздат, 1971. 571 с.
2. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: Акварос, 2003.
3. Соколова Е.В., Троян О.С. Удаление биогенных элементов из сточных вод в зарубежной и отечественной практике. Обзорная информация, вып. 3. ВНИИТПИ.-М., 1999.
4. Гетманцев С.В., Круглов А.И., Сычев А.В., Юденков И.Г., Разумова В.И. Очистка сточных вод от соединений фосфора коагулянтами «АКВА-АУРАТ» // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 8.
5. Гетманцев С.В., Овчинников В.П., Чуриков Ф.И. Совершенствование технологии очистки стоков для использования в оборотном водоснабжении // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 8.

УДК 541.64 : 678.745 (088.8)

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕДИМЕНТАЦИОННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ АКРИЛАМИДА В ПИТЬЕВОЙ И СТОЧНЫХ ВОДАХ

Ю.А. Сафонова, Т.А. Байбурдов, Л.Л. Ступенькова, Д.В. Симонцев
Саратовский государственный технический университет, ООО «Гель-Сервис»,
Саратов, Россия

При выборе технологической схемы очистки поверхностных и подземных вод часто реагентный способ является наиболее приемлемым с технологической и технико-экономической точки зрения. В последние годы появился большой ассортимент коагулянтов (неорганических и органических) и полимерной продукции отечественного и зарубежного

производства [1 – 8]. Вопрос коммерчески выгодных реагентов определяется потребителями по соотношению «цена – качество». Проводя исследования по применению и выбору эффективных реагентов в процессах водоподготовки, основное внимание уделяется улучшению качества очищенной воды по основным показателям – мутности, цветности, остаточному количеству коагулянтов. Однако качество воды поверхностных водоисточников может изменяться не только по сезонам года, но и в течение суток, вследствие чего и адсорбция используемых полимеров на частицах водных загрязнений может также изменяться. По данным работы [8], полимеры одного типа обладают различными критериями токсичности по отношению к представителям водорослей, зоопланктона и рыб. Необходим контроль качества очищенной воды по содержанию остаточных количеств полимеров.

ООО «Гель-Сервис» для процессов водоподготовки производит и поставляет порошкообразные неионогенный и анионные полимеры акриламида, отличающиеся величиной заряда макромолекулы и вязкостными свойствами. Представляет интерес исследовать эффективность седиментационного способа определения массовой концентрации полимеров акриламида, содержащихся в микродозах в воде.

Экспериментальная часть. Объектом исследования являлись порошкообразные полимеры акриламида серии АК 631, физико-химические свойства которых представлены в таблице. Содержание карбоксилатных групп (α) в полимерах определяли методом потенциометрического титрования, характеристическую вязкость (η) полимеров измеряли в вискозиметре Уббелюде, содержание акриламида в полимерах определяли хроматографическим методом [9].

Седиментационные исследования проводили по методике, описанной в [10]. Метод основан на фотоколориметрическом измерении остаточной мутности осветленного слоя суспензии каолина. После дозирования суспензии каолина в водные растворы полимеров содержимое градуировочной пробирки перемешивали 10-ти кратным переворачиванием. Затем через 20 мин отстаивания фиксировали оптическую плотность пробы надосадочной жидкости при помощи фотоэлектроколориметра (λ – 540 нм, толщина слоя 5 мм). Массовую концентрацию растворов полимеров в суспензии каолина изменяли в интервале от 10^{-7} до 10^{-2} %.

Низкомолекулярные образцы № 1 и № 2 анионного полимера получали деструкцией. Деструкцию проводили в 0,1 %-ном водном растворе полимера А 930 под действием персульфата калия с массовой концентрацией 1 % при 50 °С и различной продолжительности процесса. Получили образцы № 1 и № 2 с неизменным химическим составом макромолекулы и различной величиной характеристической вязкости.

Физико-химические свойства полимеров акриламида

Наименование показателя	Величина показателя					
	Н 150	АП 9405	А 930	№ 1	№ 2	А 970
Массовая доля нелетучих веществ, %	90	90	90	90	90	90
Массовая доля акриламида, %	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Характеристическая вязкость полимера, дл/г	9	6,5	10	4	1	7
Молярная доля карбоксильных групп, %	0,6	5	27	27	27	73

Результаты и их обсуждение. На рис. 1 представлены сравнительные зависимости оптической плотности надосадочной жидкости от концентрации образцов анионного полимера акриламида А930, отличающихся вязкостными свойствами при одинаковой величине заряда макромолекулы. Зависимости имеют экстремальный характер в интервале исследуемых массовых концентраций полимеров от 10^{-7} до 10^{-2} %. С увеличением вязкости (η) полимеров степень осветления суспензии каолина увеличивается. Интервал концентраций полимера А 930, обеспечивающих флокуляцию дисперсной фазы с массовой концентрацией каолина 0,04 %, составляет $10^{-7} - 10^{-4}$ %. При концентрации выше 10^{-4} % мутность надосадочной жидкости увеличивается. Низкомолекулярный образец анионного полимера № 2 практически не оказывает влияния на устойчивость суспензии каолина. Величина остаточной мутности надосадочной жидкости практически не изменяется с увеличением концентрации данного полимера в интервале от 10^{-7} до 10^{-2} %. Следовательно, эффективность седиментационного метода определения содержания остаточного полимера в очищенной воде будет зависеть от величины характеристической вязкости и от степени полидисперсности по молекулярным характеристикам полимера. Дополнительные исследования полимеров акриламида серии АК 631, получаемых растворной полимеризацией в псевдоадиабатическом режиме, свидетельствуют об их низкой полидисперсности.

Влияние химического состава макромолекулы исследовали на образцах полимеров, характеризующихся близкими по порядку значениями (η). У экспериментальных зависимостей оптической плотности надосадочной жидкости от концентрации полимеров с различным содержанием карбоксилатных групп, представленных на рис. 2, экстремальный характер.

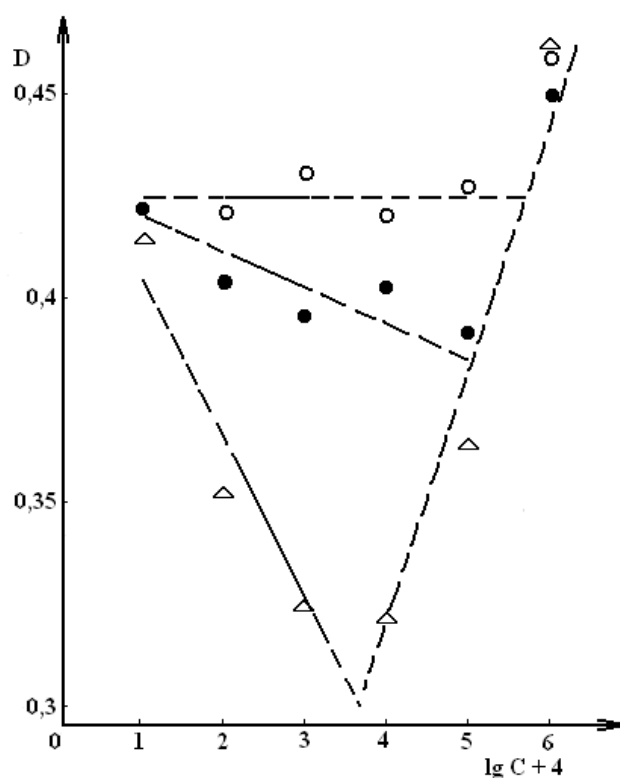


Рисунок 1. Зависимость оптической плотности надосадочной жидкости от концентрации анионного полимера, α – 27% моль; (η), дл/г = 1 (•); 4 (○); 10 (Δ)

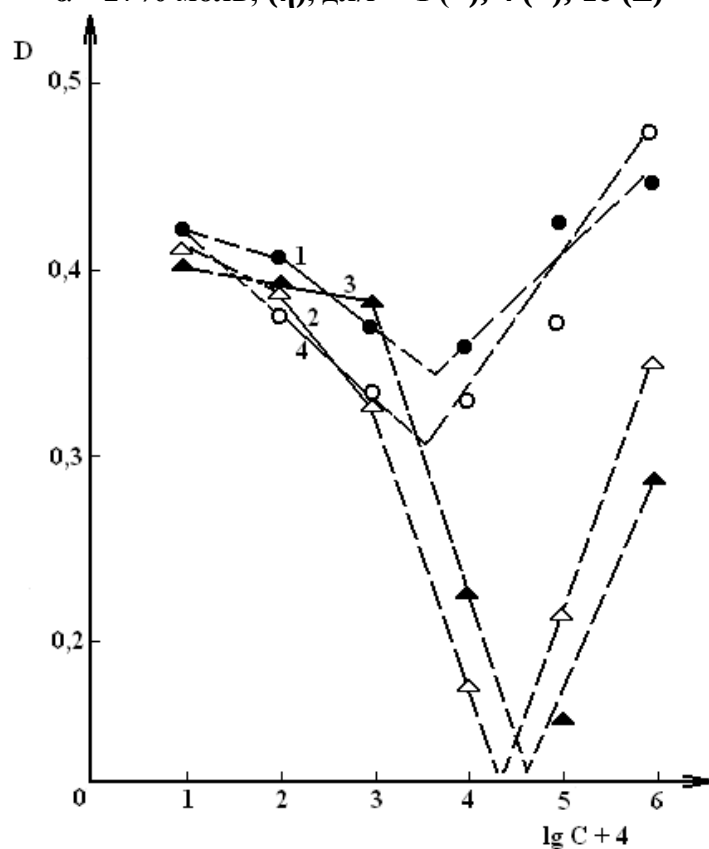


Рисунок 2. Зависимость оптической плотности (D) надосадочной жидкости от концентрации (C, % масс) полимеров: (η), дл/г = 7 (1•); 10 (2○); 6 (3▲); 9 (4Δ), α , % моль = 73 (1•); 27 (2○); 5 (3▲); 0,6 (4Δ).

Устойчивость 0,04 % -ной суспензии каолина в наибольшей степени зависит от концентрации неионогенного полимера Н 150. Использование полимеров Н 150 и АН 9405 с массовой концентрацией 0,0001 % является оптимальным условием для седиментации каолина в исследуемой суспензии и получения минимальных значений оптической плотности надосадочной жидкости.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод, что седиментационный метод измерения содержания остаточных полимеров в очищенной воде может быть успешно применен при использовании в процессах водоподготовки полимеров акриламида серии АК 631, имеющих характеристическую вязкость более 4 дл/г и содержащих в макромолекуле до 70 % моль карбоксилатных групп.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гетманцева С.В., Гетманцев В.С. Комбинированная технология производства высокоэффективных коагулянтов // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. № 3. С. 8 – 10.
2. Пииртола Л. Коагулянты на основе трехвалентного железа для подготовки питьевой воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. № 3. С. 36 – 38.
3. Сорренсон Олле. Полиалюмохлорид – современный флокулянт для водоочистки // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. № 3. С. 32 – 35.
4. Гумен С.Г., Дориенко И.Н., Евельсон Е.А., Русанова Л.Л. Применение современных химических реагентов для обработки маломутных цветных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. № 3. С. 12 – 15.
5. Тихова Е.А., Усачев А.С. Использование органических коагулянтов для подготовки питьевой воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 9. С. 33 – 34.
6. Храменков С.В., Благова О.Е., Коверга А.В. Использование современных коагулянтов и флокулянтов в системе Московского водопровода // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. № 3. С. 5 – 7.
7. Драгинский В.П., Алексеева Г.П. Повышение эффективности реагентной обработки воды на водопроводных фильтрах // Водоснабжение и санитарная техника. 2000. № 5. С. 11 – 14.
8. Тимофеева С.С., Бейм А.М., Бейм А.А. Эколого-технологические принципы выбора флокулянта для очистки сточных вод от глинистых взвесей // Химия и технология воды. 1994. Т. 16. № 1. С. 72 – 76.
9. ТУ 6-02-002099-12-41-2005 «Полимеры акриламида АК 631».
10. ГОСТ 19355-85 «Вода питьевая. Методы определения полиакриламида».

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПУСКО-НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА СТАНЦИИ РЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКИ ПРОМЛИВНЕВЫХ ВОД

Н.С. Серпокрылов, И.А. Кулик, Н.А. Поводырь

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

В настоящее время с появлением и экономической доступностью большого количества современных реагентов для обработки воды, расширены возможности и вариабельность производства пуско-наладочных работ, а также интенсификации режимов очистки. Одной из задач пуско-наладочных работ является достижение проектных показателей путем корректировки и уточнения отдельных параметров рабочих режимов, в том числе и доз реагентов.

Целью данной работы являлось определение эффективных доз реагента «СКИФ» в процессе пуско-наладки станции очистки промливневых сточных вод типа АН, расположенной на территории судоремонтного завода г. Таганрога.

Расчетная производительность станции составляет 9 м³/ч, фактическая на период исследований – 8,6 ÷ 8,8 м³/ч. Ввод раствора реагента в обрабатываемую воду осуществлялся насосами-дозаторами в два смесителя вихревого типа. После смешения в течение 2 – 3 минут сточные воды поступают в безнапорный пневматический флотатор и далее в отстойник вертикального типа, откуда насосом подаются на фильтрование.

Фильтрование осветленной воды производится на напорных фильтрах, диаметром 1 м в 3 ступени:

- 1 – антрацит фракцией 1,2 – 1,5 мм;
- 2 – антрацит фракцией 1,2 – 1,5 мм;
- 3 – активированный уголь фракцией 1 – 2мм.

Фильтрат проходит обеззараживание ультрафиолетовым излучением и отводится на выпуск, часть его используется для обратной промывки фильтров.

До поступления на обработку в станцию сточная жидкость проходит предварительную очистку в резервуарах-регуляторах расхода. Основной их функцией является накопление сточных вод с целью регулирования расхода. Помимо этого конструктивно они выполнены в виде горизонтальных отстойников (прямоугольная, удлиненная в плане форма, подача и отвод жидкости – с противоположных сторон сооружения, наличие зоны накопления осадка, приемка, системы гидросдвига и удаления накопленного осадка, отведения плавающих веществ скиммерами).

Реагентное хозяйство включает растворно – расходный бак емкостью 200 л, в котором смонтирована электрическая мешалка, и насос-дозатор подачи 1 % раствора реагента в смесители.

В качестве реагента использовался комплексный коагулянт – флокулянт «СКИФ», производства ОАО «Аурат», г. Москва. Расчетная доза реагента была принята на основании предварительных лабораторных исследований (по методике пробного коагулирования) и составляла 20 мг/л по товарному продукту.

Исходная сточная вода содержала 20 – 80 мг/л нефтепродуктов, 96 – 232 мг/л взвешенных веществ. Контроль показателей очистки вод вели по нефтепродуктам, взвешенным веществам, оперативный – по прозрачности (шрифту Снеллена).

В табл. 1 приведены результаты анализов сточной жидкости, отобранной 22 июня 2006 г. из различных точек станции АН по этапам очистки с применением реагента «СКИФ» в устоявшемся режиме работы, обеспечивающем нормативные требования к очищенной воде.

Таблица 1. Некоторые показатели состава сточных вод на станции АН по этапам очистки

Показатели	Взвешенные вещества, мг/дм ³	Прозрачность по шрифту Снеллена, см
До очистки	96,7	8
После флотатора и отстойника	23,4	14
После фильтра 1-й ступени	22,1	18
После фильтра 2-й ступени	12,9	26
После фильтра 3-й ступени	≤ 5	30

Промывные воды фильтров, шлам из флотатора и отстойника насосами возвращались в резервуар-регулятор расхода, откуда периодически шламовыми насосами отводили на бункера уплотнители с гидроциклонами.

При этом было отмечено, что возврат промывных вод и шламов, содержащих СКИФ, положительно влияют на предварительную очистку сточных вод в резервуаре-регуляторе, что позволило снизить дозу реагента на 50 %. Это, по существу, указывает на необходимость учета возврата реагентсодержащих растворов в голову сооружений на стадии проектирования. Последний технологический прием эффективен при очистке природных вод.

С целью подтверждения наблюдаемого технологического эффекта были проведены специальные производственные исследования на очистной станции.

Станция была выключена из режима очистки на 20 часов, в течение которого был сброшен накопившейся шлам из всех емкостных сооружений

(включая резервуар-регулятор), произведена промывка фильтров 1-ой и 2 -ой ступеней, после чего включена вновь подача сточных вод на очистку. Через 2 часа работы станции (время, превышающее продолжительность пребывания сточных вод во всех очистных блоках станции) была отобрана проба очищенной на станции воды (табл. 2, выход – без реагента) и включено реагентное хозяйство.

Через 2 часа после запуска реагентного хозяйства была отобрана 2-я проба (табл. 2, выход – с реагентом). Жидкость для пробы «вход» была отобрана из трубопровода после резервуаров-отстойников, перед узлом ввода раствора реагента.

Таблица 2. Показатели очистки сточных вод на станции АН-216Т1 с применением и без применения реагента «СКИФ»

Показатели	Вход	Выход – без реагента	Выход – с реагентом
рН	$7,27 \pm 0,2$	$7,74 \pm 0,2$	$6,65 \pm 0,2$
Взвешенные вещества, мг/дм ³	$12,0 \pm 2,4$	$10,0 \pm 2,0$	$6,0 \pm 1,2$
Нефтепродукты, мг/дм ³	$0,402 \pm 0,16$	$0,179 \pm 0,07$	$0,135 \pm 0,05$

Следует отметить, что полностью избавиться от воздействия реагента на обрабатываемую жидкость при отборе пробы «выход без реагента» не удалось в связи с тем, что в системе применяется рециркуляция шлама.

На основании данных, приведенных в табл. 1 и 2, можно сделать следующие выводы.

1. Без применения реагентов добиться нормированных результатов очистки сточных вод невозможно.

2. Данные по взвешенным веществам и нефтепродуктам, приведенные в табл. 2, наглядно продемонстрировали значительное улучшение качества очистки при использовании реагента «СКИФ», по сравнению с безреагентной очисткой сточных вод, применительно к классической схеме. Показательным является тот факт, что опыт был проведен в течение короткого времени (4 час), при неизменных параметрах работы системы.

3. Сравнив показатели процесса по взвешенным веществам, содержащимся в сточной жидкости, поступающей на очистку из резервуаров-отстойников в станцию, в период до применения в системе рециркуляции шлама (табл. 1 – $96,7 \text{ мг/дм}^3$) и после 1 месяца применения рециркуляции осадка (табл. 2 – 12 мг/дм^3), можно сделать вывод о высокой эффективности работы реагента «СКИФ», попадающего с рециркулирующим осадком в сооружения предварительной очистки сточных вод (резервуары-отстойники).

**КОМПЛЕКСНОЕ СООРУЖЕНИЕ ЗАКРЫТОГО ТИПА
ДЛЯ БИОКОМПОСТИРОВАНИЯ, ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ
И НАКОПЛЕНИЯ ОСАДКОВ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ
КАНАЛИЗАЦИИ**

Н.И. Куликов, Д.Н. Куликов, Е.Н. Куликова, Л.Н. Приходько
ООО «Учебно-научный производственный центр», Сочи, Россия

А.И. Судьин
МУП г. Сочи «Водоканал», Сочи, Россия

При использовании анаэробно-аноксидно-аэробной (ААА) биотехнологии глубокой очистки бытовых сточных вод от биогенных элементов в свободноплавающий активный ил поступает повышенное количество фосфора.

Если на традиционных очистных станциях в активном иле содержание фосфора в сухом веществе составляет 2,5 – 3,0 % веса, то в избыточном иле ААА – биотехнологии очистки сточных вод содержание фосфора в сухом веществе вдвое больше.

Однако повышенное содержание фосфора в осадках очистной станции сохраняется лишь при условии исключения из технологической схемы обработки осадков сточных вод илоуплотнителей длительного отстаивания и аэробных минерализаторов. Необходимо интенсивное проведение процессов сгущения и обезвоживания осадков, а для стабилизации сухого вещества осадков использование био- или вермикомпостирования. При этом органические вещества переводятся в гуминовые, трудноразлагаемые соединения, а фосфор остаётся в сухом веществе осадков в связанном виде.

Ведение аэробных процессов био- или вермикомпостирования в пастообразном виде после механического обезвоживания обработанного органическими флокулянтами активного ила затруднено вследствие медленного поступления в иловую массу кислорода, поэтому в пасту требуется внесение присадочного материала, увеличивающего пористость смеси.

Наиболее рациональным является внесение в пасту измельчённых растительных остатков (опилок несмолистой древесины, соломы, травы, листвы и т.п.). Растительные остатки не только увеличивают пористость смеси, но и добавляют органическое вещество в ил, способствуют саморазогреву смеси, а, следовательно, обеззараживанию осадков от патогенных микроорганизмов, яиц гельминтов.

Необходимость накопления осадков требует уменьшения их объёма, а значит привлечение тепла из внешнего источника, отвода влажного воздуха, помещений для хранения осадков, оборудования периодического рыхления биогумуса или вермикомпоста.

Внешним источником тепла для ведения процессов компостирования и сушки могут быть воздуходувки высокого давления и воздухопроводы, подающие воздух в башенные аэробные биореакторы. Высоконапорные воздуходувки с давлением до 10 м водяного столба нагнетают воздух, разогретый в воздуходувке до 130 °С. При плотности воздуха около 1,3 кг/м³ подача 1000 м³/ч воздуха обеспечивает наличие 1,3 т/ч теплоносителя с температурой 130 °С и отбор даже половины этого тепла даёт существенный вклад в потребность очистной станции в тепле. При общей потребности очистной станции в тепле для различных регионов России колеблющейся от 0,02 до 0,07 Гкал/м³·ч суточного расхода стоков, рациональное использование тепла, поставляемого воздуходувками, может удовлетворить от 2,0 до 20 % общей потребности в тепле.

Учитывая изложенное, разработан проект цеха биокомпостирования обезвоженных осадков очистной станции производительностью 3500 м³/сут, их обеззараживания, сушки и накопления в течение не менее трёх месяцев. Цех совмещён с помещением воздуходувной. При этом напорные воздухопроводы, оснащенные металлическим оребрением, проходят вертикально через все отсеки (этажи) башенного здания, снабжая теплом и воздухом для аэрации осадков в контейнерах по типу мусорных баков, складированных на этажах цеха.

Первые десять суток пребывания контейнеров с осадками в цехе биокомпостирования ежедневно производится рыхление осадков специальными бурами по всей глубине и площади поперечного сечения контейнеров для предотвращения слёживания осадков и ухудшения прохождения воздуха через бродящую массу смеси обезвоженного активного ила и измельчённых растительных осадков. Контейнера заполняются осадком и растительными отходами в месте их обезвоживания. При этом в смесь добавляется не менее трети объёма смеси уже готового компоста – источника адаптированного биоценоза и ферментов для биокомпостирования.

В процессе биокомпостирования и сушки объём смеси уменьшается на треть, а влажность снижается от 75 – 80 % в начале процесса до 60 – 65 % в конце процесса компостирования и обеззараживания.

Помещения цеха переработки и накопления осадков оснащены грузовым лифтом, подъёмно-транспортным оборудованием, приспособлениями для рыхления осадков. Помещения воздуходувной имеют комплектное оборудование, поставляемое заводами изготовителями.

В здании цеха предусмотрена система вентиляции с подводом вентиляционного воздуха во всасывающий патрубок воздуходувок для последующей его подачи в аэробные биореакторы очистки сточных вод.

УДК 628.793

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ШАХТНЫХ ВОД ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

***Н.С. Серпокрылов, М.Ю. Баринов, О.И. Сергиенко,
А.Ф. Садовников, А.А. Грачева***

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

Шахтные воды Восточного Донбасса содержат до 600 мг/л двухвалентного железа. Выделение железа осуществляется в 2 этапа: на первом ведется окисление железа (II) до трехвалентной формы (III) различными окислителями (кислородом, озоном, пероксидом водорода, гипохлоритом и др.), на втором – осаждение его в виде нерастворимых (малорастворимых) соединений. Традиционно применяемый для интенсификации процесса обезжелезивания воды коагулянт – сернокислый алюминий в настоящее время все чаще заменяется коагулянтами нового поколения – полиоксихлоридами алюминия (ПОХА), "АКВА-АУРАТ" (АА).

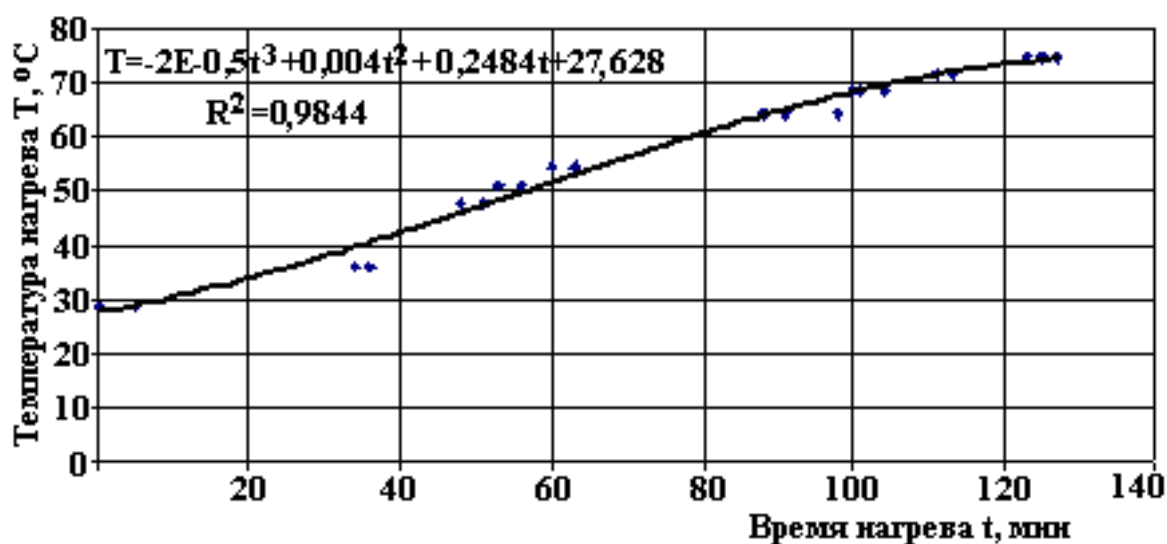
Целью проведенных нами исследований являлась интенсификация процесса агрегирования коллоидных частиц, образующихся при обезжелезивании шахтных вод, с использованием АА.

В результате ранее проведенных исследований по интенсификации процесса обезжелезивания шахтных вод водоотливного комплекса бывшей шахты им. Кирова (г. Новошахтинск, Ростовской обл.), было установлено, что в технологической схеме этих очистных сооружений, применяемый для окисления двухвалентного железа диафрагменный электролизер и последующее введение в обрабатываемую воду пероксида водорода можно заменить на обработку исходной воды в кавитационно-вихревом теплогенераторе при одновременном улучшении качества обезжелезивания.

В процессе работы указанного генератора внутри его корпуса формируется интенсивное кавитационно-вихревое турбулентное движение жидкости с высокой степенью неравномерности, приводящее к нагреву жидкости. Последнее интенсифицирует процесс окисления железа кислородом, содержащимся в кавитационных пузырьках. Параллельно этому идет процесс диспергирования образующихся коллоидных частиц,

еще более усиливающийся диссипацией энергии захлопывающихся кавитационных пузырьков. На наш взгляд, такие энергии позволяют проводить диспергирование частиц вплоть до наноразмеров.

В кавитационно-вихревых теплогенераторах температура нагрева жидкости пропорциональна времени ее обработки и зависит от начальной температуры. В этой связи контроль над процессом целесообразно вести именно по температуре нагрева, т. к. время нагрева до заданной температуры меняется в зависимости от конструкции теплогенератора и, в первую очередь, от начальной температуры жидкости. В экспериментах использовался вихревой теплогенератор производства ООО «ПАСАТЕРМ» (г. Шахты, Ростовская обл.). Типичная кривая динамики нагрева воды для этого генератора приведена на рисунке.



Кривая динамики нагрева воды кавитационно-вихревого теплогенератора (начальная температура 29 °C)

Методика проведения экспериментов: шахтная вода пропусклась через кавитационно-вихревой поток создаваемый теплогенератором, где происходил процесс окисления железа, диспергирование образующихся коллоидных частиц и одновременно ее нагрев. Моделирование процесса осветления воды проводилось на специальной установке типа «Джар – Тест». Эксперименты проведены на очистных сооружениях водоотливного комплекса бывшей шахты им. Кирова (г. Новошахтинск, Ростовская обл.)

В качестве коагулянта использовался полиоксихлорид алюминия «АКВА-АУРАТ™30» (АА). Доза вводимого раствора АА по Al_2O_3 , принималась равной оптимальной для данной исходной мутности, которая была заранее определена по стандартной методике пробного коагулирования. Гидродинамический режим коагуляционной обработки в процессе моделирования был принят исходя из наиболее характерного режима применения АА в процессах очистки воды от взвешенных веществ

и составлял: время смешения – 2 мин; $G_{см} = 100 \text{ с}^{-1}$; время «медленного» перемешивания (процесс хлопьеобразования) – 10 мин. $G_{пер} = 30 \text{ с}^{-1}$. Время отстаивания составляло 30 мин. Результаты моделирования приведены в табл.1.

Содержание железа в исходной шахтной воде в мг/дм^3 было следующим: $\text{Fe}_{общ} = 21,0$; $\text{Fe}^{3+} = 16,7$; $\text{Fe}^{2+} = 4,3$. После производственных отстойников эти показатели в среднем составляли: $\text{Fe}_{общ} = 13,2$; $\text{Fe}^{3+} = 6,6$; $\text{Fe}^{2+} = 6,6$. В отстоянной воде, прошедшей обработку в кавитационно-вихревом генераторе, содержание железа в зависимости от времени обработки, колебалось в пределах: $\text{Fe}_{общ} = 4,5 - 0,24$; $\text{Fe}^{3+} = 3,42 - 0,2$; $\text{Fe}^{2+} = 1,08 - 0,04$.

Таблица 1. Результаты моделирования обработки шахтной воды в кавитационно-вихревом генераторе при дозе полиоксихлорида алюминия «АКВА-АУРАТ™30» 20 мг/дм^3 по Al_2O_3

Время с начала эксперимента, мин	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Мутность, мг/дм^3		
		исходная	после 30 мин отстаивания	
			без смешения и хлопьеобразования	со смешением и хлопьеобразованием
5	29	71,16	57,56	47,11
39	36			49,08
48	48			37,45
53	51			40,67
60	54,5			27,53
88	64,5			25,62
100	68,7			23,65
111	71,5			19,71
123	74,9			19,19

В ходе проведения экспериментов были опробованы и варианты ввода АА. В полупроизводственных условиях шахтная вода в теплогенераторе нагревалась до температуры 60°C , доза АА составляла 20 мг/дм^3 по Al_2O_3 . Варианты обработки шахтной воды, прошедшей кавитационно-вихревой теплогенератор были следующие: I – без ввода коагулянта и без перемешивания (только отстаивание); II – без ввода АА, но с последующим перемешиванием со следующим режимом: время смешения – 2 мин; $G_{см} = 100 \text{ с}^{-1}$; время «медленного» перемешивания (процесс хлопьеобразования) – 10 мин. $G_{пер} = 30 \text{ с}^{-1}$; III – введение АА после теплогенератора и последующее перемешивание в режиме, аналогичном, как в предыдущем варианте; IV – ввод АА перед теплогенератором, но без последующего перемешивания; V – ввод АА перед теплогенератором и последующее перемешивание в режиме

аналогичном варианту II; VI – ввод АА перед теплогенератором и последующее перемешивание, но без режима смешения перемешивания при $G_{\text{пер}} = 20 \text{ с}^{-1}$ в течение 1,5 мин.

Таблица 2. Влияние ввода полиоксихлорида алюминия «АКВА-АУРАТ™30» на мутность отстоянной воды (мутность исходной воды 75,7 мг/дм³)

Варианты обработки	Время обработки в теплогенераторе, мин	Мутность отстоянной воды, мг/дм ³
I	3	57,0
II	5	14,0
III	10	5,9
IV	13	28,6
V	14	7,42
VI	20	3,61

Результаты испытаний (табл. 2) показывают, что введение АА после теплогенератора предпочтительнее с точки зрения минимизации значения мутности отстоянной воды. При введении АА перед теплогенератором возможно отказаться от режима смешения при очень медленном перемешивании в течение непродолжительного времени. В этом случае мутность отстоянной воды минимальна. С точки зрения экономии эксплуатационных затрат заслуживает внимание и вариант II. Безусловно, что определение оптимальных гидродинамических параметров обработки является наиважнейшей задачей, и эксперименты в этом направлении будут продолжены.

УДК 628. 3

АДСОРБЦИЯ ПИРИДИНА И ФЕНОЛА ИЗ МАЛОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СТОЧНЫХ ВОД КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА.

Н. С. Голубева, Т. А. Краснова, О. В. Беляева

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности,
Кемерово, Россия

Одним из предприятий, загрязняющим водный бассейн Кузбасса, является коксохимический завод, в сточных водах которого содержатся фенол и пиридин в концентрациях, превышающих предельно-допустимые значения, а также роданиды и соли аммония.

Пиридин и фенол относится ко II классу опасности по санитарно-токсикологическому показателю. Пиридин вызывает поражение нервной системы, печени, почек, нарушает обмен тиамина в организме. Практически не поддается биохимическому разложению и действию окислителей (ПДК 0,2 мг/дм³). Присутствие фенола в воде вызывает поражение центральной нервной системы, почек, печени, поджелудочной железы, селезенки. Фенол относится к опасным соединениям, так как является предшественником более опасных соединений (диоксинов и т.д.). ПДК по фенолу для водоемов санитарно-бытового пользования составляет 0,001 мг/дм³ по органолептическому показателю.

В литературе отсутствует информация об адсорбционной эффективности пиридина и фенола в присутствии минеральных солей. В связи с этим была изучена совместная адсорбция фенола и пиридина при наличии KSCN и NH₄Cl.

Предварительные данные адсорбции пиридина и фенола из водных растворов активными углями различных марок позволили выбрать в качестве сорбента активный уголь марки СКД-515 (сорбент, г. Пермь). Соотношение органических компонентов при совместном присутствии (пиридин : фенол = 5 : 1) и минеральных солей соответствовало соотношению в реальных стоках.

Изучение адсорбции смеси органических компонентов из водных растворов и растворов, содержащих соли (KSCN, NH₄Cl), показывает отсутствие влияния минеральных компонентов на извлечение фенола и пиридина. При этом, адсорбция фенола резко уменьшается, а пиридина увеличивается по сравнению как с водными, так и солевыми индивидуальными растворами органических компонентов (см. таблицу).

Параметры адсорбции фенола и пиридина АУ марки СКД-515

Компонент	Г ₀ , г/г	W ₀ , см ³ /г	Е*, кДж/моль	χ, нм	-ΔG _{адс} , кДж/моль
из индивидуальных растворов					
фенол (Н ₂ О)	0,27	0,25	14,98	0,80	34,81
пиридин (Н ₂ О)	0,07	0,07	21,99	0,56	30,29
фенол (соли)	0,2	0,19	14,75	0,81	32,51
пиридин (соли)	0,12	0,12	18,58	0,65	30,12
при совместном присутствии					
фенол (Н ₂ О)	0,11	0,11	13,41	0,83	28,78
пиридин (Н ₂ О)	0,17	0,18	16,33	0,74	26,47
фенол (соли)	0,09	0,09	14,53	0,83	28,73
пиридин (соли)	0,18	0,18	18,04	0,67	26,37

* рассчитана с учётом коэффициента аффинности

Проведенные исследования показали возможность адсорбционной очистки активными углями сточных вод коксохимических предприятий от органических соединений без предварительного извлечения минеральных компонентов.

УДК 628.3

ОПТИМИЗАЦИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ АДСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ХЛОРФЕНОЛОВ.

А.К. Горелкина, Т.А. Краснова

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности,
Кемерово, Россия

В воде ряда источников отмечено периодическое превышение содержания различных химических веществ. К этим веществам относятся и хлорфенолы, которые попадают в воду из-за загрязнения водоисточников промышленными выбросами, содержащими эти соединения. Например, хлорфенолы являются промежуточным продуктом в промышленном синтезе гербицидов, используются в качестве консервантов древесины и антисептиков, также находят применение в качестве сырья для многих химических производств. Наличие в воде таких соединений является серьезной проблемой, так как превышение ПДК этих веществ ухудшает органолептические показатели воды, обуславливая появление специфического «аптечного запаха». Одновременно, присутствие хлорфенола в воде негативно сказывается на здоровье человека: приводит к нарушению работы желудочно-кишечного тракта, болезням печени, почек, щитовидной железы и кожи, при попадании в организм могут вызвать судороги, индуцировать лейкемию, а также обладают мутагенными и канцерогенными свойствами. Эти вещества токсичны также для водных организмов и отличаются стабильностью.

В связи с этим возникает необходимость разработки технологии очистки воды, предусматривающей эффективное удаление органических загрязнителей. Наиболее универсальным и экономически целесообразным методом извлечения микроколичеств органических веществ является адсорбционный метод.

Ранее были исследованы статика и кинетика процесса адсорбции активными углями п-хлорфенола.

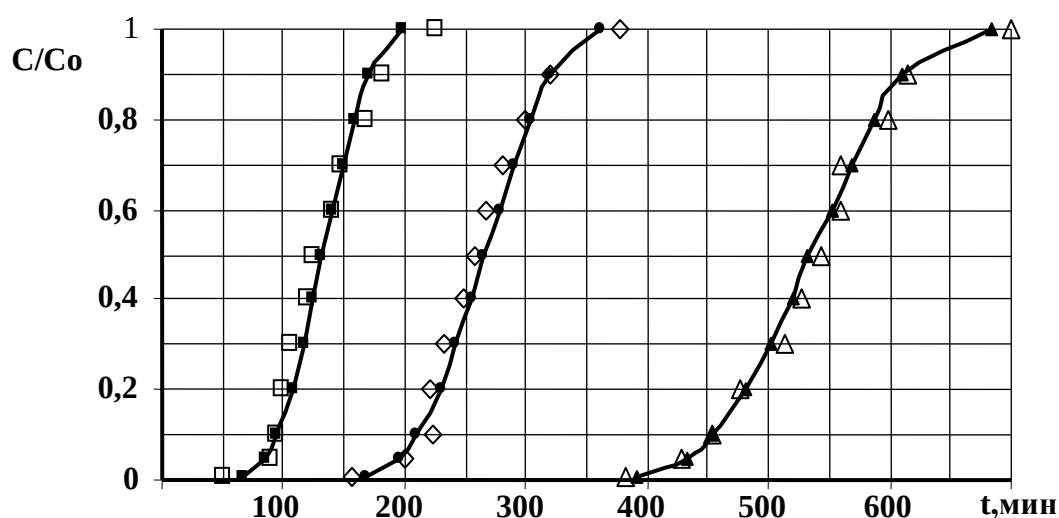
В данной работе изучена возможность оптимизации непрерывного процесса адсорбции п-хлорфенола неподвижным слоем сорбента.

Объекты исследования: активный уголь АГ-ОВ-1, производственные сточные воды с концентрацией п-хлорфенола $0,0216 \text{ мг/дм}^3$. Концентрацию определяли спектрофотометрическим методом по собственному поглощению п-хлорфенола $\lambda = 225 \text{ нм}$.

Исследование процесса динамики адсорбции проводилось на модельных колоннах с различной высотой слоя загрузки (0,1 и 0,2 м) и при скорости потока 2,5 и 5 м/ч.

Оптимизацию оборудования и режимов процесса проводили на основе модели слоя равновесной адсорбции с помощью уравнения внешнEDIффузионной динамики (для участка изотермы адсорбции, соответствующего интервалу встречающихся в практике концентраций п-хлорфенола в водных средах) с использованием экспериментальных данных: величин адсорбции, коэффициентов внешнего массопереноса, варьируя параметры колонны – длину неподвижного слоя, скорость потока, диаметр колонны.

Для подтверждения адекватности такого подхода к описанию непрерывной адсорбции п-хлорфенола необходимо рассчитать выходные кривые и сравнить их с полученными экспериментально.



Выходные кривые адсорбции водных растворов п-хлорфенола при различных скоростях потока (V) и высоте колонны (L) теоретические (экспериментальные): ♦ (○) – L = 0,1 м, V = 5м/ч; ■ (□) – L = 0,1 м, V = 5м/ч; ▲ (Δ) – L = 0,2 м, V = 2,5 м/ч

На рисунке представлены теоретические и экспериментальные динамические кривые адсорбции п-хлорфенола на активном угле марки АГ-ОВ-1. Сопоставление полученных результатов позволяет сделать заключение о том, что предложенный метод расчета практически полностью описывает экспериментальные выходные кривые, следовательно, может быть использован для оптимизации процесса адсорбционной очистки путем математического моделирования,

значительно сократив объем экспериментальных исследований динамики адсорбции.

УДК 628.543.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

В.С. Шишкин

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности,
Кемерово, Россия

Загрязнение водного бассейна Кузбасса сточными водами различных промышленных предприятий, к числу которых относится анилиноокрасочный завод (АКЗ) стало одной из наиболее серьезных экологических проблем нашего региона.

Сточные воды анилиноокрасочного завода (АКЗ) содержат азотсодержащие ароматические соединения: преимущественно анилин и нитробензол. Анилин относится ко 2 классу опасности по санитарно-токсикологическому показателю, действует на кровь и кровообращение, вызывает поражение нервной системы, печени и почек, обладает выраженными аллергическими свойствами. Нитробензол является кровяным ядом, оказывает сильное действие на центральную нервную систему, вызывает заболевания печени, окисляет гемоглобин в метгемоглобин. В настоящее время сточные воды анилиноокрасочного завода сбрасываются в р. Томь, что приводит к загрязнению основного источника водоснабжения Кузбасса и разрушению экосистемы.

К наиболее целесообразному варианту решения данной проблемы можно отнести очистку воды методом адсорбции.

В связи с этим были проведены исследования, направленные на разработку технологии очистки сточных вод АКЗ. В качестве объектов исследования выбраны: активные угли марок АГ-5 и полукокс (ПК), водные растворы, содержащие анилин и нитробензол при совместном присутствии. Полукокс – дешевый местный материал, не требует регенерации, так как отработанный сорбент может быть использован в качестве твердого топлива на Кемеровском ОАО «Кокс».

Исследованы равновесие, кинетика и динамика совместной адсорбции анилина и нитробензола. Установлены закономерности, особенности и механизм адсорбции, рассчитаны адсорбционные параметры. Проведенный анализ изотерм адсорбции показал, что АУ АГ-5

обладает более высокой адсорбционной емкостью по отношению к анилину и нитробензолу чем полукокс.

Результаты исследований позволяют достаточно надежно судить о том, что процесс адсорбции анилина и нитробензола при совместном присутствии лимитируется внешним массопереносом.

Расчет параметров динамики, осуществлялся методом математического моделирования на основе теоретических зависимостей, описывающих массоперенос с учетом результатов кинетических исследований и параметров уравнения Дубинина-Радushкевича.

По результатам моделирования получены динамические характеристики процесса адсорбции: длина рабочего слоя, длина неиспользованного слоя, коэффициент защитного действия, продолжительность работы колонны и количество очищаемой воды в зависимости от параметров колонны и режима непрерывной очистки сточной воды. На основании теоретических и экспериментальных исследований для очистки сточных вод АКЗ выбрано аппаратное оформление и режим процесса очистки.

На основании экспериментальных исследований и данных дериватографического анализа предложен способ термической регенерации отработанных АУ острым водяным паром при температуре 290 °С, обеспечивающий восстановление сорбционной емкости на 80 – 95 %.

УДК 574.556.115.58

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ САМООЧИЩЕНИЯ ДЛЯ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА БИОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ

А.Т. Богогосян, В.Т. Каплин

Южно-Российский Государственный технический университет (НПИ),
Новочеркасск, Россия

Современные типовые канализационные очистные сооружения, как правило, относительно легко извлекают из сточных вод основную массу загрязнений. Однако для удаления остаточного содержания химических соединений требуется длительный период очистки, что является дорогостоящим мероприятием.

Наиболее приемлемым способом доочистки сточных вод, прошедших типовые очистные сооружения, являются биоинженерные

системы, очистка сточных вод в которых выполняется растительными и животными организмами.

Структуру окислительного процесса на биоинженерных сооружениях обычно представляют в трех направлениях: на прирост клеточной массы, получение необходимой энергии и на внутриклеточное дыхание гидробионтов.

Доочистку сточных вод осуществляют в естественных условиях: поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды, ботанические площадки, биоплато, а также системы доочистки сточных вод от химических ингредиентов и фитопланктонных водорослей при последовательном прохождении очищаемых стоков через биоплощадки и затем – биопруды.

На полях орошения и полях фильтрации деструкционно-продукционные процессы обусловлены преимущественно жизнедеятельностью биоценозов, состоящих из водорослей, бактерий и животных, населяющих почву.

В биологических прудах для повышения глубины очистки от органических веществ и снижения в ней биогенных элементов (азота и фосфора) практикуется разведение высшей водной растительности – камыша, тростника, рогоза, рдеста, сусак и др.

На ботанических площадках проведены экспериментальные исследования по эффективности доочистки сточных вод, содержащих нефтепродукты, пестициды, фенолы, соединения тяжелых металлов (свинца, ртути, кадмия).

Интенсифицировать очистку воды от взвесей, органических веществ, нефтепродуктов, биогенных элементов, тяжелых металлов, пестицидов, фенолов, радиоактивных веществ и др. можно созданием в каналах условий развития сообщества высших водных растений в специальных гидротехнических устройствах – биоплато. Механизм очистки воды на биоплато от загрязняющих примесей различен. Очистку воды здесь осуществляют помимо высших водных растений бактериальное население зарослей, донные, эпифитные, планктонные водоросли и беспозвоночные животные. Основным агентом на биоплато является бактериоперифитон – бактериальная пленка, развивающаяся на подводной части растений и обеспечивающая высокую интенсивность деструктивных процессов.

Особый интерес представляет использование биоплато для каналов, берущих начало из водохранилищ, подверженных «цветению» воды синезелеными водорослями. Сообщества высших водных растений весьма эффективно очищают воду от массы поступающих в канал водорослей и продуктов их разложения.

Для создания биоплато используют воздушно-водные растения (тростник обыкновенный, рогозы узколистый и Лаксмана, камыш озерный, цицанию широколистную) и погруженные (рдесты гребенчатый,

маленький, нетевидный, стеблеобъемлющий, уруть колосистую, роголистник погруженный и др.). Наиболее полная очистка достигается при последовательном протекании воды через заросли воздушно-водных и погруженных растений (М.Г. Журба, 2003). Биоплато функционирует сезонно. Сообщества высших водных растений интенсивно осуществляют очистку воды в течение вегетационного периода. Зимой интенсивность этого процесса снижается. По этой причине область применения инженерных сооружений, рассчитанных на очистительный эффект сообществ макрофитов, целесообразно ограничивать временем их активного функционирования. Биоплато на каналах по их местоположению и конструктивным особенностям разделяют на русловые, береговые, устьевые, инфильтрационные, наплавные.

В течение 2003 – 2005 гг. проведены опыты по интенсификации процессов самоочищения природных вод от НФПР (летнего дизельного топлива) с использованием водных растений: элодеи канадской и рогоза узколистного на биоинженерных сооружениях – ботанических площадках.

Эксперимент проводили на моделях непроточных водоёмов в статических условиях. В качестве контроля использовали модели в тех же условиях, но без водных растений. Величина рН водной среды изменялась от 7,3 до 8,5. Исходная концентрация дизельного топлива в воде составляла 1,3 и 5 мг/дм³. В отдельных сериях опытов температура воды изменялась от 5 до 20 °С.

В пробах воды определяли содержание НФПР, летучих и нелетучих фенолов, спиртов, карбонильных соединений, растворенного в воде кислорода, общее содержание органических веществ (ХПК), различных форм минерального азота (нитритного, нитратного, аммонийного), величины рН, цветности, прозрачности.

При внесении НФПР в воду они всплывали на поверхность. Водная фаза приобретала коричневатую окраску и специфический запах. В первые сутки в воде появляются НФПР, нелетучие фенолы, спирты, карбонильные соединения. Концентрация растворенного в воде кислорода снижается на четвертые сутки практически до нуля при соотношении НФПР и воды 1 : 50 и 1 : 10. Такое снижение содержания кислорода обусловлено отсутствием процесса аэрации и потреблением кислорода на окисление отдельных компонентов НФПР, поступающих в водную фазу.

На сорок вторые сутки содержание кислорода увеличивается до 2,93 и 3,98 мгО₂/дм³ при соотношении НФПР 1 : 10 и 1 : 50. Максимальное количество органических веществ (ХПК = 1130 – 900 мгО₂/дм³ для соотношений 1 : 10 и 1 : 50 соответственно) переходит из НФПР в первые сутки. Затем устанавливается динамическое равновесие между их потреблением водными микроорганизмами и их поступлением.

Результаты лабораторного моделирования поступления нефтепродуктов в воду свидетельствуют о наличии своеобразных циклов их

растворения в воде. Каждый последующий цикл сопровождается увеличением содержания воднорастворимых фракций. По-видимому, наблюдаемая цикличность обусловлена спецификой потребления микроорганизмами различных компонентов НФПР.

Анализ материалов собственных исследований и данных, опубликованных в отечественной и зарубежной литературе, позволяет дать предварительные рекомендации по использованию водных растений с целью интенсификации процессов естественного самоочищения от нефтяных углеводородов.

Интенсификация естественных процессов самоочищения водоёмов от нефти и нефтепродуктов может быть достигнута путём выдержки нефтесодержащих сточных вод в течение 14 – 18 суток на биологических площадках, на которых предварительно посажены высшие водные растения:

1) элодея канадская – погруженные в воде растения, вегетирующие в водоёмах круглый год, устойчивые к низким температурам;

2) рогоз узколистный – воздушно-водные растения, вегетирующие сезонно.

Биомасса элодеи канадской составляла $2,0 \text{ кг/м}^3$.

Рогоз узколистный был посажен из расчета 50 экземпляров на 1 м^2 поверхности. Урожай наземной массы рогоза узколистного составлял $1,8 \text{ кг/м}^2$, а подземной массы – $2,1 \text{ кг/м}^2$.

При внесении в воду дизельное топливо всплывало на поверхность. Водная масса приобретала коричневатую окраску и сильный запах нефтепродуктов.

Было установлено, что в результате процессов самоочищения в «зарослях» рогоза узколистного и элодеи канадской содержание нефтепродуктов уменьшилось в 7 – 12 раз по сравнению с контрольными моделями. Нефтепродукты разрушились, практически до ПДК, в течение 14 – 18 суток. Коэффициент скорости самоочищения воды от НУ зависит от температуры и изменяется от 0,02 сутки-1 (при 5 – 10 °C) до 0,03 сутки-1 (при 20 – 25 °C). В контрольных моделях без растений дизельное топливо сохранялось более сорока суток (при исходной концентрации 3 – 5 мг/дм³).

Предварительные опыты, проведенные с целью изучения трансформации дизельного топлива, в природной воде с водными растениями показали, что в начальный период моделирования (3 – 5 сутки экспозиции) преобладают физико-химические процессы испарения, образования поверхностной пленки, эмульгирования и осаждения (при исходной концентрации $5,0 \text{ мг/дм}^3$) тяжелых фракций на дно модельных биологических площадок. Затем трансформация нефтепродуктов происходит преимущественно за счет макрофитов и, частично, при участии микроорганизмов.

Скорость биодеструкции зависит от концентрации нефтепродуктов, биомассы макрофитов, их видовых особенностей и температуры.

Водные растения способствуют ускорению процессов самоочищения водоемов от нефти и продуктов ее переработки не только за счет обогащения воды кислородом, но и посредством сорбирования нефти на поверхности растений, создания субстрата и благоприятной среды для развития микрофлоры.

Жизнедеятельность макрофитов способствует всплыванию НФПР, осевших на дно, и их трансформации. Наиболее перспективны для очистки воды от нефти – камыш озерный и рогоз узко- и широколистный. Образующиеся при деструкции ГФПР органические вещества (карболовая кислота и ее производные – пирокатехин, резорцин, ксилолы и др.) успешно трансформируются в присутствии камыша озерного.

Макрофиты играют существенную роль в процессах фотосинтетической азотации. Они способны также накапливать в своём организме ряд химических элементов: осока активно аккумулирует железо, камыш – марганец, ряска – медь, ирис – кальций.

Высшие водные растения способны аккумулировать радионуклиды (цезий-137, стронций-90, кобальт-60).

Отмечают высокую способность тростника детоксицировать токсичные различные вещества. На рост и развитие тростника существенно не оказывают влияние высокие концентрации свинца, ртути, меди, кобальта, хрома, фенола, аммиака.

В реки и водоёмы пестициды попадают с поверхностным стоком из атмосферы, особенно при опылении полей с самолётов, при обработке водоёмов различными препаратами с целью уничтожения вредных гидробионтов и другими путями. Наиболее опасны для гидроекосистем хлорорганические пестициды (ХОП) из-за их устойчивости и разнообразных эффектов воздействия (токсический, мутагенный, канцерогенный).

Пестициды преимущественно ХОП обнаружены у гидробионтов почти во всех исследованных водоёмах, как морских, так и пресных. Содержание пестицидов в пелагиали Мирового океана достигает 10 – 20 мкг/дм³. Заметно выше оно в континентальных водоёмах (А.С. Константинов, 1986).

При концентрации ХОП в пределах 1 – 10 мкг/дм³ угнетается существенно (75 – 95 %) фотосинтез фитопланктона. Для зоопланктона ХОП токсичны при содержании около 10 мкг/дм³.

Крайне опасны производные симм-триазины, мочевины и карбоновых кислот. При концентрациях 1 – 10 мг/дм³ ядовиты для дафний, протококковых и нитчатых водорослей такие препараты, как монурон, диурон, атрозин и трихлорацетат (Л.П. Брагинский, 1972).

Количество загрязняющих веществ в мире огромно. Число их по мере развития новых технологических процессов постоянно растёт. В этом отношении «приоритет» отдают следующим поллютантам: тяжёлым металлам, пестицидам, нефтепродуктам, оксидам серы, азота, бенз(а)пирену.

Весьма неблагоприятные последствия, которые могут сказываться в течение длительного времени, связаны с такими тяжёлыми металлами, как свинец, кадмий, ртуть и др. Они угнетают кровеносную систему, вызывают онкологические заболевания, снижают сопротивляемость организма инфекциям и т.д.

На нервную систему негативно действуют свинец, ртуть, пестициды. Тяжёлые специфические болезни минамата и итай-итай вызваны загрязнением окружающей среды ртутью и кадмием соответственно. В последние годы проявляется оправданный интерес к отдаленным последствиям длительного действия малых доз загрязняющих веществ, особенно радионуклидов, тяжелых металлов, пестицидов, хлорированных углеводов. В очищенных на типовых очистных сооружениях сточных водах ряда отраслей промышленности часто содержатся большие количества соединений тяжелых металлов.

Проведенные натурные исследования на малых реках Ростовской области показали, что сброс этих стоков в водоемы и водотоки отрицательно сказывается на нормальной жизнедеятельности растительных и животных организмов, нарушает газовый режим водоемов, изменяет естественную буферность воды, увеличивает ее минерализацию и пр.

Установлено, что главными факторами, определяющими уменьшение концентрации соединений металлов (свинца, ртути, кадмия) в воде, являются процессы сорбции, образование труднорастворимых соединений, окислительно-восстановительные процессы, процессы комплексообразования.

Содержание соединений металлов в природных водах в растворённом состоянии, во взвешенных веществах и донных отложениях и миграционная подвижность металлов в водоёмах и водотоках определяются химическими свойствами самих элементов (валентностью, ионным радиусом и др.) и внешними факторами: механическим и минералогическим составом взвешенных веществ, частиц и донных отложений, рельефом, гидродинамическими и климатическими условиями водосборов.

Поповым А.Н. и др. (1999) предложена методика регулирования качества воды рек и водоемов по содержанию соединений металлов, основанная на способности ВВР регулировать рН среды и поглощать указанные ингредиенты. Для этих целей предложено использовать ВВР: рогоз узколистный, тростник обыкновенный, хвощ болотный. Плотность посадки принята таковая, какова она у данных видов в естественных условиях: рогоза – 40 растений на 1 м², тростника – 100 растений на 1 м², хвоща болотного – 200 растений на 1 м².

Результаты исследований показали, что при величинах рН = 3,5 – 9,5 развитие биоты на ботанической площадке происходит вполне удовлетворительно, удаление загрязняющих ингредиентов из системы достаточно эффективно. На ботанической площадке вода очищается от

соединений железа на 94 %, от меди – на 91 %, цинка – на 97 %, свинца – на 88 %, кадмия – на 87 %, кальция – на 91 %, алюминия – на 89 %.

При низких величинах $pH = 3,5$ очистка происходит за счет процессов гидролиза и сорбции. При проведении процесса в нейтральных условиях основная роль в очистке воды принадлежит поглощению ингредиентов загрязнения макрофитами.

В России и за рубежом находят широкое промышленное применение экологические биотехнологии обезвреживания сточных вод, основанные на природных механизмах детоксикации, биодеструкции и биосорбции загрязняющих веществ в ряде инженерных решений:

- гидробиотаническая очистка в прудах, биологических площадках и каналах с вселением определенных с высоким уровнем активности специфических ферментов растений;
- ферментная очистка с использованием грибов, иммобилизованных ферментов и их синтетических аналогов-синзимов на основе полиакриловой кислоты и металлов переменной валентности;
- локальные биофильтры кассетного типа с загрузкой из древесных опилок или опилок, химически модифицированных с целью повышения сорбционной емкости для доизвлечения металлов из сливов сгустителей с последующей утилизацией.

Доказана принципиальная возможность создания схем по замкнутому циклу: **сточная вода – макрофиты – ферментные препараты – очищенная сточная вода**, т.е. создание своего рода безотходной технологии очистки сточных вод с попутным доизвлечением металлов.

Применение природных механизмов биохимического самоочищения позволяет исключить попадание в реки и водоемы потенциально вредных, устойчивых соединений, содержащихся в стоках или рекомендуемых для технологии и очистки сточных вод.

УДК. 628.35.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НИТРИФИКАЦИИ И ДЕНИТРИФИКАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

В.И. Нездойминов

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
Макеевка, Украина

Проблема эвтрофикации водных источников, связанная с загрязнением соединениями азота, остается актуальной.

На протяжении последних 30 лет различными специалистами в области инженерной охраны окружающей среды проводятся всесторонние исследования по повышению эффективности удаления из сточных вод коммунального хозяйства и промышленных предприятий соединений азота. Превышение предельно допустимых концентраций соединений азота в водных источниках приводит к быстрому уменьшению запасов кислорода в воде, способствует интенсивному развитию водорослей и вторичному загрязнению водного объекта. Ионизация солей аммония приводит к высвобождению NH_3 , который токсичен для флоры и фауны [1]. Постепенное накопление нитратов в воде увеличивает вероятность таких заболеваний, как: почечная недостаточность, врожденные пороки у детей, рак и т.д. [2]. К примеру, в Дании содержание аммиака в реках, в которых разрешается ловля рыбы, не должно превышать $0,025 \text{ мг/дм}^3$.

В Украине большинство применяемых технологических схем для биологической очистки сточных вод не обеспечивают высокой степени удаления соединений азота до требований предельно допустимых концентраций для сброса в рыбохозяйственные водоемы.

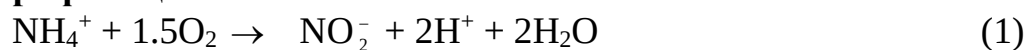
Одна из основных причин снижения эффективности биологического удаления азота в городских сточных водах иницирована заниженным соотношением в поступающих сточных водах органических веществ и азота $\text{БПК} : \text{N} \leq 3 \text{ кг БПК/кг N}$ (фактор эффективности денитрификации). Неблагоприятное для денитрификации соотношение БПК и азота вызвано изменением качественного состава стоков за счет развития альтернативных и экологически чистых типов жилой застройки, более совершенного санитарного оборудования, установленного в домах, режима водопотребления, состояния канализационной сети и др.

Особо отчетливо диспропорция между $\text{БПК} : \text{N}$ проявляется, если в городскую канализационную сеть сбрасываются азотсодержащие стоки промышленных объектов, например, коксохимического производства.

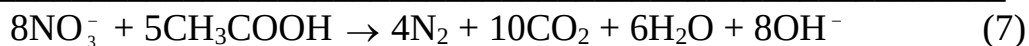
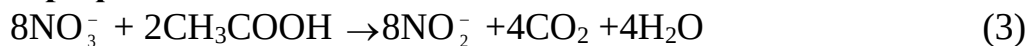
Низкое соотношение $\text{БПК} : \text{N}$ приводит к торможению процессов денитрификации и появлению в воде промежуточных продуктов денитрификации N_2O [3].

Биологическое удаление соединений азота включает несколько этапов. Первоначально аммонийный азот окисляется кислородом до нитритов, а затем до нитратов – это процесс нитрификации (уравнения 1, 2). Образовавшиеся окисленные формы азота на этапе денитрификации переводятся в экологически безвредный молекулярный азот, выделяющийся в атмосферу (уравнения 3 – 7).

Нитрификация



Денитрификация



Исследования последних лет доказали, что при низких концентрациях кислорода могут протекать процессы одновременной нитрификации и денитрификации ОНД [4, 5]. Совмещение ОНД в одном аэробном биологическом реакторе позволяет: сократить количество сооружений, уменьшить, а иногда и исключить насосное оборудование по рециркуляции объемов воды между сооружениями, отказаться от добавки щелочных реагентов и дополнительного введения субстрата, уменьшить прирост активного ила и т.д.

Протекание процессов ОНД в активном иле объясняется существованием внутри флокул ила градиента концентрации кислорода, что приводит к появлению анаэробных микрозон. Схематическое изображение изменения концентрации кислорода от расстояния R от поверхности сферической флокулы представлено на рисунке. Внешний слой флокул ила является аэробной зоной благодаря диффузии кислорода из воды. Чем выше концентрация кислорода, тем больше толщина аэробной зоны, в которой протекают процессы окисления органических веществ и аммония. Однако, даже при высоком содержании кислорода в глубинных слоях флокул ила существуют условия для денитрификации



(анаэробная зона). В анаэробную зону часть нитратов может поступать из внешней аэробной зоны флокулы и часть из толщи воды. Аналогично может распределяться и восстанавливающий агент.

Схема изменения концентрации кислорода от расстояния R поверхности сферической флокулы

Существование различных зон определяется условиями диффузии различных компонентов, возникающими редокс-потенциалами, значениями pH, щелочности, скоростями роста клеток и распада в каждой зоне и т.д.

В процессе денитрификации лимитирующим фактором может быть либо концентрация органического вещества, либо концентрация нитрата. Установить причину можно, зная соотношения концентраций БПК : N и их коэффициентов диффузии во флокule ила. Скорость ОНД зависит от структуры и размера флокул ила, поскольку от них зависит диффузия. Отсюда можно сделать вывод, что высокая турбулентность потоков воды в биореакторах будет повышать скорость нитрификации (уменьшается размер флокул и сокращается объем бескислородных зон). Создавая постоянно изменяющуюся интенсивность гидродинамических потоков внутри аэробного сооружения, можно варьировать скорость осаждения и укрупнения (флокуляция) хлопков активного ила.

Эффективность ОНД можно оценить через скорости ОНД r_{ond} и суммарную степень удаления азота N_r в зависимости от концентрации кислорода в обрабатываемой воде.

$$r_{\text{ond}} = \frac{NH_4^+ - NO_3^-_{\text{max}}}{t_{\text{ox}}} \quad (8)$$

$$N_r = \left(1 - \frac{NO_3^- \text{ fin}}{NH_4^+} \right) \times 100 \quad (9)$$

где: NH_4^+ – исходная концентрация аммония в воде;

NO_3^- – максимальная концентрация нитратного азота, достигаемая после полного израсходования аммония;

$NO_3^- \text{ fin}$ – остаточная концентрация нитрата;

t_{ox} – время, за которое достигается полное окисление аммонийного азота.

Максимальные скорости окисления аммония определяются, численно дифференцируя по времени кинетические кривые изменения концентрации NH_4^+ .

В зарубежной практике обычно эффективность ОНД выражают через эмпирический параметр эффективности ОНД, равный произведению $r_{\text{ond}} N_r$.

Опираясь на теоретические закономерности процессов ОНД и результаты ранее проведенных исследований, разработана конструкция аэротенка-отстойника колонного типа для проведения процессов нитри-денитрификации одновременно в одноступенчатом аэрируемом сооружении с активным илом.

Исследования проводились с городскими сточными водами, с концентрацией загрязнений по БПК_{полн} – 120...200 мг/дм³, общему азоту – 50...70 мг/дм³. При оптимальном технологическом режиме получено высокое качество очищенных сточных вод с обеспечением ПДК: аммонийному азоту – 0,4...0,5 мг/дм³; азоту нитратов 0,01...0,02 мг/дм³ и нитратам 3...11 мг/дм³.

Концентрация активного ила устанавливалась в пределах 3...5 г/дм³, возраст ила не менее 8 сут, период аэрации изменялся от 8 до 10 час. Процесс ОНД протекал стабильно при нагрузке на активный ил по органическим загрязнениям не более 0,24 кг БПК_{полн}/кг ила сут. Максимальная степень удаления азота достигала $N_r = 48...55 \%$ при оптимальной концентрации кислорода во взвешенном слое активного ила на уровне 0,5...1,2 мг/дм³.

Конструкция биореактора представляет собой аэротенк-отстойник колонного типа высотой 10 м. В центральной части установлена эрлифтная колонна определенной формы и размеров, обеспечивающая насыщение обрабатываемой воды кислородом и необходимое циркуляционное перемешивание во всем объеме сооружения. В аэротенке образуются три характерных зоны с различной гидродинамической структурой потока: верхняя – зона интенсивной турбулентности, средняя – зона стабилизации потока и нижняя – зона придонных вихревых пульсаций.

В верхней зоне и в самой аэрационной колонне происходит интенсивное перемешивание газожидкостного потока, где происходит интенсивное растворение кислорода воздуха в жидкость и частичное удаление продуктов метаболизма (дегазация), а также дробление хлопков ила на отдельные клоны. В средней и нижней зонах происходит укрупнение флокул активного ила и формирование взвешенного слоя активного ила.

Разработанная технология ОНД возможна для применения не только на вновь строящихся очистных станциях, но также и на реконструируемых сооружениях, что является актуальным в современных экономических условиях. Технология ОНД внедрена на ряде действующих и строящихся очистных сооружениях Донецкой области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pandey R.A., Parhad N.M., Kumaran P. Biological nitrification of LTC wastewater // J. Environ Sci. and Health. A. – 1992.-27, N 1. p. 41 – 61.
2. Слипченко В.А., Малицкая Т.Н. Удаление минеральных азотсодержащих веществ из питьевой воды // Химия и технология воды. 1992. № 1, С. 35 – 48.
3. Hanaki K., Hong Z., Matsuo T. Production of Nitrous Oxide Gas during Denitrification of Wastewater. Water Sci. Technol., 26, (5/6), 1992.-1027 – 1036
4. Munch E.V., Lant P., Keller J., Simultaneous nitrification and denitrification in bench-scale sequencing batch reactors. Water Research, 1996, **30**, p.277 – 284.
5. Goronszy M.C., Demoulin G., Newland M., Aerated denitrification in full-scale activated sludge facilities. Water Science and Technology, 1996, **34**, p.487 – 491.

КОМПЛЕКТНО-БЛОЧНАЯ БАШЕННАЯ ОЧИСТНАЯ СТАНЦИЯ КАНАЛИЗАЦИИ ЗАКРЫТОГО ТИПА

Н.И. Куликов, Е.Н. Куликова, Д.Н. Куликов, Л.Н. Приходько
ООО «Учебно-научный производственный центр», Сочи, Россия

С.В. Степанов
Научно-производственная фирма «Экос», Самара, Россия

Запроектирована и подготовлена конструкторская документация на нестандартизированное оборудование очистной станции закрытого типа для населённых пунктов с количеством жителей от 2 до 15 тыс. человек.

Поскольку выбросы в окружающую природную среду упорядочены и подвергаются обезвреживанию и обеззараживанию и в значительной степени доводятся до уровня продукта для использования в сельском хозяйстве, то зона санитарной защиты для разработанных очистных станций может быть сокращена до 50 м.

Гигиенические условия труда обслуживающего персонала очистных станций канализации, обеспечиваются на нормируемом уровне, так как микробные и вирусные аэрозоли из аэрируемых реакторов очистки сточных вод упорядочено отводятся на обеззараживание. Воздух из помещений по переработке осадков сточных вод, химлабораторий и бытовых помещений через систему вентиляции направляется во всас воздуховодов, обеспечивающих воздухом аэробные биореакторы.

Технологический процесс очистки сточных вод включает: процеживание для удаления крупных (более 2 мм) механических примесей, усреднение расходов сточных вод, трёхфазную систему аэробной, аноксидной и анаэробной обработки свободноплавающего активного ила и примесей сточных вод, доочистку и обеззараживание стоков для доведения качества очищенной сточной жидкости до уровня нормативов сброса в водоёмы рыбохозяйственного назначения.

Специфика организации биологического процесса очистки сточных вод заключается в использовании комплекса прикреплённых на волокнистой насадке и свободноплавающих гидробионтов от бактериальных форм гетеротрофов и автотрофов до олиготрофов-фильтраторов-седиментаторов зоопланктона.

При этом каждому сообществу (поэтому и трёхфазная система биоценозов) созданы благоприятные условия для жизнедеятельности.

В очистной станции предусмотрено максимальное выведение фосфора в биомассу прирастающего активного ила, исключена

традиционная аэробная минерализация ила, которая приводит к утрате фосфора илом.

Осадки сточных вод после обработки органическими флокулянтами быстро сгущаются на центрифугах или фильтр-прессах, смешиваются с измельчёнными растительными остатками (например, опилками, соломой, листвой) и подвергаются аэробному компостированию по оригинальной технологии.

Учитывая непостоянность потребления биогаза населением и предприятиями зелёного хозяйства, на очистной станции предусмотрено дозревание и накопление биогаза перед его весенней и осенней распродажами, возможна реализация сертифицированного пакетированного биогаза через торговую сеть для нужд цветоводства, парников и теплиц.

Обеззараживание очищенных сточных вод осуществляется ультрафиолетовыми лучами, что позволяет без ограничений использовать очищенные стоки для технических целей (полива зелёных насаждений, подпитки оборотных систем водоснабжения предприятий).

Снижение вдвое объёмов ёмкостных сооружений очистной станции по сравнению с традиционными очистными станциями достигается за счёт интенсификации биологических процессов, задействованием прикреплённых на волокнистой насадке биоценозов, использования трофической цепи гидробионтов с оптимальными условиями для жизнедеятельности, применения в качестве отстойных сооружений тонкослойных илоотделителей, исключения аэробных минерализаторов и переходом на аэробное биокомпостирование обезвоженных осадков, исключая потерю фосфора и других биогенных элементов из органоминерального удобрения, получаемого из осадков сточных вод.

Башенное исполнение аэробных биореакторов позволяет снизить энергоёмкость очистной станции и упростить сбор и обезвреживание отработанного воздуха.

Размещение всех коммуникаций, оборудования и ёмкостных сооружений внутри здания позволяет не только сократить эксплуатационные затраты на обслуживание арматуры, оборудования, но и улучшить условия труда персонала очистной станции, снизить его численность, в большей степени автоматизировать работу очистной станции.

Комплект очистной станции включает три основных сооружения: блок усреднителей расходов с процеживателями сточных вод и канализационной насосной станцией, здание очистной станции и здание воздухоудвигной, совмещённой с помещениями компостирования, дозревания и накопления осадков сточных вод, переработанных в биогаз.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ СТАНЦИЙ ПОДЗЕМНОГО ХРАНЕНИЯ ГАЗА

С.Б. Ошеров, В.А. Петунин, М.А. Стародубцева

ДООО «Газпроектинжиниринг», Воронеж, Россия

При эксплуатации подземных хранилищ газа (ПХГ) образуются различные виды сточных вод – бытовые, попутные, производственные и поверхностные (дождевые). Наибольшую опасность для окружающей среды представляют производственные и попутные стоки (пластовые воды), которые образуются на всех ПХГ и характеризуются большим разнообразием химического состава, повышенной минерализацией, высокой загрязненностью нефтепродуктами и реагентами. Высокое солесодержание и большое разнообразие компонентов-загрязнителей делает нецелесообразным очистку этих сточных вод до такой степени, чтобы их можно было использовать в оборотном водоснабжении или отвести в открытые водоемы.

Наиболее целесообразным и радикальным методом утилизации промышленных стоков ПХГ является подземное захоронение в глубокие поглощающие горизонты, откуда они извлекаются при отборе газа. В газовой промышленности этот метод принят повсеместно.

Эксплуатация глубокопогруженных горизонтов для захоронения промстоков должна быть рассчитана на продолжительное время и предусматривать, независимо от режима закачки (постоянного или периодического), заполнение фильтрующего пространства породы стоками и оттеснение пластовой воды по пласту. При этом формируются гидрохимические системы «промсток – пластовая вода» и «промсток – порода», в которых протекают разнообразные физико-химические процессы между жидкой и твердой фазами (растворение, выщелачивание, окислительно-восстановительные реакции, катионный обмен, сорбция, десорбция, деятельность бактерий в анаэробных условиях, набухание). Все это ведет к изменению фильтрационно-емкостных свойств пород и может приводить к кольматации порового пространства.

Основные требования к стокам при заводнении пластов устанавливались ОСТ 39-225-88 по следующим показателям:

- совместимость с пластовой водой и породой;
- значение рН среды должно составлять 4,5 – 8,5;
- содержание взвесей, плавающей и эмульгированной нефти в зависимости от фильтрационно-емкостных и литологических свойств пласта;

- содержание окисного железа не должно превышать 3 мг/дм³;
- стоки не должны быть агрессивны по СО₂, сероводороду и органическим кислотам. При коррозионной активности стока $\geq 0,1$ мм/год необходимо предусматривать мероприятия по антикоррозионной защите трубопроводов и оборудования;
- не допускается присутствие сульфатовосстанавливающих бактерий;
- не допускается совместное присутствие двухвалентного железа и сероводорода;
- содержание растворенного кислорода не должно превышать 0,2 мг/дм³;
- набухаемость глин в стоке не должна быть выше ее значений в пластовой воде.

Действующий на сегодняшний день РД 51-31323949-48-2000 «Гидрогеологический контроль на полигонах закачки промышленных сточных вод» был утвержден и введен в действие в 2000 году. Он устанавливает следующие требования к сточным водам, закачиваемым в поглощающие горизонты: рН = 4,5 – 8,5, содержание нефтепродуктов – 150,0 мг/дм³, мехпримесей – до 300 мг/дм³, железа трехвалентного – до 3,0 мг/дм³, не допускается совместное присутствие двухвалентного железа и сероводорода.

В настоящее время из всего объема производственных и пластовых вод, образующихся при добыче газа, лишь незначительная часть проходит простейшую очистку перед закачкой в пласт, что приводит к снижению приемистости поглощающих скважин и загрязнению подземного горизонта. Ввиду высокого содержания сероводорода, углекислого газа и двухвалентного железа, создается агрессивная среда и происходит ускоренная коррозия трубопроводов и оборудования насосных станций по закачке в пласт и поглощающих скважин, что требует значительных затрат на защиту от коррозии, на реновацию существующих скважин и бурение новых.

Проблема закачки в поглощающие горизонты производственных и пластовых сточных вод особенно остро стоит на Северо-Ставропольском подземном хранилище газа. Проведенные научно-исследовательские работы определили гораздо более жесткие требования к содержанию различных ингредиентов в очищенных стоках, а именно: рН 7 – 8, Fe²⁺ – отсутствие, взвешенные вещества – 20 мг/дм³, нефтепродукты – 15 мг/дм³, коррозионная активность – $< 0,1$ мм/год.

Для доведения качества стоков, закачиваемых в пласт, до вышеописанных требований на двух действующих компрессорных станциях (КС) было осуществлено строительство очистных сооружений промстоков.

Суммарный объем стоков, поступающих на одни локальные очистные сооружения (ЛОС-1) – 200 м³/сут, на ЛОС-2 – 70 м³/сут. В связи

с близким составом сточных вод, описание существовавшей ранее и предлагаемой к рассмотрению схем очистки приводится на примере станции очистки промстоков ЛОС-2. Характеристика производственных сточных вод, поступающих на ЛОС-2, приведена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика производственных сточных вод

Наименование загрязняющих веществ	Концентрация загрязняющих веществ до очистки, мг/л	Требования к концентрации загрязняющих веществ, мг/л
pH	5,7 – 5,9	4,5 – 8,5
Нефтепродукты	2000,0 – 3000,0	15,0
Механические примеси	350,0 – 400,0	15,0
Fe ³⁺	130,0 – 150,0	0,3
Fe ²⁺	59,0 – 168,0	отсутствие
Минерализация	450,0 – 600,0	не менее 100

В период отбора газа в производственную канализацию поступают сточные воды от дегазаторов, из емкости сбора рефлюкса и от котельной. В летнее время, в период закачки газа – только сточные воды от промывки оборудования.

Промышленные сточные воды от площадки КС самотеком поступали в существующий резервуар-накопитель, который работал как простейшая нефтеловушка. Сюда же подавались сточные воды от отопительной котельной площадки КС и сточные воды от газораспределительных пунктов (ГРП). Далее сточные воды насосами закачивались в поглощающую скважину.

Нефтеотходы сжигались на газофакельной установке (ГФУ). Механические примеси зачищались из резервуара вручную и вывозились для утилизации на свалку.

Следует отметить, что подобные схемы очистки производственных стоков ПХГ характерны для газовой отрасли и часто очищенные стоки не отвечают требованиям на закачку в поглощающие горизонты.

Схема запроектированной и построенной станции очистки промстоков включает набор сооружений и установок, которые обеспечивают выполнение различных технологических процессов, включающих несколько последовательных этапов:

- нейтрализация стоков до pH 7 – 8;
- усреднение расхода сточных вод с продолжительностью до 2-х суток при максимальном притоке;
- улавливание и сбор в приемках нефтеловушки тяжелых минеральных веществ;

- седиментация нефтесодержащих примесей и частичное окисление остаточных загрязнений в отстойной емкости нефтеловушки; время отстаивания определялось опытным путем и составило не менее двух суток;
- кавитационное окисление и флотационное разделение примесей;
- фильтрация и сорбция нерастворенных примесей;
- коагуляция и окисление остаточных загрязнений;
- седиментация взвеси в тонком слое;
- фильтрационная доочистка стоков на механических осветлительных фильтрах.

При разработке технологической схемы были приняты во внимание сложный и нестабильный состав сточных вод, поступающих на очистку, их переменный расход, а также отсутствие опыта очистки подобного вида стоков. В результате в схеме было использовано широко известное оборудование, в том числе применяемое при водоподготовке. В результате сочетания нескольких стадий обработки удалось разработать технологию, позволяющую достичь необходимого качества очищенных стоков.

Работы по внедрению новой технологии очистки сточных вод проводились в несколько этапов.

На первом этапе в 2000 г. был разработан рабочий проект на основе требований, определенных при проведении научно-исследовательских работ, с учетом дополнительных требований природоохранных органов Ставропольского Края.

Задачей второго этапа являлось проведение строительно-монтажных работ и выполнение инжиниринговых услуг по поставке технологического оборудования и промышленной арматуры.

На последнем этапе выполнялись монтаж оборудования и пуско-наладочные работы.

В процессе пуско-наладочных работ была отработана взаимосвязь основных технологических параметров каждого аппарата с учетом рецикла сточной жидкости, являющейся рабочей жидкостью для гидропривода удаления пены из флотатора. Кроме того, предусмотренный проектом, выполненный в 2000 г., коагулянт – сернокислое железо был заменен на оксихлорид алюминия марки «АКВА-АУРАТ», были уточнены расходы реагентов, подаваемых на очистку и места их ввода, при этом установлено, что фактические расходы меньше расчетных.

При эксплуатации станции очистки на реальных стоках в период окончания отбора газа и начала промывки трубопроводов и аппаратов (наиболее неблагоприятные условия) были получены результаты, представленные в табл. 2.

Таблица 2. Эффект очистки сточных вод

Наименование загрязняющих веществ	Концентрация загрязняющих веществ, мг/л		Эффект очистки, %
	до очистки	после очистки	
рН	5,7 – 5,9	6,0 – 8,0	–
Нефтепродукты	8640,0	12,0	99,9
Механические примеси	20825,0	15,0	99,9
Fe ³⁺	11,17	не обнаружено	99,9
Fe ²⁺	139,63	не обнаружено	99,9

Проведенный анализ результатов химического контроля технологических процессов показал, что фактическое содержание загрязняющих веществ в исходных стоках часто значительно превышает расчетные значения. Несмотря на это, на сооружениях достигнутый эффект очистки промстоков выше проектного.

Опыт эксплуатации показал, что данная технология, основанная на сочетании широко применяемого, давно известного оборудования, при грамотном использовании реагентов, позволяет добиться высокой степени изъятия различных загрязняющих веществ, содержащихся в производственных стоках и попутных водах, перед их закачкой в глубокие поглощающие горизонты и до минимума снизить отрицательное воздействие на подземные воды и геологическую среду.

УДК 628.33

ВЛИЯНИЕ ФЛОТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА БИОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ АКТИВНЫМ ИЛОМ

Л.Н. Синева

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

Решение проблемы защиты водоемов от загрязнения во многом определяется эффективностью очистки стоков перед их сбросом в водоем.

Решающая роль в процессах очистки принадлежит и, безусловно, будет принадлежать в дальнейшем методам биологической очистки.

Считается, что основным приемом интенсификации работы биологических сооружений является увеличение массы микроорганизмов, участвующих в процессах окисления загрязнений. Так с повышением дозы

активного ила с 1 – 2 до 25 г/л происходит пропорциональный рост окислительной мощности аэротенков с 0.5 – 1 до 12 кг БПК/м³·сут. При этом следует учитывать, что положительный эффект может быть достигнут только при полном обеспечении биохимического процесса кислородом, создании оптимального гидродинамического режима в биохимическом реакторе, выравнивании нагрузок на активный ил.

Решающую роль в обеспечении высокой окислительной мощности биохимического реактора, работающего при высоких концентрациях активного ила, играет скорость растворения кислорода в иловой смеси. Одновременно с этим система аэрации должна создавать достаточную степень турбулизации среды во всем объеме реактора, с тем, чтобы обеспечить необходимую частоту обновления поверхности хлопьев активного ила и, соответственно, максимально возможные скорости диффузии субстрата и растворенного кислорода к бактериальным клеткам, отвод от них продуктов метаболизма.

При очистке высококонцентрированных сточных вод с использованием высоких доз активного ила реализовать все перечисленные требования достаточно сложно. Так, например, сложно обеспечить активный ил потребным количеством кислорода, обеспечить достаточную турбулизацию среды и, прежде всего, сложно удерживать высокие концентрации ила в традиционных вторичных отстойниках. Вынос ила из вторичных отстойников снижает его массу в биохимическом реакторе, из-за чего резко возрастает нагрузка на ил, что, как правило, может оказать ингибирующее воздействие на процессы биохимического окисления. Окислительная мощность сооружений существенно снижается.

Таким образом, для обеспечения интенсификации работы биологических сооружений за счет увеличения концентрации активного ила в зоне аэрации, следует использовать методы и сооружения, позволяющие удерживать высокие концентрации ила в системе, а также обеспечивать его должными концентрациями кислорода. Такими методами являются флотационные методы, позволяющие при малой продолжительности процесса (до 40 мин) разделять концентрированные иловые смеси, одновременно исключив пребывание активного ила в анаэробных условиях, создать условия для максимально возможных скоростей диффузии растворенного кислорода к бактериальным клеткам, выравнивать нагрузки на ил за счет рециркуляции ила и сточной воды.

Как показали исследования, проведенные при очистке высококонцентрированного стока молочного завода с производством казеина (исходные показатели качества стока приведены в таблице), при концентрации активного ила 6 – 10 г/л продолжительность изъятия органических загрязнений во флотационных аэротенках сопоставима с продолжительностью флотационного разделения иловой смеси (0,5 – 1,1 ч).

Показатели качества сточных вод молочного завода

Наименование показателей	Ед. изм.	Концентрации
Взвешенные вещества,	мг/дм ³	<u>33069-494*</u> 902**
ХПК	мгО ₂ /дм ³	<u>49900-687</u> 5650
БПК ₅	мгО ₂ /дм ³	<u>24220-410</u> 3559
Азот аммонийный	мг/дм ³	<u>262-95</u> 113
Азот нитритов,	мг/дм ³	–
Азот нитратов	мг/дм ³	–
рН		<u>4,4-8,6</u> 6,4

* диапазон значений показателя;

** среднее значение показателя.

Обеспечение биохимического процесса кислородом происходит за счет воздуха, вводимого в рециркуляционный активный ил. Кратковременное (3 – 5 мин) выдерживание активного ила в напорном баке при давлении выше атмосферного существенно увеличивает его активность. Визуально ил не образует крупных хлопьев, имеет светло-коричневый, серо-желтый цвет, его дегидрогеназная активность (ДГА) значительно выше ДГА ила из обычных модельных аэротенков, работающих на том же стоке. Так ДГА флотационного ила достигает 30 – 56 мг/г, в то время как дегидрогеназная активность ила обычных модельных аэротенков колеблется в пределах 0,3 – 5,8 мг/г, а в некоторых случаях при нагрузке на ил более 900 мг ХПК/г·сут, ДГА ила была меньше ДГА воды, что свидетельствует об ингибировании ила высококонцентрированной сточной водой в обычных аэротенках. Это явление никогда не наблюдалось при флотационной очистке стока. Так как дегидрогеназы относятся к окислительно-восстановительным ферментам, отнимающим водород от окисляемого субстрата, то их высокое содержание характеризует высокую активность процесса разложения органического вещества. Эффективность очистки высококонцентрированных сточных вод с высокими дозами ила флотационным разделением иловой смеси и насыщением ила воздухом при избыточном давлении достигала 78 – 85 % при времени аэрации 0,5 – 1,1 ч. Кроме того, ил отличался повышенной окислительной способностью, имел малую скорость роста, что приводило к низкому его приросту. Такое соотношение энергетического и конструктивного обмена является положительным явлением при очистке сточных вод, прежде всего, концентрированным по органическим загрязнениям.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

В.Т. Каплин, А.Т. Богогосян

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

Под доочисткой сточных вод подразумевают методы и процессы, дополняющие традиционные технологические схемы двухступенчатой очистки (механическая + биологическая) сточных вод данного состава. Возможная степень удаления загрязняющих веществ неорганического и органического происхождения в процессе третичной очистки (доочистки) практически неограничена. Эффективность доочистки определяется условиями сброса неочищенных сточных вод в водные объекты, подачи воды на технические нужды, рекреационное обводнение, для орошения в сельском хозяйстве и др. В каждом конкретном случае должны учитываться экономические соображения.

С позиций улучшения качества воды, охраны окружающей среды сорбенты природного происхождения рассматриваются не только как очень доступные и дешевые материалы, способные эффективно связывать и нейтрализовать токсичные для растений, животных и человека отходы промышленного и сельскохозяйственного производства, но и как экологически чистое, не загрязняющее окружающую среду сырье.

Сохранять нормальное функционирование водных экосистем и поддерживать требуемое нормированное качество воды традиционными способами становится все более затруднительным из-за дороговизны химических реагентов, необходимости их доставки часто на значительные расстояния, транспортных расходов.

В связи с этим требуется поиск новых приемов, которые были бы более доступны производителям, дешевле существующих и менее трудоемки при их использовании.

В разработке физико-химических методов улучшения качества воды (доочистки воды) все актуальней становится проблема улучшения экологической обстановки за счет широкого использования в водоохранных целях дешевых и доступных материалов природного генезиса, способных поглощать из водной среды различные загрязнители.

В качестве основы для приготовления новых сорбентов предлагаются бентонитовые глины Ростовской области.

Бентониты представляют собой плотные тонкодисперсные высокопластичные глины со слоистым строением кристаллической решетки.

Выделяются щелочные (натриевые или калий-натриевые) и щелочноземельные (кальциевые, магний-кальциевые и калий-магниевого) разновидности. Сорбционная активность бентонитов наиболее активно проявляется у щелочных разновидностей.

Общие ресурсы бентонитовых глин Ростовской области составляют более 650 млн. т. По минеральному составу они монтмориллонитовые, относятся к типу щелочноземельных осадочных бентонитов, приурочены к отложениям полтавской серии неогена и Киевской свиты палеогена.

Не активированные глины обладают высокой способностью к поглощению нефтепродуктов, пестицидов, фенолов, тяжелых металлов (ртути, свинца, цинка, никеля, кобальта) и др. После активации серной кислотой бентониты могут применяться как высококачественные отдельные глины при очистке масел.

По особенностям строения, химическому составу, физико-химическим свойствам можно выделить три большие группы природных сорбентов: дисперсные кремнеземы, слоистые и слоисто-ленточные силикаты, каркасные силикаты (цеолиты). Кроме того, в практике водоочистки могут быть использованы природные образования, не относящиеся к вышеуказанным группам сорбентов: перлит, асбест, бокситы, магнезит, доломит и др.

Дисперсные кремнеземы имеют осадочное происхождение. Они на 60 – 95 % состоят из аморфного SiO_2 . Различают три типа кремнеземовых пород: диатомиты, трепелы и опоки. Они отличаются друг от друга своим генезисом, физическими и физико-химическими характеристиками.

Слоистые и слоисто-ленточные алюможелезوماгниевого силикаты по особенностям пористой структуры можно разделить на три типа:

- слоистые силикаты с расширяющейся структурной ячейкой (основные представители – монтмориллонит и вермикулит),
- слоистые силикаты с жесткой структурной ячейкой (каолинит, гидрослюда, глауконит, пирофиллит, тальк),
- слоисто-ленточные силикаты (палыгорскит и сепиолит).

К каркасным силикатам относятся: цеолит, содалит, к группе фельдшпатоидов – нефелин, скаполит, канкринит. Эти минералы имеют отрицательно заряженный трехмерный алюмосиликатный каркас. В отличие от фельдшпатоидов – природные цеолиты содержат в своих микрополостях кроме ионов-компенсаторов избыточного отрицательного заряда адсорбированные молекулы воды.

Наибольший интерес среди природных сорбентов представляют цеолиты, опал-кristобалитовые породы (опоки, трепелы, диатомиты), бентонитовые и палыгорскитовые глины, глаукониты, вермикулиты и перлиты.

Анализ сырьевой базы природных сорбентов дает наглядное представление об их неограниченных запасах, широкой географии

месторождений (общий прогноз на ресурсы в 130 – 140 млрд. т). По характеру кристаллической структуры и проявлению адсорбционных и других свойств природные сорбенты подразделяются на две группы. Первую составляют сорбенты с кристаллической структурой: цеолиты (с жесткой решеткой каркасного типа), бентониты и палыгорскиты (слоистые и ленточно-слоистые сорбенты глинистого типа с разбухающей структурой), глаукониты и вермикулиты (слоистые сорбенты преимущественно неразбухающего глинистого типа). Ко второй группе относятся сорбенты с аморфной гелево-пористой структурой (опал – кристаболитовые породы, перлиты).

В связи с различиями минерального состава и кристаллоструктурного состояния физико-химические и технологические свойства природных сорбентов весьма разнообразны. Так, например, высокой ионообменной способностью обладают цеолиты, бентониты, вермикулиты, а наибольшей удельной поверхностью – палыгорскиты и опоки. В таблице представлены основные физико-химические показатели природных сорбентов.

Основные физико-химические показатели природных сорбентов

№ п/п	Породно-минеральный тип	Породо-образующие минералы	Ионообменная способность, г-экв/кг	Удельная поверхность, м ² /кг·10 ⁻³	Пористость, %	Эффективный диаметр пор, Нм
1	Цеолит	клиноптилолит, морденит, филит, шабазит	0,5 – 1,5	47 – 95	20 – 53	0,3 – 0,6
2	Опока, диатомит, трепел	опал, опалкристаболит, кристаболит	0,8 – 0,12	130 – 150 (опоки) 20 – 60 (диатомиты)	от 40 (опоки) до 75 (диатомиты)	от 2 – 3 (опоки) до 100 и более (диатомиты)
3	Бентонит	монтмориллонит	0,6 – 1,0	34 – 677	20 – 40	1 – 7
4	Палыгорскит	палыгорскит, монтмориллонит	0,2 – 0,3	100 – 200	55 – 65	от 0,4 – 0,6 до 100 – 200
5	Глауконит	глауконит, глауконит-монтмориллонит	0,1 – 0,4	100 – 115	нет данных	3 – 5
6	Вермикулит	вермикулит, гидрослюда	0,43 – 1,16	нет данных	нет данных	более 100*
7	Перлит	стекло кислое гидратированное	0,05 – 0,1	1,3 – 2,5	80 – 90*	более 100*

* – для вспученных разностей

В зависимости от размера пор выделяются сорбенты:

- ультрамикropористые со свойствами молекулярных сит – цеолиты, палыгорскиты;
- микро- и переходно-пористые – опоки, бентониты, глаукониты;
- макropористые – диатомиты и перлиты.

Большой интерес для дальнейших исследований представляют бентонитовые глины, глауконитовые пески, широко распространенные на территории Ростовской области.

Примечательно и то, что качественные показатели природных сорбентов могут быть многократно повышены и модифицированы путем активации различными методами: кислотным, щелочным, комбинированным, солевым, термическим. Это дает возможность создавать новые материалы с заданными физико-химическими свойствами применительно к решению конкретных задач.

Благодаря разнообразию вещественного состава и физико-химических свойств, природные сорбенты относятся к сырью многоцелевого назначения. Они уже активно используются в десятках отраслей промышленности и сельского хозяйства в качестве адсорбентов, удобрений на полях и рыбоводных прудах различных наполнителей и др.

УДК 628.356.3:637.1

ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.П. Костюков, О.В. Масловский, Е.Г. Угроватова

Проектный научно-исследовательский институт водоснабжения и водоотведения
ЮРГТУ (НПИ), Новочеркасск, Россия

Расширение продукции молочной отрасли, появление новых технологий обработки молока ведёт к увеличению объёма сточных вод. Их очистка и обеззараживание представляют собой многостадийный и энергоёмкий процесс. Традиционные методы очистки данной категории сточных вод обычно предусматривают биологическую очистку, но она требует значительного времени пребывания сточной воды в сооружениях. Это связано с низкой эффективностью существующих аэрационных систем, которые не способны обеспечить подачу в сооружение требуемого количества кислорода и высокую скорость для осуществления биологического окисления органических загрязнений.

В последнее время появился ряд технологий по очистке сточных вод молочной промышленности, но они остаются, тем не менее, ещё не

достаточно эффективными, что существенно влияет на себестоимость выпускаемой продукции. В связи с этим, актуальной задачей остаётся сокращение продолжительности обработки сточных вод, не снижая качества очистки.

Для решения этой задачи нами предлагается двухступенчатая обработка сточных вод молочных предприятий. На первой ступени предусматривается дрожжевое сбраживание сыворотки, накопленной культурой молочно-кислых бактерий, которые производят деструкцию сложных органических соединений. На второй ступени – традиционная биологическая очистка в условиях аэротенка.

По-нашему мнению, дрожжевое сбраживание позволит снизить общее время пребывания сточных вод в системе очистных сооружений по сравнению с аэробной обработкой в одну ступень и не ухудшит качества обработанной воды. Для проверки высказанных соображений была проведена серия экспериментальных исследований.

В качестве объекта исследования использовали сыворотку Новочеркасского молочного завода. В исследованиях контролировались: ХПК – до, и после очистки, величина илового индекса и дозы ила в аэротенке, концентрация кислорода, при этом изменялась величина рН. Было проведено две серии опытов. Первую серию выполняли с предварительно сброженной сывороткой. Во второй серии производили только биологическую очистку. Условия эксперимента (температура, количество подаваемого кислорода, доза ила в аэротенке) в обоих случаях были одинаковы. Сбраживание сыворотки осуществляли в термостате, в качестве культуры использовали пищевые дрожжи (Стандарт СТ 3522). В процессе исследований производилось предварительное подщелачивание сыворотки 10 % раствором NaOH (с рН = 3,5 – 6), так как анаэробный процесс протекает с максимальной скоростью при значениях рН = 6 – 8 [1]. Определение ХПК проводили согласно ПНД Ф 14.1:2.100-97 [2]. В опытах по определению концентрации кислорода методика заключалась в предварительном насыщении модели сточных вод кислородом. Это достигалось при длительной продувке воздухом. Смесь помещали в стеклянную ёмкость объемом 125 мл. В неё же вводили промытый активный ил и датчик кислородомера. В течение 15 мин вели наблюдение за изменением количества кислорода при постоянном перемешивании содержимого ёмкости с помощью магнитной мешалки. Экспериментальные зависимости строили по трём параллельным опытам.

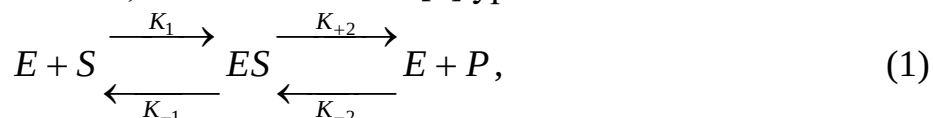
В результате исследований было установлено, что предварительное сбраживание исследуемой сыворотки ведёт к снижению ХПК в среднем на 25 – 30 % при исходном его значении около 40000 мгО₂/дм³. Кроме того, наблюдалось обильное газовыделение и снижение рН с 3,9 до 3,5 единиц.

На второй ступени очистки сброженную сыворотку помещали в ферментёр с аэробной биомассой. Нагрузка по ХПК составляла

200 мгО₂/г сухого вещества (ила) и ограничивалась существующей аэрационной системой. Дозу сыворотки определяли таким образом, чтобы начальное значение ХПК в аэротенке составляло 2000 мгО₂/дм³. Наблюдали снижение ХПК с 2000 мгО₂/дм³ до 100 – 120 мгО₂/дм³. Дозу ила в аэротенке поддерживали 3 г/дм³. Также периодически производили подщелачивание с рН 6,7 до 7,8. В дальнейшем отмечали увеличение рН среды за счёт продуктов метаболизма, коррекцию рН не производили. При увеличении нагрузки в 2 раза (400 мгО₂/г сухого вещества ила) ХПК снижалось с 4000 мгО₂/дм³ до 300 мгО₂/дм³. Активный ил второй ступени отличался низким значением илового индекса I = 100 – 120, надосадочная жидкость была прозрачной.

При работе с сывороткой без сбрасывания нагрузка по ХПК составляла 330 мгО₂/г сухого вещества ила. Использовали тот же активный ил, что и для первой и второй серии опытов. Наблюдали обильное пенообразование в аэротенке, чего не происходило в предыдущей серии опытов. Надосадочная жидкость была мутноватой, значение илового индекса находилось в пределах 150 – 200. На выходе из аэротенка наблюдали высокие значения ХПК: 300 – 400 мгО₂/дм³. В процессе исследований изучалось также влияние ХПК, дозы ила, илового индекса на скорость биохимического окисления.

Как известно, в основе биологической очистки сточных вод лежит окисление органических загрязнений микроорганизмами активного ила в аэробных условиях. В результате этого, образуются более простые органических соединения, часть из которых подвергается дальнейшему окислению до СО₂ и Н₂О, что описывается [3] уравнением



где: S – субстрат;

E – фермент;

ES – ферментно-субстратный комплекс.

Далее воспользуемся формулой Михаэлиса-Ментен для определения скорости реакции:

$$V = \frac{V_{\max} \cdot S}{K_s + S}, \quad (2)$$

где $V_{\max}$ – максимальная скорость реакции;

S – концентрация субстрата;

K_s – константа насыщения.

Сделав соответствующие преобразования, получим уравнение следующего вида:

$$\frac{1}{V} = \frac{K_s}{V_{\max}} \cdot \frac{1}{S} + \frac{1}{V_{\max}} \quad (3)$$

Величины $\frac{1}{V_{\max}}$ и $\frac{K_s}{V_{\max}}$ могут быть найдены по графикам, построенным в результате экспериментального определения скорости окисления. На основании полученных данных был построен график (рис. 1), из которого видно, что прямая, пересекая ось ординат, даёт искомое значение $\frac{1}{V_{\max}} = 0,042$. Прямая, пересекающая ось абсцисс, указывает на значение $\frac{1}{K_s} = -0,014$.

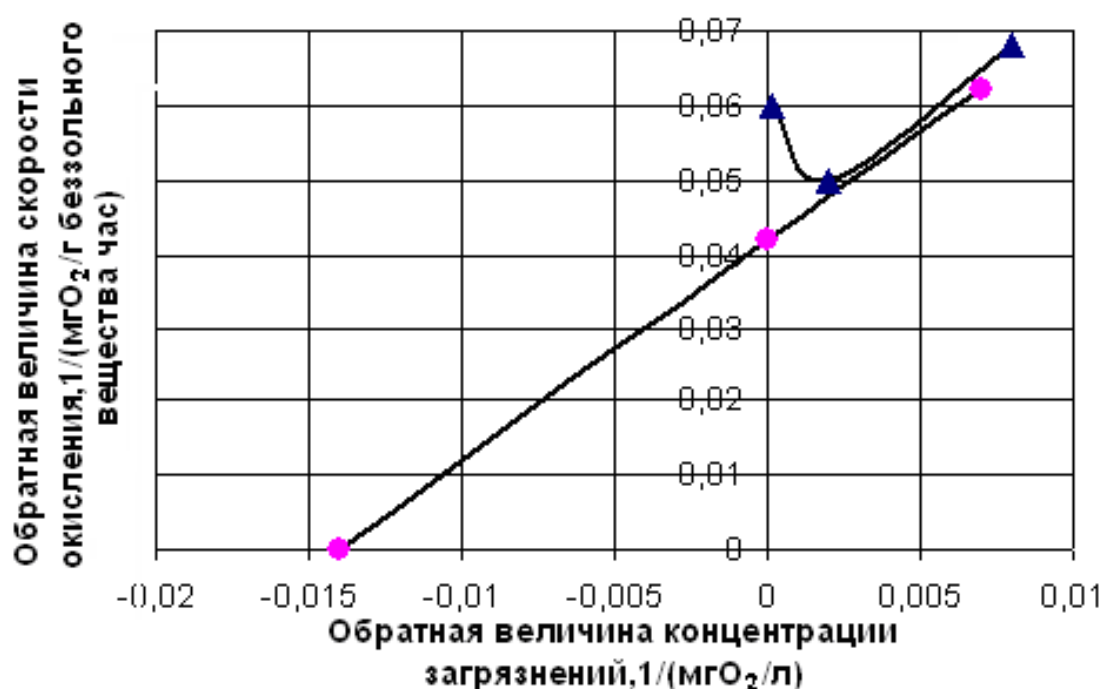


Рисунок 1. График двойных обратных величин для сброженной сыворотки

Подставив в уравнение (2) значения $\frac{1}{K_s}$ и $\frac{1}{V_{\max}}$ получаем

$$V = \frac{23,8 \cdot S}{71,4 + S},$$

где: S – переменная величина.

Аналогичный расчёт проводим для сыворотки без сбраживания.

Из графика (рис.2) можно определить, что

$$\frac{1}{K_s} = -0,0016, \quad \frac{1}{V_{\max}} = 0,035, \quad \text{тогда } V = \frac{28,6 \cdot S}{625 + S}.$$

Зададимся значениями величины S и подставим их в полученные уравнения. На основании этого построим следующие зависимости (рис. 3)

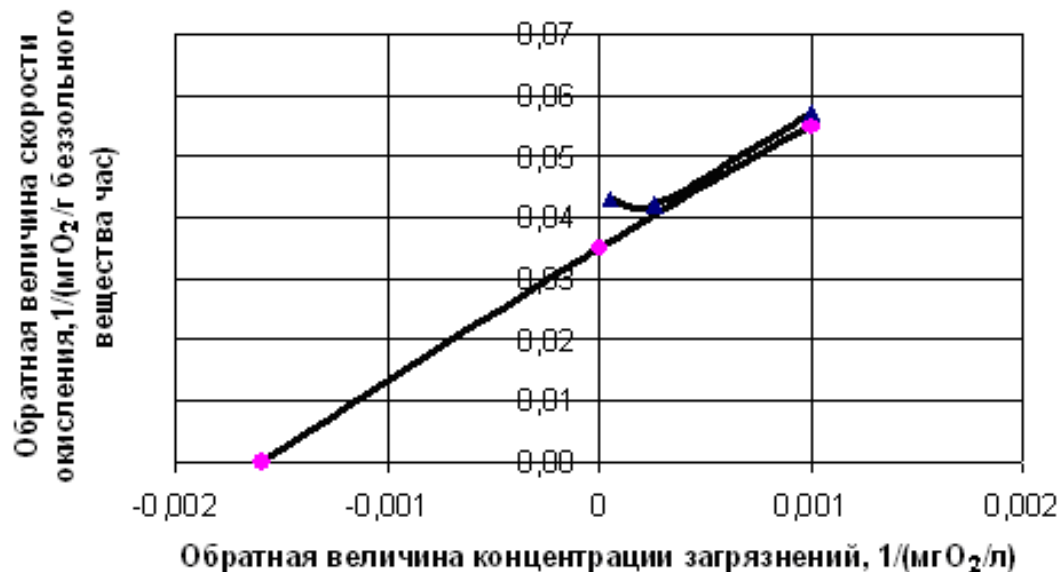


Рисунок 2. График двойных обратных величин для сыvorотки без сбраживания

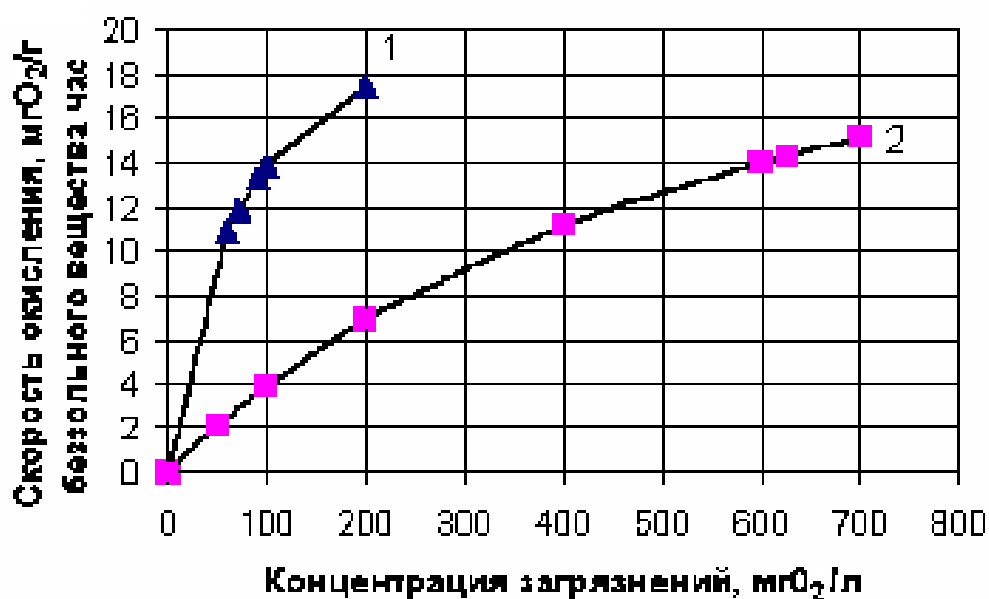


Рисунок 3. График зависимости скорости окисления от концентрации загрязнений: 1 – предварительное сбраживание; 2 – без сбраживания

Из графика видно, что для окисления загрязнений с концентрацией $100 \text{ мгO}_2/\text{л}$ при предварительном сбраживании, требуется скорость равная $14 \text{ мгO}_2/\text{г беззольного вещества}$. Для осуществления той же задачи в варианте без сбраживания, скорость будет в 3,5 раза ниже. Таким образом, предварительное сбраживание показывает более высокую скорость окисления.

На основании вышеизложенного предлагается следующая технологическая схема очистки (рис. 4):

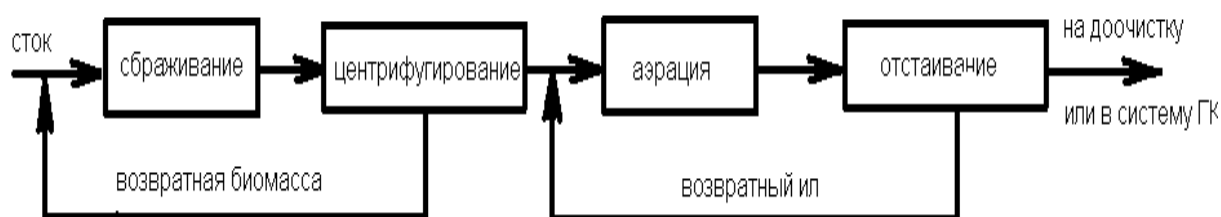


Рисунок 4. Технологическая схема очистки сточных вод молочного предприятия

Проведённые исследования показали, что предварительное сбраживание позволяет снизить нагрузку на очистные сооружения и значительно увеличить скорость окисления органических загрязнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Хенце, П. Армоэс, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван. Очистка сточных вод. М.: Мир. 2004. 480 с.
2. Количественный химический анализ вод: методика выполнения измерений химического потребления кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом ПНД Ф 14.1:2.100-97 / Гос. комитет РФ по охране окружающей среды, ГХИ и МНПП «АКВАТЕСТ»:-М., 1997. 9 с.
3. Яковлев С.В., Скирдов И.В., Швецов В.Н. и др. Биологическая очистка производственных сточных вод. Процессы, аппараты и сооружения М.: Стройиздат. 1985. 208 с.

УДК 628.16

НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОКОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ ПОДПИТКИ ОБОРОТНОЙ СИСТЕМЫ

Е.Г. Никифорова, В.В. Авдеев

ОАО «АвтоВАЗ», Тольятти, Россия

С.В. Гетманцев

ОАО «Аурат», Москва, Россия

В.П. Овчинников, Ф.И. Чуриков

ЗАО «ПП «Таурат»», Казань, Россия

Важнейшими задачами в очистке сточных вод цеха «Пассавант» являются: повышение качества воды для повторного использования,

стабильность процессов обработки в коагуляторах, снижение выноса взвешенных веществ в блок фильтровальной станции и улучшение экономических и экологических показателей системы ОС.

Цель работы – определить возможность применения коагулянта «АКВА-АУРАТ™30» (АА30) в сравнении с технологией очистки с использованием традиционного сульфата алюминия (СА) для решения перечисленных задач.

Технологическая схема очистки сточных вод на станции «Пассавант» для подпитки системы оборотного водоснабжения «АвтоВАЗ» многостадийна. Она включает следующие операции: объединение стоков с расходом 85000 м³/сут в приемной камере; безреагентное осветление воды в горизонтальных отстойниках (5 шт по 700 м³) с зоной осаждения и всплытия ГДП (органика – масла и др.); введение в сборный канал известкового молока (нейтрализация кислых стоков с рН < 6,5 до рН = 7,5 – 8,0) и, одновременное введение коагулянта и бентонита по разным линиям, дозирование флокулянта в каждый коагулятор; хлопьеобразование и сорбционная очистка стоков в коагуляторах; отвод осветленной воды и доочистка её в блоке фильтровальной станции (16 фильтров, загрузка керамзит); возврат осветленной воды на повторное использование в кольцевую оборотную систему.

В качестве коагулянта используется СА в дозах 130 – 200 (средняя 160) г/м³ по товарному продукту; по Al₂O₃ 19 – 30 (среднее 24) г/м³. Доза бентонита 55 г/м³. Флокулянт – Праестол 2510, доза 0,4 г/м³ при применении СА и 0,36 г/м³ при применении АА30.

Характеристики стоков, поступающих на очистку и прошедших ОС в период производственных испытаний (ПИ) «АКВА-АУРАТ™30» приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики стоков в период ПИ

№ п/п	Ингредиенты, показатели	Стоки	Осветленные СВ после коагуляторов	Дочищенные стоки после фильтров	Норматив	Эффект очистки, %
1	2	3	4	5	6	7
1.	рН	7,3 – 8,5	7,3 – 7,9	7,1 – 7,5	7,0 – 7,5	-
2.	Взвешенные вещества, мг/л	180 – 260	20 – 31	5 – 9	< 10	94 – 95
3.	Нефтепродукты, мг/л	42 – 64	7,5 – 9,8	1,1 – 2,0	< 10	95 – 96
4.	ХПК, мгО ₂ /л	312 – 415	-	170 – 210	не норм.	45 – 49

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
5.	Перманганатная окисляемость, $\text{MgO}_2/\text{л}$	15 – 20	-	13 – 17	не норм.	13 – 15
6.	Сульфаты, $\text{Mg}/\text{л}$	115 – 165	-	110 – 163	< 350	не возрастают
7.	Хлориды, $\text{Mg}/\text{л}$	130 – 175	-	139 – 188	< 250	возрастают на 7-8 %
8.	Прозрачность по «шрифту», см	«нулевая»	11 – 15	18 – 27	> 16	на уровне прим. СА
9.	Al^{3+} , $\text{Mg}/\text{л}$	4,5	< 0,5	< 0,35	не норм.	

На первом этапе работы в лабораторных условиях проведены опыты по пробному коагулированию стоков для сравнения эффективности АА30 и СА и нахождения оптимальных доз реагентов в присутствии и отсутствии флокулянта. Изучение кинетики коагулирования показали, что эффект очистки стоков полиоксихлоридом алюминия (ПОХА) зависит не только от доз реагентов, но и порядка их ввода.

Применение АА30, моделирующие процессы осветления стоков в отстойниках и коагуляторах в технологической схеме «Пассаванта», не показало значительного преимущества ПОХА перед сульфатом алюминия. Несмотря на то, что процессы хлопьеобразования и седиментации при дозах АА30 более низких (2 раза) протекают энергичней без ухудшения качества очищенной воды, чем с добавками СА, улучшения экономических показателей цеха не происходит и, следовательно, внедрение АА30 становится проблематичным.

Поэтому принято решение: 1) отказаться от способа очистки стоков с помощью АА30, копирующего технологию НИИ ВОДГЕО; 2) перейти на испытание технологии фирмы «Таурат» для проверки её эффективности в автомобильной промышленности.

Пробное коагулирование по способу, предложенному авторами, подтвердило правильность принятого решения. Последующие лабораторные и ПИ показали преимущество и конкурентоспособность предложенной технологии по отношению к процессам очистки стоков с использованием СА. Оптимальные дозы АА30, обеспечивающие прозрачность осветленной воды на уровне 12 – 18 см по «шрифту» без её фильтрования, составили 4 – 6 $\text{Mg}/\text{л}$ по Al_2O_3 . Такие невысокие в сравнении с СА дозы кардинально изменили программу ПИ.

Нами исследовано влияние порядка, места ввода и доз реагентов – «АКВА-АУРАТА™30», извести, бентонита и флокулянта – на результаты

очистки сточных вод, на эксплуатационные и экономические характеристики производства.

Для того чтобы испытать новую технологию, необходимы были небольшие изменения в технологической схеме, в линии подачи растворов реагентов, привязав дозирование рабочих растворов к наиболее эффективным точкам ввода. Кроме того, была проведена модернизация реагентного хозяйства цеха в соответствии с правилами производителя АА30 по приготовлению и дозировке рабочих растворов в систему ОС. Суть предложений состоит в следующем.

- Спроектирована и смонтирована простая, но удобная с точки зрения эксплуатации и охраны труда, установка по растворению сухого АА30. Установка состоит из конической воронки, смонтированной на кронштейнах. На воронку плотно по периметру устанавливается биг-бег с сухим коагулянт (1 т). Продукт высыпается в резервуар приготовления крепкого раствора (по Al_2O_3 4 – 9 %), через наклонную, погружную в раствор пластиковую трубу диаметром 300 мм. Рабочие растворы готовят разбавлением в расходном баке с оптимальной для повышения точности дозировки концентрацией 2,5 – 2,7 %. Вода для приготовления растворов АА30 должна быть питьевого качества.
- Для улучшения состояния рабочей зоны, исключения выброса водных капель раствора реагента при барботировании его воздухом, резервуары снабжены вытяжной вентиляцией (имеется скруббер, смывы водой обратно в резервуар) и закрыты рамами с пленкой из полиэтилена, что полностью исключает загрязнение окружающей среды. В помещении реагентного хозяйства при работе с АА30 выполнены замеры воздушной среды по хлору и Al_2O_3 . Контроль показал соответствие требованиям ГН 2.2.2.5.1313-03. Содержание ингредиентов не превышало ПДК. Внедрение установки устранило жалобы персонала ОВК и ВИК на раздражающий запах и першение в горле (акт №3258/2-26- 2005) и позволило нормализовать работу.
- Особенностью новой технологии «Пассавант» является то, что использовано дробное введение флокулянта в точках, которые улучшают работу всех элементов схемы. При этом сохранена в пределах нормы суммарная доза полимера.

Доза бентонита при правильно подобранной точке ввода снижена на 10 %, что не ухудшило процессы осветления воды в коагуляторах и не нарушило баланс осадкообразования и сорбционных процессов.

Новые точки дозирования АА30, извести, бентонита и флокулянта, как показали лабораторные исследования, позволяют повысить эффективность очистки стоков не только реагентами типа ПОХА («АКВА-АУРАТ™30», «АКВА-АУРАТ™105», «АКВА-АУРАТ™10»), но и другими коагулянтами, в том числе и сульфатом алюминия ($< 90 \text{ г/м}^3$ по глинозему).

Средняя доза АА30 по товарному продукту в период ПИ новой технологии составила 28 мг/л (8 мг/л по Al_2O_3), в то время как среднесуточная доза товарного СА перед испытаниями была 150 г/л (22,5 мг/л по Al_2O_3). Снижение потребления реагента (АА30 и др.) составило более 40 %.

Снижение потребления всех реагентов очистки, применяемых в новой технологии очистки автовазовских стоков, изменило физико-химическую картину процессов агрегации и седиментации в коагуляторах.

По методике, предложенной авторами программы ПИ внедрения АА30, были исследованы режимы работы всех коагуляторов, влияющих на формирование слоя взвешенного осадка, выноса хлопьев из зоны осветления в сборные лотки очищенной воды. Подобраны параметры: число оборота ротора (и время «раскачек»), режимы удаления взвешенных веществ из зоны накопления шлама (число откачек) в сгустители для последующего его механического обезвоживания.

Роль коагулятора оказалась исключительно велика при применении низких доз реагентов – АА30. Необходимо было в короткие сроки не только обеспечить с помощью оптимальных доз полимера эффективность процессов формирования нужной структуры хлопьев, но и исключить вынос массива хлопьев в блок фильтров. Возникновение аварийной ситуации в его работе возможно при залповом выносе из коагуляторов «вспухшего ила». Это поставило бы под угрозу не только испытания нового продукта, но и привело бы к выходу из строя коагуляторов (вхождение в нормальный режим работы может занять недели), блока фильтров и ухудшению качества воды оборотной системы со всеми негативными последствиями для потребителей. Таким образом, ПИ могли повлиять на многие подразделения «АвтоВАЗ».

В ходе ПИ преодолены не только трудности в эксплуатации коагуляторов – этой мощной буферной системы между отстойниками и фильтрами, но и удалось избежать возникновения экстремальных ситуаций в цехе «Пассавант» в связи с ухудшением работы коагуляторов, возможного выноса ила и нефтепродуктов на фильтровальную станцию (которая могла выйти из строя) и в оборотную систему.

Правильным подбором числа и режимов раскачек удалось преодолеть трудности, связанные с «разжижением» шлама коагуляторов, которое могло произойти из-за уменьшения концентрации дисперсной фазы при снижении дозы коагулянта.

Буферную емкость (грязеёмкость) взвешенного слоя коагуляторов (каждый из 5 индивидуален) удалось сохранить, так как предложена работоспособная методика поддержания его рабочих параметров. Предложены рекомендации по улучшению сорбционной способности, регенерации керамзитовой загрузки фильтров, решению проблем ликвидации осадка.

В связи со снижением масштабов хлопьеобразования в коагуляторах из-за улучшения процессов осветления и всплытия нефтепродуктов в отстойниках, снижения дозы коагулянта и количества, образующихся из него хлопьев гидроксида алюминия, необходимо проведение целенаправленных исследований по совершенствованию узла обработки осадка. Работа в этом направлении является перспективной, так как она позволит улучшить экологические показатели работы «Пассавант».

Экономический эффект от замены сульфата алюминия коагулянтом «АКВА-АУРАТTM30», как показали расчеты имеет место по прямым затратам на реагенты и другим составляющим водообработки.

Показатели экономической эффективности (ЭЭ) работы новой технологии с применением АА30 в сравнении с существующей технологией с применением СА приведены в табл.2.

Таблица 2. Показатели экономической эффективности новой технологии с применением АА30

№ п/п	Реагенты, Q = 85000 м³/сут	Товарный СА		Товарный АА30	
		Потребление, т/сут	Цена, руб/т	Потребление, т/мес.; 30 сут	Затраты, руб/мес
I. Затраты при применении СА					
1	СА (произв. г. Тольятти)	14,5	3 200	435	1 392 000
2	Бентонит (Казахстан)	4,68	1 370	140,4	192 348
3	Праестол 2510 (Пермь)	0,034	92 000	1,02	93 840
4	Всего затрат:	$Z_{СА(мес)} = 1\,678\,188$			
II. Затраты при применении АА30					
1	АА30 (г. Москва)	2,38	16 000	71,4	1 142 000
2	Бентонит (Казахстан)	4,25	1 370	127,5	174 675
3	Праестол 2510 (Пермь)	0,0306	92 000	0,918	84 456
4	Всего затрат:	$Z_{АА30(сут.)} = 46\,717,7$ руб/сут; $Z_{АА30} = 1\,401\,531$ руб/мес			
III. Экономический эффект от применения АА30 (ЭЭ _{мес} ; руб/мес; руб/сут) $(ЭЭ_{мес}) = Z_{СА} - Z_{АА30} = 1\,678\,188 - 1\,401\,531 = 276\,657$ руб/мес.; $ЭЭ_{(сут)} = 9221,9$ руб/сут					
IV. Экономический эффект от применения АА30 в период ПИ (ЭЭ _{пер.пи} ; руб/пер. ПИ) $ЭЭ_{(период\ ПИ)} = 9221,9$ руб/сут · 105 сут/период ПИ = 968 299,5 руб/период ПИ					

Примечание: в расчете ЭЭ не учитывались сопутствующие затраты: транспортные, погрузочно-разгрузочные, электроэнергии, воды, тепла, чистки оборудования, коммуникаций от осадка при растворении и дозировании коагулянта, экологические [1].

Необходимо отметить, что применение АА30 снижает коррозионную активность воды по отношению к очистным сооружениям, трубопроводам подачи растворов, уменьшает износ двигателей на приготовление и подачу рабочих растворов.

Замена СА на АА30 уменьшает минерализацию воды за счет снижения содержания анионов. При введении СА в стоки в оборотную систему попадает $\approx 1,33$ г-экв/л SO_4^{2-} . В АА30 сульфаты отсутствуют, концентрация хлорид-ионов в очищенных стоках возрастает не более чем на 0,34 г-экв/л, т.е. $\approx$ в 4 раза меньше.

Кроме того, улучшаются экологические показатели производства за счет уменьшения в шламе содержания гидроксида алюминия: из СА переходит в каждый м³ очищенной воды в среднем 35г $\text{Al}(\text{OH})_3$, а с АА30 – 12,6 г. Следовательно, доля гидроксида алюминия в шламе при применении АА30 снижается почти в 2,7 раза.

ВЫВОД

Внедрение «АКВА-АУРАТTM30» в цехе «Пассавант», (ОАО «АвтоВАЗ», г. Тольятти) для очистки промстоков с целью повторного использования в системе оборотного водоснабжения позволило усовершенствовать технологию водообработки и получить экономический эффект в период производственных испытаний (105 сут) в размере 968 тыс. руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафин Р.Н., Гетманцев С.В. и др. Расчет экономического эффекта от применения коагулянтов // Водоснабжение и санитарная техника. 2003. № 9. С. 21.

III ИНФОРМАЦИОННО- РЕКЛАМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАГРУЗОК КОМПАНИИ
2H KUNSTSTOFF GMBH («MUNTERS EUROFORM»)
В ПРАКТИКЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

Н.С. Серпокрылов, И.В. Климухин

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

В.Д. Климухин, С.В. Посупонько

ООО «Ростовагропромпроект», Ростов-на-Дону, Россия

А.П. Стасюк

ООО «СТВ», Ростов-на-Дону, Россия

В семидесятые – восьмидесятые годы прошлого века в России (СССР) наблюдался настоящий бум по исследованию и внедрению в различные водоочистные технологии сооружений с тонкослойными блоками. Разработано и запатентовано множество конструктивно отличающихся сооружений, особенно в формах (в сечении) полочных блоков.

С середины 2005 г. в г. Ростове-на-Дону открыто представительство компании «MUNTERS Euroform GmbH», которая является производителем тонкослойных элементов и различных загрузок для иммобилизации микрофлоры. С апреля 2006 г. в ходе реорганизации эта компания работает под названием 2H Kunststoff GmbH и входит во всемирно известную корпорацию GEA (Германия). В ЮФО Российской Федерации продукцию компании представляет ООО «СТВ», директор Стасюк А.П. (тел.: (8-863) 263-30-98; факс: (8-863)263-32-51, e-mail: ripgp@aanet.ru; www.ctb-rd.ru).

Компанией разработаны разнообразные конструкции тонкослойных элементов и материалов для обеспечения оптимального гидродинамического режима при очистке вод от взвешенных веществ (TUBEdek).

Трубчатые сепараторы противоточного типа (тонкослойные модули) TUBEdek изготавливаются из экструдированных профилей, которые в собранном виде образуют осаждающие трубы V-образной формы или в форме шеврона, что обеспечивает полноту использования сечения и ламинарность режима при осаждении. TUBEdek может состоять из модулей различной высоты, наклона и формы (в том числе радиальной), для того чтобы обеспечить оптимальное решение в каждом конкретном случае. Использование на TUBEdek шпунтового соединения профилей обеспечивает высокую механическую прочность и позволяет осуществлять

вырезы и формирование модулей под форму большинства резервуаров (даже радиальных). Получающиеся в результате модули являются прочными и жесткими (во многих случаях по ним можно ходить при монтаже).

Стандартным материалом для производства тонкослойных модулей TUBEdek является поливинилхлорид с ультрафиолетовой стабилизацией без пластификаторов. Разработаны три типа сепараторов с различными размерами труб для очистки вод с низким и высоким содержанием взвесей.

Малые гидравлические радиусы обеспечивают условия для ламинарных потоков с низкими числами Рейнольдса. Общая площадь поверхности (проекции) увеличивается от 5 до 15 раз по сравнению с площадью основания.

Когда в начале 70-х годов для очистки сточных вод стали использовать биофильтры с регулярной загрузкой, исследовательский центр 2H Kunststoff GmbH тщательно изучил технологию процесса и разработал конфигурацию гидравлических загрузок типа BIOdek. Эта конфигурация позволяет достигать высокой эффективности при очистке сточных вод с использованием прикрепленных биологических пленок.

Наполнитель для очистки сточных вод BIOdek обеспечивает получение площадей поверхностью $90 - 380 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Для оптимальной эффективности используется поперечно-поточная конфигурация и для режимов работы с большой нагрузкой – вертикально-поточная конфигурация. Высокая механическая прочность обеспечена загнутыми краями листов. Это позволяет избежать эрозии материала, создать глубину загрузки до 10 м и большой (до 30 лет) срок эксплуатации.

В тесном сотрудничестве с эксплуатационными организациями, ведущими научно-исследовательскими институтами и университетами во многих странах компания 2H Kunststoff GmbH непрерывно совершенствует и адаптирует свою продукцию и технологические процессы очистки для удовлетворения все более жестких требований к охране окружающей среды.

В полной мере это относится к Российской Федерации и ЮФО, в частности, где эта схема взаимодействия начала успешно внедряться в практику. Это достигается посредством творческого сотрудничества представительства 2H Kunststoff GmbH в г. Ростове-на-Дону с кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» РГСУ, ОАО «ПО Водоканал» г. Ростова-на-Дону, Департаментом строительства г. Ростова-на-Дону, профильными проектными институтами – генпроектировщиками, «Евразийским водным партнерством», Министерством строительства, архитектуры и ЖКХ Ростовской области.

Первыми примерами практического применения тонкослойных модулей TUBEdek и гидравлических загрузок BIOdek на крупных ОСК в РФ являются принятые проектные решения, близкие к осуществлению, на

реконструируемых ОСК г. Ростова-на-Дону – вторичные отстойники (1-я и 2-я очереди); ОСК г. Белая Калитва – использование загрузки BIOdeck для переоборудования существующих биофильтров; ОСК г. Югорска ХМАО – реконструкция аэротенка № 4 в проекте «Расширение КОС 7000 м³/сут г. Югорска». Находятся в стадии рассмотрения технические предложения, разработанные ООО «СТВ», для КОС городов: Самара, Тула, Махачкала, Баку, Сочи.

Решающими аргументами при принятии решений о выборе загрузок являются: значительное повышение производительности ОСК, качества очищаемой воды и снижение производственных издержек.

УДК 628.162:339.142

ОПЫТ ЗАКУПКИ РЕАГЕНТОВ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СТАНЦИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНКУРСНЫХ ТОРГОВ

С.И. Якименко

Управление водоснабжения МГУП "Мосводоканал", Москва, Россия

1 января 2006 года вступил в силу Федеральный закон № 94 от 21.07.05 «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд».

ФЗ № 94 является законом прямого действия и определяет единые правила, способы и процедуры размещения заказов для нужд Российской Федерации, субъектов РФ и муниципальных образований. Он устанавливает права и обязанности государственных и муниципальных заказчиков, а также других участников процедуры размещения заказов, за исключением случаев поставки товаров, выполнения работ, оказания услуг на сумму, не превышающую установленный Центральным банком Российской Федерации предельный размер расчетов наличными деньгами между юридическими лицами по одной сделке.

В соответствии с ФЗ № 94 размещение заказа может осуществляться путем проведения торгов в форме аукциона или конкурса и без проведения торгов (запрос котировок) у единственного исполнителя (подрядчика) или на товарных биржах. Под конкурсом понимается форма торгов, когда победителем признается лицо, предложившее лучшие условия исполнения контракта, конкурсной заявке которого присвоен первый порядковый номер.

Конкурсные торги, проводимые гласно, публично, открыто, стали повседневной практикой работы МГУП «Мосводоканал». К участию в конкурсе допускаются организации, имеющие опыт производственной

деятельности соответствующий виду работ, и имеющие необходимую квалификацию, финансовые средства, производственные мощности, оборудование, лицензии или иные ресурсы, необходимые для производства данного вида работ. Для определения практических и теоретических навыков претендентов по данному виду работ, проводится предварительный квалификационный отбор. Победителем конкурса признается участник, который обладает необходимой квалификацией для выполнения договора, конкурсное предложение которого отвечает требованиям конкурсной документации и имеет **наилучшие условия**.

Для проведения конкурсных торгов в МГУП «Мосводоканал» утвержден состав конкурсной комиссии, которую возглавляет заместитель генерального директора по инвестиционной политике, и Положение о разграничении функций между заказчиками и техническим исполнителем при конкурсном размещении заказов на поставку товаров, выполнение работ и оказание услуг, финансирование которых осуществляется за счет собственных средств предприятия.

Настоящее Положение о порядке взаимодействия между заказчиками и техническим исполнителем при конкурсном размещении заказов на поставку товаров, выполнение работ и оказание услуг, финансирование которых осуществляется за счет собственных средств предприятия (далее – Положение), регулирует отношения, возникающие между заказчиками и техническим исполнителем в процессе подготовки и проведения конкурсов по размещению заказов на поставку товаров, выполнение работ и оказание услуг.

Для проведения конкурсных торгов разработана соответствующая документация, включающая следующее:

- термины, используемые в конкурсной документации,
- общие условия проведения конкурса,
- информационная карта конкурса,
- образцы форм и документов,
- проект договора,
- техническая часть конкурсной документации.

В соответствии с разработанным Положением Технический исполнитель и Заказчик конкурса выполняют следующие основные функции.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬ:

- утверждает конкурсную документацию;
- осуществляет публикацию извещений о проведении открытых конкурсов, о внесении изменений в конкурсную документацию, протоколов конкурсной комиссии в официальном печатном издании и на официальном сайте предприятия (в соответствии с формой приложения № 5);

- производит (организует) совместно с заказчиком проверку сведений и документов об участнике размещения заказа и представляет соответствующие рекомендации конкурсной комиссии;
- осуществляет организационно-техническую работу по подготовке и проведению заседаний конкурсной комиссии;
- осуществляет прием и регистрацию конвертов с заявками на участие в конкурсе, поступивших на заседании конкурсной комиссии непосредственно перед вскрытием конвертов с заявками;
- организует работу экспертов;
- оформляет и утверждает протоколы проведения конкурсов;
- направляет в Управление автоматизации на электронном носителе протоколы для размещения на официальном сайте предприятия;
- направляет уведомление о результатах конкурсов заказчику;
- обеспечивает хранение оригиналов конкурсной документации на бумажном носителе, конкурсных предложений соискателей, протоколов заседания конкурсной комиссии;
- отвечает на запросы участников конкурсов в пределах своей компетенции по конкурсной документации, поступившие в установленном законом и конкурсной документацией порядке, в том числе по принятым конкурсной комиссией решениям.

ЗАКАЗЧИК:

- разрабатывает согласно типовой форме конкурсную документацию и согласовывает ее в установленном порядке;
- представляет техническому исполнителю согласованную конкурсную документацию на утверждение;
- представляет техническому исполнителю информационное сообщение о проведении конкурсов по приложенной форме (в письменной форме за подписью руководителя подразделения и на электронном носителе для отправки в редакцию «Бюллетень оперативной информации «Московские торги»);
- направляет в Управление автоматизации конкурсную документацию, информационные сообщения о проведении конкурсов и запросы котировок на электронном носителе для размещения на официальном сайте предприятия;
- осуществляет предоставление конкурсной документации в письменной форме, после внесения участником размещения заказа платы за предоставление конкурсной документации;
- осуществляет прием и регистрацию конвертов с заявками на участие в конкурсе, поступивших до окончания срока подачи заявок, указанного в извещении о проведении открытого конкурса и конкурсной документации;

- разъясняет положения конкурсной документации по запросам участников размещения заказов, поступивших в установленном законом и конкурсной документацией порядке;
- вносит изменения в конкурсную документацию по собственной инициативе или в соответствии с запросом участника размещения заказа;
- обеспечивает хранение документов в составе заявки всех участников размещения заказа;
- обеспечивает заключение договора с победителями в соответствии с условиями конкурсной документации.

Помимо проведения конкурсных торгов МГУП «Мосводоканал» использует способ запроса котировок в случае если для требуемой продукции существует сложившийся рынок и цена контракта не превышает 250 тыс. руб. на поставку одноименных товаров (работ, услуг), подлежащую уплате в течение квартала одним юридическим лицом (указ Президента Российской Федерации № 305 от 08.04.97 «О первоочередных мерах по предотвращению коррупции и сокращению бюджетных расходов при организации закупки продукции для государственных нужд»).

Открытые конкурсные торги предполагают неограниченную конкуренцию. Условия и порядок размещения конкурсных заявок, содержание и порядок представления конкурсной документации, а также порядок сдачи и рассмотрения заявок на участие в торгах и их оценка рассматриваются в главе 2 Закона о размещении заказов и более детализированы применительно к условиям МГУП «Мосводоканал» в разработанном Положении.

Победителем в проведении запроса котировок становится участник размещения заказа, подавший котировочную заявку, отвечающую всем требованиям, установленным в извещении о проведении запроса котировок, в котором указана наиболее низкая цена товаров, работ, услуг. При предложении наиболее низкой цены товаров (работ, услуг) несколькими участниками победителем признается участник, котировочная заявка которого поступила раньше котировочных заявок других претендентов.

Извещение о проведении запроса котировок размещается на официальном сайте МГУП «Мосводоканал» путем направления запроса котировок.

**По вопросам участия в конкурсах, проводимых МГУП
"Мосводоканал", можно обращаться в отдел организации и
проведения конкурсных торгов Управления по инвестиционной
политике по адресу г.Москва, Плетешковский пер., д. 2.
Телефон 261 56 98, факс: 261-59-15.**

НОВАЯ РЕДАКЦИЯ РУКОВОДСТВА ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ВОЗ.

Е.А. Столярова

Управление водоснабжения МГУП «Мосводоканал», Москва, Россия.

Доступ к безопасной питьевой воде является основным правом человека и составной частью эффективной политики здравоохранения.

Генеральная Ассамблея Объединенных наций объявила период с 2005 по 2015 гг. как Международное Десятилетие Акции «Вода для Жизни».

В 1983 – 1984 и в 1993 – 1997 годах Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) опубликовала первую и вторую редакции Руководства по контролю качества питьевой воды в трех томах как правопреемников предыдущих Международных Стандартов ВОЗ. В 1995 г. было принято решение продолжить дальнейшее развитие Рекомендаций через процесс периодического пересмотра. Это привело к публикации дополнений ко второй редакции Руководства по химическим и микробиологическим аспектам в 1998, 99 и 2002 годах; публикации текста по Токсичным Цианобактериям в воде; подготовке экспертных оценок по ключевым моментам для подготовки разработки третьей редакции Руководства.

Третья редакция руководства по контролю качества питьевой воды содержит требования по обеспечению безопасности питьевой воды, включая минимальные процедуры и специфические рекомендуемые значения, и то, как эти требования необходимо реализовать. В данном документе (Руководстве) также описываются подходы, использованные в получении рекомендаций, включая рекомендуемые значения. Он содержит таблицы данных по наиболее важным микробиологическим и химическим опасностям, обеспечивает руководство по практическим действиям при надзоре, мониторинге и оценке качества питьевой воды в коммунальных системах водоснабжения. Руководству также сопутствуют другие публикации, поясняющие научные основы его разработки и обеспечивающие руководство по применению эффективных практических действий.

Новая редакция Руководства далее развивает принципы и подходы, заложенные в предыдущие редакции:

- Микробиологические опасности по-прежнему имеют первостепенную важность как в развивающихся, так и в развитых странах. Редакция включает в себя существенно расширенное руководство по обеспечению микробиологической безопасности

питьевой воды, построенное на принципах, – таких как подход многоступенчатого барьера и важность защиты источника воды, рассмотренных в предыдущих редакциях. Руководству сопутствует документация, описывающая подходы выполнения требований для микробиологической безопасности и обеспечению руководства по эффективным действиям для того, чтобы безопасность была достигнута.

- Новая редакция включает в себя информацию по химическим веществам, не рассматривавшимся ранее; а так же пересмотренную информацию, в которой были приняты во внимание новые научные достижения; и, в некоторых случаях, представлены меньшие сведения по загрязнениям там, где эта информация имеет меньший приоритет.
- Подчеркивается возросшая роль множества различных организаций в обеспечении безопасности питьевой воды. Данная редакция включает в себя обсуждение ролей и ответственности основных организаций в обеспечении безопасности питьевой воды.
- По-прежнему остается существенной потребность в средствах и методах для поддержания безопасного управления большими централизованными системами водоснабжения по сравнению с локальными системами, и новая редакция Руководства описывает основные характеристики подходов к управлению этими системами.
- На данный момент все более становится очевидным, что только несколько основных химических веществ служат причиной обширного воздействия на здоровье человека через питьевую воду. Пересмотренное Руководство и связанные с ним публикации обеспечивают руководство по определению местных приоритетов и по управлению химическими веществами, связанными с масштабным воздействием.
- ВОЗ часто обращается к рекомендациям по применению Руководства по контролю качества питьевой воды в ситуациях, отличных от коммунальных систем водоснабжения. Данная пересмотренная редакция включает в себя информацию по применению Руководства при некоторых определенных обстоятельствах и представляет сопутствующие документы, описывающие данные обстоятельства.

Руководство по контролю качества питьевой воды поддерживается актуальным через процесс циклического пересмотра, который приводит к периодическому переизданию документов, которые могут дополнить или заменить информацию в данной редакции.

Далее кратко изложены основные принципы, заложенные в третью редакцию Руководства по контролю качества питьевой воды.

Руководство в первую очередь направлено на питьевую воду и регулирующие органы здравоохранения, служит для помощи в разработке национальных стандартов. Подчеркивается, что Руководство и связанные с ним документы могут быть использованы как источник информации по качеству воды и влиянию на здоровье человека, а также по эффективным подходам к управлению.

Первичной целью Руководства по контролю качества питьевой воды является защита здоровья населения. Вода необходима для поддержания жизни, и удовлетворительный (достаточный, безопасный и доступный) ее источник должен быть доступен каждому. В связи с чем, должны быть предприняты все необходимые усилия, чтобы достичь максимально возможного качества питьевой воды.

Заболевания, связанные с загрязнением питьевой воды представляют основную угрозу здоровью человека.

Безопасная питьевая вода, как это определяется Руководством, не представляет собой какого-то ни было риска для здоровья в течение всего времени ее потребления, включая различные случаи восприимчивости. Безопасная питьевая вода пригодна для всех обычных применений в домашнем хозяйстве, включая личную гигиену. Руководство применимо так же для бутилированной воды и льда и неприменимо для специфических целей (почечный диализ, фармацевтика, некоторые отрасли промышленности и т.п.).

Руководство направлено на поддержание развития и применения стратегий управления рисками, которые будут обеспечивать безопасность систем питьевого водоснабжения путем контроля опасных составляющих воды. Данные стратегии могут включать в себя национальные или региональные стандарты, разработанные на научной основе, обеспечиваемой в Руководстве. В Руководстве указываются обоснованные минимальные требования безопасной практики для защиты здоровья потребителей. Ни минимальные безопасные практические действия, ни численные рекомендуемые значения не являются обязательными ограничениями. Руководство необходимо рассматривать в контексте локальных или национальных условий с учетом факторов окружающей среды, социальных, экономических и культурных условий.

Несмотря на то, что Руководство описывает качество воды, которое является приемлемым для ее потребления в течение всей жизни, создание данного документа, включая рекомендуемые значения, не может быть расценено так, что качество питьевой воды может быть снижено до рекомендуемого уровня. На практике, необходимо прилагать все возможные усилия для поддержания качества питьевой воды на максимально возможном уровне.

Кратко основные аспекты Руководства по контролю качества питьевой воды представляют следующее:

- Обеспечение микробиологической безопасности систем питьевого водоснабжения основывается на использовании многочисленных барьеров, от водоисточника до потребителя, для предотвращения загрязнения питьевой воды или снижения загрязнения до уровня, безопасного для здоровья. Предпочтительной стратегией является подход управления, который устанавливает первичный акцент на предотвращение или уменьшение поступления патогенных микроорганизмов в источники водоснабжения и увеличения уверенности в способности технологии водоподготовки удалять патогенные микроорганизмы.

- Процесс дезинфекции имеет неоспоримую важность при обеспечении безопасности питьевой воды и является эффективным барьером для большинства патогенных организмов. Химическая дезинфекция источника питьевой воды будет снижать общий риск заболевания, но не обязательно сделает источник полностью безопасным. Общая эффективная стратегия управления использует многочисленные барьеры, включая защиту источника воды и соответствующие процессы очистки, хранения и распределения воды в совокупности с дезинфекцией для предотвращения или удаления микробиологического загрязнения.

Использование химических дезинфектантов в очистке воды обычно приводит к образованию химических побочных продуктов. Однако, риск для здоровья от данных побочных продуктов пренебрежимо мал по сравнению с риском, связанным с недостаточной дезинфекцией.

- Вопросы охраны здоровья, связанные с химическими составляющими питьевой воды отличаются от вопросов, связанных с микробиологическим загрязнением, в первую очередь из-за способности химических составляющих оказывать нежелательное влияние после длительного периода воздействия. Более того, опыт показывает, что вода становится непригодной для питья из-за неприятного привкуса, запаха и внешнего вида.

В ситуациях, в которых короткое воздействие обычно не приводит к ухудшению здоровья. В этом случае более эффективным, оказывается, сосредоточить усилия для соответствующих мер по поиску и устранению источника загрязнения, чем концентрироваться на установке дорогостоящего оборудования очистки воды для удаления данного химического вещества.

Существует множество химических веществ, которые могут оказаться в питьевой воде, однако лишь немногие могут оказывать немедленное воздействие на здоровье человека. Поэтому должен устанавливаться приоритет, как для контроля, так и для соответствующих мероприятий по отношению к химическим загрязняющим веществам в питьевой воде. В руководстве не делается попытка отразить желательную минимальную концентрацию для химических веществ в питьевой воде.

Рекомендуемые значения получены для множества химических составляющих питьевой воды. Они представляют собой концентрацию вещества, которая не приводит к любому значительному риску для здоровья при долговременном потреблении воды. На основе практического уровня достижимости очистки или аналитической доступности было установлено некоторое количество временных рекомендуемых значений. В этих случаях рекомендуемые значения выше, чем вычисленные на основе воздействия на здоровье.

- Опасность для здоровья, связываемая с присутствием в питьевой воде естественно возникающих радионуклидов, также должна быть принята во внимание, хотя при обычных обстоятельствах, общее воздействие радионуклидов очень мало. Для отдельных радионуклидов не были установлены формальные рекомендуемые значения. Более того, был использован подход измерения общего альфа- и бета-излучений в питьевой воде. Хотя обнаружение уровней активности свыше фоновых значений не означает немедленного риска для здоровья, оно должно вызывать последующее исследование по определению, какие радионуклиды вызывают повышенный фон, и по определению возможной опасности для здоровья с учетом местных условий.

При оценке качества питьевой воды, потребители в основном полагаются на свои органы чувств. Микробиологические, химические и физические составляющие воды могут повлиять на появление привкусов и запахов в воде, а потребитель будет оценивать качество и приемлемость воды на основе данных критериев. Хотя такие вещества могут не оказывать прямого воздействия на здоровье, вода, которая имеет большую мутность, высокую цветность или имеет ощутимые привкусы или запахи, может быть расценена потребителями как небезопасная и непригодная к употреблению. Следовательно, при оценке систем питьевого водоснабжения и разработке нормативов и стандартов, представляется разумным учитывать восприятия потребителей и принимать во внимание как рекомендуемые значения, связанные с охраной здоровья, так и эстетические критерии.

В Руководстве подробным образом рассмотрены аспекты ролей и ответственности в управлении безопасностью питьевой воды. Среди приоритетов выделены вопросы надзора и контроля качества, роль органов здравоохранения, подходы к управлению водными ресурсами, задачи и обязанности водопроводных компаний, программы управления качеством воды в коммунальных системах питьевого водоснабжения, роль потребителей, цели программ сертификации.

Руководству сопутствуют отдельные документы, которые обеспечивают дополнительную информацию, обосновывающую происхождение указаний и обеспечивающую руководство по практическим действиям относительно их эффективного применения. Они доступны в электронном виде через интернет.

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



10 лет производству оксихлорида алюминия

С 1996 по 2006 год полиоксихлориды алюминия,
выпускаемые ОАО «АУРАТ», позволили произвести
для жителей России 15 млрд. м³ чистой воды
по СанПиН 2.1.4.1074-01.

Уже сегодня, используя наши коагулянты,
каждые сутки производится
8 млн. м³ воды самого лучшего качества



ОАО «АУРАТ»
125438, Москва, 4-й Тихачевский пер., 6
Факс: (495) 589-19-10
Тел.: (495) 154-7091, 153-1010, 153-2610, 589-1908
Генеральный директор – Степан Викторович Гетманцев
E-mail: office@aurat.ru www.aurat.ru

КАФЕДРА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ И НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

П Р И Г Л А Ш А Е Т

в Южно-Российский государственный технический университет (НПИ)

Забота о чистой воде — это первостепенная проблема, наступившего века!

Для решения этой проблемы на кафедре ВХПиНМ ведется подготовка по двум специальностям:

«Водоснабжение и водоотведение» (270112 ВиВ) со специализациями

– «Очистка природных и сточных вод»;

– «Техническая эксплуатация инженерных систем населенных мест».

«Комплексное использование и охрана водных ресурсов» (280302 КИиОВР).

Имеется заочная форма обучения по специальности ВиВ (270112) на полноплатной основе.

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: vhpinn@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

Авдеев В.В.	222
Ананко П.Д.	127
Андриенко В.В.	132
Алексеева Г.Н.	42
Алексеева Л.П.	11
Алешин В.С.	148
Багурина М.Л.	166
Базин С.В.	169
Байбурдов Т.А.	176
Башко Л.Н.	47
Баринов М.Ю.	51, 186
Беляева О.Е.	189
Богогосян А.Т.	194, 214
Бреус С.А.	143
Бутко А.В.	127
Бутко Д.А.	75, 127
Вильсон Е.В.	36
Гандурина Л.В.	162
Гетманцев С.В.	30, 36, 66, 172, 222
Горелкина А.К.	191
Голубева Н.С.	189
Грачева А.А.	186
Драгинский В.Л.	11
Жуков Э.И.	132
Земченко Г.Н.	36
Игнатенко С.И.	60, 87, 105, 116
Каймакова Л.А.	169
Калинина С.Г.	95
Каплин В.Т.	194, 214
Кашарин Д.В.	108
Клименко Т.В.	51
Климухин И.В.	230
Климухин В.Д.	230
Кожевников А.Б.	138
Корохов В.В.	143
Костюков В.П.	217
Кравцова Г.В.	95
Краснова Т.А.	189, 191
Круглов А.И.	69, 172

Кудрявцев С.В.	112
Кулагин В.А.	81
Кулик И.А.	181
Куликов Д.Н.	184, 205
Куликова Е.Н.	184, 205
Куликов Н.И.	184, 205
Лавгаев К.А.	87
Линевич С.Н.	30, 66, 143
Лысов В.А.	93, 127
Матюшенко А.И.	81
Масловский О.В.	217
Михеев П.А.	122
Михеева И.В.	16
Насонкина Н.Г.	132
Нездойминов В.И.	200
Непаридзе Р.Ш.	159
Нечаев И.А.	162
Никифорова Е.Г.	222
Новосельцева И.В.	60
Овчинников В.П.	56, 169, 222
Ошеров С.Б.	207
Педашенко Д.Д.	47
Петросян О.П.	138
Петунин В.А.	207
Поводырь Н.А.	181
Помасова Н.Б.	56
Попов А.М.	87
Поповцев В.Л.	69
Посупонько С.В.	230
Почиталин Н.П.	169
Приходько Л.Н.	184, 205
Пучкель С.Ю.	69
Рассказов Е.Б.	148
Рождов И.И.	110
Рыбин Г.Т.	87
Садовников А.Ф.	51, 186
Сафонова Ю.А.	176
Сесикашвили Е.А.	66
Сергиенко О.И.	186
Серпокрылов Н.С.	36, 51, 181, 186, 230
Силаева Е.П.	66
Симонцев Д.В.	176
Синёва Л.Н.	211

Скрябин А.Ю.	47, 127
Смирнов В.Б.	100
Становских А.А.	56
Стародубцева М.А.	207
Стасюк А.П.	230
Столярова Е.А.	236
Ступенькова Л.Л.	176
Соукуп В.А.	79
Сычев А.В.	69, 172
Тамадаева М.В.	60
Танков Л.И.	42
Турутин Б.Ф.	81
Турянский И.П.	93
Убушиев В.Б.	87
Угроватова Е.Г.	217
Усачев А.С.	166
Фесенко Л.Н.	24, 60, 87, 105, 110, 116
Хецуриани Е.Д.	122
Циндрин Н.Е.	148
Цыва А.Н.	24
Черкесов А.Ю.	60, 105
Чуриков Ф.И.	56, 169, 222
Швецов В.Н.	152
Шестаков С.Н.	69
Шипкова Н.Л.	42
Шишкин В.С.	193
Якименко С.И.	232
Яковлев С.В.	95

Научное издание

Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2006»

Материалы III Международной научно-практической конференции

Издается в авторской правке

Подписано в печать 26.09. 2006.

Формат 60x84 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