ГК «АУРАТ», Россия

ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, г. Астрахань

ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА, г. Новочеркасск

ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ «ТЕХНОВОД-2017»

Материалы X – Юбилейной Международной научно-практической конференции
5–6 октября 2017 года
г. Астрахань

Новочеркасск
«Лик»
2017

УДК 628.161 (063)
ББК 38.761.1я43
Т 384

Редакционная коллегия:

Л.Н. Фесенко, д-р техн. наук, профессор ЮРГПУ(НПИ) имени М.И. Платова, ответственный редактор;
Л.В. Боронина, канд. техн. наук, доцент, проректор по научной работе АГАСУ;
С.В. Гетманцев, канд. техн. наук, генеральный директор ГК «АУРАТ»;
В.Н. Швецов, д-р техн. наук, профессор, гл. редактор журнала ВСТ;
А.Ю. Скрябин, канд. техн. наук, доцент, зам. главы г. Ростова-на-Дону;
Н.С. Серпокрылов, д-р техн. наук, профессор ДГТУ;
С.И. Игнатенко, канд. техн. наук, доцент, зам. директора по науке ООО НПП «ЭКОФЕС»
Н.В. Енгибарьянц, ведущий инженер ЮРГПУ(НПИ) имени М.И. Платова, ответственный секретарь,

Т 384 **Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2017»:** материалы X-юбилейной Межд. науч.-практ. конф.; г. Астрахань, 5–6 октября 2017 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. (НПИ) имени М.И. Платова – Новочеркасск: «Лик», 2017.– 299 с.
ISBN 978-5-906844-55-2

В настоящем сборнике представлены материалы докладов X–юбилейной Международной научно-практической конференции «Технологии очистки воды» – ТЕХНОВОД–2017 и размещены в трех разделах. Название каждого раздела сформулировано в соответствии с сущностью входящих в него статей.

Все опубликованные в сборнике материалы посвящены оптимизации существующих и разработке новых высокоэффективных, инновационных методов, технологий и установок по очистке и обеззараживанию природных и сточных вод, водному хозяйству, гидротехническому строительству.

Сборник представляет интерес для научных работников, производственников, проектировщиков, бакалавров, магистров и аспирантов.

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

УДК 628.161 (063)
ББК 38.761.1я43

ISBN 978-5-906844-55-2

© Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 2017
© Авторы, 2017

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ……7

Боронина Л.В., Горин В.Н., Сотников В.А. Здравствуй, Каспий! Здравствуй, Астрахань!.....……..…….…….....11

I. КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ. ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО……..…….……..14

Дербасова Е.М., Бодня М.С., Муканов Р.В. Особенности возведения опорных элементов морских нефтегазопромысловых гидротехнических сооружений при малых глубинах шельфа.……14

Иванкова Т.В. Роль водных ресурсов в развитии экономикм Вьетнама и сопутствующие экологические проблемы……..……21

Волосухин В.А. Водохозяйственные проблемы в низовьях Волги и Дона……...……...30

Косиченко Ю.М., Баев О.А. Проблемы применения геосинтетических материалов для противофильтрационных экранов гидротехнических сооружений……..……..……38

Иванкова Т.В. Оценка уровня безопасности гидротехнических сооружений в Астраханской области……...……..43

II. ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД……...49

Гетманцев С.В., Сычев А.В., Гетманцев В.С. ТПерспективы коагуляционной обработки вод…..……..49

Фесенко Л.Н., Бессарабов С.Ю., Щукин С.А., Игнатенко С.И. Экспериментальные исследования дезодорации донской воды углеванием с применением активных антрацитов Донбасского угольного бассейна……54

Найманов А.Я., Гутарова М.Ю. Исследование фактического водопотребления населением при некруглосуточной подаче воды…….62

Щербаков В.И., Пурусова И.Ю. определение суммарной производительности водозаборных сооружений из подземных источников……68

Пчельников И.В., Фесенко Л.Н., Териков А.С., Игнатенко С.И. Получение гипохлорита натрия прямым электролизом нихкоминерализованной воды…….……73

Фесенко А.Л., Черкесов А.Ю., Матвиенко М.П., Онкаев В.А. Экологическая и промышленная безопасность при технологическом перевооружении хлораторных с использованием электролизного

метода получения низкоконцентрированного гипохлорита натрия…….78
Булыжев Е.М., Булыжев Э.Е., Джавахия Г.А.
Разработка высокопроизводительных патронных фильтров……81
Краснова Т.А., Тимощук И.В., Самойлова Н.А., Шульженко Ю.С.
К вопросу о разработке технологии сорбционной доочистки питьевой воды от органических веществ……92
Найманов А.Я., Гостева Ю.В., Турчина Г.С. Обоснование нормативов надежности систем водоснабжения и водоотведения……..95
Продоус О.А., Мурлин А.А., Иващенко В.В. Критерии выбора материалов труб для напорных трубопроводов коммунального и промышленного водоснабжения……101
Чигаев И.Г. Применение нанофильтрации для умягчения солоноватых вод….105
Хецуриани Е.Д., Ларин Д.С., Шкуракова Е.А., Хецуриани Т.Е.
Инновационные способы модернизации и технического перевооружения водозаборных сооружений.....108
Евлахов В.И. Водоканал-2050……..……112
Марьяш С.А., Дрововозова Т.И., Картузова Т.Д.
Ресурсосберегающая технология очистки подземных вод…….119
Териков А.С., Пчельников И.В., Терикова И.А.
Получение низкоконцентрированного гипохлорита натрия прямым электролизом воды Средиземного моря…….125
Кашарин Д.В., Бессарабов С.Ю. Обоснование выбора систем водо-, энергоснабжения флото- и ботокемпингов для условий Черноморского побережья Краснодарского края……...129
Найманов А.Я., Трякина А.С. Методика определения расчетных показателей качества воды при выборе технологической схемы водоочистки…….……135
Скрябин А.Ю., Поповьян Г.В., Тронь И.А. Фосфор как лимитирующий фактор «цветения» донской воды……..140
Михеева И.В. Водные объекты и состояние водоснабжения на территории ЮФО……145
Чепкасова Н.И., Федотов Р.В., Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И.
Влияние pH воды едко-натрового умягчения на содержание солей жесткости и остаточного алюминия……..155
Князев А.В., Бабичев А.Л. Полимерные трубопроводы и запорная арматура в технологиях водоподготовки генерирующих станций……160
Тажиева С.З., Серпокрылов Н.С. Совершенствование существующих и разработка новых радиальных фильтров для прудов по разведению осетровых пород рыб……..165

Фесенко Л.Н., Щукин С.А., Черкесов А.Ю., Игнатенко С.И.
Очистка сероводородных природных вод методом
железо-каталитического окисления кислородом воздуха в реакторе
с ультрафильтрационным разделителем……...170
III. ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ХОЗБЫТОВЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД……..…….....178
Ким А.Н., Михайлов А.В. Давыдова Е.В. Новые технические
решения очистного устройства на дождевой канализационной
сети……178
Киреев С.А., Серпокрылов Н.С. Особенности сточных вод вахтовых
поселков и малых поселений в условиях Крайнего Севера…..….....184
Марам Саийд, Ченский И.А., Серпокрылов Н.С.
Сравнительная оценка режима биологической очистки сточных вод
с применением биопрепаратов и волнового воздействия..……190
Абуова Г.Б. Боронина Л.В., Рахметова М.К., Ситников С.Г.
Оценка эффективности работы канализационных очистных
сооружений в малях населенных пунктах аридной зоны……196
Краснова Т.А., Гора Н.В., Голубева Н.С. Извлечение рутина
из сточных вод фармацевтических производств на активных углях…….202
Серпокрылов Н.С., Борисова В.Ю., Кондакова Н.В., Халил А.
К вопросу об очистке газовых выбросов перекрытых очистных
сооружений сточных вод……...205
Вильсон Е.В., Серпокрылов Н.С., Долженко Л.А., Смоляниченко А.С.
Анализ резйльтатов обследования комбинированных сооружений
для очистки городских сточных вод……..209
Москвичева Е.В., Игнаткина Д.О., Москвичева А.В.
Сорбционно-фильтрующий материал на основе отхода
производства……214
Костюков П.В., Костюков В.П., Угроватова Е.Г., Федотов Р.В., Пчельников И.В. Опыт модернизации модульных очистных
сооружений сточных вод торгового комплекса……...219
Насонкина Н.Г., Маркин В.В. Стратегия повышения эффективности
работы канализационных очистных сооружений курортных зон
с помощью пробиотических препаратов……...225
Серпокрылов Н.С., Вильсон Е.В., Долженко Л.А., Смоляниченко А.С.
Специфика поступления сточных вод на очистные сооружения
строящихся микрорайонов……231

Дербасова Е.М., Бодня М.С., Муканов Р.В. Анализ современных методов ликвидации аварийных разливов нефти в ледовых условиях для обеспечения экологической безопасности морской среды (на примере Каспийского моря).……236

Краснова Т.А., Зеленая К.В., Голубева Н.С. Исследование адсорбции меланоидина и карамельного колера из водных растворов углеродными сорбентами…….243

Фесенко Л.Н., Бессарабов С.Ю., Пчельников И.В., Игнатенко С.И. Технология получения сырья из концентрата мембранных установок для производства электролизного гипохлорита натрия……246

Кашарин Д.В., Плотникова В.А. Мероприятия для локализации разливов нефти в условиях малых водотоков южного региона России……...253

Сомин В.А., Бондаренко А.А., Пятибратова А.С. Сорбция ионов цинка на модифицированных отходах растениеводства…….256

Серпокрылов Н.С., Борисова В.Ю., Кондакова Н.В., Халил А. Оценка накопленного экологического ущерба полигона захоронения пестицидов и агрохимикатов……..259

Фесенко Л.Н., Черкесов А.Ю., Игнатенко С.И. Очистка сточных вод тяжелых металлов в замкнутом металл-сульфид-сероводородном цикле……262

Костюков В.П., Башкиров А.В., Кузнецов Ю.В., Заплохова Т.Р. К вопросу удаления фосфора из сточной воды…….……...265

Нездойминов В.И., Заворотный Д.В., Рожков В.С. Процессы осветления иловой смеси во взвешенном слое в сооружениях с эрлифтной системой аэрациива ……...268

Короткий И.А., Короткая Е.В., Учайкин А.В. Математическое моделирование в процессах очистки воды разделительным вымораживанием……272

Красильников Е.А., Макаров В.Л., Серпокрылов Н.С., Марам Саийд Опыт эксплуатации модернизацированных очистных сооружений сточных вод логистического центра «Логопарк Дон»……..275

Булыжев Е.М., Булыжев Э.Е., Джавахия Г.А. Контейнерная станция локальной очистки и обеззараживания сточных вод переработки водных смазочно-охлаждающих и технологических жидкостей……...281

Информационно-рекламные материалы.....289

П Р Е Д И С Л О В И Е

В этом году Международная научно-практическая конференция «Технологии очистки воды», сокращенно «ТЕХНОВОД», десятая по счету, «ТЕХНОВОД-2017» проводится в г. Астрахани. Ранее были проведены конференции:

«ТЕХНОВОД-2004», г. Новочеркасск;
«ТЕХНОВОД-2005», г. Казань;
«ТЕХНОВОД-2006», г. Кисловодск;
«ТЕХНОВОД-2007», г. Калуга;
«ТЕХНОВОД-2009», г. Кисловодск;
«ТЕХНОВОД-2011», г. Чебоксары;
«ТЕХНОВОД-2012», гг. Санкт-Петербург, Карловы Вары;
«ТЕХНОВОД-2014», г. Сочи, Красная поляна;
«ТЕХНОВОД-2016», г. Ростов-на-Дону.

Место проведения конференции в г. Астрахани продиктовано тем, что город имеет одну из старейших на Юге России систему водоснабжения и водоотведения, начинающую свой отсчет с 1837 г., когда в центре города был прорыт артезианский колодец для общественного пользования.

С тех времен город энергично развивал свою сеть водоснабжения и водоотведения. Для этого строились очистные сооружения водопровода и канализации, насосные станции, самотечные коллекторы и напорные сети. Активно велась деятельность по предотвращению загрязнения воды рек и нормализации санитарно-эпидемиологической обстановки в городе. Высокая степень насыщенности инженерными сетями, обусловленная географическим положениям г. Астрахани по отношению к водным артериям р. Волги делают город уникальным по сложности управления водопроводно-канализационным хозяйством.

Так, Астраханский водоканал эксплуатирует более 1300 км сетей водопровода и 700 км – канализации, имеет 78 повысительных насосных станций и 88 канализационных, подает потребителям более 71 млн кубических метров воды. При этом обеспечевает бесперебойное и качественное функционирование объектов водного комплекса ЖКХ, многочисленных предприятий города и ряда прилегающих территорий сельских регионов Астраханской области.

Река Волга, зарегулированная крупными водохранилищами на многих участках, загрязнена коммунальными, промышленными и сельскохозяйственными сточными водами, поверхностным стоком с урбанизированных территорий и сельскохозяйственных угодий. В результате этого в ряде регионов, в том числе в г. Астрахани, сохраняются серьезные проблемы с хозяйственно-питьевым водоснабжением, а также с воспроизводством рыбных и иных биологических ресурсов. В бассейне

р. Волга остро стоят вопросы затопления населенных пунктов и объектов экономики при половодьях и паводках

С другой стороны, сегодня приходится отмечать спад водопроводно-канализационного хозяйства РФ и, в частности, г. Астрахани из-за недостаточности средств на развитие систем водоснабжения и водоотведения. Неудовлетворительное финансовое положение, отсутствие экономических стимулов снижения издержек, неэффективность работы предприятий привели к ситуации, когда основная часть объектов водопроводно-канализационного хозяйства выработала предельные сроки эксплуатации. К сожалению, приходится признать, что прикладная наука как в научно-исследовательских институтах, так и в вузах разрушена; снизилось качество образования, подготовки специалистов высшей квалификации; в отрасли наблюдается общая техническая отсталость, а модернизация, как показали последние международные выставки «ЭКВАТЭК» в г. Москве, проводится путем экспансии зарубежных фирм на отечественный рынок водоочистных технологий. Причем эти технологии, зачастую не обусловленные научными проработками, имеют широкую рекламу и, следовательно, сбыт.

В условиях кризисной ситуации из-за западных санкций значимость наших конференций еще более возрастает и позволит закрепить достигнутые результаты для возрождения Российской Науки. Сегодня как никогда нужна консолидация научного сообщества, государственных органов, решений Правительства РФ на техническое перевооружение жилищно-коммунального хозяйства, внедрение экологически безопасных технологий в производство, создание импортозамещающих аппаратов и установок по обработке вод.

На конференции «ТЕХНОВОД-2017» планируется обсудить широкий круг вопросов. Традиционно, это, например, от повышения эффективности коагуляционной обработки воды до конструкций и устройств, предназначенных для повышения качества очистки воды и надежности работы инженерных систем водопроводно-канализационных сооружений.

Все это будет благоприятствовать успешному и высокому творческому уровню работы конференции «ТЕХНОВОД-2017». Для этого планируется встречи с ведущими специалистами Водоканала г. Астрахани, представителями передовых водоканалов предприятий ВКХ страны, деятелями научного общества, экскурсии.

«ТЕХНОВОД-2017» – X-юбилейная конференция научного и производственного сообщества. За прошедшие 13 лет «ТЕХНОВОД» в общем, собрал более 1000 участников, опубликовал 420 научных сообщений в десяти сборниках материалов конференций. Наиболее интересные научные доклады были опубликованы в различных журналах, в том числе, «Водоснабжение и санитарная техника».

За последние 13 лет научное сообщество «ТЕХНОВОД» внесло значительный вклад в развитие российской науки и техники. Результаты научных исследований и инновационных технологических решений в области водоснабжения и водоотведения, опубликованные в трудах «ТЕХНОВОД», способствовали широкому внедрению в городское хозяйство, промышленное и сельское строительство многих новых эффективных технологий и конструкций.

По традиции, в преддверии конференции «ТЕХНОВОД-2017» будет выпущен очередной сборник материалов, который станет научным и просветительским изданием для специалистов, занятых в области теории, строительства и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения, подготовки воды и очистки сточных вод, экологии и др. Сборник научных и прикладных трудов и материалов «ТЕХНОВОД» на протяжении 13 лет развивает и приумножает лучшие традиции, заложенные российскими научными и проектными организациями: ВНИИ ВОДГЕО, НИИКВОВ, Мосводоканалпроект и многими другими, а также водоканалами Москвы, Санкт-Петербурга, Уфы, Самары, Ростова-на-Дону, Новосибирска и др.

Опубликованные в сборнике «ТЕХНОВОД» материалы носят аналитический, научно-исследовательский, опытно-производственный и реферативный характер и могут представлять интерес для специалистов (ученых, производственников, руководителей и организаторов водохозяйственных производств, проектных организаций), работающих в области водоснабжения, водоотведения, а также для инженерно-технических работников предприятий, выпускающих установки, аппараты и химреагенты, используемые в водоснабжении и в водоотведении.

Конференция и сборник трудов окажут большую поддержку бакалаврам, магистрам, аспирантам Астраханского государственного архитектурно-строительного университета для реализации собственных идей, технических решений, в дискуссии и знакомстве с ведущими специалистами в области водоснабжения и водоотведения.

Оргкомитет выражает благодарность коллективу редакции журнала «Водоснабжение и санитарная техника», особенно главному редактору, д.т.н., заслуженному деятелю науки РФ, профессору Швецову В.Н. и заместителю главного редактора Чубуковой Л.А., всегда активно поддерживающих и участвующих в проведении конференций «ТЕХНОВОД»!

Особая благодарность членам редакционной коллегии: Гетманцеву С.В. – к.т.н., генеральному директору ОАО «АУРАТ»; Швецову В.Н. – д.т.н., профессору, главному редактору журнала «Водоснабжение и санитарная техника»; Скрябину А.Ю. – заместителю мэра г. Ростова-на-Дону; Серпокрылову Н.С. – д.т.н., профессору ДГТУ, г. Ростов-на-Дону; Фесенко Л.Н. – д.т.н., профессору ЮРГПУ(НПИ), г. Новочеркасск; Игнатенко С.И. – заместителю директора по научной

работе ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск. Особенно следует отметить Енгибарьянц Н.В. – ведущего инженера ЮРГПУ(НПИ), ответственного секретаря редакционной коллегии, взявшую на себя техническую и творческую часть оформления сборника материалов конференции «ТЕХНОВОД-2017».

В период работы Международной научно-практической конференции «ТЕХНОВОД-2017» ее участники смогут не только узнать о новейших методах, инновационных технологиях, новых конструкторских решениях в области современных систем водоснабжения и водоотведения, но и предложить участникам и гостям конференции свои разработки, сделать коммерческие предложения, заключить контракты.

Организаторами конференции являются: Департамент жилищно-коммунального хозяйства Администрации «Муниципального образования г. Астрахань»; Астраханский государственный архитектурно-строительный университет; ГК «АУРАТ», г. Москва, Научно-производственное предприятие «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск;. Поддержка будет обеспечена редакционной коллегией журнала «Водоснабжение и санитарная техника», г. Москва.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, собственных имен и прочих сведений. Оргкомитет, публикуя материалы статей, может не разделять точку зрения авторов.

Оргкомитет конференции «ТЕХНОВОД-2017» благодарит всех докладчиков и гостей за участие в конференции, желает интересной творческой и полезной работы, крепкого здоровья и благополучия.

ОРГКОМИТЕТ

УДК 577.4

ЗДРАВСТВУЙ, КАСПИЙ! ЗДРАВСТВУЙ, АСТРАХАНЬ!

Л.В. Боронина, В.Н. Горин
Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Астрахань, Россия
В.А. Сотников
ОАО «Ростсельмаш», г. Ростов-на-Дону, Россия

Странная штука эта вода.
То она льется, то так тверда,
То соберется в пушистый Бугор,
То разольется в незримый простор.
Жизнь подарила живому всему
И не подвластна она никому.
Помнить об этом нужно всегда –
Странная штука эта вода.

Наш интерес к теме мифологии возник в свое время довольно случайно и имел сначала совершенно иные цели, нежели поиск зерен истины в древнем наследии человечества. Мы просто пытались заполнить пробелы собственного образования в области различных мифических представлений геологической и гидрогеологической направленности Волги, Каспия и Дона. И тут в глаза бросилась одна закономерность: чем дальше вглубь времен окунаешься, тем больше мифы стали походить на обычные (хоть и весьма специфические) описания объективной реальности, удивительным образом перекликающиеся с современными научными знаниями. Логика неумолимым образом заставила нас посмотреть на древние мифы и предания, как на документальные источники и попытаться заглянуть за «горизонт». Что там? А к чему это может привести?

Вода и еще раз вода. С ней связывают все надежды те, кому доверяют обновить этот край от Дона до Арала. Арабские писатели, в том числе и Аль-Масуди, выражали удивление, откуда могли проникнуть в Хазарское море русские суда (912 – 913 г.г.). История зафиксировала более 70 названий Каспийского моря. Арабские географы чаще называли Каспийское море Хазарским или Дербенским, татары – Ак-Денгиз, туркмены – Куккуз, иранцы – Кользум, китайцы – Сигай. В священных книгах огнепоклонников оно известно как море Варгана и Чекает-Даэти.

Осталось множество карт, на которых даны различные очертания естественных границ моря, на одной из карт Волга впадает в Каспий примерно на 500 км южнее нынешнего устья реки. На другой – реки Амударья и Сырдарья впадали не в Аральское, а в Каспийское море, причем Арала на карте не было вовсе. Наконец древние мореходы в своих журналах указывают на «чудесные» странности: увиденные и нанесенные

ими на карту Каспийского моря острова не могли найти моряки, которые проходили в этих местах, позднее. Все это говорило о постоянных трансгрессиях и регрессиях Каспийских вод.

Хазарская крепость «Саркел» в переводе означает «Белый дом». В русской летописи «Саркел» упоминается под именем «Белой вежи». На месте бывшего Саркела – Цимлянское водохранилище. Название «Маныч» – от тюркского слова «манач», что значит «горький». Водой из этой реки не утолишь жажду.

Семь миллионов лет назад география Восточной Европы была совершенно иной, чем сейчас. Большую часть её занимало огромное озеро с солоноватой водой. Французские геологи называют его Лак-Мер (озеро-море). Древний Понт (Черное море) был его составляющей частью. Манычская долина играла роль пролива, который соединял Волгу-Древний Каспий-Азов-с Лак-мером. Хвалынское море – так тогда назывался Каспий – было засолено значительно больше, чем Лак-Мер, и располагалось оно на более высоких отметках. Поэтому неизбежен был переток соленой воды из него в относительно пресноводный Понт. С той поры и остались на всей приманычской степи раковины моллюсков.

Тогда же в результате вертикальных движений земной коры исчез и морской пролив между Понтом и древним Каспием. На его месте появились две реки, начинающиеся по обе стороны водораздела, Западный Маныч устремился к Дону, а Восточный – к Каспию. Через Кумо-Манычскую впадину не однажды восстанавливалась нарушенная еще в глубокой древности связь Понта с Каспием. Не поэтому ли сохранилась в Черном море самобытная, лишь ему присущая понтическая фауна? Ведь Каспий для неё сыграл роль убежища.

Геологи пришли в эту степь практически после Великой Отечественной войны. Это благодаря им стали известны теперь не только «Нарын-худук» (Солнечный колодец) но другие источники минеральной воды. Именно поиски источников воды привели к другим, еще более важным открытиям. Прикаспийская низменность сложена в своем основании докембрийскими породами, смятыми в складки. Не все эти богатые месторождения досконально изучены, поиски геологов и гидрогеологов продолжаются.

Но как бы далеко ни шагнул в наш век человек, не стали теплее метели, и все так же потрясают своей мощью ураганы, и не подобрели океанские штормы, и все так же безжалостен жар пустыни. Не однажды еще человек оказывался и окажется один на один с суровой природой. Чтобы выйти победителем из этого единоборства, порой недостаточно одной лишь воли, мужества и бесстрашия.

При вышеописанных условиях зародился и город Астрахань, располагающийся в верхней части дельты Волги на одиннадцати островах Прикаспийской низменности. Астрахань известна с середины XIII века,

здесь же в XIII – XVI веках находилась столица Золотой Орды Сарай-Бату. Во всяком случае, Гильом де Рубрук, который проезжал через дельту Волги в 1254 году, упоминает о существовании на западном берегу реки Итилии посёлка, который служил зимней ставкой сыну Бату, Сартаку, в котором по распоряжению хана построили церковь. Согласно общепризнанной точке зрения, первое упоминание Хаджи-Тархана в письменных источниках встречается в 1333 году.

Средневековые карты помещают Хаджи-Тархан на западном берегу Волги, несколько выше центра нынешней Астрахани. Сегодня остатки города археологически фиксируются на городище Шареный бугор. Астрахань была выстроена из обожженного и сырцового кирпича. Судя по материалам раскопок, в городе были развиты гончарное производство, металлообработка и ювелирное ремесло.

Железная дорога в Астрахань пришла в 1909 году, а вот железная дорога Астрахань-Кизляр строилась в трудное военное время, когда гитлеровцы рвались к Сталинграду, и сначала служила, прежде всего, интересам фронта. Но главное, наверное, в том, что эта дорога пробудила к новой жизни некогда безлюдный край, где живут не равнодушные, замечательные люди, потому что это их земля и они думают о тех, кому жить на ней после них.

В Астрахани не любят норд-веста, потому что губит он, разыгравшись, на мелях икряных осетров и белуг. Зато с уважением говорят о Моряне – за тихий и спокойный нрав. Силу свою Моряна набирает, будто не спеша. Весной – вдохнет, и льды на море поднимает, а потом удобное место для нереста рыбе приготовит, в степь ворвется – травам и камышу в рост войти поможет. Злой «астраханец» разбушуется – укротить его сможет.

Как красиво встает солнце над Каспием, и море становится еще неогляднее и будто наливаются ртутью все его мускулы, закипает понемногу скрытая до поры до времени сила. Влажная и легкая Моряна уже дохнула свежестью и отступила усталость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Почепаев Е.И. Окружающая среда и человек: учеб. пособие. Ростов-на-Дону: Феникс 2012.
2. Гидравлический ежегодник 2001–2010 гг. Ростов-на-Дону: ЮФУ.
3. Моложавенко В.С. Гремучий Маныч. Путешествие от Дона до Каспия. Москва: Мысль. 1977.
4. Скрипов А.Н. На просторах Дикого поля. Ростов-на-Дону: РГУ, 1960.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ. ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 626

ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ МАЛЫХ ГЛУБИНАХ ШЕЛЬФА
(НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНЫХ АКВАТОРИЙ КАСПИЙСКОГО МОРЯ)

Е.М. Дербасова, М.С. Бодня, Р.В. Муканов
Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Астрахань, Россия

В статье проанализированы характерные особенности гидротехнических сооружений, возводимых в условиях малых глубин морского шельфа. Приведены классификация нефтегазовых платформ и факторы, влияющие на выбор конструктивного исполнения установки. Обоснована необходимость совершенствования технологии изготовления и возведения опорных элементов нефтегазопромысловых гидротехнических объектов применительно к условиям северной части Каспийского моря.

Уровень развития нефтедобывающей промышленности в России за последние годы значительно вырос. В 2016 году объем добытых углеводородов составил более 545 млн т, что на 2,5 % превышает показатель прошлого года [1]. Эксперты рассчитали, что рост добычи нефти в стране к 2020 году может достигнуть отметки в 560 млн т, а ее экспорт будет колебаться в интервале 240 – 290 млн т в год [2].

Освоение и особенности новых крупных месторождений на арктическом и дальневосточном шельфах, южных (северная акватория Каспийского моря) и восточных районах страны дали толчок для развития современных энергоэффективных технологий в области строительства морских гидротехнических сооружений и реализации технологических

процессов при подготовке, добычи, переработке и транспортировке нефтепродуктов. Немаловажным условием для обеспечения эффективной и безопасной нефтедобычи является выбор типа нефтегазового сооружения. При этом учитывается целый ряд факторов, среди которых: климатические характеристики района строительства (скорость ветра, температура воздуха, осадки), геологические (ледовая нагрузка, характер морского течения), гидрологические условия (глубины и рельеф дна) и др. Учитывая сложность транспортировки элементов корпуса таких объектов, на выбор конструктивного исполнения платформы влияет, в том числе, и удаленность расположения месторождений углеводородов от прибрежных строительных баз.

В соответствии с классификацией, представленной в Правилах Российского морского регистра судоходства по классификации, постройке и оборудованию плавучих буровых установок и морских стационарных платформ» [3], морские стационарные платформы (МСП) подразделяются на следующие типы:

- МСП ледостойкая (способная воспринимать ледовую нагрузку);
- МСП гравитационная (ее устойчивость при эксплуатации обеспечивается за счет силы тяжести);
- МСП свайная (выполняется в виде пространственной башенной конструкции из стальных трубчатых элементов);
- МСП мачтовая (устойчивость платформы обеспечивается оттяжками или соответствующим объемом плавучести);
- глубоководная платформа на колоннах;
- мелководная платформа на колоннах.

Ряд авторов классифицируют МНГС по конструктивным и эксплуатационным параметрам. В случае, когда необходимо осуществить выбор корпуса исходя из материала платформы, то деление осуществляется по конструкционному признаку. В соответствии с ним выделяют следующие типы платформ:

- грунтовые;
- ледовые;
- металлические;
- железобетонные;
- комбинированные, включая сталебетонные конструкции.

Гидротехнические сооружения, выполненные из бетона, стали и комбинированных материалов относятся к одному из наиболее распространённых типов платформ – гравитационному. Технология изготовления и способ транспортировки таких платформ существенно отличаются от металлических свайных конструкций. Данный тип платформ устойчив к ветровым и волновым нагрузкам.

Характерной особенностью северной акватории Каспийского моря являются небольшие глубины морского шельфа. Средняя глубина самой мелководной части находится в пределах 4 метров. В зимний период среднемесячная температура воздуха изменяется в пределах от -8…-10 °С, что является одной из причин возникновения льда, толщина которого может достигать 70 см. Продолжительность ледового периода составляет около 4 месяцев (с ноября по февраль). Образующиеся под воздействием течения и колебаний уровня моря дрейфующие льды наслаиваются друг на друга и могут привести к возникновению припая на мелководных участках шельфа. Таким образом, конструктивные элементы морских нефтегазопромысловых сооружений, возводимых в северной части Каспия, должны обладать высокой устойчивостью под воздействием ледовой нагрузки и при этом иметь малую осадку для безопасной транспортировки на места их возведения. Исходя из особенностей северной части, для обустройства углеводородных месторождений в этом районе, используются плавучие и стационарные нефтяные платформы четырехблочного и двухблочного типа.

Примером одной из первых плавучих платформ является установка для бурения «Астра», собранная в береговой зоне Каспия в 1999 году (рис. 1).

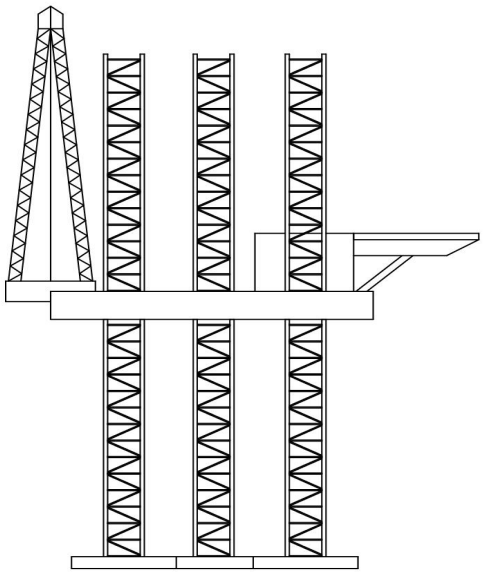


Рисунок 1. **Буровая плавучая платформа «Астра»**

Она представляет собой платформу, выполненную в виде квадрата, весом более 5 000 т и фиксируется на дне моря с помощью трех металлических опор длиной 50 м.

Особое место среди современных гидротехнических сооружений занимает стационарная нефтяная платформа, оборудованная в 2009 г. на крупнейшем месторождении северного Каспия – Юрия Корчагина. Нефтеплатформа собиралась на базе буровой платформы «Шельф-7».

Сооружение включает две ледостойких платформы: основная бурильная ЛСП-1 и жилая ЛСП-2, установлены на глубине 13 м. Устойчивость против воздействия ледовых образований основной платформы обеспечивается за счет стальных свай, забитых в грунт и обогреваемого ледового пояса. Жилой блок соединяется с основным с помощью металлического мостика и также оборудован противоледной защитой. Опорные конструкции платформы выполнены из стали и отличаются высокими прочностными характеристиками (рис. 2) [4].

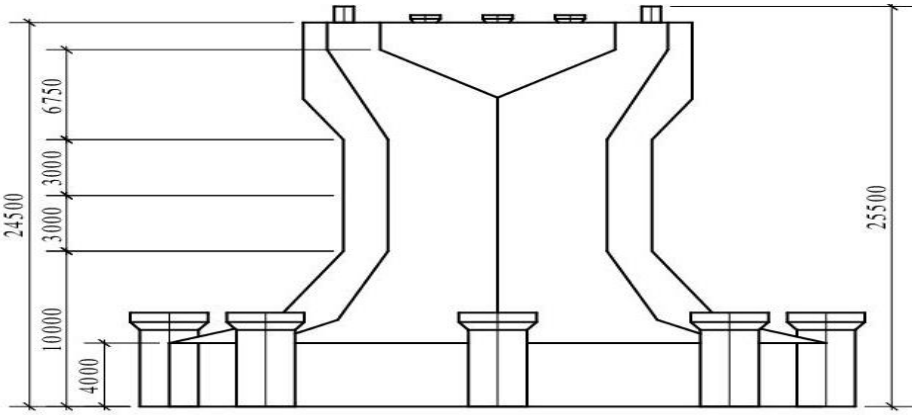


Рисунок 2. **Конструкция опорного блока ЛСП-2**

Ширина блока составляет 30 м, а его масса более 2 тыс. т. Так как сталь относится к коррозионно-активным материалам, специалистами была предусмотрена катодная защита. Все работы по строительству платформы осуществлялись на территории судостроительного завода.

Нефтегазоконденсатное месторождение имени Владимира Филановского, расположенное в северной части акватории Каспийского моря, было введено в эксплуатацию в 2015 г. В состав ледостойкой стационарной платформы (ЛСП-2), установленной на месторождении, входят два стальных опорных блока кессонного типа (устьевой и вспомогательный) на свайном креплении (рис. 3) [4].

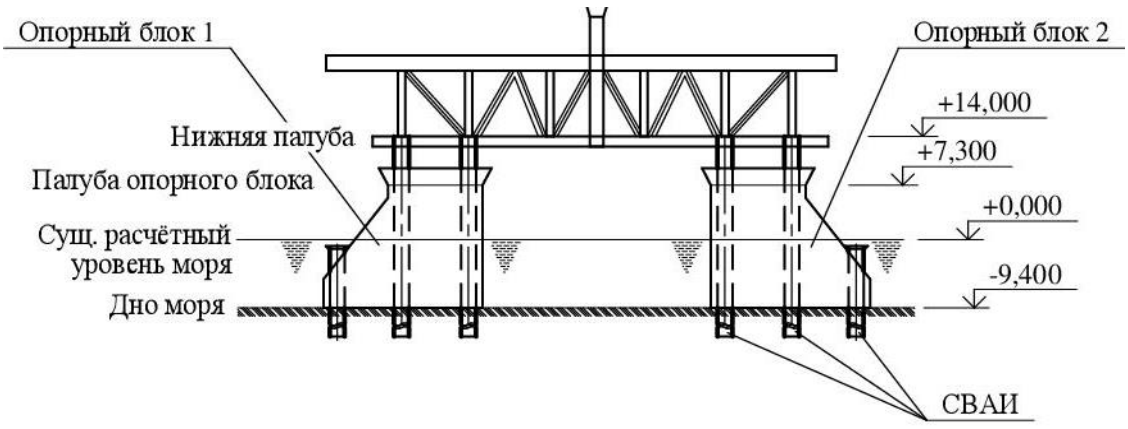


Рисунок 3. **Общий вид опорных конструкций ЛСП-2**

Ширина каждого блока составляет около 23 м, а масса свыше 4 тыс. т. Опорные конструкции выполнены таким образом, чтобы защитить нефтеплатформу от ледовых воздействий. Значительные колебания уровня моря и особенности фарватера Волго-Каспийского судоходного канала обеспечили необходимость снижения осадки опорных блоков при их буксировке до 4 м. Изготовление и монтаж опорных конструкций осуществлялся на прибрежных территориях Астраханских судостроительных предприятий ООО «Астраханское Судостроительное Производственное Объединение» и ОАО «ССЗ ЛОТОС» (г. Нариманов).

Стоит отметить, что особые трудности вызывает транспортировка готовых изделий с завода-изготовителя на места их установки. Опорные конструкции как свайного, так и гравитационного типа могут достигать значительных размеров и толщины и для их буксировки по мелководному Волго-Каспийскому каналу требуются специальные суда. Значительное время тратится и на проведение строительно-монтажных работ при установке данной конструкции в море, привлечение дополнительных транспортных средств и плавкранов.

Особенности природно-климатических условий северной части Каспийского моря обуславливают необходимость в обеспечении высоких показателей прочности опорных блоков нефтеплатформы и их устойчивости на грунте. Согласно требованиям нормативных документов [5–9] при расчете прочности конструкций стационарных платформ и их устойчивости необходимо учитывать воздействие нескольких нагрузок одновременно. Так как ледовые нагрузки на Каспии являются наибольшими из всех возможных, конструктивные решения опорных элементов гидротехнических платформ должны быть спроектированы таким образом, чтобы выдержать воздействие плавучих морских льдов. Расчет прочных характеристик опорных конструкций будет зависеть от параметров самого льда (ровный, наслоенный, торосистый) и длительности его воздействия. В связи с этим, целесообразно выбирать такой тип платформы, который обеспечит высокую эффективность при строительстве и эксплуатации сооружений комплекса, и многолетнюю устойчивость ее опорных частей от воздействия экстремальных ледовых нагрузок. Немаловажным фактором будет являться обеспечение возможности снижения эксплуатационных расходов при возведении конструктивных элементов платформы и рисков при их транспортировке на месторождение. Одним из вариантов решения поставленных задач является разработка и реализация проектов стационарных ледостойких сооружений гравитационного или свайного типа, выполненных их железобетона и конструктивного решения технологии их изготовления для условий замерзающей части Каспийского моря.

Разработка новых составов для создания высокопрочных бетонов и использование низколегированной арматурной стали обеспечили

возможность строительства нефтедобывающих гидротехнических платформ для морских шельфов. Наибольшее распространение железобетон получил при изготовлении опорных конструкций гравитационных платформ [10–12]. Еще одним преимуществом бетона является его достаточно простой состав и технология, а, соответственно, возможность его изготовления вне заводских условий.

В практике гражданского домостроения известно большое количество примеров возведения различных объектов из бетона, получаемого непосредственно на строительной площадке. Подобный способ приобъектного изготовления, в совокупности с современными методами интенсификации процесса твердения получаемых изделий (солнечная энергия, инфракрасное излучение, тепловые пушки), позволяют получать конструкцию с прочностными характеристиками, не уступающими заводским, но с меньшими временными и финансовыми затратами. Значительные габариты и осадка нефтегазовых сооружений и небольшие глубины морского шельфа обуславливают необходимость в реализации такой технологии и в морских условиях для изготовления железобетонных опорных блоков нефтяных платформ. А сложные климатические параметры района проектирования и удаленность углеводородных месторождений от береговых судостроительных баз, требуют проводить монтажные работы по обустройству платформ в кратчайшие сроки.

Таким образом, использование железобетона для строительства опорных конструкций ледостойких нефтеплатформ в условиях северного Каспия может стать достойной альтернативой стальным конструкциям. Исходя из особенностей грунтовых оснований в предполагаемых районах освоения месторождений, имеющих глинистую структуру и низкие прочностные свойства, использование гравитационного типа фундамента, в данном случае, потребует при его изготовлении более тяжелых составов бетонов, применение которых значительно увеличит вес конструкции и при небольшой глубине приведет к увеличению ледового воздействия. Поэтому в качестве ледостойких опорных элементов платформ возможно использование конструкций многоопорного типа (2 - 4 опоры) или легких опор ферменного типа [13] (рис. 4). Оба конструктивных элемента имеют свайные фундаменты и могут устанавливаться на глубине до 30 м.

Технологическую стадию изготовления опорных частей для ледостойких морских сооружений в связи с их значительным весом (около 12000 т) и сложными условиями транспортировки необходимо перенести непосредственно в море. Это значительно ускорит сроки проведения строительно-монтажных работ и позволит использовать готовое железобетонное изделие уже на следующие сутки после его изготовления. Практическая реализация такой технологии возможна при использовании специальных источников нагрева (ИК-облучателей), которые позволят

интенсифицировать процесс ускоренного твердения и в короткие сроки получить конструкцию с достаточной для строительства прочностью. Выбор режима, связанный с управлением плотностью теплового потока позволит создать равномерное температурное поле по толщине отливаемого изделия. Однако, необходимо также учесть такие факторы, как климатические характеристики района строительства и недопустимость загрязнения морской среды при реализации технологии.

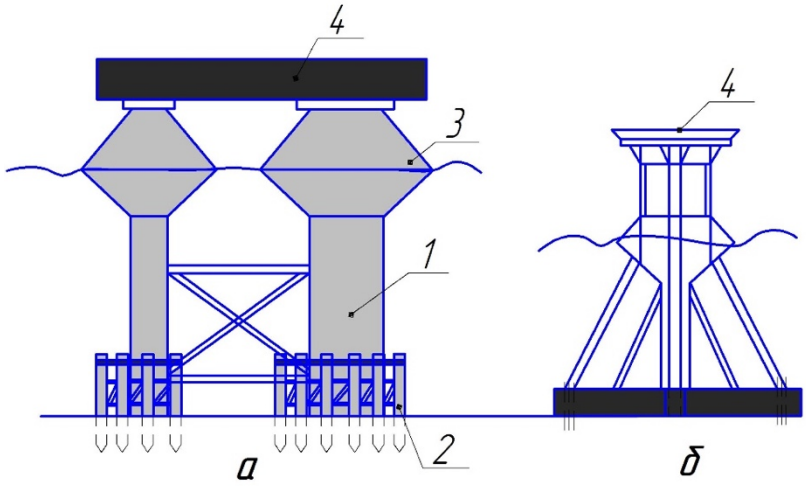


Рисунок 4. **Схемы опорных конструкций:**
а) многоопорного типа; б) ферменного типа;1 – опорная колонная; 2 – сваи;
3 – ледорезное устройство; 4 – площадка для размещения верхних блоков

В ближайшей перспективе планируется разработка нефтегазовых месторождений центральной зоны северного Каспия, Хвалынского и Сарматского. Освоение этих месторождений с использованием новых технологий в области строительства нефтегазовых сооружений повысит конкурентоспособность России и откроет возможности для развития собственных судостроительных мощностей, что весьма актуально в условиях санкций. Внедрение и реализация таких проектов позволят оптимизировать затраты на возведение дорогостоящих объектов, а сам процесс строительства вести непрерывно, учитывая особенности северного Каспия (отрицательных температуры окружающей среды и ледовые нагрузки).

ЛИТЕРАТУРА

1. Центральное диспетчерское управление топливно-энергетического комплекса [Электронный ресурс]. М., 2002-2015 2002-2015 ФГБУ "ЦДУ ТЭК. URL: http://www.cdu.ru/ (Дата обращения: 15.09.2017).
2. Российский совет по международным делам [Электронный ресурс]. М., 2000-2015. URL: http://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/rossiyskiy-neftegaz-30-let-spustya/?sphrase_id=975807 (Дата обращения: 15.09.2017).
3. НД № 2-020201-013 Правила классификации, постройки и

оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ / СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2014. 483 с.
4. Дербасова Е.М. Технология непрерывного изготовления железобетонных корпусов морских ледостойких платформ в условиях Каспийского моря на основе моделирования тепловых режимов отливки: дисс.… канд. тех. наук. Астрахань, 2015. 207 с.
5. СНиП 2.06.04-82* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) Введ. 1986-01-01. М.: Гостсрой СССР. Дата актуализации 01.01.2009 г. 148 с.
6. СНиП 33-01-2003 (2004). Гидротехнические сооружения. Основные положения [Текст]. Введ. 2004-01-01. М: Госстрой России.
7. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения [Текст]. Введ. 2003-06-30. М: Госстрой России.
8. СП 41.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87. [Текст]. Введ. 2013-01-01. М: «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева».
9. СП 58.13330.2012 «Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003». Введ. 2013-01-01. М.: Министерство регионального развития РФ, 2011.
10. Алмазов В.О. Железобетонные конструкции сооружений для добычи нефти и газа на континентальном шельфе северных морей: автореф. дис. … д-ра техн. наук. Москва.: Моск. инж.-строит. ин-т им. В.В. Куйбышева, 1990. 36 с.
11. Беллендир Е.Н. Научное обоснование проектирования гравитационных опорных блоков морских ледостойких платформ и их сопряжения с грунтовым основанием: дисс … канд. тех. наук. СПб.: С.-Петерб. политехн. ун-т, 2006. 284 с.
12. Беллендир Е.Н. Оптимизация фундаментной части гравитационной платформы для мелководного участка шельфа / Е.Н. Беллендир, Е.Е. Торопов // Труды RAO-97. СПб., 1997. С. 247.
13. Торопов Е.Е. Напряженно-деформированное состояние и выбор рациональных параметров сталебетонных конструкций морских ледостойких платформ: автореф. дисс. … канд. техн. наук. Санкт-Петербург: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2004. 24 с.

УДК 626/627:001.12/.18

РОЛЬ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РАЗВИТИИ ЭКОНОМИКИ ВЬЕТНАМА И СОПУТСТВУЮЩИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Т.В. Иванкова
Академия безопасности гидротехнических сооружений,
г. Новочеркасск, Россия

Социалистическая Республика Вьетнам привлекает внимание мирового сообщества высокими темпами экономического развития, сохраняющимися начиная с 90-х годов прошлого века. Важную роль в этом процессе играет обеспеченность страны водными ресурсами, позволяющая развивать сельское хозяйство и туризм. В этих отраслях к числу тревожных проблем ближайшего будущего относится ухудшение экологического состояния природной среды, являющееся следствием быстрого экономического развития и роста населения.

Вьетнам – страна с тысячелетней историей, но для многих россиян остается очень далекой и малоизвестной. В 1858 – 1945 гг. страна была французской колонией, в 1945 г. в Северном Вьетнаме победили коммунисты, и он был провозглашен как Демократическая Республика Вьетнам (с 1976 г. – Социалистическая Республика). Возможно, самый общеизвестный факт – это жестокая и продолжительная война США (1965 – 1975 гг.) с Северным Вьетнамом, в результате которой погибло 12,5 % населения страны. За прошедшие 30 лет раны войны, в том числе в природе (отравленные химикатами джунгли), практически затянулись.

Социалистическая Республика Вьетнам расположена на восточном побережье Индокитайского полуострова, простираясь в виде сравнительно узкой полосы между от 8º33' до 23º26' северной широты. Её площадь составляет 331 600 км^2, что соизмеримо с территорией Германии. Вьетнам граничит на севере с Китаем, его сосед на западе – Лаос, на юге-западе – Камбоджа, с востока страна омывается Южно-Китайским морем. Вьетнам имеет огромное количество островов и два больших архипелага – Хоанг Ша и Чыонг Ша. Протяженность береговой линии без учета островов – 3 444 км, сухопутных границ– 4 639 км.

Страна находится в пределах субтропического и тропического климатических поясов с обильными атмосферными осадками до 2000 – 2200 мм в год, приносимыми муссонами. Поэтому Вьетнам иногда называют «страной воды». Сумма температур выше 10 °С в субтропическом поясе варьирует в пределах 5000 – 7500°, в тропическом поясе достигает 8000° (Исаченко, 1990). Почвы зональные красно-желтые, часто формирующиеся на древней коре выветривания, содержание гумуса невелико – 2 – 3 %. Три четверти территории страны – горные районы, поэтому особая роль принадлежит двум плодородным дельтам главных рек страны: Меконга и Хонгха (Красная). На территории Вьетнама протекают около 3500 малых рек (протяженностью не менее 10 км) и 13 больших рек со 108 бассейнами 1–6 порядков (рис. 1). Все реки имеют муссонный режим, внутригодовое распределение воды крайне неравномерно (Михайлов, Нгуен Нгок Хуан, 1988). Во время летнего муссона в низовьях Меконга и по дельте происходят наводнения с подъемом воды на 11 – 14 м. На многоводные месяцы (сентябрь, октябрь) приходится до 18,54 – 17,8 % годового стока, на самые маловодные (март)

– всего 1,8 %. В целом реки Индокитая многоводнее рек северного полушария.

Меконг – крупнейшая река Индокитая. Длина реки 4500 км, площадь бассейна 810 тыс. км^2, в его бассейне проживают 250 000 000 человек. Река протекает по территории Китая, Лаоса, Мьянмы, Тайланда, Камбоджи и Вьетнама (в нижней части бассейна). Осадки в бассейне Меконга составляют в среднем h = 1570 мм, сток h = 630 мм. Средний расход 14000 м^3/с, годовой объем стока W = 442 км^3/год.



Рисунок 1. **Бассейн Меконга – объект международного использования водных ресурсов**

Хонгх (Красная) – река на юге Китая и севере Вьетнама, длина 1183 км, площадь бассейна около 158 тыс. км². Расход воды в устье доходит до 30 тыс. м³/с, минимальный расход – 700 м³/с, средний расход воды – 900 м³/с.

Среднемноголетние осадки Вьетнама составляют 603 км^3/год, внутренний сток – 359,4 км^3/год, приток с территорий других стран – 524,7 км^3/год, общий объем возобновляемых ресурсов пресной воды – 884,1 км^3/год. Водообеспеченность на одного жителя Социалистической Республики Вьетнам составляет 9,302 тыс. м^3/год (для сопоставления в РФ – 29,1 тыс. м^3/год (2016 г.)). Площадь территории Республики Вьетнам – 331,600 км^2, слой осадков – 1091 мм.

В середине прошлого века во Вьетнаме проживало около 40 млн. человек, ныне он входит в группу 15 наиболее густо населенных стран мира, его население на начало 2017 г. составляло 95,04 млн. человек. По

площади страна находится на 58-м месте, а по уровню обеспеченности землей (0,6 га/чел.) – на 159-м месте. При этом распределение населения чрезвычайно неравномерно: в дельтах рек Меконга и Хонгх (Красная), площадь которых составляет 16 %, проживает 41 % населения; местами в дельте Меконга плотность достигает 1300 чел./км^2, тогда как в гористых лесных районах она снижается до 10 чел./км^2. В дельте р. Красная находится столица страны – город Ханой с населением 6 млн. жителей.

Во Вьетнаме быстро развивается экономика, сочетающая с 90-х годов XX века социалистический строй с привлечением частного капитала. Это позволило стране по уровню ВВП подняться на 48-е место, достигнув первых мест по производству некоторых продуктов сельского хозяйства, а по экспорту товаров легкой промышленности войти в мировую десятку. Вьетнам – член ВТО, ежегодный рост ВВП достигает 6,7 %, его основными партнерами являются США, ЕС, Япония, Южная Корея и Китай. Практика развития страны показывает, что водные ресурсы стали важным фактором в обеспечении продовольственной и энергетической безопасности, а также в деле индустриализации и модернизации.

Рассмотрим две отрасли экономики Вьетнама – сельское хозяйство и туризм, наиболее тесно связанные с водными ресурсами.

Сельское хозяйство. Обилие водных ресурсов и теплый климат позволили Вьетнаму выйти на первое место в мире по объёму экспорта риса (рис. 2) [5]. Водные ресурсы также являются решающим фактором в увеличении объёма производства других сельскохозяйственных и технических культур, таких как чай, кофе, чёрный перец и т.д. Около 70 % от общего объема воды, используемой для сельскохозяйственного производства, поступает из рек Красная и Меконг.



Рисунок 2. **Террасированные рисовые поля Вьетнама – один из интенсивных средневековых способов земледелия**

Более 2/3 объёма речного стока образуются за пределами территории страны. Сотрудничество стран, расположенных в бассейне Меконг, с 1957 г. происходит в рамках особой межгосударственной Комиссии (Рысбеков, 2009; Рудых, Захарьев, 2013 и др.), руководствующейся «духом Меконга». Однако механизмы и политика сотрудничества в совместном использовании водных ресурсов не всегда дают наилучший эффект. На больших реках Индокитая, в том числе и Вьетнама, построены водохранилища для гидроэлектростанций и ирригационных систем. Часть этих сооружений была возведена до того, как появилась концепция «устойчивого развития», поэтому они используются только для повышения экономической эффективности при отсутствии оценок состояния окружающей среды [2–3]. Северная половина бассейна р. Меконг находится на территории Китая, вследствие чего эта страна претендует на доминирующую роль в использовании водных ресурсов (Фам Тхань, 2014). Китай с 1980-х годов осуществляет долгосрочный проект по строительству на Меконге восьми крупных плотин и ГЭС, которые по количеству вырабатываемой электроэнергии могут заменить 30 ТЭЦ. Четыре плотины уже построены, причем две из них (Сяовань и Ночжаду) входят в десятку высочайших в мире (соответственно 292 и 261 м). Экологи и экономисты стран Индокитая выражают тревогу – крупные водохранилища снизят уровень воды в реках, а в дельте Меконга возрастет соленость воды, что уменьшит урожаи на орошаемых плантациях и нарушит пути миграции рыб.

Бассейн Меконга отличается чрезвычайным богатством растительного и животного мира – по видовому разнообразию флоры и фауны он лишь немного уступает бассейну Амазонки. Ученые постоянно сообщают об открытиях в регионе Большого Меконга новых видов растений и животных. Сохранение этой уникальной природной среды – задача всего мирового сообщества и ЮНЕСКО. Но экономический прогресс, как правило, сопровождается экологическими потерями. В дельте Меконга на территории Вьетнама вылавливается до 2,5 млн. т рыбы в год. Несмотря на то, что значительная ее часть теперь выращивается в садках, популяции ряда местных видов (мигрирующих карпа, сома и др.) в последние годы резко сократились, а вылавливание крупных экземпляров (90 – 250 кг) стало редкостью.

Растущая численность населения и необходимость повышения качества жизни не позволяют снизить давление на водные ресурсы [4]. Мнение заместителя начальника Управления водных ресурсов Министерства природных ресурсов и экологии Вьетнама Ле Хыу Тхуана таково: *«Как прогнозируется, к 2020 году население Вьетнама составит приблизительно 100 миллионов человек и через несколько десятилетий –*

120 миллионов. Рост численности населения приводит к растущим потребностям в водных ресурсах для повышения качества жизни и развития производства. Это большой вызов для развития водных ресурсов государства».



Рисунок 3. **Прибрежная курортная зона Нячанг сменяется к западу лесистыми ландшафтами с вкраплениями сельскохозяйственных угодий**

По словам специалиста по водным ресурсам Нгуен Тхи Фыонг Лам, в настоящее время для устойчивого развития во Вьетнаме необходимо сосредоточить внимание на рациональном управлении водными ресурсами и призвать все общество к участию в этой работе: *«Водопользователи и управляющие водными ресурсами могут взаимодействовать друг с другом для определения целей устойчивого развития. На основе данных целей управляющие водными ресурсами разработают правовые институты, позволяющие людям получить соответствующий доступ к водным ресурсам для охраны экологии. Необходимо принять меры по восстановлению водных ресурсов и прекращению прямого сброса в воду».*

Следует особо подчеркнуть, что рекордные достижения сельского хозяйства, высокий уровень использования водных ресурсов и климатические условия Вьетнама образуют тесно связанную и взаимозависимую цепочку факторов. Современный уровень производства продуктов питания достигнут благодаря сбору двух-трех урожаев в год, т.е. агроприродный потенциал использован практически полностью. Очевидно также, что поддержание достигнутого уровня интенсификации сельского хозяйства требует использования большого объема водных ресурсов и стабильных климатических условий. Между тем, по мнению экспертов, Вьетнам занимает третье место в десятке стран, где последствия ожидаемых глобальных изменений климата окажутся наиболее серьезными. Подтверждением реальности такой опасности стала засуха 2016 г., самая сильная за последние 90 лет. Она проявилась в первой половине года, когда количество осадков в ряде провинций уменьшилось

на 15 – 35 %, а в некоторых местах дождей не было вообще. Особенно сильно засуха затронула дельту Меконга – на многих плантациях урожай погиб из-за повышения солености воды, резко сократилось выращивание креветок – одной из статей экспорта, уменьшился сбор пальмового масла и т.д. Причиной засухи считают сбой режима Эль-Ниньо – колебаний температуры поверхностного слоя воды в экваториальной части океана. С целью смягчения противоречий в использовании водных ресурсов Меконга Китай демонстрирует шаги, регулирующие водный режим реки. Так, в ответ на запрос Вьетнама о возможных убытках урожая (риса на 160 тыс. га и 290 тыс. га фруктовых плантаций) в сумме 200 млн. долларов в засушливый весенний период, Китай провел в марте 2016 г. форум «Лансанг-Меконг». На форуме было заявлено о выпуске из одного из китайских водохранилищ значительного объема воды для поддержания водности Меконга, несмотря на то, что выпуск приведет к снижению выработки электроэнергии.

Вьетнам характеризуется высоким уровнем (98 %) грамотности населения и неудивительно, что общество осознает опасные последствия глобальных климатических изменений. Правительство подтверждает свои обязательства по международному соглашению, обещая снизить выбросы парниковых газов на 8 %. Специалистами сельского хозяйства на случай засухи предусмотрена реструктуризация растениеводства (например, вместо риса выращивают арахис), разработаны способы полива, позволяющие экономить 30 – 40 % воды, строятся дамбы для защиты полей от морских вод. Но все это – мероприятия тактического уровня и кратковременного действия, тогда как глобальные климатические изменения могут иметь для страны катастрофические последствия.

Таким образом, экономические успехи Вьетнама несомненны, но, в то же время экологическое состояние природной среды далеко от идеала. По влиянию окружающей среды на здоровье человека Вьетнам занимает 77 место, по качеству воды – 80-е место, по общему индексу – 79-е место.

Туристская отрасль. Вьетнам имеет также большой потенциал для развития туристской отрасли, в первую очередь благодаря наличию протяженных морских побережий. Это одна из красивейших экзотических стран с интересной тысячелетней историей, со своими традициями, древними храмами и другими культурно-историческими объектами, фантастической природой и прекрасными песчаными пляжами.

По статистике национального комитета по туризму, в 2005 г. Вьетнам посетили более 23 000 граждан России, и с того времени количество приезжающих россиян достигло впечатляющего роста. В 2006 г. было зафиксировано 28 776 человек, в 2007 г. – 44 554, в 2011 г. – больше 100 000 человек, а за первые 5 месяцев 2012 г. – больше 87 000 человек. За последние 3 года Россия с 25-го места переместилась на 11-е в списке стран, откуда приезжают отдыхать во Вьетнам. Доля туризма в

ВВП равнялась в 2007 г. 4,5 %, ежегодный рост дохода от отрасли составлял около 17 %; в последние годы доля туризма в ВВП превысила 6 % (для сравнения – в России эта доля составляет около 1,5 %).

Наиболее популярными курортами являются Муйне, Нячанг и Далат. Экзотическая местность Нячанг находится на юге Вьетнама (рис. 3). Этот курорт получил гордое звание «Ривьера» и много лет остается популярнейшим пляжным и красивейшим курортом Вьетнама. Нячанг часто сравнивают с Паттайей в Таиланде. Пляжи Нячанга тянутся полосой в семь километров вдоль побережья. Этот старейший курорт Вьетнама был излюбленным местом отдыха вьетнамских аристократов еще в XV веке, а на сегодняшний день Нячанг является одним из популярнейших экзотических курортов мира [1].

Во Вьетнаме в ближайшие несколько лет запланировано активное развитие прибрежной зоны, расположенной в 20 минутах езды от курортного города Нячанг. В настоящее время на прибрежной песчаной косе возводят более 15 современных гостиничных комплексов. Отели принадлежат всемирно известным брендам и вьетнамским отельным цепочкам [1]. Новая курортная зона, расположенная на полуострове между Южно-Китайским морем и бухтой Камрань (Cam Ranh), тянется на несколько километров – от аэропорта Cam Ranh и до перевала, за которым находится Нячанг.

К сожалению, экологическое состояние побережья Южно-Китайского моря далеко не везде благополучно. Прекрасные белоснежные пляжи имеются лишь рядом с отелями, персонал которых старается поддерживать чистоту, убирая мусор каждый день. А там, где живут местные жители-рыболовы, ситуация совершенно другая. Вьетнамцы особо не заботятся о чистоте берега. Живут они бедно (средняя зарплата в два раза ниже прожиточного минимума семьи). Чтобы сэкономить, выкидывают мешки с боем кирпичей, бетона, с песком и прочим строительным мусором в море. На берегу также разбросаны различные бытовые отходы, рваные старые сети (рис. 4). А еще впечатление от посещения морского берега портит запах тухлой рыбы: рыбные и прочие пищевые отходы жители также выбрасывают в море или на берег. Очевидно, нужны воспитательные и образовательные меры на государственном уровне для повышения экологической культуры населения.



Рисунок 4. **Замусоренная прибрежная зона пляжа Зоклет.** Фото автора

Все вышеизложенное позволяет заключить, что Республика Вьетнам за последние 25 лет достигла впечатляющих успехов в развитии разных отраслей экономики, включая туристическую сферу. Интенсивному росту способствовало наличие значительного резерва водных ресурсов.

В то же время по экологическому состоянию природной среды страна находится в аутсайдерах. Промышленные отходы, попадая в реки и водохранилища, загрязняют пресную воду и затем – море. Побережье и прибрежная зона Южно-Китайского моря в настоящее время сильно замусорены. На побережье преобладают бытовой мусор и пищевые отходы – недаром нашу цивилизацию называют «цивилизацией отходов» или эрой одноразовых вещей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаченко А.Г., Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: ВШ, 1991. 366 с.
2. Михайлов В.Н., Нгуен Нгок Хуан. Особенности водного режима приливной дельты р. Меконг в сухой сезон // Вестник МГУ. Сер.5. География. 1988.
3. Рудых Л.Г., Захарьев Я.О. Проект «Большой Меконг»: перспективы межгосурарственного и экономического развития Юго-Восточной Азии // Вестник ИрГТУ, № 9 (80), 2013.
4. https://cyberleninka.ru/article/n/proekt-bolshoy-mekong-perspektivy-mezhgosudarstvennogo-i-ekonomicheskogo-razvitiya-yugo-vostochnoy-azii
5. Рысбеков Ю.Х. Трансграничное сотрудничество на международных реках: проблемы, опыт, уроки, прогнозы экспертов // Под ред. В.А. Духовного. Ташкент: НИЦ МКВК, 2009. 203 с.
6. Фам Тхань Суан Тхань Суа. Страны субрегиона Большого Меконга: проблемы экологической безопасности // Вьетнамские исследования: М.: ФГБУН Институт Дальнего Востока РАН. № 4, 2014. С. 116–123.

7. Чан Тхи Хоанг Йен. Имидж Вьетнама и туризм // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6.
8. Le Thac Can, nnk, 1994 Danh gia tac dong moi truong. Ha Noi, NXB KHKT, 186 tr.
9. Nguyen Ngoc Sinh, Ta Hoang Tinh, nnk.; 1984 Moi truong va tai nguyen thien nhien Viet Nam. HN, NXB KHKT, 199 tr.
10. *Nuoc Viet Nam;* 1994 Luat bao ve moi truong. HN, 20tr.
11. Vietnam: Statistical data of agriculture, forest and fishery 1985-1993; statistical yearbook 1993. Hanoi, statistical publishing house. 195 and 350 p.

УДК 502/504:556.16:628.1

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В НИЗОВЬЯХ ВОЛГИ И ДОНА

В.А. Волосухин
Институт безопасности гидротехнических сооружений,
г. Новочеркасск, Россия

Европейская территория России занимает 23 % территории страны и около 40 % территории всей Европы, однако здесь проживает более 80 % россиян. Приведен анализ водных ресурсов и гидротехнических сооружений в бассейнах рек Волга и Дон. Анализируются водохранилища Волжско-Камского каскада. Рассматриваются вопросы повышения надежности и безопасности гидротехнических сооружений.

8 августа 2017 г. прошло выездное Совещание Правительства Российской Федерации «О сохранении, предотвращении загрязнения и рациональном использовании реки Волги». Речь шла о предотвращении загрязнения и рациональном использовании Волги.

Для улучшения экологического состояния реки Волги и её притоков предусмотрено решение ключевых задач по снижению антропогенного воздействия и сокращению сброса загрязнённых сточных вод, ликвидации объектов накопленного экологического вреда окружающей среде, представляющих экологическую угрозу водным объектам Волжского бассейна; разработка и реализация комплекса мер, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов и устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса Нижней Волги за счёт дополнительного обводнения реки Ахтубы из Волгоградского водохранилища в меженный период, улучшение распределения стока, восстановление пропускной способности русел рек, мелиоративных систем

и каналов-рыбоходов, поддержание и восстановление биоразнообразия реки Волги; применение наилучших доступных технологий в целях сокращения сбросов загрязняющих веществ в водные объекты Волжского бассейна, поэтапное, начиная с 1 января 2019 года, введение в субъектах Федерации – участниках приоритетного проекта требования об оборудовании средствами автоматизированного объективного контроля состава, массы (объёма) сточных вод на объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, а также действия по поддержанию биоразнообразия реки Волги, включая расчистку и восстановление водных объектов Волго-Ахтубинской поймы.

Кроме того, развитие экологического мониторинга за состоянием окружающей среды, проведение научных исследований, просветительские программы и информирование населения о необходимости рачительного отношения к водным объектам, развитие волонтёрства.

При общем объеме возобновляемых ресурсов пресной воды в РФ в 2015 г., составивших 4525 млрд. м^3, их забор из поверхностных (60,8 км^3) и подземных (8,9 км^3) источников составил 60,8 млрд. м^3/год (1,34 %) [1–2, 4, 7]. Для сопоставления пресной воды по данным ФАО и Евростата забрано из водных объектов в Индии 761 км^3 (39,8 % от объема возобновляемых ресурсов), Китае – 611 км^3 (21,5 %), США – 423 км^3 (13,8 %), Японии – 82 км^3 (19,1 %), Бразилии – 74,8 км^3 (0,87 %), Франции – 33,1 км^3 (15,7 %), Германии – 32,7 км^3 (21,2 %).

Удельная водоемкость ВВП (м^3 воды на 1 тыс. долл. ВВП) по данным [7] составила в 2015 г. в России 21 м^3/1 тыс. долл. ВВП; в США – 27 м^3/1 тыс. долл. ВВП; в Германии – 11 м^3/1 тыс. долл. ВВП; во Франции – 14 м^3/1 тыс. долл. ВВП; в Японии – 19 м^3/1 тыс. долл. ВВП.

В соответствии с Федеральным законом от 01.12.2014 г. № 384-ФЗ расходы на «Водное хозяйство» планировались на 2015 г. в объеме 20,197 млрд. рублей, но в соответствии с Федеральным законом от 28.11.2015 г. они были уменьшены на 5,016 млрд. рублей.

Среднемноголетний речной сток на Европейской территории России распределен крайне неравномерно, так в Северо-Западном федеральном округе он составляет 607,4 км^3/год (проживает 13,85 млн. человек, водообеспеченность – 62,6 тыс. м^3/год на человека), а в Северо-Кавказском федеральном округе – 60,1 км^3/год (проживает 9,2 млн. человек, водообеспеченность – 6,3 тыс. м^3/год на человека), в Центральном федеральном округе – 126 км^3/год (проживает 39,09 млн. человек, водообеспеченность – 8,4 тыс. м^3/год на человека).

Двадцать лет назад началась реализовываться ФЦП «Возрождение Волги» (1997 – 2001 гг.). Большой вклад в ее реализацию внесен ректором, академиком РААСН В.В. Найденко (1938 – 2005 гг.) и сотрудниками Нижне-Новгородского государственного архитектурно-строительного университета [3].

Волга – крупнейшая река Европы, национальная гордость России. Длина реки 3531 км. В пределах Волжского бассейна полностью или частично расположено 37 субъектов Российской Федерации. Средняя плотность населения в бассейне р. Волга составляет 44 чел./км^2. В Волгу впадает 2600 рек.

Площадь бассейна р. Волга (1360 тыс. км^2) занимает 8 % территории России (17075 тыс. км^2) и 62 % территории Европейской территории России. На этот территории проживает 40,2 % населения России сосредоточено около 45 % промышленности и 50 % сельскохозяйственного производства. В бассейне Волги расположено 64 города с численностью населения более 100 тыс. человек, в том числе 7 городов с численностью более 1 млн. человек (Москва – 12,33 млн. человек; Нижний Новгород – 1,27 млн. человек; Самара – 1,17 млн. человек; Пермь – 1,04 млн. человек; Казань – 1,22 млн. человек; Уфа – 1,11 млн. человек; Волгоград – 1,02 млн. человек).

Волжско-Камский каскад водохранилищ – это каскад из 13 водохранилищ на р. Волга и ее левом притоке Кама, создан в 1937 – 1981 гг. его длина около 3 тыс. км, суммарная площадь водного зеркала 26,3 тыс. км^2, суммарный полный объем 178,3 км^3 (2-ое место в мире) и суммарный полезный (регулируемый) объем 88,9 км^3. План ирригации и электрификации Поволжья был разработан в 1921 г. В 1933 г. он обсуждался на специальной сессии АН СССР.

Водохранилища каскада позволяют оросить в Поволжье и Прикаспийской низменности около 8 млн. га. Фактически орошается менее 1 млн. га. Почти в 10 раз уменьшился водообмен в бассейне р. Волга. Современный объем сбросов (более 5 тыс. учтенных выпусков) в Волгу составляет около 2,5 км^3/год (2,8 % от полезного объема каскада). Переформирования (абразия, оползни) проявляются на 1200 участках береговой линии водохранилищ.

Средняя глубина каскада из 13 водохранилищ на Волге и Каме $H_{ср} = 6{,}8$ м (Волгоградское водохранилище $H_{ср}$ = 10,1 м; H_{max} = 41 м; $H_{пл} = 60$ м; Куйбышевское водохранилище $H_{ср} = 8{,}9$ м; $H_{max} = 40$ м; Саратовское водохранилище $H_{ср} = 7{,}0$ м; $H_{max} = 31$ м; $H_{пл} = 60$ м).

По данным территориальных управлений Ростехнадзора в бассейнах Волги (40,8 %), Дона (20,3 %) и Кубани (21,9 %) расположено 83,0 % (24898 ГТС) потенциально опасных комплексов ГТС поднадзорных Ростехнадзору.

На 1 тыс. км^2 бассейна р. Волга расположено 9 потенциально опасных ГТС поднадзорных Ростехнадзору. Аналогично на 1 тыс. км^2 бассейна р. Дон расположено 14 потенциально опасных ГТС поднадзорных Ростехнадзору; на 1 тыс. км^2 бассейна р. Кубань расположено 113 потенциально опасных ГТС поднадзорных Ростехнадзору. Это значительно больше, чем в среднем по России (2 ГТС).

Опасный уровень безопасности имеют около 5 % комплексов ГТС в бассейнах Волги, Дона и Кубани (1170 ГТС) поднадзорных Ростехнадзору. В подавляющем большинстве это бесхозяйные низконапорные грунтовые сооружения.

Проблемы обеспечения безопасности ГТС в бассейнах Волги и Дона аналогичны имеющимся в России. Это недостаточность средств, выделяемых на их эксплуатацию; старение ГТС; низкая квалификация эксплуатационного персонала и уровень мониторинга за техническим состоянием ГТС; недостаточность контрольно-измерительной аппаратуры, особенно на ГТС III и IV классов, и их высокий износ; низкая плотность современной гидрологической сети с дистанционной передачей информации, особенно в горных и предгорных территориях (для сопоставления в России 1 гидропост расположен на 5546 км^2 водосборной площади, а в Японии – на 67 км^2, в Германии – на 119 км^2). Для примера, на балансе Минсельхоза России находится 250 водохранилищ, 163 плотины, 2,3 тыс. регулирующих ГТС, 29 тыс. каналов оросительных систем. Капитальные вложения на реконструкцию ГТС, находящихся на балансе Минссельхоза России, необходимы до 2020 г. в размере 18,9 млрд. рублей [6]. Однако на Департамент мелиорации Минсельхоза России и все управления по эксплуатации обводнительно-оросительных систем в субъектах РФ выделяется из бюджета России ежегодно менее 3 млрд. руб./год, которых недостаточно для выплаты заработных плат по уровню средних в субъектах РФ.

Таблица. **Основные показатели водохранилищ Волжско-Камского каскада**

Водохранилище	Год заполнения	Объем, км^3		Площадь зеркала, км^2	Установленная мощность ГЭС, тыс. кВт	Среднегодовая выработка электроэнергии, млрд. кВт*ч
		Полный	Полезный			
Верхневолжское	1845, 1944	0,52	0,47	183	–	–
Иваньковское	1937	1,12	0,81	327	30	0,11
Угличское	1939–1943	1,25	0,81	249	110	0,25
Рыбинское	1940–1949	25,42	16,67	4550	330	1,05
Горьковское	1955–1957	8,82	3,9	1591	520	1,4
Чебоксарское[1]	1981	$\frac{4,6}{12,6}$	$\frac{0}{5,4}$	$\frac{1080}{2170}$	1404[2]	3,34[2]
Куйбышевское	1955–1957	57,3	33,9	6150	2300	10,26
Саратовское	1967–1968	12,87	1,75	1831	1290	5,33
Волгоградское	1958–1960	31,45	8,25	3117	2530	10,18
Камское	1954–1956	12,2	9,8	1915	504	1,71
Воткинское	1961–1964	9,4	3,7	1065	1000	2,25

Нижнекамкое[1]	1978	$\frac{2,8}{13,8}$	$\frac{0}{4,6}$	$\frac{1000}{2570}$	1080	2,8
Итого		$\frac{168}{187}$	$\frac{80}{90}$	$\frac{23060}{25720}$	11098	39,68

Примечания: 1 – в числителе при современном подпорном уровне, в знаменателе при проектном НПУ; 2 – при проектном уровне.

По имеющимся оценкам структура основных показателей водопользования по бассейнам морей, рек и озер за последние годы в подавляющей степени оставалась стабильной. Основной объем водопользования в России в настоящее время, как и в предыдущие периоды, сконцентрирован в бассейне Каспийского моря. Характерно, что такое положение сохранялось и в периоды роста экономики, и в периоды кризисов. В частности, на этот бассейн в 2014 г. приходилось 42 % (29,7 млрд. м^3) забора воды из всех источников, 43 % (23,3 млрд. м^3) использования свежей воды и 38 % (16,5 млрд. м^3) учтенного объема водоотведения в поверхностные природные водные объекты страны. В 2015 г. указанные цифры были на уровне соответственно 40 % (27,6 млрд. м^3), 43 % (23,3) и 38 % (16,5 млрд. м^3).

На бассейн Каспия в 2014 г. приходилось 49 % общего объема воды, используемой для орошения в России, то есть 3,5 из 7,1 млрд. м^3. В 2015 г. эти цифры составляли соответственно 51 %, 3,5 млрд. м^3 и 6,8 млрд. м^3.

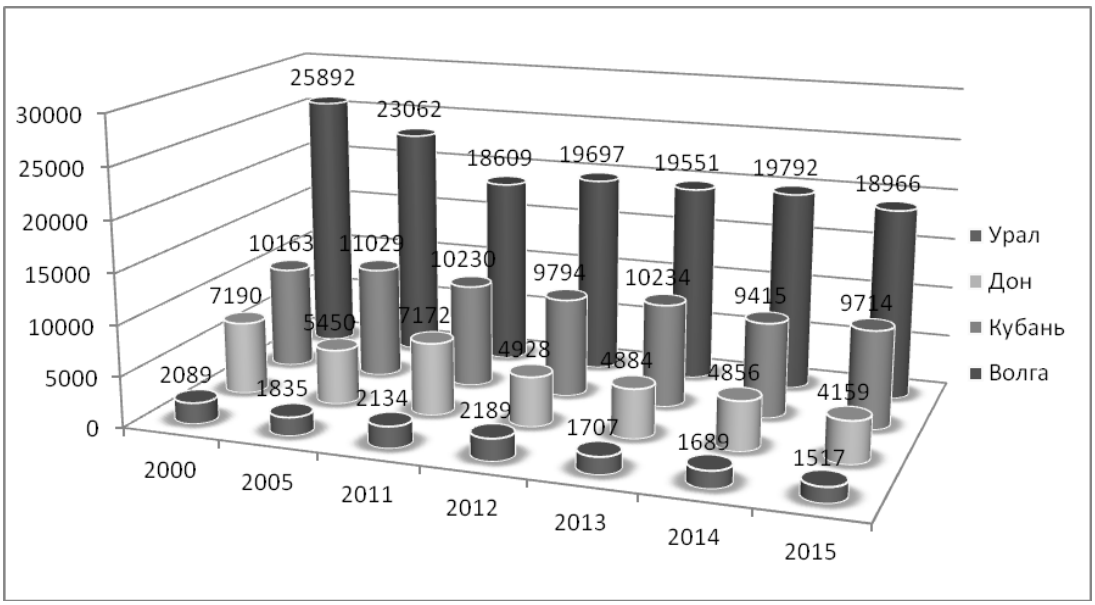


Рисунок 1. **Забор воды из водных источников в бассейнах Волги, Дона, Кубани и Урала за период с 2000 по 2015 гг., млн. м^3**

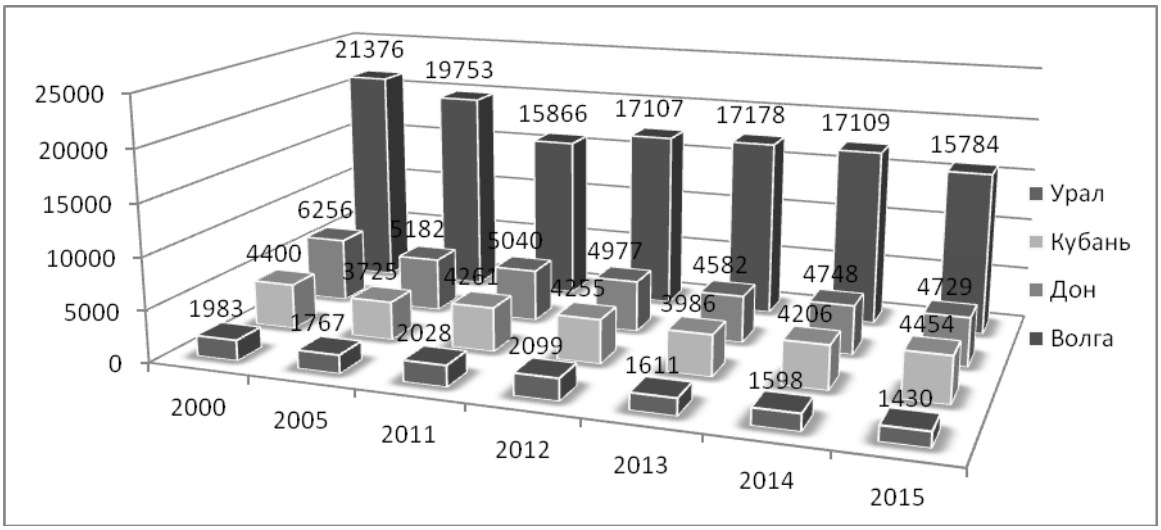


Рисунок 2. **Использование свежей воды в бассейнах Волги, Дона и Кубани за период с 2000 по 2015 гг., млн. м^3**

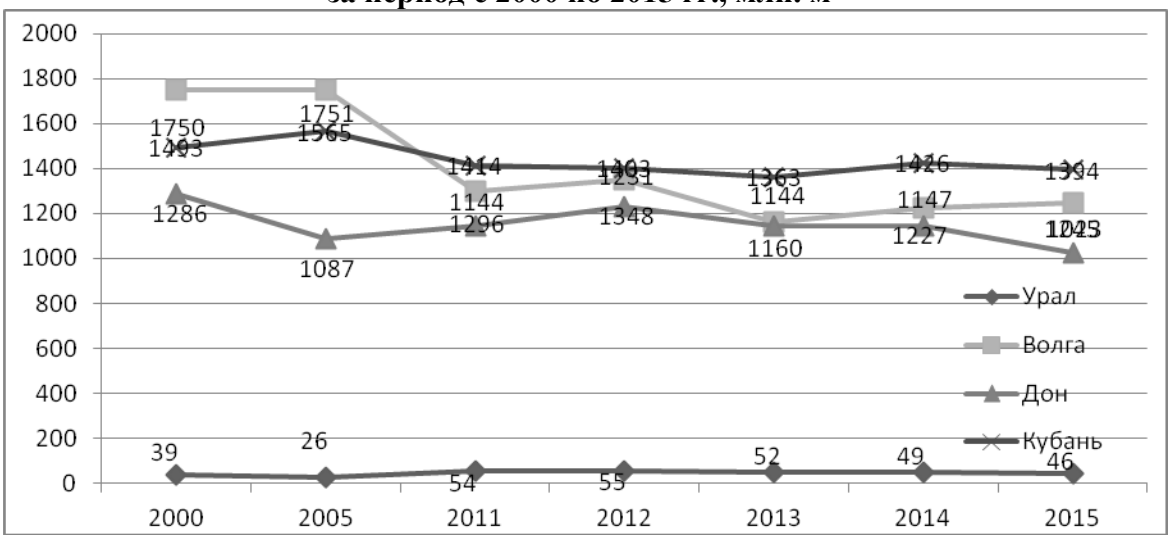


Рисунок 3. **Потери воды при транспортировке в бассейнах Волги, Дона и Кубани за период с 2000 по 2015 гг., млн. м^3**

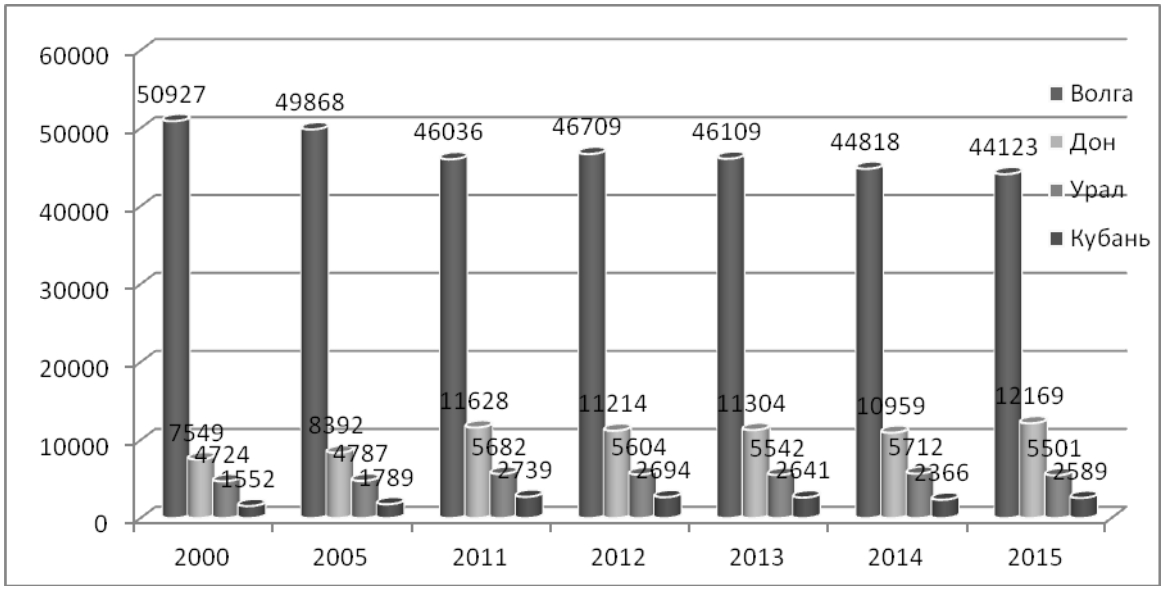


Рисунок 4. **Объем оборотного использования воды в бассейнах Волги, Дона и Кубани за период с 2000 по 2015 гг., млн. м^3**

В бассейне Каспийского моря основной объем водопотребления и водоотведения, в том числе загрязненных стоков, приходится на Волгу и ее притоки – 74 % общего использования свежей воды, свыше 76 % зафиксированного водоотведения в природные поверхностные водоемы и почти 86 % сброса загрязненных сточных вод от соответствующих объемов во всем Каспийском бассейне в 2015 г. В регионе р. Волги наблюдаются самые высокие потери воды при транспортировке среди всех речных бассейнов страны. Общий объем потерь в 2015 г. превысил 1,25 млрд. м^3, то есть равнялся трети от показателя по рассматриваемому бассейну в целом и 18 % от общероссийской величины (в 2014 г. – соответственно 1,23 млрд. м^3, или 16 %).

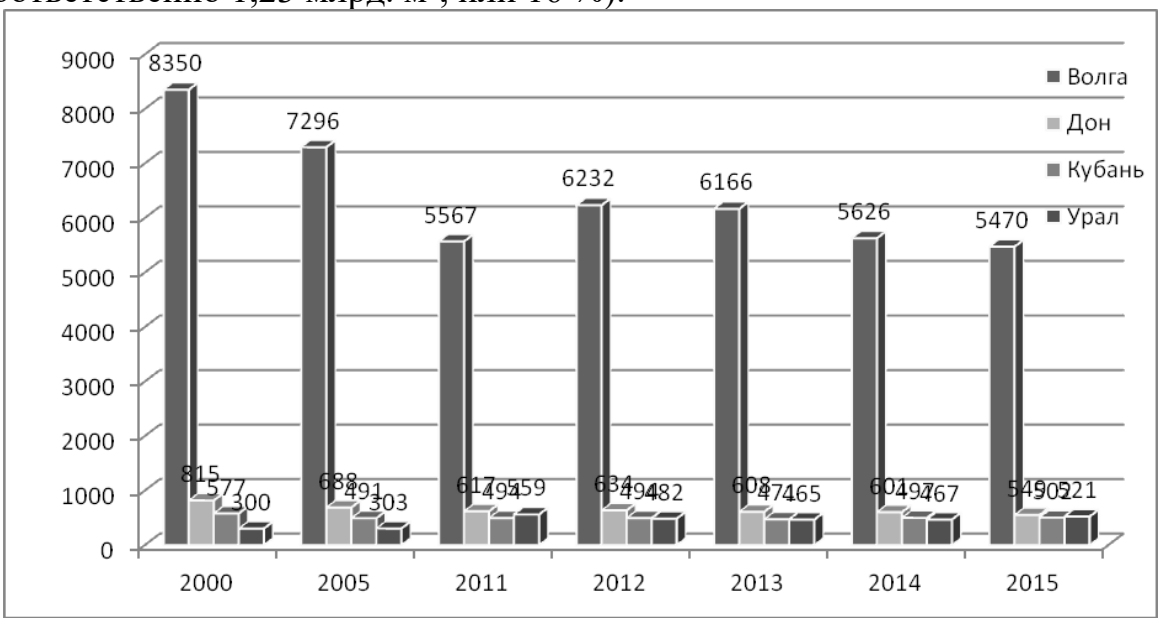


Рисунок 5. **Сброс загрязненных сточных вод в бассейнах Волги, Дона и Кубани за период с 2000 по 2015 гг., млн. м^3**

Забор воды в целом по бассейну Азовского моря в 2014 г. был на уровне 14,4 млрд. м^3, а в 2015 г. – 14,2 млрд. м^3. Характерно, что в 2005 г. этот показатель равнялся 16,7 млрд. м^3.

Сброс загрязненных сточных вод в регионе Азовского моря в 2014 г. составил 1,54 млрд. м^3, в 2015 г. – 1,49 млрд. м^3. В 2005 г. эта величина была на уровне 1,61 млрд. м^3.

Река Волга, зарегулированная крупными водохранилищами, и ее притоки испытывают очень большую антропогенную нагрузку. Бассейн Волги, включая различные притоки, а также водохранилища на многих участках загрязнены коммунальными, промышленными и сельскохозяйственными сточными водами, поверхностным стоком с урбанизированных территорий и сельскохозяйственных угодий. В результате этого в ряде регионов и отдельных районов сохраняются

серьезные проблемы с хозяйственно-питьевым водоснабжением, а также с воспроизводством рыбных и иных биологических ресурсов. В бассейне остро стоят вопросы затопления населенных пунктов и объектов экономики при половодьях и паводках на притоках Волги, а также проблемы разрушения берегов волжских водохранилищ, подтопления ряда прилегающих территорий и т.д.

В бассейне Дона в результате интенсивного использования водных ресурсов имеет место их дефицит, обостряющийся в маловодные годы. Попуски из Цимлянского водохранилища не обеспечивают в полной мере требований рыбного хозяйства, водного транспорта и орошаемого земледелия даже в годы средней водности. Остро стоит проблема качества воды, особенно в нижнем течении реки. Большинство очистных сооружений работают неэффективно; недостаточно очищенные сточные воды нескольких десятков городов поступают в водные объекты бассейна. Значительно загрязнены и истощены малые реки.

В 2015 г. по данным Росприроднадзора 40,3 % проб воды в низовьях Дона не соответствовало санитарно-химическим показателям и 35,5 % проб воды не соответствовало микробиологическим показателям. Основными причинами загрязнения воды водных объектов является сброс недостаточно очищенных и неочищенных сточных вод, ливневых вод, дренажных вод с оросительных систем в водные объекты, и их объемы, а также маловодие на Нижнем Дону, которое прогнозируется до 2030 г.

Бассейн реки Кубань в целом характеризуется напряженным водохозяйственным балансом с дефицитами воды даже в среднезасушливые годы. Нехватка водных ресурсов вызывает проблемы в устойчивом коммунальном, промышленном и сельскохозяйственном водоснабжении. В связи с недостаточностью или отсутствием сооружений инженерной защиты в зоне риска паводковых затоплений и опасных русловых процессов находятся сотни населенных пунктов, а также несколько сотен тысяч гектаров сельскохозяйственных угодий.

По данным Росприроднадзора в Краснодарском крае 27,8 % очистных сооружений канализации находится в неудовлетворительном техническом состоянии

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ (в ред. от 31.10.2016) «Водный кодекс Российской Федерации». – Режим доступа: http:// www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/Дата обращения: 30.01.2017.
2. Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 – 2020 годах». – Режим доступа: http://fcpvhk.ru/ - Дата обращения: 30.01.2017.

3. Разработка базовой геоинформационной системы Волжского бассейна: отчет о НИР / Нижегор. гос. арх.-строит. ун-т; рук. работы В.В. Найденко. № Г.Р. 01.9.50.001757. Н. Новгород, 2001. 242 с.
4. Сборник нормативно-методических документов, применяемых при декларировании безопасности гидротехнических сооружений / Под общ. ред. В.А. Волосухина; изд. 18-е, испр. и доп. / Академия безопасности ГТС – Новочеркасск, Южн.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ), 2015, Том I – 607 с.; Том II – 715 с.; Том III – 529 с.; Том IV – 502 с.
5. Вода России. Вода в государственной стратегии По ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2001. 528 с.
6. Водная стратегия агропромышленного комплекса России на период до 2020 года. М.: Изд-во ВНИИА, 2009. 72 с.
7. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 году». М.: НИА-Природа, 2016. 270 с.
8. Совещание о сохранении, предотвращении загрязнения и рациональном использовании реки Волги, 8 августа 2017 г. – Режим доступа: **http://government.ru/news/28770/** - Дата входа: 28.08.2017 г.

УДК 626.86

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Ю.М. Косиченко
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, Россия
О.А. Баев
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск, Россия

В статье рассматривается проблема применения геосинтетических и геокомпозитных материалов в Российской Федерации для противофильтрационных экранов гидротехнических сооружений (каналов, водоемов, накопителей). Представлена усовершенствованная классификация геосинтетических материалов для противофильтрационных покрытий и дренажных систем, приведены новые конструкции (по патентам на изобретения), обладающие повышенной надежностью и долговечностью. Выявлены некоторые проблемы, сдерживающие широкое внедрение геосинтетических и геокомпозитных материалов в нашей стране.

К геосинтетическим материалам (ГСМ) относятся полимерные строительные материалы, которые изготавливаются из синтетических или натуральных полимеров и других добавок. В качестве основных типов ГСМ выпускаются геомембраны, геотекстили, георешетки, геосетки,

геокомпозиты. При этом, наибольшее применение на практике получили геомембраны и геокомпозиты, как водонепроницаемый гидроизоляционный материал и геотекстили – как водопроницаемые защитные и дренирующие элементы.

Исходными полимерами для геомембран являются полиэтилен высокой и низкой плотности (PE), полипропилен (PP), поливинилхлорид (PVC), полиэфир (PET), полиамид (PA) и другие [1]. Геотекстиль изготавливается иглопробивным, термоскрепленным или гидроскрепленными способами и разделяется на тканый, нетканый, вязаный и вязально-прошивной, а по типу исходного сырья состоит из полипропилена, полиамида, полиэфира и др. [1].

В последнее время, также широкое применение получили геокомпозитные бентонитовые маты (GGL), которые представляют собой рулонный непроницаемый материал, состоящий из гранул бентонитовых глин, расположенных между двумя слоями геотекстильного материала, и разбухающих (значительно увеличиваясь в объеме) в 10 – 12 раз. Бентонитовые маты обладают низкой водопроницаемостью и характеризуются уникальным свойством регенерации (самозалечивания) при механических повреждениях [1].

На основании обобщения зарубежного и отечественного опыта применения ГСМ авторами разработан ряд усовершенствованных и новых конструкций покрытий для каналов, водоемов и накопителей (рисунок 1), которые отличаются повышенной надежностью и эффективностью [2].

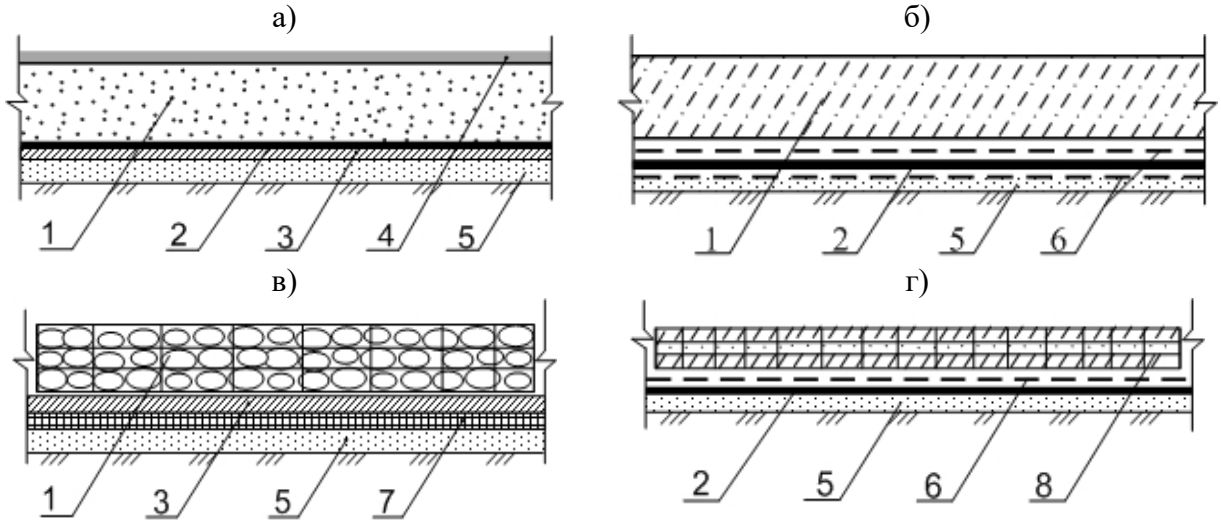


Рисунок 1. **Конструкции противофильтрационных покрытий повышенной надежности:** а – с полимерным закрепителем поверхности и геокомпозитом; б – с защитным покрытием из бетона и геокомпозитом; в – с геокомпозитом и защитным покрытием из габионов; г – с защитным покрытием из георешетки и геокомпозитом; 1 – защитное покрытие; 2 – геомембрана; 3 – бентонитовые маты; 4 – полимерный закрепитель грунта; 5 – подстилающий слой; 6 – геотекстиль; 7 – геосетка; 8 – георешетка

Существующая в настоящее время классификация ГСМ не учитывает все их виды, группы и особенности назначения. Авторами была предложена наиболее полная классификация ГСМ, применяемых для противофильтрационных покрытий и дренажных систем (рисунок 2), которая включает классификацию по версии IGS – Международного геосинтетического общества [3] и Международного стандарта ISO 1-318:2005 [4]. В скобках приводятся символы, которыми обозначаются различные виды геосинтетиков по версии IGS.

В данной классификации все ГСМ для противофильтрационных покрытий и дренажных систем разделяются на две группы – водонепроницаемые и водопроницаемые, которые в свою очередь, делятся на геомембраны (GM), геокомпозиты (GK), геотекстильные материалы (GT) и геоячеистые (GJ). Дальнейшее разделение ГСМ идет по виду одного исходного полимерного сырья или двум-трем видам составляющих их слоев.

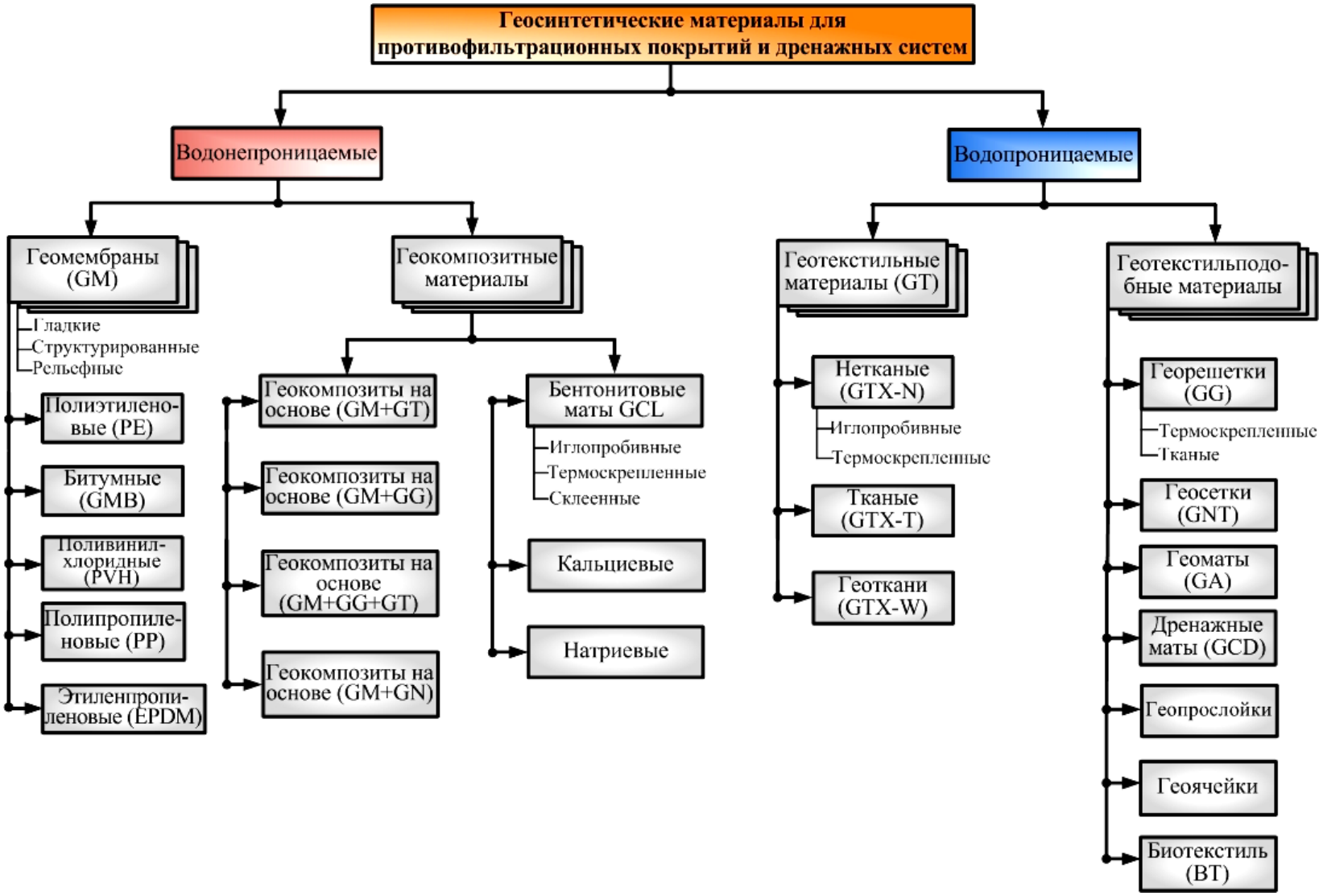


Рисунок 2. **Классификация геосинтетических материалов, применяемых в гидротехническом строительстве**

Анализ показателей эффективности и надежности геомембран и бентонитовых матов ведущих зарубежных компаний – «Carpi», «Huesker», «Naue», «Cetco», «Техполимер», «БентИзол» и др. [4] позволил предложить допускаемое значение показателя водонепроницаемости геомембран в пределах $k'_{ГМ\cdot доп} = 10^{-8} - 10^{-10}$ см/с, а срок службы – от 50 до 75 лет.

Значительный опыт [6–7] по гидроизоляции накопителей отходов, водоемов и прудов чистой воды, каналов гидромелиоративных систем (рис. 3) и других сооружений (в том числе, выполняемых в сложных инженерных условиях [7]) с применением отечественных геокомпозитных материалов уже накоплен компанией «БентИзол».



Рисунок 3. **Участок реконструкции Донского магистрального канала с применением геокомпозитных бентонитовых матов**

На рисунке 3 представлен участок Донского магистрального канала Ростовской области, при реконструкции которого (на участке протяженностью 500 м) нашли применение геокомпозитные бентонитовые маты «БентИзол», совмещенные с геомембраной, которые укалывались в сложных инженерных условиях (при обильно насыщенном водой грунтовом основании).

Несмотря на достигнутые успехи в области применения ГСМ для противофильтрационных конструкций различных сооружений, тем не менее, имеются проблемы, сдерживающие их широкое внедрение, особенно в России. К таким проблемам можно отнести нижеследующее.

1. Геосинтетические материалы и конструкции из них получили уже широкое применение в гидротехническом строительстве за рубежом. В качестве примера отметим, что только компания

«Carpi» применила геомембраны при проведении гидроизоляционных работ на 170 гидротехнических сооружениях, включая 60 плотин [5]. В то же время, в России компания «Гидрокор» выполнила устройство геомембранных экранов на 15–20 объектах [6].

2. Геосинтетические и геокомпозитные противофильтрационные материалы в нашей стране в основном применяются для различных накопителей сточных вод в промышленности, нефтегазовом комплексе, а также для шламонакопителей, хвостохранилищ и полигонов ТБО, и в меньшей степени – в гидротехническом и гидромелиоративном строительстве.
3. Сдерживающим фактором применения ГСМ является то, что такие материалы и конструкции практически не включаются в нормативные документы высокого уровня (Своды правил СП 58.13330.2012, СП 39.13330.2012 – по гидротехническим сооружениям; СП 100.13333.2012; СП 81.13330.2012 – по мелиоративным системам и сооружениям). Более того, в представленных документах приводятся устаревшие и практически не используемые в настоящее время материалы – «полимерные пленки», вместо геосинтетических геомембран и геокомпозитных бентонитовых матов.
4. В нашей стране выпуском отечественных материалов – геомембран и бентонитовых матов занимаются только 4, 5 компаний, что крайне недостаточно, учитывая масштабы страны и количество плотин, каналов и накопителей, 50 % которых нуждаются в реконструкции и модернизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косиченко Ю.М. Противофильтрационный покрытия из геосинтетических материалов / Ю.М. Косиченко, О.А. Баев // Новочеркасск: монография. РосНИИПМ. 2014. 239 с.
2. Косиченко Ю.М. Высоконадежные конструкции противофильтрационных покрытий каналов и водоемов, критерии их эффективности и надежности / Ю.М. Косиченко, О.А. Баев // Гидротехническое строительство. 2014. № 8. С. 18–25.
3. International Geosynthetics Society (IGS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://geosyntheticssociety.org.
4. Геосинтетические материалы. Термины и определения. Трехъязычная версия (Geosynthetics. Terms and definitions): ISO 10318:2005: утв. 01.07.2005: ввод. в действие с 01.02.2006. German. 34 с.
5. Скуеро А.М. Геомембраны – хорошо зарекомендовавшие себя водонепроницаемые системы на гидротехнических сооружениях /

А.М. Скуеро, Г.Л. Васкетти // Международный дайджест по гидроэнергетике и плотинам. 2007. С. 59–68.
6. Гладштейн О.И. Надежная гидроизоляция? Геомембраны / О.И. Гладштейн // Сфера Нефтегаз. № 2. 2010. С. 100–112.
7. Баев О.А. Гарантированная противофильтрационная защита и опыт применения отечественных геокомпозитов в России / О.А. Баев, В.А. Яковлев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 2 (62). С. 125–129.
8. Яковлев В.А. Проблемы устройства противофильтрационных экранов на мерзлых и вечномерзлых грунтах / В.А. Яковлев, О.Н. Степанов / Транспортная стратегия – XXI век. № 32. 2016. С. 24–27.

УДК 627.81:626.823.52(470.61)

ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.В. Иванкова
Академия безопасности гидротехнических сооружений,
г. Новочеркасск, Россия

В России подавляющее большинство ГТС являются длительно эксплуатируемыми. Общеизвестно, что риск аварий на этих сооружениях растет, что требует постоянного мониторинга. Для РФ характерно, что большинство изыскательской, проектной, рабочей строительной и эксплуатационной документации на ГТС за весь период жизненного цикла утеряно или сохранилось частично. В статье уделяется внимание оценке уровня безопасности гидротехнических сооружений в Астраханской области, показываются основные характерные нарушения, выявленные в ходе проверок на ГТС Ростехнадзором, и даются рекомендации для повышения эффективности надзора за безопасностью ГТС в области.

Гидротехнические сооружения (ГТС), предназначенные для использования и охраны водных ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод: плотины, каналы, дамбы, судоходные шлюзы, гидротехнические туннели, как напорные, так и безнапорные составляют значительную часть водохозяйственного комплекса Российской Федерации и насчитывают более 65 тыс. единиц, в том числе около 30 тыс. напорных; эксплуатируется также порядка 10 тыс. километров защитных сооружений [1, 3].

Распределение ГТС в России по уровню безопасности (по данным Российского регистра ГТС (08.08.2017 г.), в базе которого приводятся сведения о зарегистрированных комплексах – 5175 ГТС), оценивается следующим образом: нормальный уровень имеют – 44,8 % ГТС,

пониженный – 34,43 %, неудовлетворительный – 10,89 %, опасный – 2,91 %, нет данных – 6,97 %.

В Российской Федерации вопросы безопасности ГТС регулируются Федеральным законом от 21.07.1997 г. №117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений». За прошедший 20-летний период его правоприменения в него внесено 18 законодательных изменений. Начало действия новой редакции ФЗ №117 с октября 2016 г., вступила в силу с 1 января 2017 г. [5].

20-летний опыт действия ФЗ №117 свидетельствует, что менее 5 % потенциально опасных ГТС, попадающих под действие Федерального закона внесены в Российский регистр ГТС, на большинстве из них отсутствует служба эксплуатации, не проводится мониторинг технического состояния, не обоснованы расходы редкой обеспеченности с учетом климатических изменений и изменений нагрузок в бассейнах рек и т.д.

Общее количество поднадзорных Ростехнадзору ГТС (комплексов ГТС) энергетики, промышленности и водохозяйственного комплекса РФ составляет 29 964 (по данным Территориальных управлений Ростехнадзора и МЧС России в субъектах РФ на 01.01.2017 г.), в том числе:

- ГТС водохозяйственного комплекса – 28 552 (67 %);
- комплексы ГТС жидких промышленных отходов – 844 (12,5 %);
- комплексы ГТС топливно-энергетического комплекса –568 (7,3 %).

Из 28 552 ГТС водохозяйственного комплекса – 3 496 бесхозяйных ГТС (на 01.01.2016 г.).

По данным Росводресурса за последние 5 лет имели место более 300 аварий гидротехнических сооружений; в основном это гидротехнические сооружение IV, частично III класса, составляющие 90 % от общего их количества. Среднемировой показатель аварийности превышен в 2,5 раза, ущерб составляет миллиарды (а в отдельные годы десятки миллиардов) рублей.

Особенно удручающим остается состояние небольших сооружений IV и частично III классов, возраст большинства которых составляет 20 – 50 лет; на большинстве из них отсутствуют службы эксплуатации, проектная документация, финансирование.

Общее количество поднадзорных Нижне-Волжскому управлению (Астраханская область, Республика Калмыкия, Волгоградская область, Саратовская область, Пензенская область) Ростехнадзора ГТС (комплексов ГТС) промышленности, энергетики и водохозяйственного комплекса, составляет – 1861, из них по уровню безопасности [4]:

- нормальный уровень – 650;
- пониженный уровень – 551;

- неудовлетворительный уровень – 258;
- опасный уровень – 402.

Согласно данным Российского регистра гидротехнических сооружений, по обобщенным результатам инвентаризации ГТС по уровням безопасности (2003 г.) на территории Астраханской области насчитывалось 1100 ГТС, из которых 811 ГТС имели нормальный уровень безопасности, 73 ГТС – неудовлетворительный (требуют капитального ремонта), 156 ГТС – опасный (требуют реконструкции), 11 ГТС должны быть ликвидированы, 49 ГТС – уровень безопасности не определен.

Из 1100 ГТС Астраханской области 285 ГТС – напорные, 276 ГТС – сбросные, 477 ГТС – водозаборные, 62 ГТС – прочие.

По видам собственности гидротехнические сооружения Астраханской области распределены в следующем порядке:

- 204 ГТС – федеральная собственность;
- 331 ГТС – собственность Астраханской области;
- 555 ГТС – негосударственная собственность;
- 2 ГТС – бесхозяйные;
- 8 ГТС – собственник не определен.

По данным инвентаризаций и комиссионных обследований, выполненных МЧС России, Ростехнадзором, Росприроднадзором, Нижне-Волжским бассейновым водным управлением, вузами и НИИ Минсельхоза России и Минобрнауки России, в Астраханской области по данным **на 01.09.2010 г.** имелись потенциально опасные ГТС. При передаче в 2008 г. Росприроднадзором Ростехнадзору, в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 29.05.2008 г. № 404, уровень безопасности ГТС Астраханской области оценивался у **33,6 %** как **нормальный** (техническое состояние как исправное), у **44,7 %** как **пониженный** (техническое состояние – работоспособное), у **12,8 %** как **неудовлетворительный** (техническое состояние – предаварийное (ограниченно-работоспособное)), у **8,9 %** как **опасный** (техническое состояние – аварийное (неработоспособное)). Кроме этого 243 ГТС Астраханской области являлись бесхозяйными.

Следует констатировать широкий спектр собственников ГТС в Астраханской области – это Росрыболовство, Минсельсхоз России (эксплуатационная организация ФГБУ «Управление «Астраханьмелио-водхоз»), Минтранс России, сельскохозяйственные организации (крестьянско-фермерские хозяйства, ЗАО, ОАО, ООО и т.д.), муниципалитеты и т.д. Из потенциально опасных ГТС Астраханской области **15,2 %** отнесены к **сооружениям инженерной защиты** населенных пунктов от подтопления и затопления, уровень безопасности которых является низким.

В последние годы наметилась негативная тенденция – потенциально опасные ГТС выводят из перечня надзора территориальных органов, якобы

проведена их консервация или ликвидация. Выезд на данные объекты показывает, что затрат на разработку проектно-сметной документации, проведение обсуждений с населением сноса ГТС, экспертиз и работ по рекультивации территории ГТС как правило нет. Затраты на ликвидацию (снос) ГТС IV класса низкой опасности в среднем составляют 22 – 25 млн руб. Суммарные затраты на ликвидацию (снос) ГТС, не имеющих социальной значимости для населения и экологии России составляют порядка 70 млрд. руб.

Основные характерные нарушения, выявленные в ходе проверок Ростехнадзором:

- отсутствие или не полный объем у собственника (эксплуатирующей организации) проектной, эксплуатационной документации по безопасной эксплуатации ГТС, в соответствии с требованиями нормативных документов в области безопасности гидротехнических сооружений;
- отсутствие у собственника (эксплуатирующей организации) обученного и аттестованного персонала;
- отсутствие у собственника (эксплуатирующей организации) деклараций безопасности ГТС и разрешений на эксплуатацию;
- отсутствие у собственника (эксплуатирующей организации) правил эксплуатации ГТС;
- отсутствие на объектах ГТС визуального или инструментального контроля в полном объеме, согласно нормативным документам;
- неудовлетворительное техническое состояние гидротехнических сооружений IV класса опасности в связи с износом и отсутствием финансовых средств на ремонт.

Основной проблемой, связанной с обеспечением безопасности ГТС является отсутствие у собственника (эксплуатирующей организации) денежных средств на разработку пакета документов по декларированию и проведению своевременных ремонтов гидротехнических сооружений, особенно в сельских поселениях.

Для повышения эффективности надзора за безопасностью ГТС в Астраханской области необходимо:

– разработка декларации безопасности ГТС и их экспертиза;

– повысить обоснованности капитального ремонта для ГТС, уровень безопасности которых является неудовлетворительным и опасным, профилактического и аварийного (внепланового) – для ГТС уровень безопасности которых является пониженным;

– проведение мониторинговых исследований для ГТС IV класса, уровень безопасности которых является пониженным и неудовлетворительным;

– реализация предаттестационной подготовки руководящих работников и специалистов эксплуатационных организаций ГТС с последующей аттестацией в Нижне-Волжском управлении Ростехнадзора;

– максимально возможное восстановление фонда ГТС до работоспособного состояния при ограниченных средствах на капитальное строительство;

– реконструкция ГТС с учетом реально сложившихся условий эксплуатации ГТС IV класса (отсутствие постоянного персонала, нерегулярный надзор, разбросанность по территории региона), т.е. с максимальным использованием конструктивно-компоновочных решений, обеспечивающих автоматический пропуск паводков и т.д.;

Также необходимо продолжить работу по следующим направлениям:

– определение балансодержателей и передача в собственность сельских поселений гидротехнических сооружений, имеющих муниципальное значение;

– ликвидация и консервация водохозяйственных сооружений, потерявших свою значимость;

– оформление правоустанавливающих документов на собственность в соответствии с полномочиями Водного Кодекса РФ;

– повышение контроля за порядком предоставления в пользование земельных участков, находящихся в водоохранной зоне, принятие мер, исключающих застройку зон, подверженных регулярному затоплению.

– активизация работы по получению эксплуатирующими организациями и собственниками ГТС деклараций безопасности на все водохозяйственные объекты, подлежащие декларированию.

С учетом вышеизложенного, представляется необходимым приступить к реализации комплексной программы мероприятий в рамках намечаемой федеральной целевой программы «Повышение безопасности гидротехнических сооружений», обеспечивающих безопасную эксплуатацию гидротехнических сооружений, основными элементами которой должны быть:

– системный подход к решению комплекса взаимосвязанных проблем, имеющий четкую практическую направленность (эксплуатация-мониторинг-проектирование, ремонт или реконструкция);

– совершенствование нормативно правового и нормативного технического обеспечения безопасности гидротехнических сооружений;

– финансовое обеспечение необходимых мероприятий с использованием бюджетов: федерального, субъектов федерации, муниципальных, а также средств собственников;

– кадровое обеспечение мероприятий по безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений;

– создание специализированной хозяйствующей структуры для обеспечения безопасной эксплуатации многочисленных небольших гидротехнических сооружений,

– осуществляющими на основе заказов мониторинг, эксплуатацию, проектирование, ремонт или реконструкцию;

– четкая координация действий между всеми органами исполнительной власти: федеральными, субъектов федерации, муниципальными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность гидротехнических сооружений: нормативно-методические документы / Под общ. ред. проф. В.А. Волосухина / Академия безопасности ГТС. Новочеркасск, Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ), 2015 г., Т. I. – 605 с., Т. II – 715 с., Т. III – 517 с., Т. IV – 502 с.
2. Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2014 году (Статистический сборник)/Под ред. Н.Г. Рыбальского и А.Д. Думнова. М.: НИА-Природа, 2015. 283 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 году». М.: НИА-Природа, 2016. 270 с.
4. Доклад о правоприменительной практике контрольно-надзорной деятельности в Нижне-Волжском управлении Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору при осуществлении федерального государственного надзора в области промышленной безопасности, надзора в области электроэнергетики, гидротехнических сооружений и строительного комплекса за 2016 год, 2017. 60 с.
5. Федеральный закон от 21.07.1997 N 117-ФЗ (ред. от 03.07.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017).

II. ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД

УДК 628.161.3

ПЕРСПЕКТИВЫ КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ВОД

С.В. Гетманцев, А.В. Сычев, В.С. Гетманцев
ОАО «АУРАТ», г. Москва, Россия

Одним из важнейших показателей коагулянтов на основе полиоксихлорида алюминия (ПОХА) является основность, от значения которой зависят степень снижения щелочности и pH воды, подвергающейся коагуляционной обработке. Результатом работы ОАО «АУРАТ» стало освоение технологии производства ПОХА и внедрение на рынок коагулянта марки ЭПОХА™ из высокочистого металлического алюминия с основностью, варьируемой от 40 до 83 %, и кристаллического хлоргидрата алюминия ГранЭКО™ с 65 – 83 % основностью. Новым представителем класса композиционных реагентов являются реагенты серии «ЭРЧВ™», представляющие собой композицию из коагулянта на основе соли алюминия, полидиаллилдиметиламмония хлорида и модифицирующих добавок, обеспечивающих проявление синергетического эффекта и стабильность при хранении.

Реформы в области природоохранного законодательства, приуроченные к году экологии в РФ и перспектива приведения отечественных стандартов качества питьевой воды в соответствие с рекомендациями ВОЗ, требуют внедрения новых и оптимизации существующих методов очистки воды.

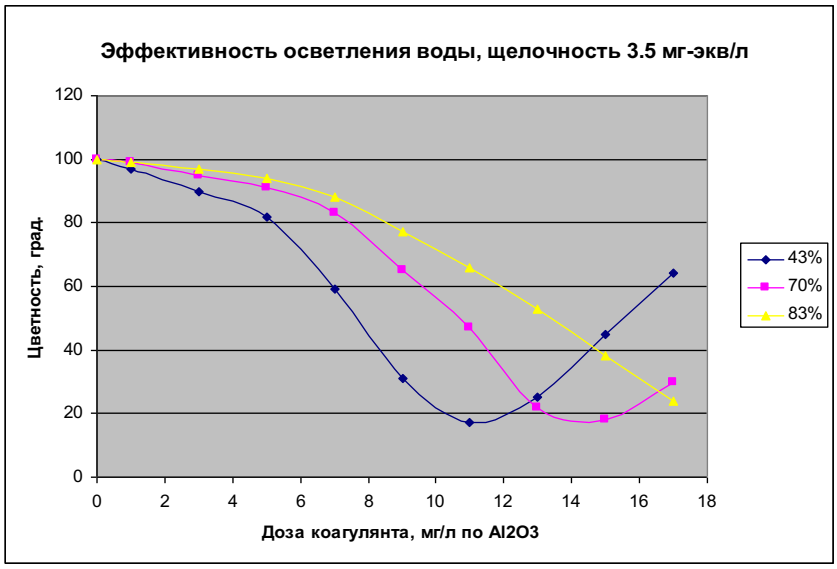
Несмотря на значительный прогресс и растущую популярность мембранных методов очистки воды, реагентные методы водоподготовки продолжают прочно удерживать свои позиции в арсенале средств борьбы за чистоту воды. Дело здесь в том, что без предварительной коагуляции

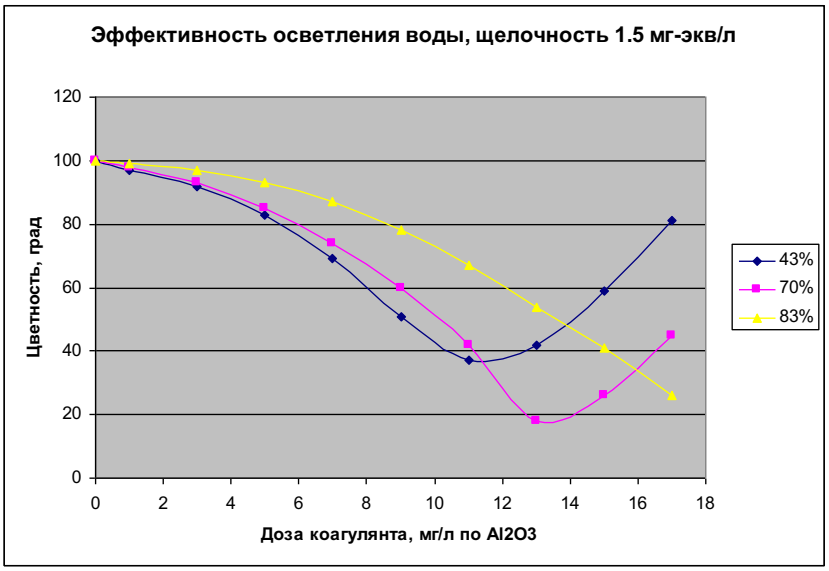
коллоидных примесей в воде, поступающей на обратно-осмотический фильтр, дорогостоящая мембрана быстро потеряет свою пропускную способность и снизит производительность, а значит, пропадет и ожидаемый экономический эффект. Поэтому и сегодня, и в обозримом будущем основа реагентных методов водоподготовки – коагулянты на основе солей железа и алюминия остаются востребованными.

Группа компаний «АУРАТ» является крупнейшим производителем коагулянтов на основе солей алюминия в РФ. Стратегия развития группы компаний «АУРАТ» предусматривает расширение географии производства с сопутствующим улучшением логистики и освоение всего спектра коагулянтов используемых для решения различных задач водоподготовки. Рассмотрим, какие изменения в отрасли произошли за последние годы.

Одним из важнейших показателей коагулянтов на основе полиоксихлорида алюминия (ПОХА) является основность, которая выражается в процентах и количественно характеризуют степень замещения хлорид-ионов в $AlCl_3$ на гидроксильную группу (от 0 % для $AlCl_3$ до 83 % для $Al_2Cl(OH)_5$). От показателя основности, при прочих равных условиях, зависят степень снижения щелочности и pH воды подвергающейся коагуляционной обработке. Значение pH, которое достигается по окончанию гидролиза коагулянта, в свою очередь определяет электрокинетический потенциал коллоидов присутствующих в воде и кинетическую устойчивость коллоидной системы, т.е. фактически эффективность коагулянта в данных конкретных условиях. Многочисленные эксперименты по коагуляции модельных вод показали, что для каждого типа коллоидных загрязнителей воды существует свой оптимум pH проведения коагуляции, ограниченный с нижней стороны подавлением гидролиза солей алюминия в кислой среде. Например, для осветления воды, загрязненной преимущественно гуминовыми кислотами, оптимальным значением pH для снижения цветности будет 5,5. Таким образом, можно сделать вывод, что для большинства очищаемых вод можно подобрать коагулянт оптимальной основности. До недавнего времени выбор коагулянтов по показателю основности ограничивался несколькими дискретными значениями – 40 – 43 % для АКВА-АУРАТ™18 и Kemira PAX-18, 65 – 70 % для АКВА-АУРАТ™10 и Полвак-68 и 83 % для БОПАК-Е. Результатом работы ОАО «АУРАТ» по освоению технологии производства ПОХА из высокочистого металлического алюминия стал вывод на рынок коагулянта марки ЭПОХА™ ТУ 2163-081-00205067-15 с основностью варьируемой от 40 до 83 %. Использование ЭПОХА™ позволяет подобрать для каждого потребителя и для каждого климатического сезона оптимальную модификацию ПОХА, применение которой гарантирует очистку воды до нормативных требований при минимальном расходе реагента. Ниже приведена графическая зависимость эффективности осветления модельных вод различной щелочности

коагулянтами ЭПОХА™ различных основностей:





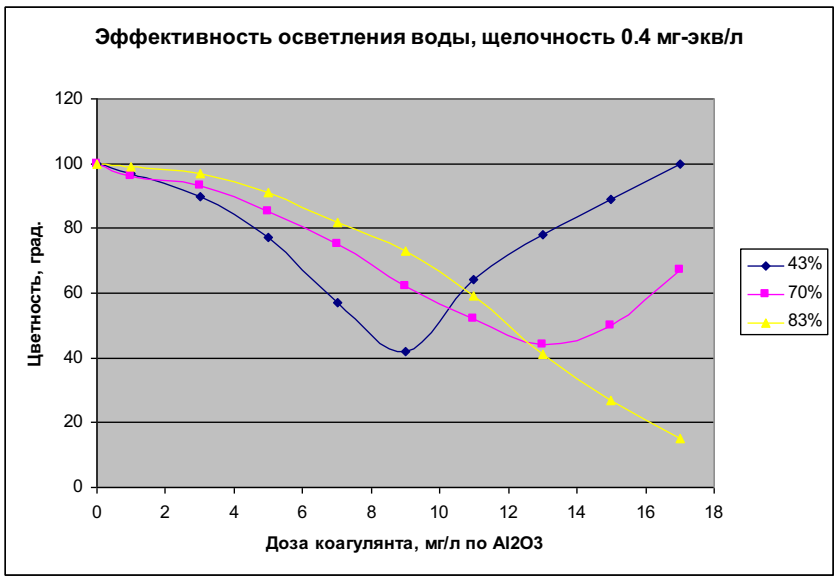


Рисунок 1. **Зависимость эффективности осветления модельных вод различной щелочности коагулянтами ЭПОХА™ различных основностей**

Как видно из графиков, в зависимости от щелочности очищаемой воды, наиболее эффективным коагулянтом для снижения цветности до нормативного для питьевой воды значения 20 град. оказываются ПОХА различных основностей; так для воды с низким щелочным резервом (0,4 мг-экв/л), характерным, например, для озер Карелии и большинства сибирских рек оптимальным оказывается ЭПОХА™ с основностью 83 %; для воды с достаточно высокой щелочностью (3.5 мг-экв/л) целесообразно использование ПОХА с основностью 43 %; а для воды с промежуточным значением щелочности (1.5 мг-экв/л) ПОХА с основностью 70 %.

Одним из неочевидных преимуществ от перехода очистных сооружений на использование реагентов марки ЭПОХА™ является сокращение массы образующегося при коагуляции осадка и соответствующее снижение объема промывных вод и увеличение продолжительности фильтроцикла, что, в свою очередь, позволяет снизить эксплуатационные затраты и экологический ущерб от работы очистных сооружений.

Содержание активного вещества в большинстве используемых в настоящее время коагулянтов не превышает 30 % по массе, что влечет за собой значительные расходы по транспортировке балластной массы в виде кристаллизационной или жидкой воды, в связи с чем, для удовлетворения нужд отдаленных районов нашей страны, в том числе крайнего севера было освоено производство порошкообразных и гранулированных полиоксихлоридов алюминия (ПОХА) различной основности. Один из новых продуктов, выпускаемый ОАО «АУРАТ» под маркой ГранЭКО™ ТУ 2163-086-00205067-15 представляет собой кристаллический хлоргидрат алюминия 65 – 83 % основности с брутто-формулой $Al(OH)_{(2,0–2,5)}Cl_{(0,5–1,0)}\cdot(1,0–1,5)H_2O$. Содержание активного вещества в таком продукте составляет до 50 % по Al_2O_3, что в 2 – 2,5 раза выше, чем в жидких аналогах. Алюминий хлоргидрат ГранЭКО™ не гигроскопичен, но при этом легко растворим в воде. Кристаллическое агрегатное состояние ГранЭКО™ делает возможными транспортировку и хранение продукта при самых сильных морозах. Водные растворы коагулянта ГранЭКО™ любых концентраций стабильны в течение длительного времени. Высокая основность позволяет использовать продукт для осветления вод с низким щелочным резервом без применения подщелачивающих агентов. В настоящее время в поставке ГранЭКО™ заинтересованы коммунальные предприятия Дальнего Востока и Крайнего Севера.

Другим направлением развития средств для химводоподготовки является разработка композиционных реагентов, сочетающих в своем составе неорганический коагулянт и органический полиэлектролит. Исследования ОАО «АУРАТ» в этой области позволили выделить из всего

множества сочетаний коагулянтов и флокулянтов те, которые при некоторых условиях обладают заметным синергетическим эффектом. Композиционные реагенты позволяют улучшить качество очищенной воды на тех станциях, где для очистки воды применяются исключительно коагулянты, либо отказаться от использования флокулянтов на тех станциях, где коагулянт и флокулянт применяются совместно. Новым представителем класса композиционных реагентов являются реагенты серии «ЭРЧВ™» ТУ2163-080-00205067-14, производимые ОАО «АУРАТ». «ЭРЧВ™» представляет собой композицию из коагулянта на основе соли алюминия, полидиаллилдиметиламмония хлорида и модифицирующих добавок, обеспечивающих проявление синергетического эффекта и стабильность при хранении. Выпускаются различные марки «ЭРЧВ™», отличающиеся базовым неорганическим коагулянтом и содержанием органического полиэлектролита. Уже сегодня реагенты «ЭРЧВ™» успешно используются для очистки сточных вод на предприятиях южного федерального округа и питьевой воды в г. Ростов-на-Дону.

Инновации в области реагентов, которые используются для подготовки питьевой воды, требуют известной меры ответственности – ошибка может стоить здоровья миллионов людей, именно поэтому на всех производственных площадках группы компаний «АУРАТ» действует трехступенчатая система контроля качества, включающая в себя входной контроль сырья для производства коагулянтов, аналитический контроль процесса производства и выходной контроль готовой продукции непосредственно перед отправкой потребителю. Действующая система качества обеспечивает соблюдение всех 5 критериев качества продукции – надежности, безопасности, эстетичности, новаторства и доступности. Безупречное качество, стабильность показателей и высокая эффективность выпускаемых реагентов гарантирует достижение нормативных показателей качества питьевой воды.

Одной из составляющих долговременного роста и сохранения конкурентоспособности в любой отрасли является научно-технический прогресс – в связи с этим, ОАО «АУРАТ» постоянно проводит прикладные исследования в области получения и применения коагулянтов. Проведенная в недавнем времени работа по систематизации и анализу физико-химических свойств полиоксихлоридов алюминия позволила значительно улучшить потребительские свойства и продлить срок гарантийного хранения продукции предприятия.

В условиях жесткой конкуренции недостаточно просто внедрить реагент на станцию водоподготовки или очистки сточных вод, необходимо убедиться, что данный реагент действительно наиболее эффективен для очистки воды с определенными характеристиками и оптимальным образом вписывается в конкретную технологическую схему – и здесь на помощь приходит богатый опыт компании по подбору и оптимизации условий

коагуляционной обработки. На сегодняшний день в стране развивается дефицит квалифицированных инженерных кадров, потребитель не всегда способен отделить миф от реальности, самостоятельно сориентироваться в выборе и тонкостях применения того или иного реагента. Кроме того, ужесточение требований СанПиН к содержанию остаточного алюминия в питьевой воде потребовало более тщательного контроля условий химводоподготовки. Разнообразие характеристик очищаемых вод и используемых технологических схем требует комплексного подхода к анализу ситуации с рещением вопросов корректировки pH, при котором проходит коагуляция, путем использования коагулянта большей или меньшей основности; переноса точки ввода коагулянта; где-то подбора наиболее эффективного коагулянта или модифицированного полиэлектролитом смесевого реагента – результатом профессиональной работы становится достижение стабильных показателей качества воды и снижение ее себестоимости. Именно поэтому, одним из актуальных направлений деятельности исследовательской лаборатории ОАО «АУРАТ» является выработка теоретически-обоснованного универсального подхода к подбору и оптимизации условий применения нашей продукции на основе анализа характеристик очищаемой воды.

УДК 628.16.099.73

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕЗОДОРАЦИИ ДОНСКОЙ ВОДЫ УГЛЕВАНИЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ АКТИВНЫХ АНТРАЦИТОВ ДОНБАССКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Л.Н. Фесенко, С.Ю. Бессарабов, С.А. Щукин
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия
С.И. Игнатенко
ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск, Россия

Показана необходимость дезодорации донской воды в период развития фитопланктона, диатомовых и сине-зеленых водорослей. Представлены результаты лабораторных и опытно-производственных исследований углевания воды на пилотной установке с применением активных углей: древесного порошкообразного сорбента марки СПДК и антрацита Донбасского угольного бассейна.

На городских водоочистных станциях гг. Ростов-на-Дону, Таганрог, Азов, Новочеркасск и др. с водозабором из р. Дон в летне-осенний период в отдельные годы наблюдается земляной, затхлый запах воды. Присутствие веществ, придающих питьевой воде нежелательный вкус и запах, вызывает обоснованные претензии и жалобы потребителей. Наличие этих веществ чаще всего связано с естественными процессами – активным

ростом и метаболизмом организмов в источниках питьевой воды. Так, по данным лаборатории АО «Ростовводоканал» в теплое время года концентрация фитопланктона превышает более чем в 4 раза допустимый норматив для источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения (ГОСТ 2761-84), концентрация микроводорослей в отдельные дни превышает 400 000 клеток/см^3 [1].

Микрофиты присутствуют в донской воде во все периоды года и представлены в основном сине-зелеными водорослями (Cyanophyta), диатомовыми водорослями (Bacillariophyta) и зелеными водорослями (Chlorophyta), причем из года в год наблюдается устойчивый рост количества клеток микроводорослей и изменение их видового состава [2–4].

Наиболее часто появляется запах, характеризующийся как земляной, плесневый, иногда наблюдается рыбный. В первую очередь это связано с такими соединениями, как геосмин и 2-метилизоборнеол, которые являются продуктами метаболизма целого ряда микроорганизмов, в основном актиномицетов и цианобактерий, а также многих видов микроводорослей [5]. Эти микроорганизмы входят в водные биоценозы и тесно связаны с развитием фитопланктона.

Дезодорация воды частично достигается при коагулировании примесей и их флокулировании с последующим фильтрованием, однако для устранения нежелательных запахов и привкусов, присущих донскому водоисточнику в июле – сентябре месяцах и отличающихся большой стойкостью, требуется применение специальных технологий. Универсальных методов дезедорации воды на сегодня не существует, однако, использование некоторых из них в сочетании обеспечивает требуемую степень очистки. Запахи и привкусы, вызываемые органическими веществами, извлекают путем сорбции, для чего используют гранулированный и порошкообразный активный уголь, активированный антрацит, углеродные волокнистые материалы и не углеродные природные сорбенты (клиноптилолит, цеолиты и др.). Активный уголь изготавливают из углеродсодержащих материалов: угля, антрацита, древесины, кокосовой скорлупы, торфа и др. Размолотое до размеров 10 – 100 мкм и отсортированное сырье карбонируют обычно в барабанных печах без доступа воздуха при температуре 700 – 800 °С, в результате чего из угля выделяются летучие соединения, он уплотняется, приобретает прочность и макропористую структуру. Активируют уголь газами (CO_2, SO_2, O_2) при температуре 750 – 1000 °С. Чаще других применяют комбинированный парогазовый способ с использованием топочных газов состава $CO_2 + H_2O + O_2$. Неорганические активирующие добавки из угля вымывают.

По сравнению с окислительным методом сорбционный является более надежным, т.к. он основан не на деструкции органических веществ, а

на их извлечении из воды. Активные угли (АУ) могут применяться двумя способами: введением в обрабатываемую воду порошкообразного угля (углеванием) и фильтрованием через гранулированный активный уголь. Более надежным является применение гранулированных АУ, используемых в качестве фильтрующей загрузки. Такие фильтры независимо от колебания уровня загрязнения воды, служат постоянно действующим барьером по отношению к сорбционным веществам, если емкость угля не исчерпана. Однако, серьезным затруднением этого метода дезедорации воды в условиях донских водопроводов является сравнительно малая поглощающая способность АУ, что вызывает необходимость частой его замены или регенерации, а также отсутствие на фильтровальной станции площадей (и недостаток средств) на размещение сорбционных фильтров III ступени очистки воды. Досыпка действующих скорых песчаных фильтров вторым слоем из гранулированного АУ вызовет трудности при промывке таких фильтров. За счет разности объемных весов загрузок нижний фильтрующий слой не перейдет во взвешенное состояние и со временем кольматируется, а увеличение интенсивности промывки вместе с промывной водой вынесет и весь слой АУ.

Несмотря на ряд существенных недостатков углевания воды (постоянная корректировка дозы в соответствии с концентрацией и видом одорантов, порошкообразный АУ пылит, взрывоопасен, трудности замачивания и дозирования пульпы и др.), тем не менее оно нашло практическое применение, особенно в тех случаях, когда дезодорация должна производиться эпизодически, кратковременно и в небольших дозах АУ, как это и имеет место при сезонном углевании донской воды.

До настоящего времени порошкообразный активный уголь (ПАУ) на Донских водопроводах не применялся и не исследовался, вследствие чего нет практических рекомендаций по технологическим параметрам использования на водопроводных станциях нижнего Дона (марка ПАУ, доза, точки ввода, время контакта и др.). Для изучения этой проблемы на первом этапе были проведены лабораторные исследования по изучению сорбции соединений-одорантов из сырой воды р. Дон углеродными сорбентами следующих марок ПАУ: СПДК (производство ОАО «Сорбент», г. Пермь); NWC (Индийский ПАУ из кокосовой скорлупы, ООО «Ватер Хим», г. Москва); дробленый антрацит шахты «Майская» (активированный в ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск, Ростовской обл.); образцы № 1–4 (полученные из антрацита угольного пласта «Обуховский» шахты Шерловской, Шахтинского района, Ростовской области и активированные в ООО «Термолант», г. Гуково, Ростовской обл.).

Исследования проводили на воде (протока р. Дон) водозабора очистных сооружений ст. Бессергеневской по следующей схеме: в стакан

наливали 1,5 л исходной сырой воды, ставили на магнитную мешалку и добавляли заранее приготовленные пульпы изучаемых образцов ПАУ дозами 15 мг/л для каждого опыта. Во времени перемешивания определяли перманганатную окисляемость (ПО) в отфильтрованных пробах. Спустя 2,5 ч перемешивания в воду с ПАУ добавляли коагулянт – оксихлорид алюминия марки «АУРАТ™30» дозой 30 мг/л и после осаждения взвеси также определяли ПО. Кинетические кривые получены по пяти временным точкам и представлены на рисунке 1.

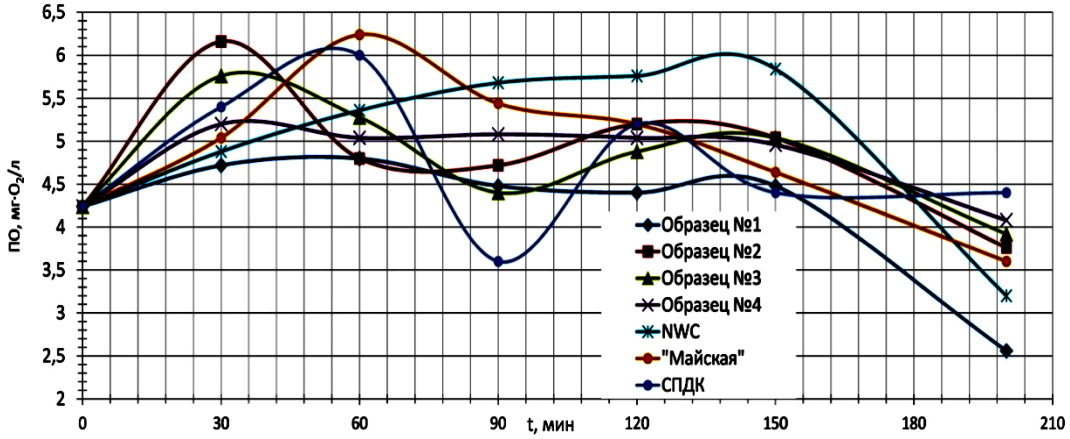


Рисунок 1. **Изменение перманганатной окисляемости сырой воды во времени контакта с сорбентами:**
дозы: сорбента – 15 мг/л; оксихлорида алюминия – 30 мг/л

Как следует из представленных графиков лучшие показатели по величине ПО демонстрирует образец №1, что особенно наглядно после коагулирования воды.

С целью экспериментальной проверки эффективности технологии сорбционного удаления из исходной воды загрязняющих веществ, обуславливающих запахи и привкусы, были выполнены пилотные испытания дозирования ПАУ (образец № 1 и ПАУ марки СПДК) с последующей коагуляцией в слое взвешенного осадка и фильтрованием на модели скорого фильтра. Испытания проводили на площадке Бессергеневских водопроводных очистных сооружений (БОС) в период июль-август 2017 г. Технологическая схема пилотной установки полностью моделировала состав сооружений БОС, которые включают: вертикальный смеситель, осветлители со слоем взвешенного осадка, скорые фильтры. Из реагентов на БОС применяют хлорирование с аммонизацией и коагулянт – оксихлорид алюминия «АУРАТ™30». В состав установки входили: контактная ёмкость с пропеллерной мешалкой, моделирующая время пребывания сырой воды (15 мин) в водоводе от водозабора до площадки БОС, смеситель-аэратор для максимально полного смешения реагентов (ПАУ, сульфат аммония, электролизный гипохлорит натрия, «АКВА-АУРАТ™30») с водой; осветлитель со слоем взвешенного осадка типа «Гиразер», в средней части которого

формировался и накапливался слой взвешенного осадка из хлопьев гидроксида алюминия, скорый фильтр с зернистой загрузкой из сорбционно-фильтрующего материала ОДМ-2Ф (опока дробленая, модифицированная с диаметром зерен 0,8 – 1,5 мм). Технологическая схема и общий вид установки представлены на рисунках 2 и 3.

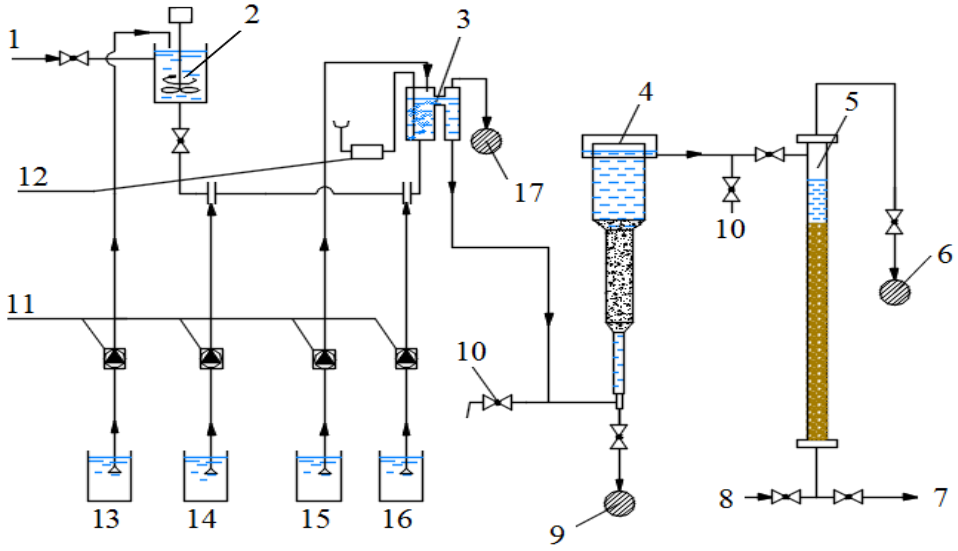


Рисунок 2. **Технологическая схема опытно-производственной пилотной установки дезодорации воды:**
1 – исходная вода; 2 – контактная емкость; 3 – смеситель; 4 – осветлитель со слоем взвешенного осадка; 5 – скорый фильтр; 6 – сброс промывной воды; 7 – очищенная вода; 8 – вода на промывку; 9 – сброс осадка; 10 – пробоотборники; 11 – насосы дозаторы; 12 – компрессор; 13 – ПАУ; 14 – сульфат аммония; 15 – коагулянт «АКВА-АУРАТ™30»; 16 – гипохлорит натрия; 17 – отвод переливной воды



Рисунок 3. **Опытно-производственная пилотная установка дезодорации воды**

Осветлитель со слоем взвешенного осадка или осадитель типа «Гиразер» [6] состоит из трех поставленных друг на друга цилиндров увеличивающегося диаметра (50, 110 и 150 мм), соединённых между собой усеченными конусами (рис. 3). Скорости восходящего снизу-вверх потока воды приняты такими, чтобы в нижней части не происходило осаждения взвеси ($V > 2{,}0 – 2{,}5$ мм/с), а в верхней отсутствовал вынос осадка в осветленную воду ($V < 0{,}2 – 0{,}3$ мм/с). Скорость потока в средней части ($V < 0{,}8 – 1{,}0$ мм/с) обеспечивает гидродинамическое равновесие слоя взвешенного осадка (рис. 4), который по мере его накопления выводится из осветлителя. Установка также укомплектована тремя перистальтическими насосами ETATRON DS-ROME тип B-VIRATACQUE с расходом от 2 до 5 л/ч (дозирование пульпы ПАУ, растворов гипохлорита натрия и коагулянта) и одним мембранным дозатором марки ETATRON DS-ROME тип DLX с расходом до 5 л/ч для подачи раствора сульфата аммония $(NH_4)_2SO_4$. Производительность пилотной установки 35 л/ч или 0,6 л/мин. После каждого сооружения установки имеется пробоотборник. Для работы с установкой была приготовлена пульпа ПАУ образец № 1 и СПДК концентрациями 0,035 %, а так же растворы: 0,003 % $(NH_4)_2SO_4$; 0,1 % NaClO и 0,1 % $Al_2(OH)_5Cl$.



Рисунок 4. **Слой взвешенного осадка хлопьев $Al(OH)_3$ с сорбированным на них ПАУ**

Схема работы установки следующая: исходная сырая вода подавалась в контактную емкость, оборудованную пропеллерной

мешалкой, чтобы исключить оседание дозируемой в емкость пульпы АУ. Из контактной емкости сырая вода с ПАУ самотеком направлялась в смеситель, в трубопровод перед которым дозировали последовательно по ходу движения воды сульфат аммония, гипохлорит натрия и коагулянт. После смесителя вода с реагентами проходила осветлитель со слоем взвешенного осадка и скорый фильтр. В процессе испытаний варьировали дозы ПАУ от 0 до 40 мг/л и коагулянта от 10 до 40 мг/л. Соотношение доз $(NH_4)_2SO_4$ (по NH_4) и NaClO (по активному хлору) составляло 1 : 5, расходы дозаторов корректировали по величине остаточного хлора после фильтра и который поддерживали равным: 0,2 мг/л – активный и 1,0 мг/л – активный связанный хлор. Снижение ПО при углевании донской воды с применением ПАУ «Термолант» образец № 1 и СПДК представлены на рисунке 5, из которого следует, что наилучшие результаты были получены с применением в схеме дезодорации ПАУ образца № 1 производства ООО «Термолант» при дозах ПАУ 15 мг/л и коагулянта 20 мг/л.

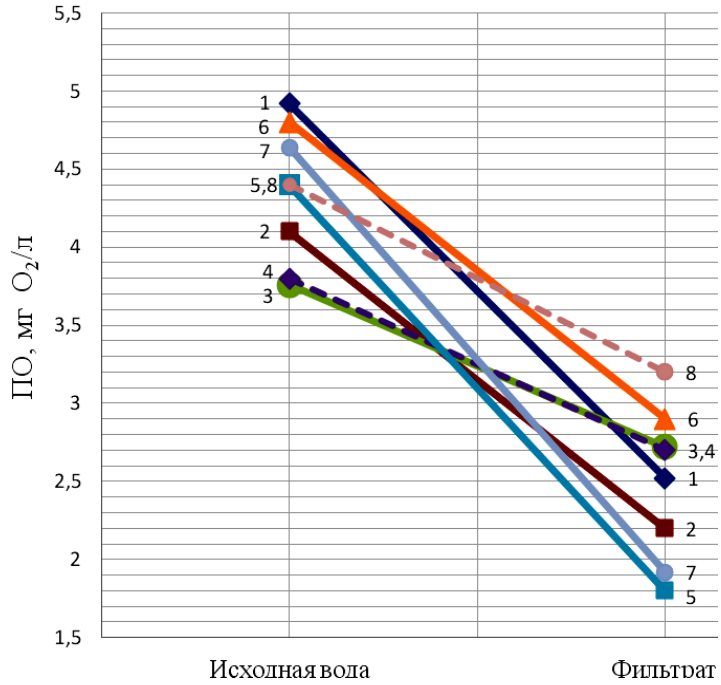


Рисунок 5. **Снижение перманганатной окисляемости для образцов ПАУ:**
1 – «Термолант» образец № 1 (доза коагулянта 30 мг/л; доза активного угля 25 мг/л);
2 – СПДК (доза коагулянта 30 мг/л; доза активного угля 25 мг/л);
3 – «Термолант» образец № 1 (доза коагулянта 30 мг/л; доза активного угля 15 мг/л);
4 – СПДК (доза коагулянта 30 мг/л; доза активного угля 15 мг/л);
5 – «Термолант» образец № 1 (доза коагулянта 30 мг/л; доза активного угля 15 мг/л);
6 – СПДК (доза коагулянта 30 мг/л; доза активного угля 15 мг/л);
7 – «Термолант» образец № 1 (доза коагулянта 20 мг/л; доза активного угля 10 мг/л);
8 – «Термолант» образец № 1 (доза коагулянта 30 мг/л; доза активного угля 0 мг/л)

Увеличение доз ПАУ и коагулянта свыше указанных эффекта дезодорации не повышало. При установленных оптимальных дозах ПАУ

«Термолант» и оксихлорида алюминия запахи и привкусы в фильтрате пилотной установки отсутствовали в отличие от питьевой воды, прошедшей очистку на БОС по традиционной двухступенчатой схеме без этапа углевания.

ВЫВОДЫ

1. Запахи, периодически появляющиеся в донской воде, которая является основным водоисточником практически всех крупных городов Ростовской области, обусловлены присутствием диатомовых, сине-зеленых и зеленых водорослей.
2. Установлена перспективность дезодорации воды нижнего течения р. Дон методом сорбции с использованием ПАУ, получаемого активированием местных антрацитов угольного пласта «Обуховский» Шахтинского района Ростовской области.
3. Пилотные испытания очистки воды на опытно-производственной установке показали эффективность применения ПАУ на базе активированного антрацита Гуковского месторождения, при этом оптимальная доза ПАУ составляет 15 – 20 мг/л при дозе коагулянта оксихлорида алюминия – 20 – 25 мг/л.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скрябин А.Ю., Поповьян Г.В., Тронь И.А. Изменение качества воды реки Дон. Изучение факторов, влияющих на интенсивное развитие микроводорослей. Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2016»: материалы IX Межд. науч.-практ. конф.; г. Ростов-на-Дону, 5–7 октября 2016 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. (НПИ) имени М.И. Платова. Новочеркасск: Лик, 2016. 300 с.
2. ГОСТ 2761-84 Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 10 с.
3. Лысов В.А., Скрябин А.Ю., Поповьян Г.В. Микрофиты в системе подготовки донской воды / «Строительство-2009»: Мат. юбилейной Межд. науч.-практ. конф.. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2009. 334 с.
4. Скрябин А.Ю., Поповьян Г.В. Изменение качества реки Дон: микроводоросли как фактор, влияющий на органолептические свойства воды / Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2014»: материалы VIII Межд. науч.-практ. конф.; Красная Поляна, г. Сочи, 23 – 24 октября 2014 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. (НПИ). Новочеркасск: Лик, 2014. 285 с.
5. Бекренев А.В., Русанова Л.П., Викторовский И.В., Воякина Е.Ю., Жаковская З.А., Кухарева Г.И., Хорошко Л.О., Чернова Е.Н. Возникновение запаха воды и его удаление на водопроводных станциях

Санкт-Петербурга // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 6. С. 17–21.
6. Технические записки по проблемам воды: Пер. с англ. В 2-х т. Т.1 / К. Барак, Ж. Бебен, Ж Бернар и др. Под ред. Т.А. Карюхиной, И.Н. Чурбановой. М.: Стройиздат, 1983. С. 158–159.

ВЫВОДЫ

1. Результаты исследований подтвердили возможность и эффективность едко-натрового умягчения донской воды до величины остаточной жесткости 0,7 – 1,0 мг·экв/л.
2. В процессе осаждения солей жесткости в качестве коагулянта может быть использован оксихлорид алюминия, при этом концентрация остаточного алюминия в умягченной воде не превышает норматива СанПиН 2.1.4.1074-01.

УДК 628.17

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НАСЕЛЕНИЕМ ПРИ НЕКРУГЛОСУТОЧНОЙ ПОДАЧЕ ВОДЫ

А.Я. Найманов, М.Ю. Гутарова
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка, Украина

В статье приведены исследования фактического водопотребления населением в городе Макеевка при некруглосуточной подаче воды. Выявлено общее снижение водопотребления населением города.

Актуальная и важная проблема в водоснабжении – надежное функционирование городских водопроводных сетей. Невозможно добиться абсолютно надежной работы сетей, так как это очень сложная территориальная система, которая находится под действием множества неблагоприятных факторов, носящих неконтролируемый характер. Подача воды с перерывами ухудшает санитарное состояние сетей. Такая мера была принята как временная в связи со значительными неплатежами населения за воду, фактически она длится уже почти 20 лет. Накоплен значительный материал, который требует тщательного анализа.

Были проведены выборочные приборные измерения фактического водопотребления населением в течение года; охвачены дома каждого вида благоустройства в разных районах; устранены утечки питьевой воды из внутридомовых сетей.

Подача питьевой воды в городе осуществляется по графику – с 6.00 до 10.00 и с 18.00 до 22.00 часов. Централизованное горячее водоснабжение отключено в середине 90-х годов одновременно с

введением некруглосуточной подачи воды. В домах каждого вида благоустройства определялось удельное водопотребление на одного человека в сутки, и определялись среднеарифметические значения удельного водопотребления в домах каждого вида благоустройства.

Исследования проводились в зданиях основных четырёх видов благоустройства:

– здания с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями.

– здания с водопроводом, канализацией и ваннами, с водонагревателями, работающими на твердом топливе;

– здания с водопроводом и канализацией, без ванн, с газоснабжением;

– здания с водопроводом и канализацией, без ванн.

В таблице 1 приведены общее количество исследуемых зданий по разным степеням благоустройства и полученные средние за 1 год значения удельного водопотребления.

Таблица 1. **Сводная таблица среднего удельного водопотребления для зданий разной степени благоустройства**
(без отсеивания минимальных и максимальных значений)

N п/п	Степень благоустройства здания	Общее кол-во частных домовлад., шт	Общее кол-во жильцов, чел.	Период измерений, сут	Общий расход воды, $м^3$/год	Среднее удельное водопотр, л/сут·чел.	Утвержд. в г. Макеевка норма водо-потребления [1], л/сут·чел.
1	с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями	225	587	365	17110	79,86	320
2	с водопроводом, канализацией и ваннами, с водонагревателями, работающими на твердом топливе	87	244	365	7139	80,16	240
3	с водопроводом и канализацией, без ванн, с газоснабжением	39	96	365	2132	60,84	170
4	с водопроводом и канализацией, без ванн	55	137	365	3018	60,35	150
	Всего	406	1064		29399		

Очевидно, что фактические средние величины удельного водопотребления весьма низки.

На примере исследования фактического водопотребления в зданиях с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями выполнена проверка гипотезы о том, каким является распределение, проведены ряд предварительных вычислений, определены модальный и медианный интервалы, рассчитаны мода и медиана [2-4] (табл. 2). Построены графики статистических функций (рис. 1, 2). По построенным графикам интегрального распределения удельных расходов воды определены удельные расходы воды с обеспеченностью 1 %, 5 %, 10 % и 20 % для исследуемых зданий (табл. 3).

В работу не включались значения удельного водопотребления менее 20 л/сут·чел., поскольку в данных квартирах люди, видимо, не живут постоянно и бывают наездами или подолгу отсутствуют. Кроме того исключена максимальная величина удельного водопотребления.

Всего обследовано 225 частных домовладения (225 квартир) с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями. С учётом отсеивания минимальных и максимальных значений в обработке участвовали показатели 189 квартир, с численностью проживающих – 494 человека.

Таблица 2. **Результаты статистической обработки величин удельного водопотребления для зданий с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями**

Интервал, л/сут·чел.	n_i	$\bar{x}_i$	$\Sigma(x_i - \bar{x}_i)^2$	S^2	S	C_v	f_i	f_Σ	λ	$\bar{x}_i * f_i$
20–60	194	38,17	27612,80	142,33	11,93	0,31	0,39	0,39	0,03	14,99
60–100	146	76,04	20745,16	142,09	11,92	0,16	0,30	0,69	0,01	22,47
100–140	65	114,03	7118,44	109,52	10,47	0,09	0,13	0,82	0,01	15,00
140–180	35	158,53	2363,11	67,52	8,22	0,05	0,07	0,89	0,01	11,23
180–220	22	196,78	1731,17	82,44	9,08	0,05	0,05	0,94	0,01	8,76
220–260	9	245,05	908,16	113,52	10,66	0,04	0,02	0,95	0,00	4,46
260–300	13	275,33	1279,16	106,60	10,33	0,04	0,03	0,98	0,00	7,25
300–340	4	316,69	71,15	23,72	4,87	0,02	0,01	0,99	0,00	2,56
340–380	5	364,50	537,10	134,28	11,59	0,03	0,01	1,00	0,00	3,69
380–420	1	417,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,85
Σ	494						1,00			
Средневзвешенное значение удельного водопотребления, л/сут·чел.										91,27
Модальный интервал: 20-60, с частотой 59, M_o = 52,07										
Медианный интервал: 60-100, с частотой 146, M_e = 74,52										

Аналогично, определены средневзвешенные и 20 %-ой обеспеченности удельные расходы воды для зданий исследуемых четырех типов благоустройства. Эти расходы оказались равны соответственно:

– для зданий с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями 91,27 и 106 л/сут·чел.;

– для зданий с водопроводом, канализацией и ваннами, с

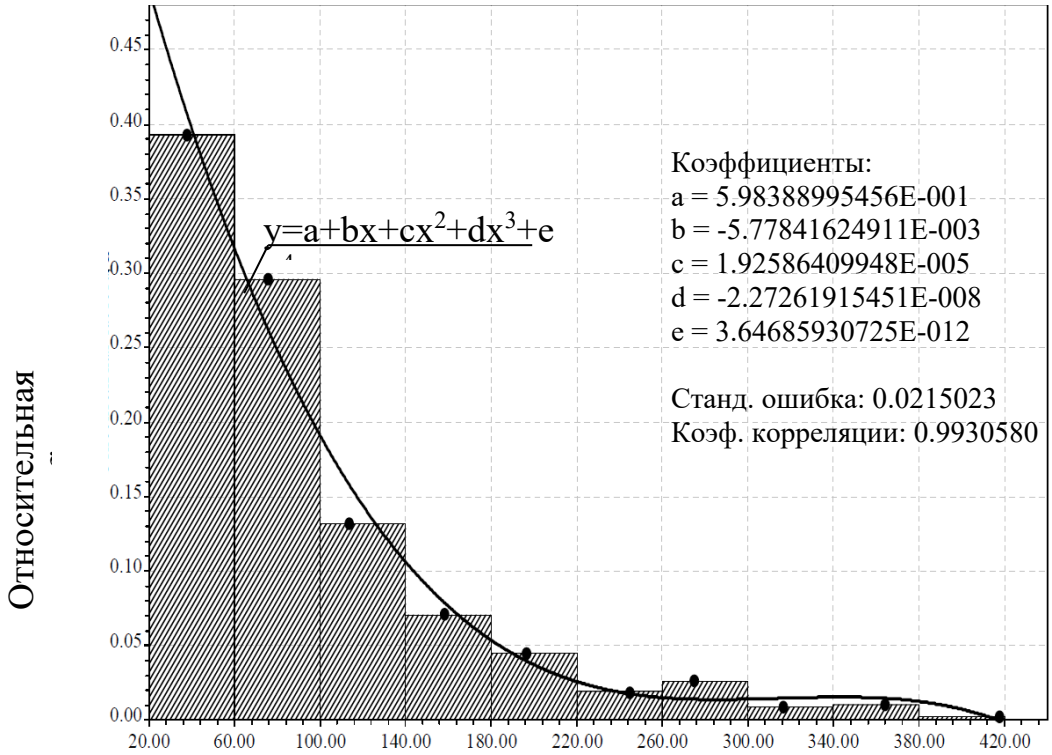
водонагревателями, работающими на твёрдом топливе 91,37 и 127 л/сут·чел.;

– для зданий с водопроводом, канализацией, без ванн, с газоснабжением 67,89 и 92 л/сут·чел.;

– для зданий с водопроводом, канализацией без ванн 69,17 и 95 л/сут·чел.

Таблица 3. **Значения удельных расходов воды при заданной обеспеченности для зданий с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями**

Уравнение регрессии	Значения коэффициентов	Заданная обеспеченность	Удельные расходы воды, л/сут·чел
y=exp(a+b/x+cln(x))	a = 5.38125060993E-001 b = -4.63038456010E+001 c = -7.04711371488E-002	0,20	106
		0,10	161
		0,05	228
		0,01	361
Средневзвешенному значению 91,27 л/сут·чел. соответствует обеспеченность 26% (P = 74%)			

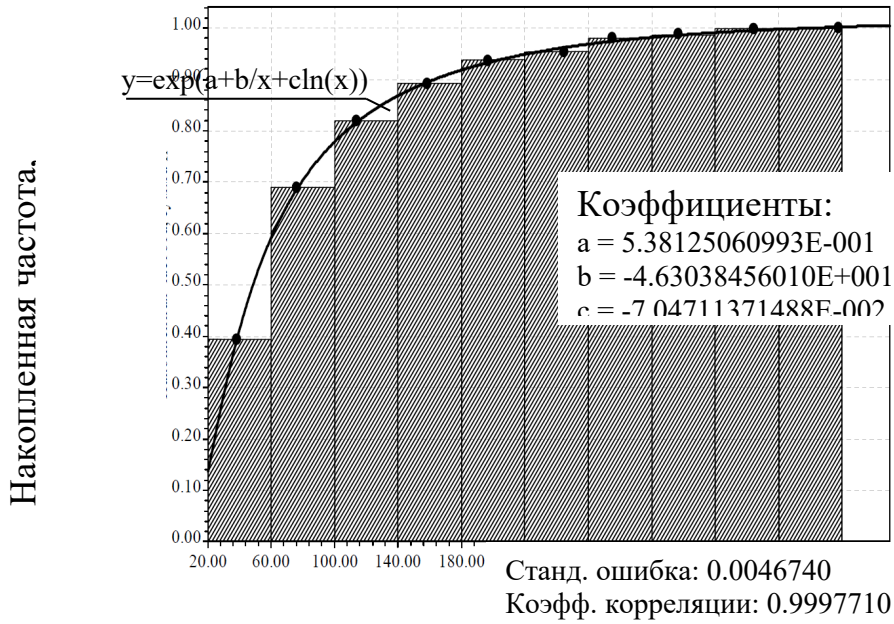


Средние за год удельные расходы воды в интервалах разбиения ряда, л/сут.чел.

Рисунок 1. **Гистограмма и график дифференциального распределения удельных расходов воды для зданий с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями**

Судя по гистограмме дифференциального распределения (рис. 1), никакого нормального закона не наблюдается. Скорее – закон показательный, либо, со значительной натяжкой, близок распределению Пуассона. Эти данные противоречат данным [5], что при числе

потребителей 100 и более наблюдается нормальный закон распределения максимальных расходов воды. В данном же случае число обследованных квартир составляет 189, а число потребителей 494 человека. Причиной столь значительного сдвига удельного водопотребления к началу координат является, видимо, некруглосуточная подача воды. При этом действуют две противоположные тенденции:



Средние за год удельные расходы воды в интервалах разбиения ряда, л/сут.чел.

Рисунок 2. **Гистограмма и график интегрального распределения удельных расходов воды для зданий с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями**

– удельное водопотребление снижается из-за резкого уменьшения утечек при подаче воды в течение 8 ч вместо 24. При этом вода подается в часы максимального водопотребления (6.00 – 10.00 и 17.00 – 21.00), когда утечки и так минимальны;

– удельное водопотребление увеличивается из-за нерациональных сливов запасов воды в квартирах, которые необходимы жителям в часы перерывов в подаче воды.

Данный график приводит к выводу, что первая тенденция имеет наибольшее влияние, т.е. утечки уменьшились, а сливы относительно незначительны. Действует, разумеется, и общая тенденция снижения удельного водопотребления вследствие повышения стоимости воды.

Для сравнения удельного водопотребления населения городов с постоянной и нестабильной подачей воды воспользуемся результатами исследований водопотребления г. Самара с постоянной подачей воды [6]. Так как в г. Макеевка подача горячей воды отсутствует, рассмотрим удельное водопотребление населения двух районов города Самара,

проживающего в зданиях, оборудованных местными водонагревателями. На рисунке 3 представлены гистограммы распределения удельных расходов холодной воды в Ленинском и Самарском районах города [6].

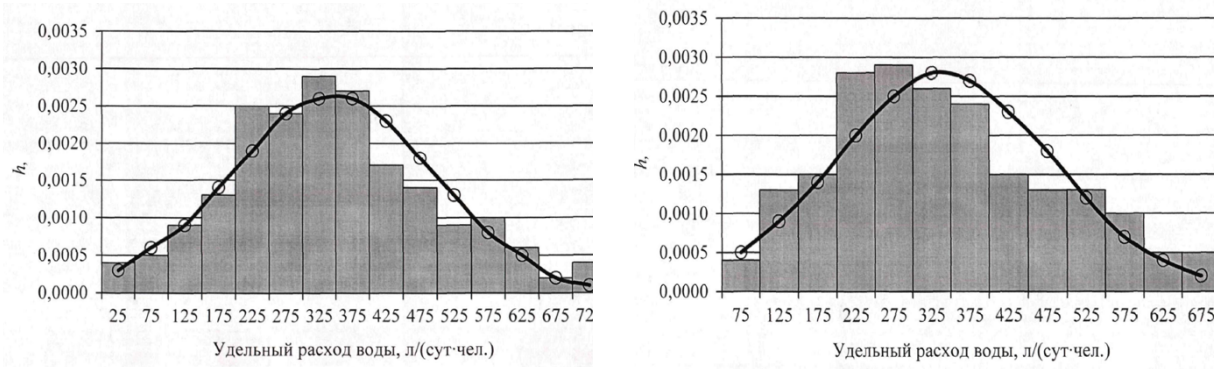


Рисунок 3. **Гистограммы распределения удельных расходов холодной воды в Ленинском и Самарском районах г. Самара в жилых зданиях оборудованных водопроводом и канализацией с ваннами и местными водонагревателями**

Как видно из графиков (рис. 3) дифференциальное распределение при постоянной подаче воды является нормальным, а при некруглосуточной подаче (рис. 1) показательным (экспоненциальным). Максимум в гистограмме распределения при некруглосуточной подаче смещается к низким величинам удельного водопотребления. Кроме того, удельные расходы воды при постоянной подаче значительно выше, чем при некруглосуточной, т.е. 275 – 375 л/сут·чел. по сравнению со 106 л/сут·чел. в г. Макеевка при 20 % обеспеченности. Разница более чем в 2,5 раза. Причиной превышения является, видимо, значительное снижение утечек воды при некруглосуточной подаче, а так же уменьшение нерациональных расходов.

ВЫВОДЫ

1. В результате статистической обработки величин удельного водопотребления холодной воды в жилом секторе, определенных по показаниям квартирных водомеров, построены гистограммы и графики дифференциального и интегрального распределения в зданиях разной степени благоустройства. Выявлен показательный закон дифференциального распределения фактических удельных расходов воды на 1 человека в сутки, что является отличительной чертой некруглосуточной подачи воды, поскольку при круглосуточной подаче дифференциальное распределение подчиняется нормальному закону.
2. Определены средневзвешенные и 20 %-ой обеспеченности удельные расходы воды для зданий четырех типов благоустройства. Расходы колеблются в пределах от 67 до 127 л/сут·чел.
3. Удельные расходы воды в зданиях при некруглосуточной подаче воды оказались, в среднем, на 35 – 58 % ниже, чем для режима

круглосуточной подачи воды. Об этом же свидетельствует и сравнение удельного водопотребления в городах Макеевка и Самара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы потребления питьевой воды потребителями г. Макеевки. Решение исполнительного комитета Макеевского городского совета от 16.05.2007 г. «Об утверждении норм питьевого водоснабжения». 2007. № 705.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов / В.Е. Гмурман. 9-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2003. 479 с.
3. Баженов Ю.М. Перспективы применения математических методов в технологии сборного железобетона / Ю.М. Баженов, В.А. Вознесенский. М.: Стройиздат, 1974. 192 с.
4. Хан Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро; пер. с англ. Е. Г. Коваленко; под ред. В. В. Налимова. М.: Мир, 1969. 395 с.
5. Исаев В.Н. Анализ методик определения расходов во внутреннем водопроводе / В.Н. Исаев, М.Г. Мхитарян // Сантехника, 2003. № 5. С. 6–11.
6. Черносвитов М.Д. Динамика режимов и величин удельного водопотребления населением города: дис. … канд. техн. наук. Самара, 2011. 213 с.

УДК 628.12

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

В.И. Щербаков, И.Ю. Пурусова
Воронежский государственный технический университет,
г. Воронеж, Россия

При эксплуатации водозаборных сооружений подземных вод возникают проблемы, связанные с тем, что реальная подача воды потребителям меньше проектной. В статье показана схема подключения линейного ряда скважин к сборному водоводу. Приводится расчёт количества отбираемой воды из скважин погружными насосами типа ЭЦВ 10-120-60. Построен график суммарной характеристики параллельно работающих насосов совместно со сборным водоводом. Получены рабочие точки каждого насоса и точки суммарной производительности погружных насосов. Представлена гистограмма фактической подачи воды погружными насосами ряда скважин и номинальной подачи воды. Посчитаны экономические потери электроэнергии за год.

Водоснабжение больших городов из подземных источников, как

правило, связано с нехваткой водных ресурсов, что обуславливает необходимость повышения надёжности водозаборных сооружений [1, 5]. Важную роль играет поддержание постоянной производительности водозаборных скважин в течение всего периода эксплуатации.

Проблема поддержания производительности скважин в процессе многолетней эксплуатации представляет собой актуальную научно-практическую задачу [2–3, 6, 8–9]. При этом возникает необходимость улучшения работы существующих водозаборов.

Задачей исследований является изучение состояния водозаборных сооружений [1, 4, 7, 11–15]:

- обследование водозаборов подземных вод;
- анализ фактической производительности действующих скважин;
- анализ причин снижения дебита скважин и преждевременного выхода из строя погружных насосов;
- разработка рекомендаций по восстановлению производительности водозаборов подземных вод.

При эксплуатации водозаборных сооружений подземных вод возникают проблемы, связанные с тем, что реальная подача воды потребителям меньше проектной. Объём добываемой и поставляемой воды определяется на основании паспортных данных установленных насосных агрегатов. При этом не учитывается реальное техническое состояние насосного агрегата.

В водозаборных скважинах устанавливаются различные насосные агрегаты, которые могут отличаться по напору и производительности. Погружные насосы должны иметь при номинальной подаче максимальный КПД [2].

На рисунке 1 показана схема подключения линейного ряда скважин к сборному водоводу при укладке его в одну нитку. Вода от отдельных скважин подаётся насосами типа ЭЦВ 10-120-60 в сборный водовод, питающий резервуар чистой воды (РЧВ).

В рассматриваемых водозаборных сооружениях, при одинаковых марках погружных насосов уменьшается подача воды от отдельных скважин. Насосы не могут развивать напор соответствующий паспортным характеристикам.

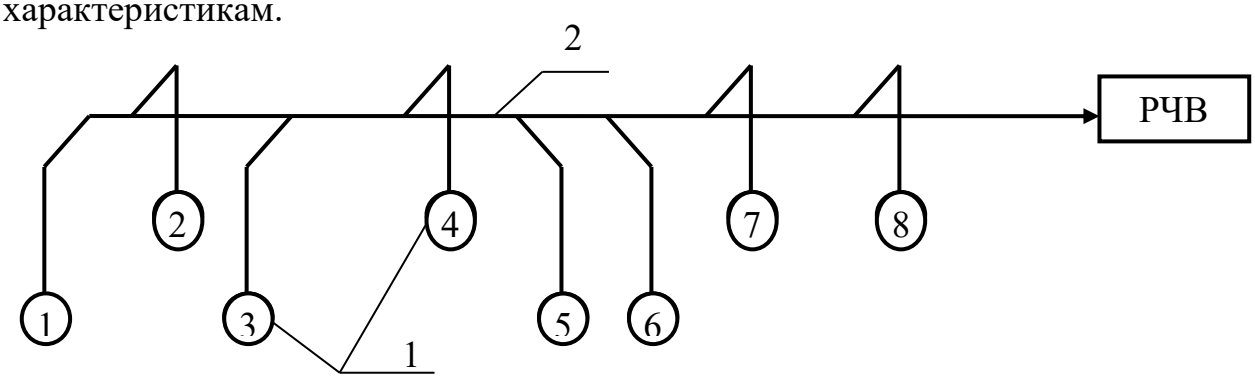


Рисунок 1. **Схема расположения водозаборных сооружений:**
1 – скважины с погружными насосами; 2 – сборный водовод

Для определения причин снижения производительности работы водозаборных сооружений, на одном графике построена суммарная характеристика восьми параллельно работающих погружных насосов типа ЭЦВ 10-120-60 и характеристика сборного водовода (рис. 2).

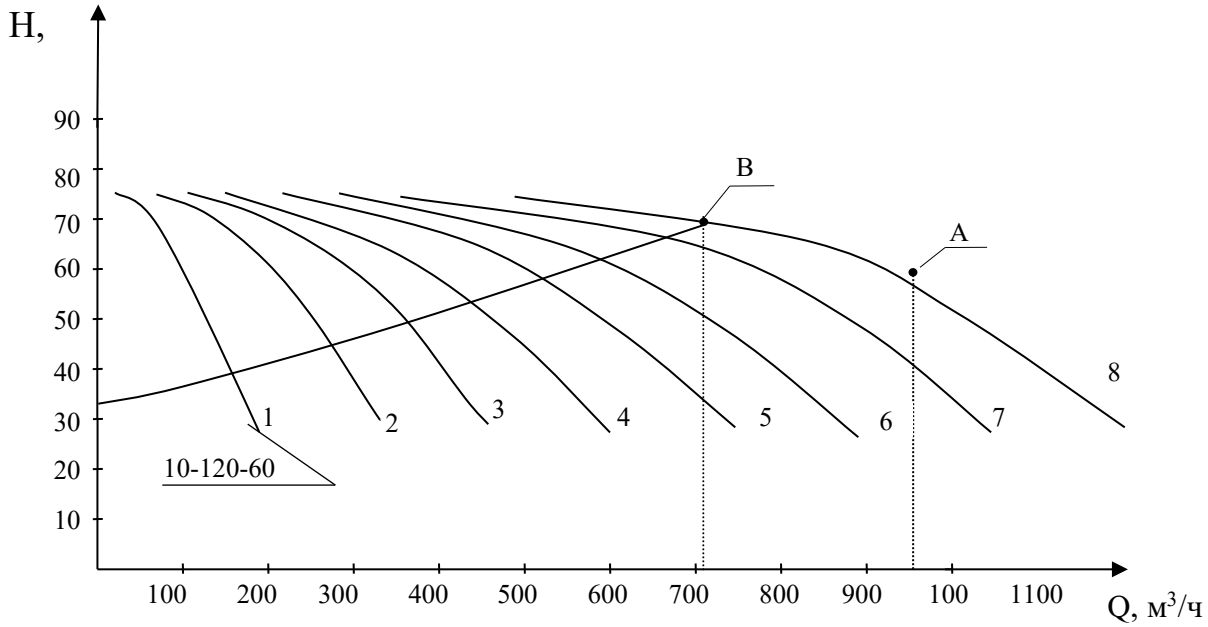


Рисунок 2. **График параллельной работы восьми погружных насосов и сборного водовода**

При пересечении этих характеристик получаются рабочие точки каждого насоса. Точка А показывает суммарную производительность погружных насосов, определенных по паспортным данным. Точка Б показывает суммарную фактическую производительность насосов.

Таким образом, общая производительность насосов меньше суммарной подачи, которую развивали бы насосы, работая отдельно на сборный водовод. Характеристика насосного агрегата показывает обеспечение необходимого напора при максимальной подаче воды в РЧВ. Фактическая суммарная подача воды погружными насосами должна соответствовать подаче определенной по паспортным данным насосов.

Производительность погружных насосов определяется по формуле:

$$Q_н = \sum_{i=1}^{n} Q_i \,, \qquad (1)$$

где Q_1 – производительность насоса, м^3/ч; n – количество параллельно включённых насосов, шт.

Расчётная подача воды погружными насосами равна: $Q_н$ = 960 м^3/ч. Суммарная подача воды насосами (скважины 1–8), работающими на сборный водовод равна: $Q_{факт.\ н}$ = 705 м^3/ч (точка В), т.е. ниже расчетной, определенной по паспортным данным насосов (точка А).

На рисунке 3 представлена гистограмма фактической подачи

$Q_{факт.\ н}$, м^3/ч погружных насосов ряда скважин и номинальной подачи воды $Q_н$, м^3/ч.

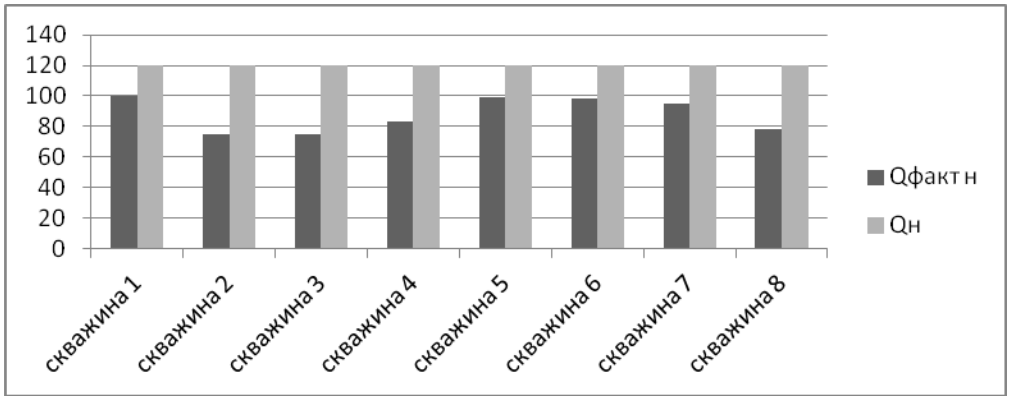


Рисунок 3. **Фактическая и номинальная подача воды погружными насосами**

Из графика и гистограммы видно, что снижается количество поступающей воды в РЧВ по сравнению с ожидаемыми значениями. При этом часть насосов отклоняется от оптимальных режимов работы, и как следствие производительность водозаборных сооружений уменьшается.

Подобные негативные проявления обусловлены подачей воды в РЧВ от нескольких скважин через сборный водовод, который гидравлически связан со всеми скважинами [2, 8–9]. Насосы не развивают напор по паспортным характеристикам. При одинаковых марках погружных насосов увеличивается сопротивление потока в сборном водоводе и уменьшается подача воды от отдельных скважин.

Отклонение фактических параметров насоса от рабочих (номинальных) влечёт за собой снижение КПД.

Количество электроэнергии, теряемой из-за работы насосных агрегатов с фактическим КПД ($\eta_{факт}$), отличающимся от номинального значения КПД ($\eta_{ном}$), определяется по формуле [10]:

$$\Delta W = \frac{\gamma Q H}{102\eta_{ном}}\left(\frac{\eta_{ном}}{\eta_{факт}} - 1\right), \text{ кВт/год} \qquad (2)$$

где H – напор, м; γ – удельный вес воды, 1000 кг/м^3; t – время работы насоса в год, 8760 час.

Экономические потери рассчитываются по формуле:

$$C = A * \Delta W \qquad (3)$$

где A – тариф на электроэнергию.

При одноставочном тарифе за электроэнергию 3,34 руб/кВтч экономические потери за год составляют 690 962,5 руб.

Способ подачи воды от скважин к сборному водоводу является, фактической причиной снижения производительности работы водозаборных сооружений. Проведённые исследования работы существующих водозаборных сооружений показали, что при эксплуатации

погружных насосов с одинаковыми характеристиками подачи и напора, необходимо построение совместного графика работы насосов с учетом сопротивления сборного водовода.

Режим эксплуатации водозаборных сооружений определяется производительностью установленных погружных насосов работающих с наименьшими потерями (экономическими и энергетическими). Следует правильно перераспределять нагрузку между насосами и выявлять границы их оптимального использования.

Актуальны результаты приведённых исследований для существующих водозаборных сооружений, а также при эксплуатации погружных насосов с одинаковыми характеристиками подачи и напора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.В., Сердюк Н.И. Рациональный выбор средств для подъема воды (раствора) по гидрогеологическим скважинам. М.: МГГРУ, 2005. 213 с.
2. Щербаков В.И., Пурусова И.Ю., Помогаева В.В. Модель оперативного управления работой водоподъемных скважин // Вестник МГСУ. 2015. № 12. С. 118–127.
3. Панов М.Я., Щербаков В.И., Петров Ю.Ф. Модели управления функционированием систем подачи и распределения воды. Воронеж: ВГАСУ, 2012. 271 с.
4. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат, 1986. 320 с.
5. Пурусова И.Ю. Современные проблемы управления работой водозабора // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 7–2. С. 379–383.
6. Щербаков В.И., Пурусова И.Ю. Математическое моделирование оперативного управления водоподъёмными станциями // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 9–2. С. 310–313.
7. Тугай А.М. Расчёт и конструирование водозаборных узлов // Киев: Будевельник, 1978. 160 с.
8. Панов М.Я., Пурусова И.Ю., Щербаков В.И. Разработка математической модели управления функционированием водоподъёмной станции // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2009. № 1. С. 176–182.
9. Панов М.Я., Пурусова И.Ю., Щербаков В.И. Моделирование потокораспределения и управление водоподъёмными станциями // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 6. С. 182–185.
10. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый электропривод в насосных и воздуходувных установках // М.: Энергопромиздат, 2006.

С. 360.
11. Щербаков В.И., Акульшин А.А. Водозаборные сооружения из подземных источников. LAP Lambert Academic Publishing, 2017. 192 с.
12. Симашев А.О., Чижик К.И. Устройство для снижения электрозатрат при работе асинхронных двигателей. Наука и мир. 2016. Т. 1. № 1(29).С 77–78.
13. Искендеров А.А. Задачи выбора оптимальных режимов работы насосных станций // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2004. № 5. С. 62–64.
14. Nool P. Determining the real cost of powering a pump // World pumps, 2008, Issue 496, pp. 32–34.
15. Vogelesang Hans. An introduction to energy consumption in pumps // World pumps. 2008, Issue 496, pp. 28–31.

УДК 628.166

ПОЛУЧЕНИЕ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ ПРЯМЫМ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ НИЗКОМИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ВОДЫ

И.В. Пчельников, Л.Н. Фесенко, А.С. Териков
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия
С.И. Игнатенко
ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск, Россия

Представлены результаты исследований получения гипохлорита натрия прямым электролизом низкоминерализованной воды (38 – 40 мг/л). Экспериментально подтверждена возможность получения гипохлорита натрия с концентрацией до 24 мг/л по эквиваленту хлора в получаемом продукте. Определены напряжение, концентрация активного хлора и выход хлора по току во время работы электролизера с температурой подаваемого в ячейку раствора от 5 до 22 °С при плотности тока 50 А/м^2 и 20 А/м^2.

На ряде объектов Чукотского автономного округа для питьевых целей используется низкоминерализованная вода (минерализация 38 – 40 мг/л, в том числе хлоридов C_{Cl^-} = 18 – 30 мг/л). Удаленность объектов водоснабжения от транспортных магистралей вызывает определенные трудности доставки реагентов для дезинфекционной обработки воды, поэтому вопрос обеззараживания питьевой низкоминерализованной воды прямым электролизом становится весьма актуальным.

Методу прямого электролиза присущи такие недостатки, как относительно небольшая производительность по активному хлору (до 1 – 2 кг/сут), значительное ужесточение условий работы анодов при низких концентрациях хлоридов и температурах (менее 10 °С), невысокий выход активного хлора по току (15 – 20 %) [1].

Результаты исследования прямого электролиза природных

подземных и поверхностных вод представлены в работах [2–5]. Так, Д.Л. Басиным установлено, что при обработке природных вод с концентрацией хлоридов 20 – 350 мг/л выход хлора на электродах из ОРТА составляет 4 – 30 %, затраты электроэнергии 20 – 200 кВт·ч на 1 кг вырабатываемого активного хлора [3]. Метод прямого электролиза рекомендован для хлорирования воды, содержащей более 20 мг/л хлоридов [2].

В работах [4–5] представлены результаты лабораторных и производственных исследований прямого электролиза донской воды с концентрацией хлоридов 100 – 130 мг/л и подземной воды ст. Грушевская с концентрацией хлоридов 200 – 230 мг/л, был установлен оптимальный режим работы электролизера [4] при следующих параметрах: плотность тока до 100 А/м^2; скорость протока воды в электролизере 0,2 – 0,3 м/с; время работы электрода в режиме анода τ^+ – 300 с, в режиме катода τ^- – 1 ч. Электрод – оксидно-иридий-рутениево-титановый анод (ОИРТА) с массовым соотношением рутения и иридия 20 : 80.

Результаты производственных испытаний [5] показали возможность обеззараживания природной воды путем её прямого электролиза со следующими параметрами: плотность тока 25 А/м^2; скорость подачи воды в электролизер 0,3 – 0,5 м/с (расход 16 м^3/ч); время работы электрода в режиме анода τ^+ – 300 с, в режиме катода τ^- – 1 ч, что позволяет устранить отложения на поверхности электродов и увеличить срок службы электрода до 4000 часов; электрод ОИРТА.

Поскольку рекомендаций по выбору оптимальных технологических параметров прямого электролиза обеззараживаемой питьевой воды минерализацией 38 – 40 мг/л (C_{Cl^-} = 18 – 30 мг/л) в литературе нет, нами были проведены такие лабораторные исследования.

Исследования проводили в бездиафрагменной электрохимической ячейке ($W_{яч}$ = 15 мл) на постоянном электрическом токе в проточном режиме работы при плотностях тока 50 А/м^2 и 20 А/м^2, температуре раствора 3, 14 и 22 ºС, концентрации хлоридов 30 и 18 мг/л. В исследовании использовали аноды ОИРТА.

В результате проведенных экспериментов получены зависимости концентрации активного хлора от времени пребывания электролита в ячейке, представленные на рисунке 1.

Максимальная концентрация активного хлора 24,2 мг/л получена за 0,7 мин электролиза при исходной температуре раствора 14 °С, концентрации хлоридов 30 мг/л (рис. 1) и плотности тока 50 А/м^2. Электролиз воды с начальной температурой 3 °С и плотности тока 50 А/м^2, как и ожидалось, показал наименьшую концентрацию активного хлора – 14,2 мг/л за то же время. Концентрация активного хлора при электролизе с плотностью тока 20 А/м^2 не превышала 1,5 мг/л. Также был проведен электролиз исследуемой воды с плотностью тока 10 А/м^2 в результате

которого при принятой в исследовании продолжительности электролиза активный хлор обнаружен не был.

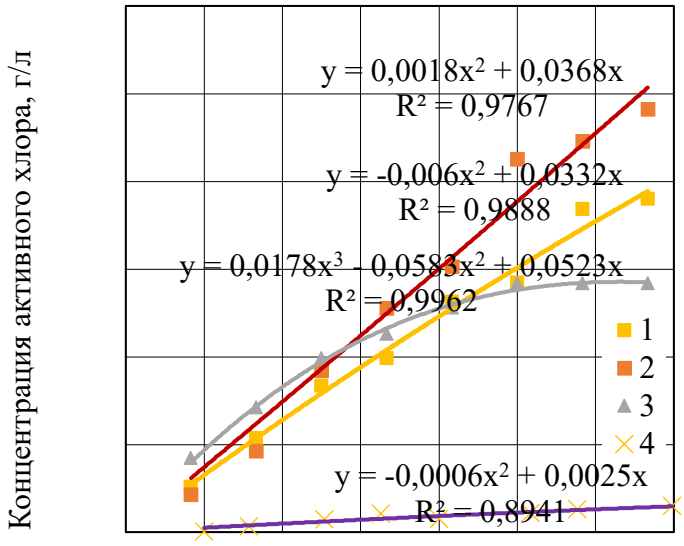


Рисунок 1. **Зависимость концентрации активного хлора от времени пребывания электролита в ячейке:**
1 – t = 22 °C, C_{Cl^-} = 30 мг/л, I = 50 А/м^2; 2 – t = 14 °C, C_{Cl^-} = 30 мг/л, I = 50 А/м^2;
3 – t = 3 °C, C_{Cl^-} = 18 мг/л, I = 50 А/м^2; 4 – t = 27 °C, C_{Cl^-} = 30 мг/л, I = 20А/м^2

Во время электролиза измеряли напряжение (рис. 2) на электролизере и фиксировали изменение температуры (рис. 3).

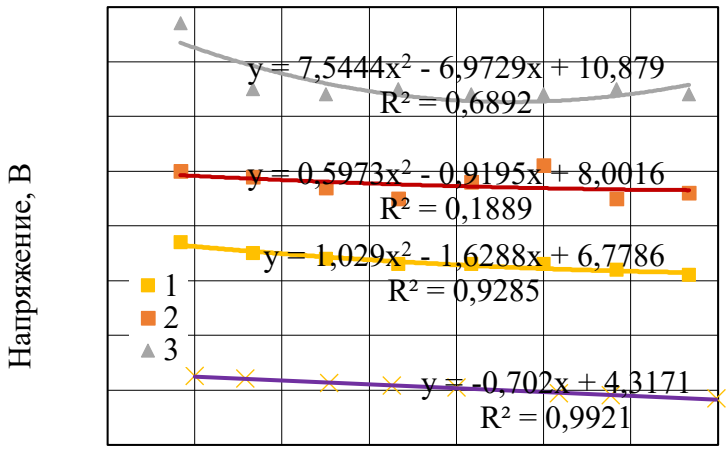


Рисунок 2. **Изменение напряжения во времени электролиза:**
1 – t = 22 °C, C_{Cl^-} = 30 мг/л, I = 50 А/м^2; 2 – t = 14 °C, C_{Cl^-}= 30 мг/л, I = 50 А/м^2;
3 – t = 3 °C, C_{Cl^-} = 18 мг/л, I = 50 А/м^2; 4 – t = 27 °C, C_{Cl^-} = 30 мг/л, i = 20А/м^2

Среднее напряжение (рис. 2) при электролизе воды с плотностью тока 50 А/м^2 и температурой 22 °C – 6,4 В, при 14 °C – 7,7 В, 3°C – 9,7 В, то

есть при снижении температуры на каждый градус происходит увеличение напряжения на 0,18 В. Наименьшее напряжение фиксировали при плотности тока 20 А/м^2 и температуре 27 °С – 4,0 В.

С увеличением продолжительности электролиза наблюдается разогрев электролита (рис. 3), во всех исследуемых растворах температура возрастала в среднем на 1,5 °С за время электролиза 0,7 мин.

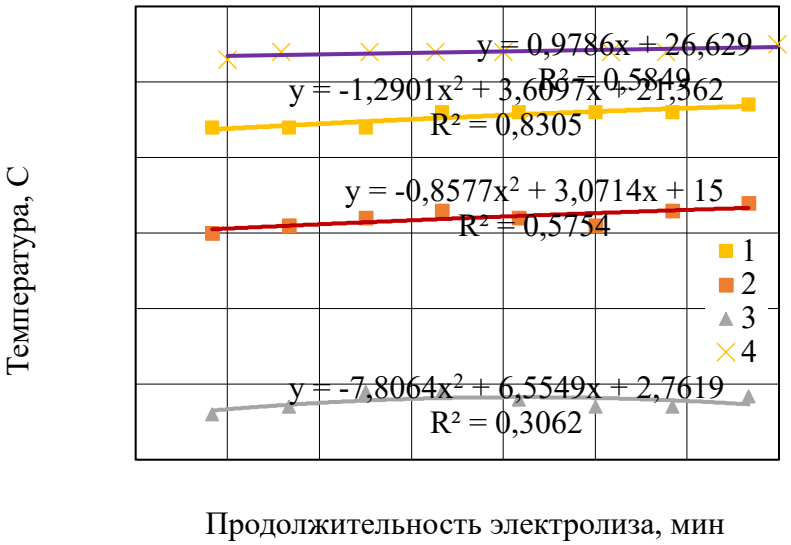


Рисунок 3. **Изменение температуры во времени электролиза:**
1 – t = 22 °С, C_{Cl^-} = 30 мг/л, I = 50 А/м^2; 2 – t = 14 °С, C_{Cl^-} = 30 мг/л, I = 50 А/м^2;
3 – t = 3 °С, C_{Cl^-} = 18 мг/л, i = 50 А/м^2; 4 – t = 27 °С, C_{Cl^-} = 30 мг/л, I = 20 А/м^2

На рисунке 4 представлен качественный показатель электролиза – выход хлора по току в зависимости от продолжительности электролиза. Электролиз низкоминерализованной воды протекает с низким выходом хлора по току в пределах 2,5 – 5,5 % при плотности тока 50 А/м^2 и 0,1 – 1,0 % при плотности тока 20 А/м^2.

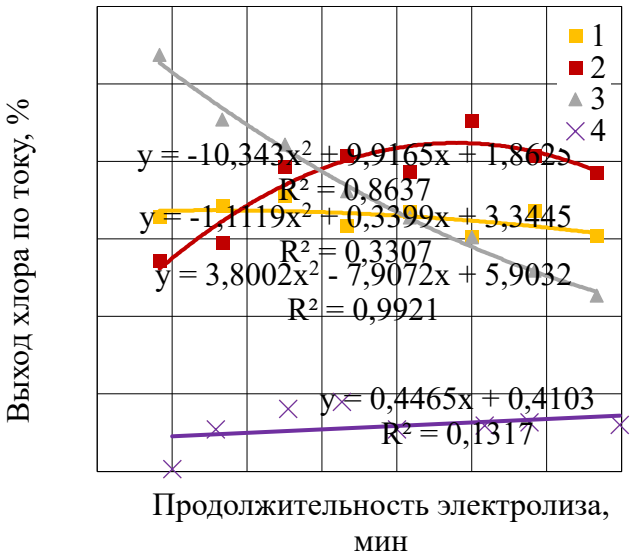


Рисунок 4. **Влияние продолжительности электролиза на выход хлора по току:**
1 – t = 22 °С, C_{Cl^-} = 30 мг/л, I = 50 А/м^2; 2 – t = 14 °С, C_{Cl^-} = 30 мг/л, I = 50 А/м^2;
3 – t = 3 °С, C_{Cl^-}= 18 мг/л, I = 50 А/м^2; 4 – t = 27 °С, C_{Cl^-} = 30мг/л, I = 20 А/м^2

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально подтверждена возможность получения ГХН прямым электролизом низкоминерализованной воды (минерализация 38 – 40 мг/л, C_{Cl^-} = 18 – 30 мг/л) на анодах ОИРТА. При плотности тока 50 А/м^2 и времени электролиза 0,7 мин получена максимальная концентрация активного хлора 24,2 мг/л. При этом электролиз протекает в области низких значений выхода хлора по току (2,0 – 5,5 %).
2. Уменьшение плотности тока до 20 А/м^2 снижает выход хлора по току до 1,0 %, при плотности 10 А/м^2 аналитически активный хлор не был обнаружен.
3. Температура оказывает значимое влияние на протекание процесса электролиза. Снижение температуры способствует росту напряжения (уменьшение температуры на один градус увеличивает напряжение на 0,18 В). При времени электролиза 0,1 – 0,3 мин низкая температура электролита (3 – 5 °С) способствовала увеличению выхода хлора по току до 5,5 %.
4. При плотности тока 100 А/м^2 аналитически были обнаружены концентрации окислителя (до 43,5 мг/л), превышающие исходную концентрацию хлоридов (30 мг/л) в растворе, что, по-видимому, связано с образованием не только гипохлорит-иона, но и других окислителей (перекиси водорода, надсерной кислоты) при электролизе воды низкой минерализации при относительно высоких плотностях тока. Данное обстоятельство вызывает необходимость проведения последующих специальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кульский Л.А. Электрохимия в процессах очистки воды // Л.А. Кульский, В.Д. Гребенюк, О.С. Савлук. Киев: Техника, 1987. 220 с.
2. Медриш Г.Л., Тейшева А.А., Басин Д.Л. Обеззараживание природных и сточных вод с использованием электролизера. М.: Стройиздат, 1982. 81с.
3. Басин Д.Л. Исследование технологии и разработка аппаратуры для обеззараживания питьевой воды прямым электролизом: дис. … канд. техн. наук. Москва, 1978. 140 с.
4. Бреус С.А., Скрябин А.Ю., Фесенко Л.Н. Разработка технологии очистки природной воды для питьевых целей на период чрезвычайных ситуаций: производство активного хлора электролизом воды // Инженерный вестник Дона. 2016. № 2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2016/3655 (дата обращения 12.04.2017).

5. Фесенко Л.Н., Скрябин А.Ю., Бреус С.А., Пчельников И.В. Производственные испытания обеззараживания питьевой воды прямым электролизом // Водоснабжение и санитарная техника. 2017. № 5. С. 15–20.

УДК 628.4.02

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПЕРЕВООРУЖЕНИИ ХЛОРАТОРНЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННОГО ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ

А.Л. Фесенко, А.Ю. Черкесов, М.П. Матвиенко
ООО «ЭКОФЕС-инжиниринг», г. Новочеркасск, Россия
В.А. Онкаев
Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, г. Элиста, Россия

Рассмотрен вопрос экологической и промышленной безопасности при технологическом перевооружении хлораторных. Приведены примеры успешной реализации проектов модернизации систем обеззараживания воды на действующих сооружениях. Представлен план мероприятий по соблюдению требований законодательства РФ в области экологической и промышленной безопасности при технологическом перевооружении хлораторных с использованием электролизного метода получения низкоконцентрированного гипохлорита натрия.

В настоящее время в России идет повсеместная замена обеззараживания питьевой и сточных вод жидким хлором на более прогрессивные и безопасные методы, в числе которых и обеззараживание гипохлоритом натрия. Особенно остро стоит проблема технического перевооружения хлораторных на действующих предприятиях по очистке питьевой и сточных вод, где невозможна остановка производства на время выполнения технического перевооружения [1]. Значимым фактором данных мероприятий является ликвидация опасного производственного объекта, что влечет за собой повышение безопасности населения прилегающих территорий и обслуживающего персонала, уменьшение затрат на мероприятия по обеспечению промышленной безопасности и исключение периодических проверок Ростехнадзора [2].

ООО «ЭКОФЕС-инжиниринг» занимается монтажом и пуско-наладкой электролизных станций «ХЛОРЭФС». Большая часть монтируемых организацией электролизных станций «ХЛОРЭФС» располагается во вновь построенных зданиях, но иногда стоит задача монтажа в существующих зданиях хлораторных. Монтаж оборудования на действующем опасном производственном объекте влечет за собой ряд вопросов. Рассмотрим на конкретном примере вопрос технического перевооружения хлораторной.

На этапе проектирования технического перевооружения хлораторной на объекте ОСК-2 ООО «КраснодарВодоканал» г. Краснодара прорабатывались варианты хлорирования сточных вод во время строительства новой электролизной станции. Наиболее оптимальным вариантом было бы строительство нового здания электролизной, поскольку в этом случае на период строительства не требуется остановка существующей системы дозирования жидкого хлора. По окончании строительно-монтажных работ и пуска новой электролизной станции существующее здание хлораторной возможно использовать как склад соли. Затраты (ориентировочно) на строительство нового здания (В х L = 12 х 30 м) электролизной составили бы 15,96 млн. руб. Но этот вариант был отклонен в связи с отсутствием свободной площадки для строительства здания.

Было принято решение о проведении реконструкции действующей хлораторной под здание электролизной и проработаны варианты работы по временной схеме на привозном высококонцентрированном гипохлорите натрия марки А, а также на жидком хлоре, хранящемся в складе хлора на площадке ОСК-1 и привозимом каждые два дня, без запаса на площадке ОСК-2.

Для работы по временной схеме, используя высококонцентрированный гипохлорит натрия марки А, необходимо строительство временного здания для размещения емкостного оборудования хранения и дозирования высококонцентрированного гипохлорита натрия марки А, поскольку проведение каких-либо работ по техперевооружению в действующей хлораторной запрещено согласно «Правилам безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред» [3].

Затраты (ориентировочно) на обеспечение обеззараживания сточных вод по временной схеме (КГХН) в период выполнения технического перевооружения (7 мес.) составят 25,56 млн. руб., что включает в себя стоимость ГХН марки А (23,04 млн. руб., без учета стоимости доставки, ближайшее производство находится в городе Волгограде) и затраты на строительство и демонтаж временного здания и оборудования хранения и дозирования ГПХ (2,52 млн. руб.).

Для работы по временной схеме, используя жидкий хлор, хранящийся и привозимый с площадки ОСК-1, необходимо строительство небольшого временного здания, пристроенного к существующей хлораторной и специализированного транспорта для перевозки контейнеров с жидким хлором с площадки ОСК-1 на площадку ОСК-2. Преимущества данного варианта обеззараживания по временной схеме следующие:

1) не требуется новое оборудование для дозировки жидкого хлора. Используется существующая дозаторная в складе хлора, весы с

расходными контейнерами жидкого хлора переносятся из склада существующей хлораторной во временное помещение;

2) небольшое расстояние перевозки контейнеров с площадки ОСК-1 на площадку ОСК-2 составляющее 7 км;

3) ООО «КраснодарВодоканал» располагает специализированным транспортом для перевозки контейнеров с жидким хлором (грузовой автомобиль КамАЗ с манипулятором и водяной завесой, с наличием разрешения на перевозку хлора).

Затраты (ориентировочно) на обеспечение обеззараживания сточных вод по временной схеме (жидкий хлор) в период выполнения технического перевооружения (7 мес.) составят 10,74 млн. руб., что включает в себя стоимость жидкого хлора (10,2 млн. руб.) и затраты на строительство и демонтаж временного здания (0,54 млн. руб.).

В результате сравнения вариантов, заказчиком был выбран второй вариант, который и был реализован в проекте ликвидации опасного производственного объекта (хлораторной).

В сентябре 2016 – марте 2017 гг. ООО «ЭКОФЕС-инжиниринг» было выполнено техническое перевооружение хлораторной на объекте ОСК-2 ООО КраснодарВодоканал» г. Краснодара.

Особенностью производства работ на действующем опасном производственном объекте (хлораторной) является наличие опасного фактора – хлора, а также критической изношенности оборудования, что влечет за собой соблюдение дополнительных мер по технике безопасности [4]. На объект закупается комплект средств индивидуальной защиты для рабочих строительно-монтажной организации, производится аттестация ответственных лиц по промышленной безопасности, составляются акты-допуски к производству работ и выписываются наряды-допуски на опасные работы. Вышеперечисленные мероприятия влекут за собой увеличение сроков строительства и затрат на производство работ.

В результате были получены фактические затраты на техническое перевооружение хлораторной с использованием временной схемы обеззараживания жидким хлором (табл.). Был проведен сравнительный анализ затрат на реализацию всех рассматривавшихся вариантов технического перевооружения с фактическими затратами на реализацию проекта и результаты сведены в таблицу.

Таблица. **Сравнение затрат на реализацию проекта различными вариантами**

Вариант	Строительство нового здания	Использование КГХН	Использование жидкого хлора
Затраты на строительство (реконструкцию), млн. руб.	15,96	13,62	15,5
Затраты на строительство и демонтаж временного помещения, млн. руб.	-	2,52	0,54

Затраты на реагент, млн. руб.	10,2	23,04	10,2
ИТОГО	26,16	39,18	26,24

Из сравнения видно, что реализация проекта с применением жидкого хлора оптимальна (при невозможности постройки нового здания).

ЛИТЕРАТУРА

1. Фесенко Л.Н., Денисов В.В., Скрябин А.Ю. Дезинфектант воды – гипохлорит натрия: производство, применение, экономика и экология/ Под ред. проф. В.В. Денисова. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2012, 120 с.;
2. Федеральный закон №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред». Сер. 09. Вып. 39. М: ЗАО НТЦ ПБ, 2014, 246 с.
4. СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Ч. 1. Общие требования». М: Госстрой России, 2002.

УДК 621.9.079

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ПАТРОННЫХ ФИЛЬТРОВ

Е.М. Буллыжев
Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия
Э.Е. Булыжев, Г.А. Джавахия
ЗАО «Системы водоочистки», г. Ульяновск, Россия

Описана конструкция намывных патронных и ламельных фильтров, предназначенных для очистки водных технологических жидкостей (ВТЖ) от механических, коллоидных и иных примесей. Выявлены направления их совершенствования, предложены перспективные конструктивные решения систем очистки. Сопоставлены технические характеристики объемных патронных, объемных скорых и намывных ламельных фильтров.

Для тонкой очистки воды от механических примесей с исходной мутностью 0,5 – 2,0 мг/дм^3 применяют фильтры с патронами (ПФ), на поверхности которых намывается тонкий слой фильтрующего порошка.

Конструкция намывного фильтра представлена на рисунке 1.

Намывной ламельный фильтр состоит из цилиндрического корпуса 3, днища 2 и съемной крышки 5. На трубной перегородке 4 закреплены фильтрующие элементы 9.

Работа фильтра ПФ выполняется с помощью фильтровальных модулей (рис. 2).

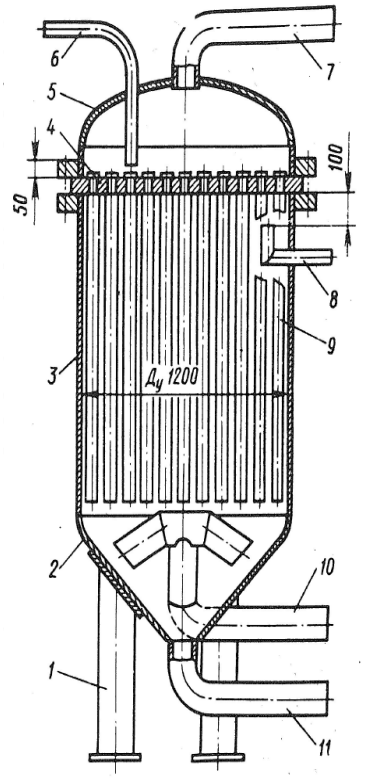


Рисунок 1. **Конструкция намывного фильтра:**
1 – опора; 2 – коническое днище; 3 – корпус; 4 – трубная доска; 5 – съемная крышка; 6 – трубопровод для слива воды перед «шоковой» регенерацией; 7 – трубопровод для выхода очищенной воды; 8 – трубопровод для сброса сжатого воздуха при «шоковой» регенерации; 9 – цилиндрические фильтрующие элементы; 10 – трубопровод для входа обрабатываемой воды; 11 – трубопровод для удаления отработавшего фильтропорошка и входа фильтрующей пульпы при намыве

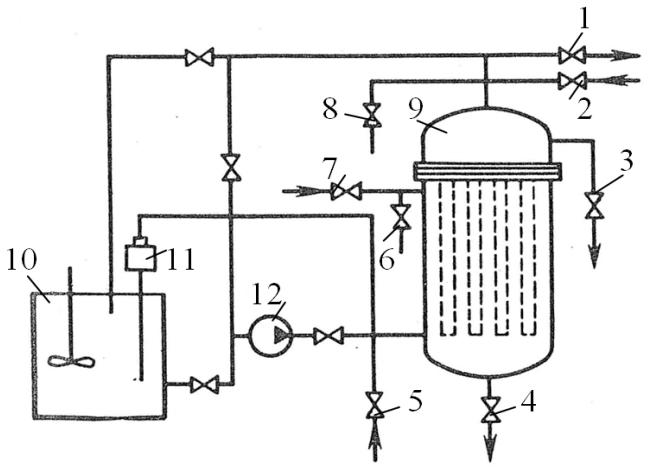


Рисунок 2. **Схема установки с намывным слоем:**
1, 5 – вход и выход обработанной воды; 2 – выход промывочной воды; 3 – сливная магистраль; 4 – выход отработанного материала; 6 – быстродействующий клапан;

7 – вход сжатого воздуха; 8 – воздушник; 9 – намывной фильтр; 10 – мешалка;
11 – подпиточный насос-дозатор; 12 – насос намыва

Для увеличения фильтроцикла в очищаемую воду добавляют 5-10 г/м^3 фильтрующего материала, что предотвращает образование сплошной слабопроницаемой пленки из взвешенных веществ (рис. 3).

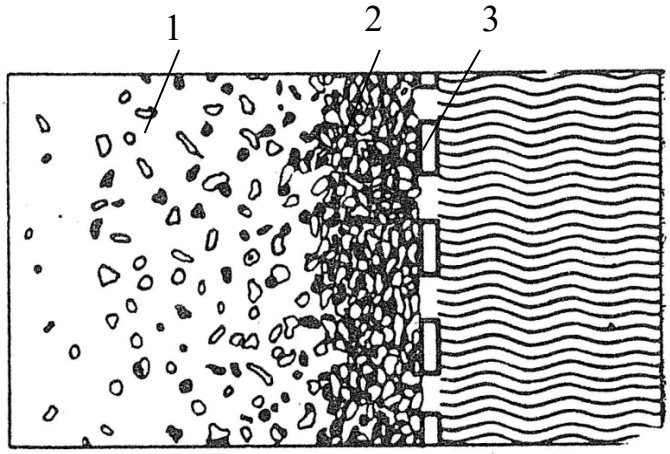


Рисунок 3. **Схема работы намывного слоя:**
1 – очищаемая вода с загрязнениями и подпиточным фильтропорошком;
2 – фильтрующий слой с задержанными взвесями; 3 – стенка фильтрующего элемента

Во время рабочего цикла фильтра контролируют его производительность, не допуская ее снижения более, чем на 50 % , во избежание сползания слоя с патронов. Фильтр отключают при увеличении перепада давления свыше 1,5 бар.

Смыв отработанного микропеска осуществляют «шоковым» способом. В отключенный фильтр через клапан 7 (рис. 2) подают сжатый воздух, который вытесняет воду из нижней части фильтра через патроны в верхнюю часть, откуда она сливается через клапан 8. После снижения уровня воды до определенной высоты над перегородкой в фильтре создается давление 5 бар, которое быстро сбрасывается с помощью клапана 6 (быстродействие 0,15 с), сообщающегося с атмосферой. Водовоздушная смесь устремляется из полости над перегородкой в нижнюю часть фильтра, проходя через фильтровальные патроны. В результате этого происходит гидроудар («шок»), работающий слой сбрасывается с поверхности патронов и вместе с водой через клапан 4 направляется на сброс. На свободную поверхность намывается снова фильтрующий слой и процесс повторяется.

Периодически через 30 – 50 циклов или при значительном сокращении рабочего периода за счет загрязнения фильтровальных патронов НЛФ подвергают химической очистке, используя для этого моющие растворы.

Намывные фильтры обеспечивают высокую компактность (до 100 м^2/м^3). Повышение площади фильтрующей поверхности можно

получить посредством формирования патрона не в виде цилиндра, а в форме ламели (рис. 4), в поперечном сечении имеющим вид вытянутого по одной координате прямоугольника. Благодаря такой форме ламели, во-первых, значительно увеличивается фильтровальная площадь каждого элемента, а, во-вторых, обеспечивается возможность расположения в единице объема фильтра большего числа ламелей, что также ведет к значительному увеличению фильтровальной поверхности всего фильтра к соответствующему повышению его производительности. Однако необходимо отметить, что при напорном фильтровании возможна деформация поверхности ламели, следовательно, необходимо усиление жесткости конструкции ламели.

В настоящем исследовании испытаниям подверглись безнапорные намывные ламельные фильтры с варьированием перепада давления от 0,05 до 0,4 бар. Необходимость закрепления песка (намывного слоя) вызвало использование флокулянта. В свою очередь применение флокулянта снижает эффективность удаления (смыва) намывного слоя при регенерации.

Основные критерии эффективности (характеристики) намывных ламельных фильтров. К таким характеристикам фильтров относятся:

– площадь горизонтальной проекции рабочего пространства фильтра $S_г$, м^2:

$$S_г = L_ф B_ф, \quad (1)$$

где $L_ф$, $B_ф$ – длина и ширина горизонтальной проекции рабочего пространства, м;

– удельная фильтровальная площадь $S_{ф\,уд}$, м^2/ м^2:

$$S_{ф\,уд} = S_{ф\,ед}\ S_г^{-1}, \quad (2)$$

где $S_{ф\,ед}$ – фильтровальная площадь единичного аппарата, м^2;

$$S_{ф\,ед} = S_г\ S_{ф\,уд}; \quad (3)$$

– производительность единичного фильтра, м^3/ч:

$$Q_ч = V\ S_{ф\,ед}. \quad (4)$$

– удельная часовая гидравлическая нагрузка q, (м^3/ч)/м^2:

$$q = Q_ч / S_г; \quad (5)$$

– суточный выход очищенной воды или ВТЖ, м^3/сутки:

$$Q_{сут} = 24\ Q_ч. \quad (6)$$

Увеличение фильтровальной площади патронного фильтра по сравнению с объемным фильтром можно оценить по величине коэффициента K_S из выражения:

$$K_S = S_{ф\,п} / S_{ф\,об}, \quad (7)$$

где $S_{ф\,п}$ и $S_{ф\,об}$ – соответственно фильтровальная площадь патронного и объемного фильтра, м^2:

$$S_{ф\,п} = \pi\ d_п L_р n_п;$$

$$S_{ф\,об} = \frac{\pi D_ф^2}{4}$$

$$n_{\text{п}} = \frac{\pi D_{оф}^2}{4a^2},$$

где $d_{\text{п}}$ – диаметр фильтровального патрона, м; $L_{\text{р}}$ – рабочая длина патрона, м; $n_{\text{п}}$ – число патронов, шт.; $D_{\text{оф}}$ – внутренний диаметр объемного фильтра.

Схематично показанный на рисунке 4 НЛФ имеет раскрытый сверху корпус 9 прямоугольного сечения с пирамидальным днищем. Внутри корпуса размещен пакет 13 батарей 12 плоскостных фильтровальных ламелей 8, соотношение толщины $H_л$ и ширины $B_л$, которых не более 1 : 12 при относительно большой длине – $L_{\text{л}}$ = 1 – 2 м и более. Такая форма ламелей обеспечивает возможность повышения производительности фильтрования путем объединения десятков и даже сотен ламелей в батареи, а батарей – в пакеты. На наружных поверхностях ламелей закреплены две сетки: поддерживающая или коллекторная (внутренняя) нейлоновая сетка с ячейками 1,2 × 1,2 мм и наружная сетка с ячейками 35 × 35 мкм (толщина сетчатого покрытия $h_{\text{с}}$ включена в значения $B_{\text{л}}$ и $H_{\text{л}}$). На наружную сетку намывается фильтрующий слой дисперсного материала, например, кварцевого микропеска с частицами округленной формы, диатомита, доломита. Фильтрат, поступающий из внутренних полостей ламелей, отводится через коллектор 15. Каждая ламель представляет собой по-существу одиночный небольшой ламельный фильтр.

При функционировании фильтра намытый на ламель фильтрующий слой постепенно загрязняется частицами механических примесей, удаленными из очищаемой водной технологической жидкости (ВТЖ). Чтобы восстановить заданную производительность фильтра (регенерировать его), загрязненный фильтрующий слой вместе с осадком механических примесей удаляется с поверхности наружной сетки ламелей путем промывки пакета. Вместе с частицами фильтрующего слоя и частицами механических примесей при промывке из фильтра удаляется и связанная с этими частицами вода, насыщенная посторонними растворенными веществами.

Для промывки между батареями ламелей установлены штанги 7 с соплами, шаг пар которых равен удвоенному шагу ламелей в батарее.

Фильтр работает следующим образом. В режиме фильтрования штанги для подачи промывочной воды подняты в верхнее нерабочее положение, как показано на рисунке 4. Загрязненная механическими примесями ВТЖ поступает в полость корпуса через ввод *II*. Под некоторым давлением жидкость просачивается через намытый на ламель фильтрующий слой, задерживающий при этом частицы механических примесей, во внутреннюю полость ламели 8. Очищенная ВТЖ поступает из ламелей в коллектор 15 и выходит из фильтра по отводу *II*.

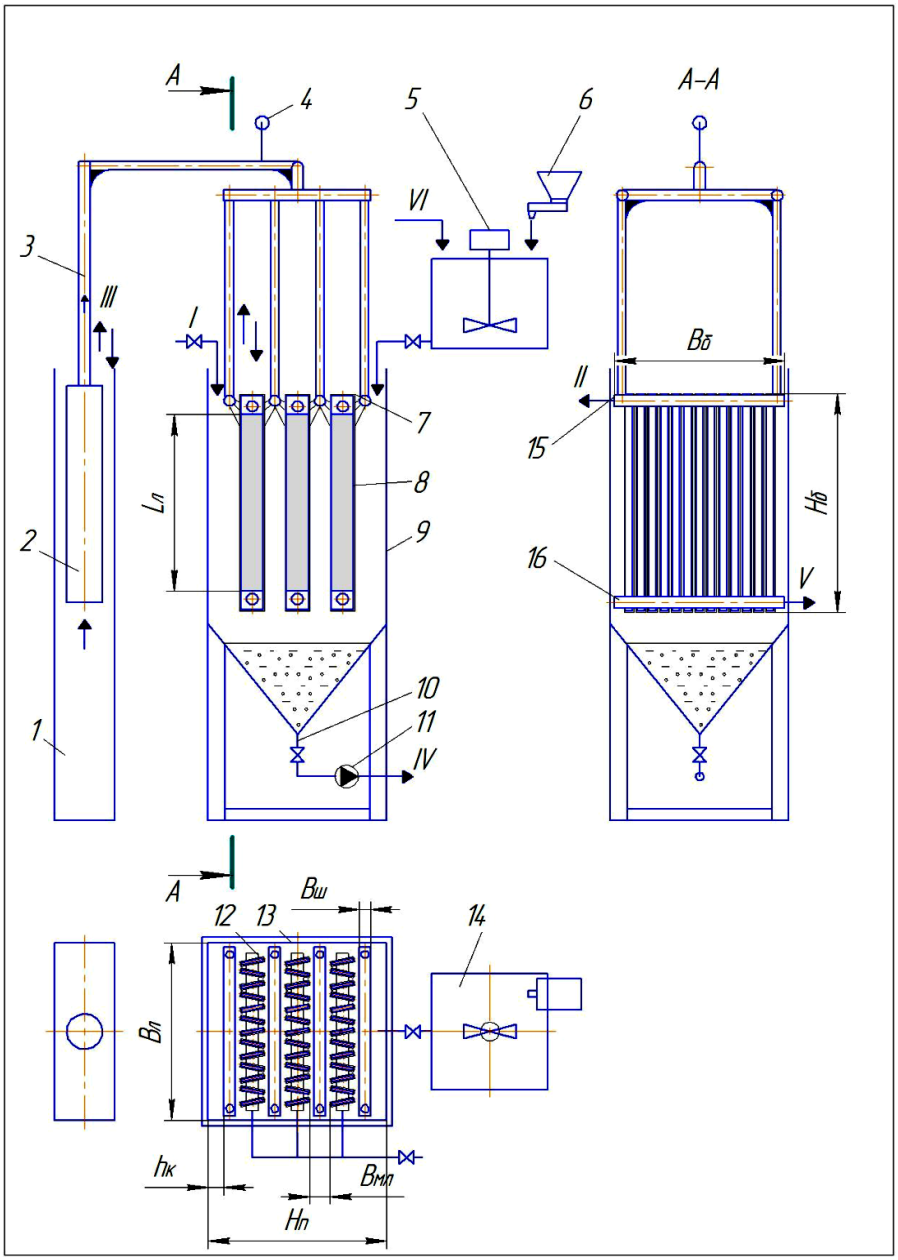


Рисунок 4. **Схема намывного ламельного фильтра:**
I – подвод ВТЖ; *II* – отвод очищенной ВТЖ; *III*, *IV* – подвод и отвод промывочной воды; *V* – отвод ВТЖ при промывке; *VI* – подвод воды для намывки загрузки

В режиме регенерации НЛФ отключается от ввода *I*. Из полости корпуса 9 и ламелей по отводу *V* сбрасывается жидкость, находящаяся в корпусе 9 и в ламелях в момент начала регенерации фильтра. Промывочная вода из емкости 1 подается скважинным насосом 2 через сеть распределительных трубопроводов 3 в промывные штанги 7. Система штанг и трубопроводов связана с насосом. В процессе промывки ламелей штанги с размещенными на них соплами, формирующими плоские струи промывочной воды, перемещаются с заданной скоростью (не более 0,4 м/мин) в вертикальном направлении вниз, а затем поднимаются в исходное нерабочее положение. За время

одного цикла «опускание-подъем» штанг с поверхностей ламелей удаляется загрязненный при фильтровании намытый слой. Его фрагменты сбрасываются с ламелей на пирамидальное днище, шлам через трубопровод 10 насосом 11 направляется по отводу *IV* на сброс.

После промывки ламелей выполняется намывка на ламели новых фильтрующих слоев. ВТЖ, необходимая для приготовления намывной суспензии, подается в емкость 14 по отводу *VII*. В эту же емкость через дозатор 6 подается фильтрующая загрузка (например, кварцевый песок), суспензируемая мешалкой 5. Жидкая фаза суспензий (ВТЖ) проходит во внутреннюю полость ламели, а затем через коллектор 15 и отвод *II* выводится с помощью насоса в канализацию. Твердая фаза суспензии остается на наружной сетке ламели, и через некоторое время (не более 20 мин) на ламели образуется фильтрующий слой достаточной толщины.

Кольцо 4 предназначено для опускания-подъема системы промывных штанг. По трубопроводу 16 удаляется промывочная вода из внутренней полости батарей ламелей при их промывке.

Перспективность НЛФ определяется следующими факторами: компактная конструкция фильтра; высокая удельная производительность – до 100 $(м^3/ч)/м^2$; высокое качество фильтрата: содержание механических примесей в очищенной водной жидкости не более 0,5 $мг/дм^3$ при тонкости дисперсии механических примесей d не более одного мкм; небольшой перепад давления: $\Delta p = 0{,}3 – 0{,}5$ бар, а следовательно, небольшие энергозатраты. Перечисленные преимущества НЛФ определяют широкую область их рационального применения для очистки ВТЖ, водных стоков, образующихся при разложении смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), а также стоков, загрязненных органическими веществами, и т.п.

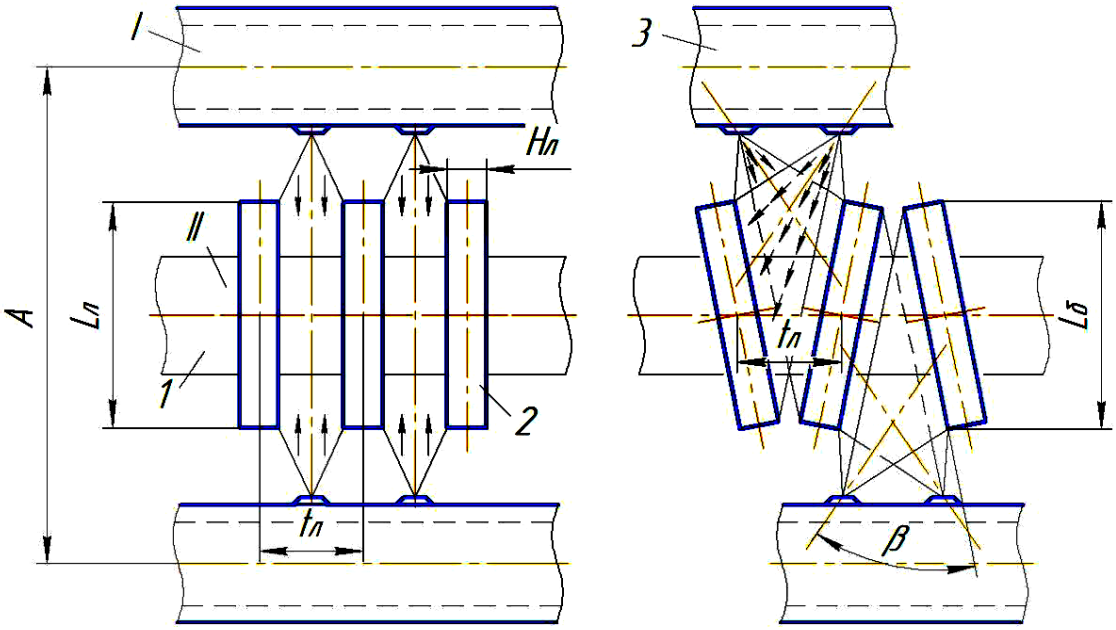
Технические характеристики сопоставляемых объемных и патронных фильтров показаны в таблице 1.

Важнейшим средством повышения эффективности регенерации (очистки) ламелей является рационализация их расположения в батарее. При положении ламелей по рисунку 5 *а*, струи промывочной воды движутся по касательной к очищаемой поверхности ламели и поэтому слабо воздействуют на ее регенерируемые рабочие поверхности. При наклонном расположении ламелей по схеме рисунка 5 *б*, при том же значении шага ламелей $t_л$, что и на рисунке 5 *а*, обеспечивается гораздо более сильное воздействие струи промывочной воды на загрязненный фильтрующий слой, находящийся на поверхности ламели. Эффективность очистки ламелей в этом (втором) случае зависит от линейных размеров и шага ламелей $t_л$, расстояния A между осями промывочных штанг (рис. 5), угла α наклона ламелей по отношению к оси коллектора, а также от гидравлических параметров струй промывочной воды, например, скорости V, расхода Q и др.

Таблица 1. **Технические характеристики объемных и намывных фильтров при очистке воды и ВТЖ от механических примесей:**
η = 0,001 Па·с; t = 20 ºС (средние значения)

Технические характеристики	Символ	Размерность	Фильтры				
			объемные		намывные		
			безнапорные	напорные	безнапорные ламельные	напорные ламельные	напорные патронные
Площадь горизонтальной проекции рабочего пространства	$S_г$	м^2	200	5,3	6,0	6,0	1,0
Удельная фильтровальная поверхность	$S_{ф\ уд}$	м^2/м^2	1,0	1,0	400	400	75
Толщина фильтрующего слоя	$H_ф$	м	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0
Средний размер частиц загрузки	$\bar{d}$	мкм	1000	1000	40	40	40
Фильтровальная площадь единичного аппарата	$S_{ф\ ед}$	м^2	200	5,3	2400	2400	75
Перепад давления	Δp	бар	0,6	2,5	0,6	1,2	1,2
Скорость фильтрования	V	м/ч	3	8	0,9	1,8	1,8
Удельная часовая гидравлическая нагрузка	q	м^3/ч/м^2	3	8	360	720	135
Производительность единичного фильтра	Q	м^3/ч	600	42,4	2160	4320	135
Длина ламели и патрона	$L_л$	м	–	–	2 – 3	2 – 3	1
Суточный выход очищенной ВТЖ или воды	$Q_{сут}$	м^3/сут	14400	1017	51840	103680	3240
Концентрация механических примесей в исходной ВТЖ и воде	$C_{пи}$	мг/дм^3	0	0	2,0	2,0	2,0
Концентрация механических примесей в очищенной ВТЖ и воде	$C_{по}$	мг/дм^3	1,0	1,0	0,1	0,2	0,2
Время цикла	$t_ц$	ч	12	12	6	6	3
Коэффициент увеличения площади фильтровальной поверхности *	K_S	–	1	1	400	400	75
Коэффициент увеличения скорости фильтрования *	K_V	–	1	4	0,3	0,6	0,6
Коэффициент повышения производительности фильтрования*	K_Q	–	1	4	120	240	43,8

*Аналогом является фильтровальный аппарат, для которого значения коэффициентов увеличения фильтровальной поверхности, скорости и производительности фильтрования равны 1,0.



а) б)

Рисунок 5. **Схемы расположения ламелей в батарее:**
а – параллельная; *б* – *V*-образное размещение соседних ламелей;
1 – коллектор; *2* – ламель; *3* – штанга промывная; *I* – ось промывной штанги; *II* – ось коллекторов батарей

Для оптимизации конструктивных параметров батарей ламелей НЛФ использовали метод параметрической многофакторной оптимизации.

В качестве целевой функции приняли обобщенный параметр – удельную площадь фильтровальной поверхности $S_{ф\ уд}$, которая, при прочих равных условиях, определяет важнейшую характеристику фильтра – удельную производительность $q = V \cdot S_{ф\ уд}$, $(м^3/ч)/м^2$:

$$S_{ф\ уд} = N_л \cdot S_л \rightarrow \max, \quad (8)$$

где $N_л$ – число ламелей в пакете батарей ламелей НЛФ (при площади пакета $S_г = 1\ м^2$), шт.:

$$N_л = n_л \cdot n_б, \quad (9)$$

где $n_л$ – число ламелей в батарее, шт.:

$$n_л = 1000\ L_б / t_л, \quad (10)$$

где $L_б = 1$ – длина батареи, м; $t_л$ – шаг ламелей, мм.
$n_б$ – число батарей в пакете ламелей, шт.:

$$n_б = (1000\ B_п - 2\ h_к - B_ш) / A; \quad (11)$$

где $B_п = 1$ – ширина пакета ламелей в плане, м; $h_к$ – минимальное расстояние от края каркаса пакета до промывной штанги, мм; $B_ш$ – ширина промывной штанги в плане, мм (рис. 6); A – расстояние между осями промывных штанг, мм.

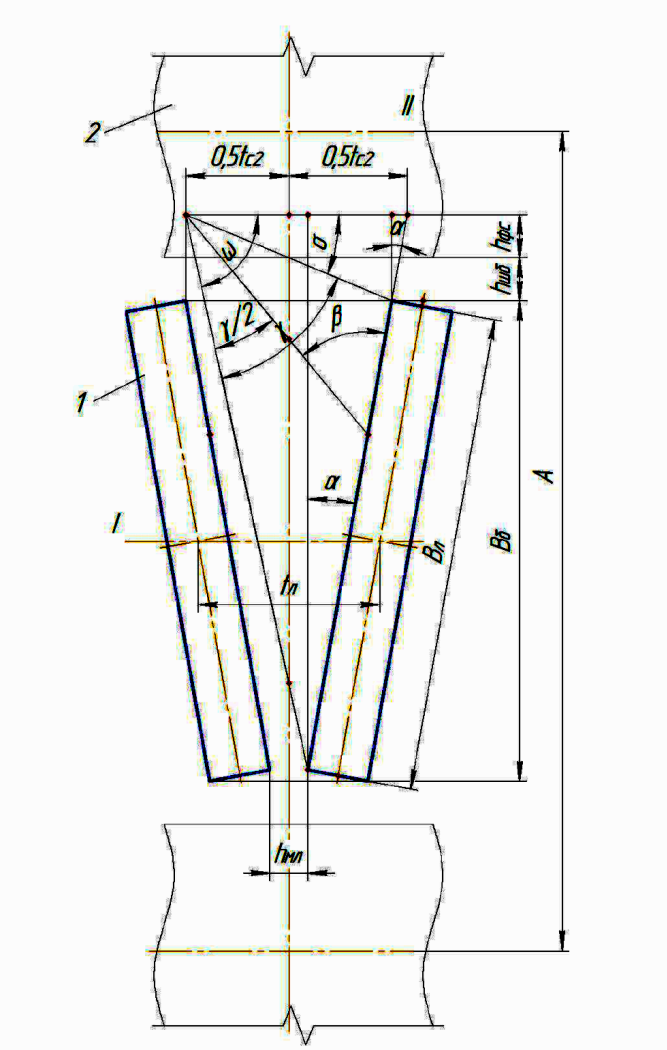


Рисунок 6. **Схема к расчету линейных и угловых параметров ламелей:**
I – ось коллекторов батарей; *II* – ось промывной штанги;
1 – ламель; 2 – промывная штанга

Результаты численных расчетов зависимости удельной производительности фильтрования q от конструктивных параметров НЛФ (главным образом от ширины $B_л$ и угла наклона ламели α представлены на рисунке 7. Зоны $B_л < 30$ мм затемнены как не рекомендуемые.

На основе анализа результатов математического моделирования целевой функции $S_{ф\,уд}$ можно рекомендовать оптимальные значения конструктивных линейных и угловых параметров батарей фильтровальных элементов НЛФ. Например, при $B_л$ = 40 мм основные конструктивные параметры НЛФ имеют следующие значения: $t_л$= 15 мм; A = 100 мм; α = 7,5 – 10 град; β = 40 град; при этом обеспечиваются $S_{ф\,уд}$ = 96 м^2/м^2 и q = 43,2 (м^3/ч)/м^2; при $B_л$ = 60 мм – $t_л$= 19 мм; A = 100 мм; α = 9 град; β = 40 град, а $S_{ф\,уд}$ = 110 м^2/м^2 и q = 49,5 (м^3/ч)/м^2.

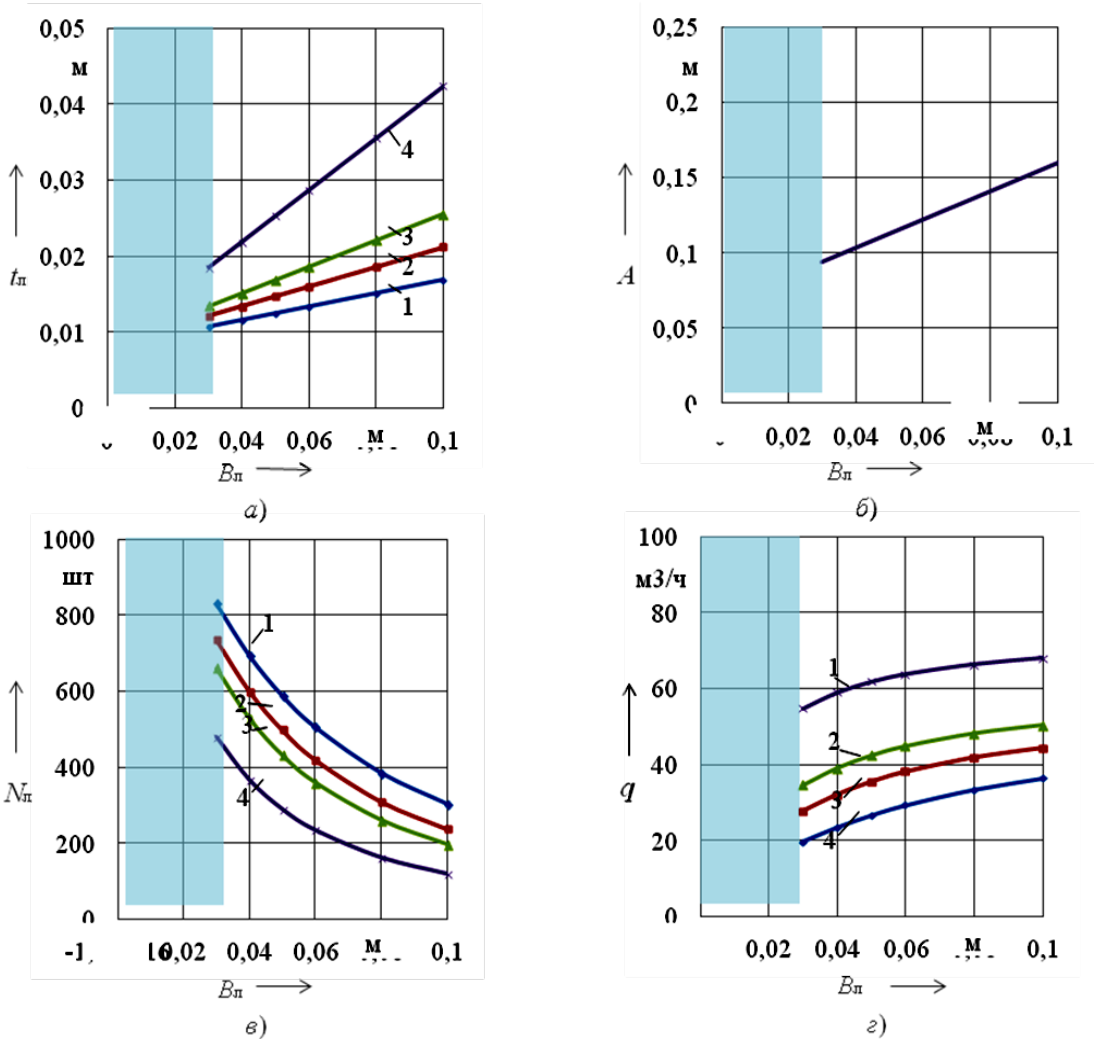


Рисунок 7. **Зависимости конструктивных параметров $t_л$ и A, числа ламелей $N_л$ и удельной производительности намывного фильтра q от ширины $B_л$ и угла наклона ламели α:**
1, 2, 3, 4 – α = 5; 7,5; 10; 20 °

Значения q определены при V = 0,45 м/ч (получена эмпирически в процессе опытной эксплуатации НЛФ при $t_л$ = 12 мм, η = 0,001 Па·с; $C_м$ = 1,5 мг/дм^3).

При таких достаточно компактных конструкциях важнейший параметр эффективности НЛФ – удельная производительность q в связи с большими значениями N и $S_{ф\,уд}$ в 5 – 6 раз превышает значения q для скорых напорных объемных фильтров ($V_ф$ = 8 м/ч).

ВЫВОДЫ

1. Проведено натурное и математическое моделирование многокомпонентных НЛФ с целью выявления допустимых режимов работы и ограничений на параметры элементов НЛФ, в том числе для операции регенерации/промывки ламелей как носителей намывного фильтрующего слоя, которая является критически важной при расчете

оптимальных режимов работы НЛФ.

2. При решении задачи оптимизации производительности НЛФ построена нелинейная целевая функция, позволяющая численно рассчитать основные конструктивные параметры эффективных батарей фильтровальных элементов НЛФ.
3. Численно рассчитаны и экспериментально подтверждены оптимальные и рекомендуемые значения основных конструктивных параметров НЛФ важнейших эксплуатационных параметров эффективности батарей фильтровальных элементов в НЛФ.
4. Показано, что большая площадь удельной фильтровальной поверхности НЛФ даже при относительно малых линейных скоростях фильтрования порядка V = 0,45 м/ч, обеспечивает теоретически увеличение удельной производительности НЛФ в 5 – 6 раз, по сравнению со скорыми напорными фильтрами со скоростью фильтрования порядка 8 м/ч. При этом важнейшей составляющей технологического цикла работы НЛФ является процесс регенерации /промывки, который может быть эффективно реализован предложенными выше методами и оборудованием.

УДК 628.16.09:547.1

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ СОРБЦИОННОЙ ДООЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Т.А. Краснова, И.В. Тимощук, Н.А. Самойлова, Ю.С. Шульженко
Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (Университет), г. Кемерово, Россия

Проведено исследование адсорбции смеси фенола и хлорфенола на активных углях марок АГ-ОВ-1, Пуролат, АБГ, отличающихся природой, структурой, удельной поверхностью. Показан механизм массопереноса при адсорбции смеси фенола и хлорфенола. Определены основные адсорбционные и кинетические параметры. Предложена модель для оптимизации процесса адсорбции в смеси. На основе комплекса исследований по равновесию, кинетике и динамике адсорбции фенола и хлорфенола при их совместном присутствии из водных растворов на активных углях и инженерных расчетов разработана технология сорбционной доочистки питьевой воды.

В настоящее время обеспечение населения чистой питьевой водой одна из важнейших актуальных проблем современности. Необходимость и неотложность ее решения обусловлены повсеместным ухудшением состояния источников водоснабжения. Большинство водоемов загрязнены веществами природного и техногенного происхождения. Фенолы являются приоритетными загрязнителями водной среды, поступая в водоемы в основном со сточными водами предприятий фармацевтической,

коксохимической, нефтехимической промышленности. Кроме фенолов техногенного происхождения в природных водах содержатся низкомолекулярные фенолы, образующиеся при биохимическом распаде и трансформации органических веществ (гуминовых и фульфокислот). Водоподготовительные станции в отношении органических ингредиентов выполняют барьерные функции в незначительной степени, более того в процессе водоподготовки образуются более опасные токсиканты, чем исходные (применение в качестве обеззараживающего агента хлора приводит к образованию такого побочного продукта, как хлорфенол). К ведущему и наиболее перспективному направлению в технологии извлечения небольших количеств органических веществ из водных растворов относится сорбционный способ с использованием активных углей (АУ). В связи с этим, исследования направленные на разработку адсорбционной технологии доочистки питьевой воды от фенола и хлорфенола, периодически присутствующих в природной воде или образующихся на стадии хлорирования в процессе водоподготовки, являются актуальными.

Для создания адсорбционной технологии очистки природных вод от органических соединений необходимо провести комплексное исследование процесса адсорбции углеродными сорбентами, включающее изучение равновесия, кинетики и динамики адсорбционного процесса. Объектами исследования являлись промышленный активный уголь марки АГ-ОВ-1, полукоксы марок «Пуролат-стандарт» и АБГ, отличающиеся природой, способом получения, пористой структурой и величиной удельной поверхности.

Исследование равновесия адсорбции фенола и хлорфенола на АУ проводилось из растворов индивидуальных компонентов в интервале концентраций фенола и хлорфенола от 0,001 до 1000 мг/дм^3 и их смеси в соотношении 7:1. Комплексная оценка адсорбционных характеристик исследованных углеродных сорбентов в статических условиях позволила расположить по эффективности их извлечения фенола и хлорфенола в ряд АГ-ОВ-1 > Пуролат > АБГ и по совокупности показателей (адсорбционная способность, прочность, стоимость и т.д.) для реализации в производстве предварительно рекомендовать уголь АГ-ОВ-1.

По данным кинетических исследований установлено, что лимитирующей стадией процесса извлечения малых концентраций органических веществ из воды является внешний массоперенос. Рассчитаны коэффициенты внешнего массопереноса, необходимые для инженерных расчетов.

Для решения вопроса оптимизации режимов работы и параметров промышленной установки процесса адсорбции было использовано математическое моделирование на основе уравнения внешнедиффузионной динамики адсорбции в области малых

концентраций фенола и хлорфенола неподвижным слоем АУ АГ-ОВ-1, АБГ, Пуролат с применением ранее полученных экспериментальных данных по равновесию и кинетике [1].

Рассчитаны выходные кривые для адсорбции фенола и хлорфенола из водных растворов на всех исследуемых углях. Экспериментально подтверждена возможность использования математического моделирования для процесса извлечения фенола и хлорфенола из воды на АУ АГ-ОВ-1. На рисунке представлены экспериментальные и теоретические выходные кривые адсорбции фенола и хлорфенола АУ АГ-ОВ-1, совпадение которых говорит о том, что используемое уравнение практически полностью описывает экспериментальные выходные кривые и подтверждает правомерность предложенного подхода к моделированию адсорбции и возможность определения динамических характеристик адсорбции без дополнительного проведения экспериментальных исследований.

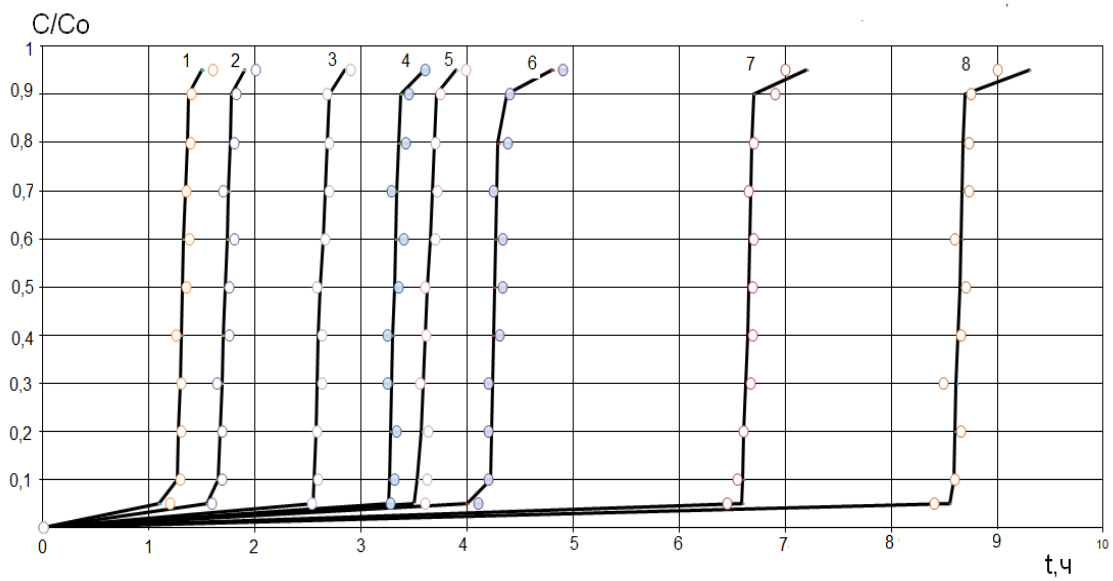


Рисунок. **Расчетные (-) и экспериментальные (о) выходные кривые динамики адсорбции смеси фенола:**
1 – (v = 2,5 м/ч, h = 0,1 м), 3 – (v = 2,5 м/ч, h = 0,2 м), 4 – (v = 1 м/ч, h = 0,1 м), 7 – (v = 1 м/ч, h = 0,2 м) и хлорфенола: 2 – (v = 2,5 м/ч, h = 0,1 м), 5 – (v = 2,5 м/ч, h = 0,2 м), 6 – (v = 1 м/ч, h = 0,1 м), 8 – (v = 1 м/ч, h = 0,2 м) АУ АГ-ОВ-1

Установлено, что время работы колонны до проскока в фильтрат фенола меньше, чем хлорфенола. При возможном содержании в питьевой воде компонентов первым наблюдается проскок фенола, что позволяет моделировать процесс адсорбции в динамических условиях для фенола. Определены основные параметры динамики адсорбции: длина рабочего слоя, длина неиспользованного слоя, коэффициент защитного действия, которые позволили определить продолжительность работы колонны, количество очищаемой воды в зависимости от скорости пропускания, высоты неподвижного слоя и размеров колонны.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности использования сорбционной очистки для извлечения фенола и хлорфенола из воды АУ при совместном присутствии. На основании теоретических и экспериментальных исследований процесса адсорбции разработана адсорбционная технология доочистки питьевой воды от фенола и хлорфенола.

ЛИТЕРАТУРА

1. Когановский А.М. Адсорбция органических веществ из воды / А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко, И.Г. Рода. Л.: Химия, 1990. 256с.

УДК 628.1–192; 62-192

ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВОВ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

А.Я. Найманов, Ю.В. Гостева, Г.С. Турчина
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка, Украина

Приведено обоснование возможных нормативов надежности систем водоснабжения и водоотведения: коэффициентов готовности и вероятностей безотказного действия, а также допускаемого времени неготовности и количества перерывов в подаче воды.

Формулировка проблемы. Водопровод и канализация относятся к восстанавливаемым системам. Нормируемыми для них являются любые два из трех параметров надежности: коэффициент готовности $K_г$, наработка на отказ $T_о$ и среднее время восстановления (пребывания в состоянии отказа) $T_в$. Вспомогательным параметром является вероятность безотказной работы системы P. В действующих нормативных документах на проектирование [1, 2] вышеуказанные параметры надежности отсутствуют.

Анализ последних исследований и публикаций. Однако в [1] п. 7.4 нормирована продолжительность полного прекращения подачи воды или сокращенной подачи воды. Эти величины могут считаться аналогами качества функционирования систем водоснабжения.

На наш взгляд, более реалистичным было бы отнесение к населенным пунктам с водопроводами I категории крупных городов с численностью жителей более 250 тыс. чел, II категории – средних городов с численностью населения 50 – 250 тыс. чел, а III – малых с численностью жителей до 50 тыс. чел. Это соответствовало бы градации населенных

пунктов в градостроительстве.

Таблица 1. **Требования к качеству функционирования систем водоснабжения по [1]**

Наименование показателей	Величины показателей для категорий систем водоснабжения		
	I	II	III
Численность населения, соответствующая категории, чел	более 50 тыс.	5-50 тыс.	до 5 тыс.
Допустимая продолжительность полного прекращения подачи воды или снижения подачи более, чем на 30 %, $T_{пер}$	до 10 мин	до 6 ч	до 24 ч
Допустимая продолжительность сокращенной не более, чем на 30 % подачи воды, $T_{сокр}$	до 3 сут	до 10 сут	до 15 сут

Отклонение показателей качества воды от требований действующих нормативов качества питьевой воды не допускается.

В [2] отсутствуют какие-либо нормативы надежности или качества функционирования систем водоотведения.

Требования к качеству предоставления коммунальных услуг приведены также в других документах:

- в Российской Федерации (далее РФ) – «Правила предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов»; утверждены постановлением правительства РФ от 6 мая 2011 г. № 354 [3];
- в Украине – «Правила надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення»; утверждены постановлением Кабинета Министра Украины от 21 июля 2005 г. № 630 [4].

В соответствии с этими правилами за один месяц допускается не более двух перерывов в подаче холодной воды. Длительность каждого перерыва: в РФ – не более 4 часов, в Украине – не более 6 часов. Для водоотведения в РФ нормативы не предусмотрены, в Украине допускается не более одного перерыва в месяц длительностью от 6 до 24 часов.

Цели. Очевидно, что требования [1], приведенные в таблице 1, и требования [3] по качеству функционирования систем водоснабжения не соответствуют друг другу. При назначении нормативов надежности необходимо каким-то образом устранить это несоответствие на базе того, что постановления правительства имеют приоритет над документами, утвержденными министерствами и ведомствами.

Основной материал. Требования [1] и [3] могут быть использованы в качестве основы для нормирования надежности систем водоснабжения. В частности, нормативную величину коэффициента готовности системы водоснабжения можно вычислить с помощью формулы (1) из [5]

$$K_г^{норм} = R_{сист} = 1 - \frac{\Delta Q}{Q_{расч}} \quad (1)$$

Расчетные расходы воды $Q_{расч}$, а, следовательно, и недоподачу воды ΔQ, согласно пп. 2.1, 2.2, 2.10 [1] следует определять за год. Таким образом, требования таблицы 1 можно считать относящимися к одному году эксплуатации системы водоснабжения. Недоподача ΔQ, возникает из-за перерывов в подаче воды $T_{пер}$ и сокращения подачи воды в течение времени $T_{сокр}$. Величину расчетного расхода $Q_{расч}$, м^3/год, и недоподачи ΔQ,, м^3/год, можно выразить через часовой расход воды $Q_{час}$:

$$Q_{расч} = Q_{час} \cdot 8760, \quad (2)$$

$$\Delta Q_{,} = Q_{час} \cdot T_{пер} + Q_{час} \cdot 0{,}3 \cdot T_{сокр}, \quad (3)$$

где 8760 – число часов в 1 году; 0,3 – коэффициент, учитывающий сокращение расчетной подачи воды на 30 %; $T_{пер}$ и $T_{сокр}$ – продолжительность перерывов в подаче воды и сокращения расчетной подачи не более, чем на 30 %.

Окончательно получаем выражение (4):

$$Кг^{норм} = 1 - \frac{Q_{час} \cdot T_{пер} + Q_{час} \cdot 0{,}3 \cdot T_{сокр}}{Q_{час} \cdot 8760} = 1 - \frac{T_{пер} + 0{,}3 \cdot T_{сокр}}{8760} \quad (4)$$

В выражении (4) сумма $(T_{пер} + 0{,}3 \cdot T_{сокр})$ представляет собой аналог суммарного за 1 год времени неготовности (восстановления) системы $T_в$. В течение этого времени система водоснабжения не подает расчетный расход воды, она может находиться в состоянии или полного, или параметрического отказа. Количество отказов в формуле (4) не участвует.

Требования же [3] рассматривают в качестве объекта услуг отдельного абонента. Поскольку абонент привязан к участку сети водопровода или канализации, то эти требования можно считать относящимися к участку сети, но и вся система также должна отвечать им. В качестве расчетного периода времени здесь принят 1 месяц эксплуатации водопровода или канализации (720 ч). Коэффициент готовности участка водопровода за период времени 720 ч может быть вычислен по формуле:

– для условий РФ:

$$K_{г(мес)}^{вод} = \frac{720 - 8}{720} = 0{,}988889 \approx 0{,}989; \quad 5)$$

– для условий Украины:

$$K_{г(мес)}^{вод} = \frac{720 - 12}{720} = 0{,}983333 \approx 0{,}983, \quad 6)$$

где 8 и 12 – число часов неготовности (отказов за 1 месяц).

Вероятность безотказной работы водопровода определяем в зависимости от количества перерывов за 1 месяц (30 сут).

Для условий РФ и Украины

$$P_{мес}^{вод} = \frac{30-2}{30} = 0{,}93333 \approx 0{,}933, \quad (7)$$

где 2 – число перерывов в подаче воды за 1 месяц (30 суток), т. е. число дней, в которые отсутствует подача воды.

Аналогично для канализации (только для условий Украины):

$$K_{г(мес)}^{кан} = \frac{720-18}{720} = 0{,}975; \quad (8)$$

$$P_{мес}^{кан} = \frac{30-1}{30} = 0{,}966667 \approx 0{,}967, \quad (9)$$

где 18 – число часов перерыва в водоотведении; 1 – количество дней, в которые отсутствует водоотведение (количество перерывов в водоотведении).

Отметим, что вычисленные выше нормативы действуют в системах водоснабжения и водоотведения любой категории.

Совместное рассмотрение параметров надежности, полученных в результате вышеприведенных расчетов, позволяет сделать некоторые дополнительные оценки. В частности, найти допускаемое за один год количество отказов системы водоснабжения. Для этого надо суммарное время пребывания водопровода в состоянии неготовности $T_в$ разделить на допускаемую длительность перерыва в подаче воды (4 ч – в РФ и 6 ч – в Украине). В результате совмещения требований [1] и [3–4] удается рассчитать нормативы надежности систем водоснабжения, которые приведены в таблице 2.

В столбце 10 допускаемое количество перерывов за 1 год для условий Российской Федерации в водопроводах III категории принято не 33, а 24, поскольку [3–4] допускают не более 2-х перерывов в месяц.

Приведенные в таблице 2 нормативы надежности представляются достаточно обоснованными и приближенными к реальности. Они отвечают в значительной мере как требованиям [1], так и [3–4]. В частности, для систем любой категории за 1 месяц эксплуатации допускается не более 2-х отказов в водоснабжении, но за 1 год в водопроводе I категории таких отказов может быть в РФ не более 5, а в Украине – не более 4-х, II категории, соответственно, – не более 19 и 12 и III категории – не более 24-х. В то же время суммарная допустимая длительность перерывов в подаче воды – не более указанного в столбце 12 времени.

Для канализации подобные расчеты невозможны из-за отсутствия в [2] требований по качеству функционирования. Остаются нормативы на 1 месяц, и то – для условий Украины. Однако водопровод и канализация являются достаточно жестко связанными системами. Отказ водопровода вызывает зависимый отказ канализации, а отказ канализации вынуждает отключать водоснабжение. Поэтому допустимые к принятию нормативы

надежности водопровода могут быть распространены и на канализацию, разделив ее также на категории I, II и III. На наш взгляд нормативам в таблице 2 должны соответствовать и отдельные элементы систем водоснабжения и водоотведения – насосные станции, очистные сооружения и т.д. Предлагаемые в таблице 2 цифры нормативов надежности (столбцы 10–13) обладают четкой статической обоснованностью и ценностью. В то же время существует мнение [7], что к цифрам Р и $К_г$ следует относиться взвешенно и они пригодны, в основном, для сравнения различных вариантов проектируемых систем.

Таблица 2. **Расчетные нормативы надежности систем водоснабжения**

Категория систем водоснабжения	Страна	Нормативы надежности в расчете на 1 год, полученные исходя из требований [1]		Нормативы надежности на 1 месяц (720 ч), полученные исходя из требований [3–4]				Возможное количество перерывов в подаче воды за 1 год эксплуатации, $n_в = T_B^{год}/t$	Нормативы надежности систем водоснабжения на 1 год эксплуатации, полученные совмещением требований [1] и [3–4]			
		$К_г$ по формуле (4)	Суммарное время неготовности за 1 год, $T_в^{год} = (T_{нер} + 0,3T_{сокр})$,ч	Допускаемая длительность перерыва в подаче воды, t, ч	Количество перерывов, n_t	$К_{г(мес)} = (720 – 12)/720$	$P_{мес} = (30 - 2)/30$		Допустимое количество перерывов в подаче воды, n	$P^{норм} = (365-n)/365$	Допустимое число часов неготовности, $T_в$, ч	$К_г^{норм} = (8760—T_в)/8760$
I	Украина РФ	0,9975	21,77	4 6	2 2	0,989 0,983	0,933	5,44 3,63	5 4	0,986 0,989	20 24	0,998 0,997
II	Украина РФ	0,9911	78,0	4 6	2 2	0,989 0,983	0,933	19,5 13,0	19 12	0,948 0,964	76 72	0,991 0,992
III	Украина РФ	0,9849	132,0	4 6	2 2	0,989 0,983	0,933	33,0 22,0	24 24	0,940 0,940	96 144	0,989 0,984

Для канализации подобные расчеты невозможны из-за отсутствия в [2] требований по качеству функционирования. Остаются нормативы на 1 месяц, и то – для условий Украины. Однако водопровод и канализация являются достаточно жестко связанными системами. Отказ водопровода вызывает зависимый отказ канализации, а отказ канализации вынуждает отключать водоснабжение. Поэтому допустимые к принятию нормативы надежности водопровода могут быть распространены и на канализацию, разделив ее также на категории I, II и III. На наш взгляд нормативам в

таблице 2 должны соответствовать и отдельные элементы систем водоснабжения и водоотведения – насосные станции, очистные сооружения и т.д. Предлагаемые в таблице 2 цифры нормативов надежности (столбцы 10–13) обладают четкой статической обоснованностью и ценностью. В то же время существует мнение [7], что к цифрам Р и $К_г$ следует относиться взвешенно и они пригодны, в основном, для сравнения различных вариантов проектируемых систем.

Новохатний В.Г. [6] предлагает выделить еще одну категорию потребителей, которые не допускают перерывов в подаче воды – больницы, учебные заведения, детсады, котельные, предприятия с повышенной опасностью производства. На наш взгляд их следовало бы назвать сверхкатегорийными потребителями. Они должны иметь локальное оборудование для повышения надежности своего водоснабжения, например, резервуары с запасом воды и насосной станцией, скважины, баки и т. д.

ВЫВОДЫ

Представлено обоснование возможных нормативов надежности на основе действующих нормативных документов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02.-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СП 31.13330.2012. М.: Минрегион России, 2011. 124 с.
2. Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 Канализация Наружные сети и сооружения: СП 32.13330.2012 – М.: Минрегион России, 2011. 87 с.
3. Правила предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов / с изменениями / Утверждено Постановлением Правительства РФ от 6 мая 2011 г. № 354, г. Москва. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102147807.
4. Правила надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення / із змінами / Затверджено Постановою КМУ від 21 липня 2005 р. №630, м. Київ. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/630-2005-п.
5. Ионин А.А. Надежность систем тепловых сетей. М.: Стройиздат, 1989. 268 с.
6. Новохатній В.Г. Надійність функціонування подавально-розподільного комплексу систем водопостачання: автореф. дис. … д-ра техн. наук. Київ, Кивськ. нац. ун-т будівн. і арх., 2012. 305 с.

7. Аугусти Г., Баратта А., Каишиати Ф. Вероятностные методы в строительном проектировании. М.: Стройиздат, 1988. 384 с.

УДК 628.144.2

КРИТЕРИИ ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ ТРУБ ДЛЯ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ КОММУНАЛЬНОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

О.А. Продоус
ООО «ИНКО-инжиниринг», г. Санкт-Петербург, Россия
А.А. Мурлин, В.В. Иващенко
ООО «ИНКОНСТРОЙ», г. Санкт-Петербург; Россия

Приводится анализ геометрических, гидравлических и стоимостных показателей труб диаметром 500 мм из трех разных материалов: полиэтилена, стеклопластика и чугуна с полиуретановой облицовкой внутренней поверхности. На основе двух предложенных критериев оценки предложено отдавать приоритет энергоэффективным трубам из ВЧШГ с полиуретановым покрытием внутренней поверхности, имеющих высокий гидравлический потенциал.

Для прокладки трубопроводов коммунального и промышленного водоснабжения традиционно используются трубы из следующих материалов: чугуна, полиэтилена, поливинилхлорида, стеклопластика, асбестоцемента, железобетона и, в случае обоснования, – стальные. Трубы из перечисленных материалов имеют разную стоимость и разные геометрические характеристики, регламентируемые требованиями действующих стандартов, имеющих различные допуски на величины внутренних диаметров труб, обеспечивающих транспортирование заданного расхода и влияющих на гидравлический потенциал труб. Поэтому, следует ввести критерии для выбора материалов труб, характеризующие процесс подготовки оснований под трубопроводы и их эксплуатационные характеристики, влияющие на стоимость энергозатрат при эксплуатации трубопроводов из труб конкретного вида материала. Предлагается установить два критерия:

- строительный критерий, характеризуемый стоимостью подготовки основания, засыпки трубопровода песком и стоимостью монтажа труб;
- эксплуатационный – выражаемый гидравлическим потенциалом трубопровода, т.е. совокупностью значений расхода q, л/с при заданном давлении PN, МПа, скоростью транспортирования потока V, м/с и потерями напора на трение по длине *i*, м/м для трубопровода конкретного диаметра и вида материала труб [1].

Рассмотрим предлагаемые критерии для трех видов материалов труб: полиэтиленовых, стеклопластиковых и чугунных раструбных с

полиуретановым покрытием внутренней поверхности. Это трубы из полимерных материалов, на которые распространяется действие норматива [2].

В таблице 1 приведены для сравнения геометрические характеристики трех труб из разных материалов диаметром 500 мм.

Таблица 1. **Геометрические характеристики труб из различных материалов**

Вид материала труб					
ПЭ 100 по ГОСТ 18599-2001, SDR 17		Стеклопластик SN 10 000 Па ТУ2296-250-24046478-95		ВЧШГ с полиуретановым покрытием EN545-2010	
Номинальный наружный диаметр, $d_н$, мм	Номинальный внутренний диаметр, $d_{вн}$, мм	Номинальный наружный диаметр, $d_н$, мм	Номинальный внутренний диаметр, $d_{вн}$, мм	Номинальный наружный диаметр, $d_н$, мм	Номинальный внутренний диаметр, $d_{вн}$, мм
500,0	440,6	523,0	500,0	532,0	515,8

Из таблицы 1 видно, что геометрические характеристики труб отличаются как по наружному, так и по внутреннему диаметру. Внутренний диаметр труб из ВЧШГ на 14,6 % больше внутреннего диаметра напорных полиэтиленовых труб (515,8 > 440,6 мм на 14,6 %), следовательно, их пропускная способность также больше.

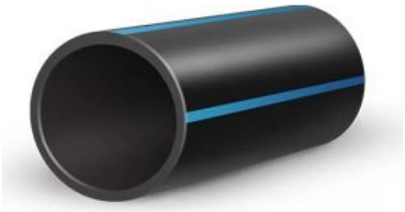
Например, при укладке труб из полиэтилена и стеклопластика требуется проведение послойного уплотнения песчаной подсыпки на высоту 0,5 м над верхом трубы. Для труб из ВЧШГ проведение этого не требуется. Естественно, эта позиция отразится на итоговой стоимости за 1 п.м трубопровода.

Сравним стоимостные показатели труб диаметром 500 мм и стоимость строительно-монтажных работ за прокладку 1 п.м труб из этих трех материалов. Данные для сравнения сведем в таблицу 2.

Таблица 2. **Стоимостные показатели**

Диаметр условного прохода, $d_у$, мм	Стоимость, тыс. руб. за 1 п.м, НДС в т.ч.					
	Строительно-монтажных работ			Труб		
	Поли-этилен	Стекло-пластик	ВЧШГ	Поли-этилен	Стекло-пластик	ВЧШГ
500	7326,0	4752,0	2524,0	11414,0	11260,0	28928,1

Из таблицы 2 видно, что несмотря на более высокую стоимость п.м труб из ВЧШГ стоимость проведения строительно-монтажных работ для них на 65,5 % ниже, чем для труб из полиэтилена (7326,0 > 2524,0 руб./1 п.м на 65,5 %) и на 46,9 % ниже, чем для труб из стеклопластика (4752,0 > 2524,0 руб./1 п.м на 46,9 %).



Труба из полиэтилена
диаметром 500 х 29,7 мм,
SDR 17 по ГОСТ 18599-2001



Труба из стеклопластика
диаметром 500 мм,
SN 10 000 Па



Трубы чугунные раструбные
диаметром 500 мм с полиуретановым
покрытием EN 545-2010

Рассмотрим второй – эксплуатационный критерий – гидравлический потенциал (ГП) для труб из перечисленных материалов.

Данные для сравнения гидравлического потенциала труб при заданном давлении PN = 1,0 МПа в трубах диаметром 500 мм сведены в таблицу 3.

Из таблицы 3 видно, что пропускная способность труб из ВЧШГ на 11,1 % больше, чем у труб из напорного полиэтилена (0,18 > 0,16 м^3/с на 11,1 %) и на 5,6 % больше, чем у труб из стеклопластика (0,18 > 0,17 м^3/с на 5,6 %).

Таблица 3. **Гидравлические характеристики труб из различных материалов**

Вид внутренней поверхности труб	Внутренний диаметр труб, $d_{вн}$, мм	Гидравлический потенциал труб			Параметр шерохо-ватости вн. поверх-ности Ra, мкм
		расход q, м^3/с	средняя скорость, V, м/с	удельные потери напора 1000 i , мм/м	
Полиэтилен ПЭ 100, SDR 17 по ГОСТ 18599-2001	440,6	0,16	1,05	1,89	0,410
Стеклопластик SN 10 000, Па	500,0	0,17	0,90	2,10	0,37
Полиуретан EN 545-2010	515,8	0,18	0,84	0,76	0,304

Анализ представленных в таблице 3 данных показывает, что:

– внутренний диаметр труб из полиэтилена на 11,9 % меньше внутреннего диаметра стеклопластиковых труб и на 14,6 % меньше внутреннего диаметра труб из ВЧШГ с полиуретановым внутренним покрытием. Это приводит к изменению пропускной способности труб. В трубах с полиуретановым покрытием пропускная способность на 5,6 % выше, чем в трубах из стеклопластика и на 11,1 % выше, чем в трубах из напорного полиэтилена [3–4].

Сравним гидравлический потенциал труб диаметром 500 мм для приведенных материалов (табл. 3).

Удельные потери напора 1000 *i* в трубах из ВЧШГ с полиуретановым внутренним покрытием на 59,8 % меньше, чем в трубах из напорного полиэтилена и на 63,8 % меньше, чем в трубах из стеклопластика. Следовательно, потребляемая мощность насосного оборудования, перекачивающего поток несжимаемой жидкости по трубопроводу в среднем на 16 % будет меньше, чем в трубах из полиэтилена и стеклопластика [1].

Кроме того, темпы производства строительно-монтажных работ (СМР) по устройству трубопроводов из труб диаметром 500 мм будут следующими:

- для труб из напорного полиэтилена – 36 п.м/смену;
- для труб из стеклопластика – 96 п.м/смену;
- для труб из ВЧШГ с полиуретановым покрытием – 210 п. м/смену.

То есть, темп производства СМР для труб из ВЧШГ на 82,9 % выше, чем темп производства работ для труб из напорного полиэтилена и на 54,3 % выше, чем для труб из стеклопластика того же диаметра.

Трубы из ВЧШГ с полиуретановым покрытием отличаются также более длительным сроком эксплуатации с неизменной пропускной способностью 120 > 50 лет эксплуатации.

Таким образом, по двум предлагаемым критериям выбора материалов для трубопроводов коммунального и промышленного водоснабжения, предпочтительное использование имеют энергетически эффективные, долговечные, сейсмостойкие трубы из ВЧШГ с полиуретановым покрытием внутренней поверхности, обладающие высоким гидравлическим потенциалом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Продоус О.А. Таблицы для гидравлического расчета труб напорных из полиэтилена. Справочное пособие. Издание 3-е дополненное. // СПб.: «Свое издательство», 2017. 240 с.
2. СП 40-102-2000 Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования. М., 2001.
3. Продоус О.А., Васильева М.А. Упрощенный вид нормативной зависимости для гидравлического расчета трубопроводов из полимерных материалов. // Водоснабжение и санитарная техника, 2017. № 9.
4. Продоус О.А., Терехов Л.Д. Гидравлические характеристики раструбных труб из ВЧШГ с полиуретановым покрытием внутренней поверхности. // Водоснабжение и санитарная техника, 2017. № 5. С. 53–57.
5. СН 536-81 Инструкция по устройству обратных засыпок грунта в стесненных местах. Дата актуализации 05.05.2017.

УДК 628.165

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ УМЯГЧЕНИЯ СОЛОНОВАТЫХ ВОД

И.Г. Чигаев
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Показана перспективность использования нанофильтрации для обессоливания солоноватых подземных вод. Описаны результаты экспериментов на реальных и подземных водах с применением нанофильтрационных полимерных мембран.

Использование воды с высоким солесодержанием в производственных и бытовых целях может приводить к различным негативным последствиям, наиболее важными из которых являются: снижение качества производимой продукции, снижение КПД теплообменного оборудования, выход из строя нагревательных элементов. Наиболее часто для оценки пригодности использования воды используют

показатель общей жесткости, отражающий содержание ионов Ca^{2+} и Mg^{2+}. Нормы общей жесткости сильно различаются в зависимости от цели использования воды.

Для снижения общей жесткости наиболее популярными в настоящее время являются метод ионного обмена и мембранный метод. Каждый из них обладает своими достоинствами и недостатками, которые проявляются в различной степени в зависимости от состава исходной воды, требованиям к очищенной воде, к объему и составу сточных вод и т.д. Невозможно, с достаточной уверенностью, утверждать о победе одного метода над другим, при этом определяющим моментом, часто, является технико-экономическая оценка каждого метода и его аппаратурного оформления для конкретной задачи [1].

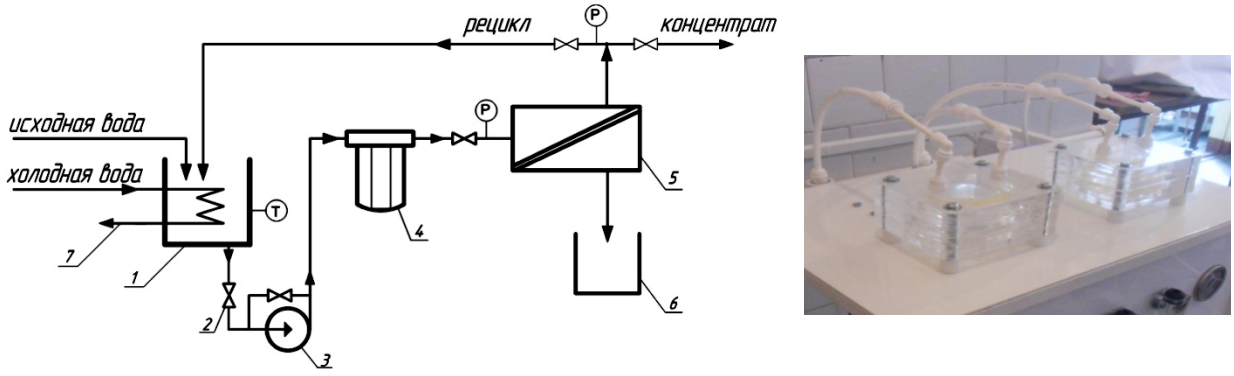
Рассматривая мембранные методы для умягчения воды, наиболее часто выделяют следующие достоинства: высокая степень и стабильность очистки, незначительное количество реагентов для регенерации мембран, низкие энергозатраты (по сравнению с дистилляцией), малые габариты установок, низкие эксплуатационные затраты. К недостаткам мембранных методов можно отнести необходимость тщательной подготовки исходной воды, чувствительность мембран к окислителям, высокое рабочее давление, необходимость в использовании антискалантов, высокая стоимость мембран.

Среди мембранных методов для умягчения воды наиболее часто применяется обратный осмос, который хорошо себя зарекомендовал, является надежным и стабильным способом получением воды высокого качества. Однако для очистки солоноватых вод не менее эффективна нанофильтрация (НФ). Нанофильтрационные мембраны обладают высокой селективностью по двухвалентным ионам при меньшем рабочем давлении и большей проницаемостью, чем обратноосмотические мембраны. Несмотря на это в настоящее время НФ применяется редко, что можно объяснить недостаточным информированием инжиниринговых компаний о ее возможностях и особенностях использования. В связи с вышеизложенным, актуальной задачей является изучение процесса нанофильтрации на модельных растворах и реальных водах, а также определение изменений основных характеристик НФ мембран в процессе их эксплуатации.

Изучение НФ для умягчения солоноватых вод осуществлялось на лабораторной установке с мембранной ячейкой (рис. 1). Для исследований была выбрана мембрана ОПМН–П, представляющая собой пористую полимерную пленку на полиамидной основе. Для определения эффективности снижения общей жесткости исходной воды были использованы модельные растворы и природные подземные воды [2].

Исследования процесса НФ на модельных растворах с концентрацией солей ($CaCl_2$, $MgSO_4$) от 2 до 15 мг-экв/л показали его

высокую эффективность (от 85 %). Исследования на реальных подземных водах показали эффективность от 90 % при общей жесткости 5 ÷8 мг-экв/л. Проницаемость мембраны при указанных условиях изменялась от 65 до 73 л/м^2·ч.



а) б)

Рисунок 1. **Схема установки (**а**) и внешний вид ячеек (**б**):**
1 – емкость для исходной воды, 2 – вентиль, 3 – насос, 4 – фильтр механический, 5 – мембранная ячейка, 6 – емкость для сбора фильтрата, 7 – холодильник

Однако мембранные установки часто работают в режиме концентрирования, при котором часть концентрата подмешивается к исходной воде. Такая организация процесса позволяет существенно снизить объем стоков и повысить отношение фильтрат/исходная вода. Негативным следствием концентрирования исходной воды является интенсификация осадкообразования на поверхности мембраны и увеличение солесодержания фильтрата, что особенно проявляется в НФ (рис. 2).

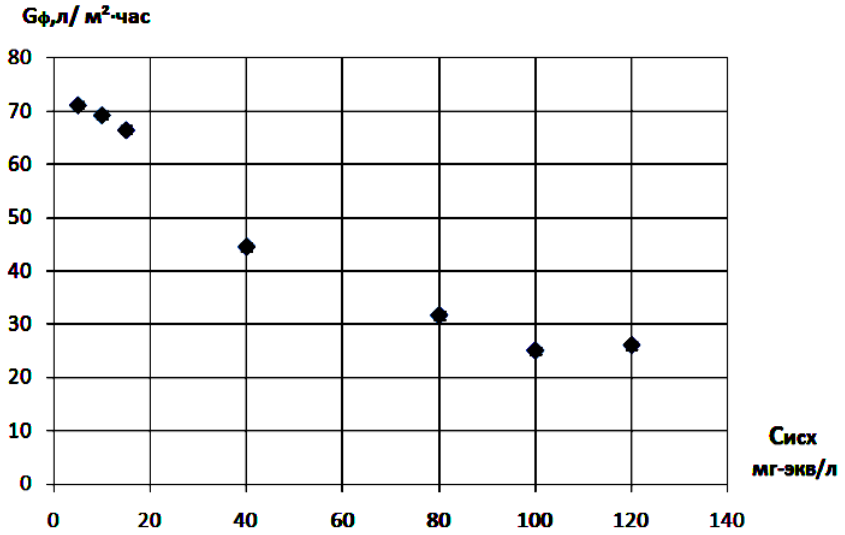


Рисунок 2. **Зависимость проницаемости от концентрации исходной воды**

Исследования по оценке влияния осадкообразования на поверхности мембраны при очистке модельных растворов с общей жесткостью от

100 мг-экв/л показали отсутствие снижения проницаемости, однако при визуальной оценке состояния мембраны после 60 ч эксперимента было отмечено значительное отложение солей в застойных зонах ячейки. Стоит отметить, что полученные результаты в мембранной ячейке по влиянию осадкообразования на проницаемость не согласуются с опытом эксплуатации рулонных НФ и ОО модулей, что объясняется различием гидродинамических режимов над поверхностью мембраны, которые оказывают большое влияние на изменение проницаемости.

Проведенные исследования показали преимущества нанофильтрации перед обратным осмосом при определенных условиях. Так, концентрация циркулирующей воды в установке, и соответственно подаваемой на мембрану, не должна превышать 42 мг-экв/л. Концентрирование исходной воды до указанного значения позволяет существенно снизить объем сбрасываемого концентрата при общей жесткости фильтрата не более 2 мг-экв/л. Также стоит отметить значительное влияние на проницаемость мембраны железа, концентрация которого в исходной воде не должна превышать 0,3 мг/л.

ЛИТЕРАТУРА

1. Первов А.Г., Бондаренко В.И., Балаев И.С., Кукушин Д.А. Обратный осмос и ионный обмен: какая технология победит в XXI веке // Экология производства. 2006. № 1(2).
2. Нанофильтрационные мембраны. Мембраны Владипор типа ОПМН-П. Режим доступа: [http://www.vladipor.ru/catalog/&cid=004].

УДК 628.161:627.221.2(282.247.36)

ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ МОДЕРНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Е.Д. Хецуриани
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия
Д.С. Ларин
ООО «3В ГРУПП», г. Ростов-на-Дону, Россия
Е.А. Шкуракова
Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская область,
Т.Е. Хецуриани
Ростовский государственный медицинский университет,г. Ростов-на-Дону, Россия

В работе приводится описание современного состояния водозаборов в системе водоснабжения, часто встречающиеся на практике недостатки при их реконструкции, и предлагаются инновационные способы модернизации и технического перевооружения.

Одна из основных задач эксплуатации водозаборов – модернизация и техническое перевооружение действующих водозаборных сооружений. Применительно к водозаборным сооружениям это означает реализацию таких инженерных решений, которые повышают надежность работы водозаборов и, следовательно, дают возможность бесперебойного отбора не только расчетного, но и дополнительного расхода воды.

Водозаборные сооружения рассчитывают на самые неблагоприятные условия работы. Следовательно, если осуществить меры по улучшению условий работы и снижению степени отрицательного воздействия природных и других факторов, то водозабор может работать с большей надежностью и даже с увеличенной производительностью. Из практики эксплуатации систем коммунального водоснабжения известны многочисленные факты модернизации водозаборных сооружений с увеличением их производительности в 2 – 3 раза по отношению расчетной без больших дополнительных капиталовложений (водозаборы в г.г. Пенза, Новосибирск, Новокузнецк). В связи с этим, проектированию и строительству нового водозабора должно предшествовать изучение состояния существующих водозаборов, условий их эксплуатации и возможностей реконструкции.

При общих благоприятных условиях работы водозабора производительность его может быть увеличена путем замены насосно-энергетического оборудования (разумеется, при наличии соответствующей пропускной способности всех коммуникаций), а также профилактических мероприятий на водоприемниках (расчистка русла, углубление перекатов, шугозащита и т.д.). Однако здесь возрастают входные скорости потока в водоприемных окнах, что может привести к непредвиденным осложнениям на водозаборе. Вследствие этого возникает необходимость расширения или устройства дополнительных водоприемных окон, что требует больших трудозатрат.

При выполнении работ в береговом кольце на одном из водозаборов г. Новосибирск по предложению академика М.А. Лаврентьева был применен взрывной метод с помощью кумулятивных зарядов, благодаря чему в десятки раз были сокращены сроки производства работ по реконструкции и их трудоемкость. Таким же способом были успешно выполнены дноуглубительные работы в скальном грунте.

Чаще всего наряду с заменой оборудования требуется строительство дополнительных водоприемников, самотечных или сифонных линий и напорных водоводов, которое может осуществляться в зависимости от местных условий. Дополнительный оголовок может быть вынесен дальше в русло реки или, наоборот, приближен к берегу, так как за предшествующий период эксплуатации водозабора могут измениться гидрологические условия, требования других водопользователей, появиться новые конструкции водоприемников и т.д. Такая реконструкция

осуществлена на водопроводах г.г. Свердловск, Омск, Томск, Барнаул, в результате чего в комплексе одного водозабора действует до 5 и более водоприемных оголовков и 2 – 3 береговых колодца.

Практика эксплуатации подтверждает, что наличие даже простейшего дополнительного водоприемника (типа незащищенного раструбного оголовка) в экстремальных условиях позволяет предотвратить полную остановку водозабора. В противоположной ситуации, когда забор воды у берега становится невозможным (например, по причине интенсивного отложения наносов, понижения уровня воды в реке и т.д.), проводят реконструкцию водозабора путем строительства дополнительного руслового затопленного водоприемника. Когда же возможности замены насосно-энергетического оборудования исчерпаны, осуществляется строительство дополнительных насосных станций I подъема с переключениями на напорных, а иногда и на всасывающих водоводах. Достигается, таким образом, взаимное резервирование насосно-энергетического оборудования насосных станций.

Если по каким-либо причинам дальнейшая эксплуатация русловых водоприемников невозможна или крайне затруднена, реконструкцию водозабора можно осуществить с устройством ковша или подводящей прорези. Реконструкция ковшовых водозаборов, как и русловых, нередко осуществляется заменой насосно-энергетического оборудования станций I подъема, а также строительством дополнительных водоприемников в ковшах (например, в г. Кемерово), устройством шуго- и наносо- защитных шпор и струенаправляющих стенок. На водопроводе г. Киева реконструкция ковша произведена с установкой продольных распределительных стенок, что обеспечило параллельно-струйное движение воды в ковше и улучшило тем самым его технологические возможности. Наиболее показательным примером из практики реконструкции ковшовых водозаборов является реконструкция ковша на р. Томь в г. Новокузнецке. Несмотря на то, что ковш имел двустороннее питание, он не обеспечивал требуемую подачу воды и надежность водоснабжения, так как с одной стороны шуга перекрывала проход воды к водоприемнику, а с другой – происходил подсос загрязненной воды из устья притока. Чтобы исключить строительство нового водозабора, на основе исследований А.С. Образовского были приняты меры по улучшению гидравлического режима источника и самого ковша: произведена срезка осередки перед входом в ковш, разделявшей русло на две протоки; построены четыре донные полузапруды у противоположного берега реки; построен струенаправляющий выступ на верховом входе в ковш; выполнена донная прорезь на подход к ковшу. Благодаря реконструкции, своевременной чистке ковша и проведению других профилактических мероприятий, полностью устранены причины осложнений в его работе и достигнута требуемая надежность

водоснабжения. Последующий более чем 20-летний опыт эксплуатации этого водозабора подтвердил правильность и экономичность инженерных решений.

При строительстве дополнительных водоприемников целесообразно применять более совершенные для данных условий типы оголовков (с вихревыми камерами, фильтрующие и т.д.), благодаря чему достигается не только увеличение производительности, но и повышение надежности работы водозаборов.

Необходимо отметить ряд часто встречающихся на практике недостатков в конструкциях водозаборов.

Так, при строительстве дополнительных оголовков часто осуществляют их привязку к действующим самотечным или сифонным линиям, рассчитывая одновременное использование как прежних, так и новых водоприемников. Поскольку сопротивление движению воды от разных водоприемников при этом не одинаковое, оголовки будут работать с разной интенсивностью и, следовательно, с разной устойчивостью забора воды. Работу оголовков в этом случае сложно контролировать. Поэтому более целесообразно строительство дополнительных оголовков с самостоятельными самотечными или сифонными трубопроводами.

Следующим характерным недостатком в конструкциях является подсоединение самотечных трубопроводов к всасывающим линиям насосов, минуя водоприемные камеры и сороудерживающие решетки. Также имеет место изъятие из фильтрующих кассет загрузки с целью увеличения производительности водозабора. Все эти решения могут рассматриваться как временная мера, но не как средство увеличения производительности водозаборов.

Даже в относительно благоприятных условиях (например, на р. Волга в г. Волгограде, на Цимлянском водохранилище в г. Волгодонске и т.д.) работа водоприемников в режиме всасывания сопровождается осложнениями, связанными с вовлечением наносами речного мусора, сине-зеленых водорослей и рыб не только в насосные станции, но и в водоочистные сооружения. Оправданным может быть лишь временный перевод водоприемника на всасывающий режим работы, например, при зимнем устойчивом ледоставе и низком уровне воды в реке, когда не возникает каких-либо помех, что подтверждается опытом эксплуатации водозабора из р. Лена в г. Якутске.

Кроме этого, одной из главных причин катастрофического падения рыбных запасов и ухудшения качества питьевой воды является проблема недостаточной защиты водозаборных сооружений от попадания рыб. Для сохранения, восстановления популяции и уменьшения «грязевой нагрузки» на очистные сооружения необходима реконструкция рыбозащитных сооружений и эффективное, недорогое решение проблемы предочистки воды прямо в ковшовом водозаборе. В последнее время наблюдается

отчетливая тенденция переоборудования водозаборов в водозаборно-очистные сооружения и комплексы для снижения «грязевой нагрузки» на очистные станции.

В ряде случаев наиболее надежным оказывается фильтрующий способ приема воды, который осуществляет защиту водозабора от шуги, мусора и рыб. Одним из проблемных вопросов в условиях ковшового водозабора также является борьба с сине-зелеными водорослями. Все это потребовало существенной корректировки ранее применяемых решений по устройству и эксплуатации не только водозаборов, но и станций очистки воды, глубокого изучения особенностей забора воды из водохранилищ. Многочисленные факты перебоев в работе водозаборов на ряде водохранилищ обусловили необходимость натурных и лабораторных исследований [1–5].

В результате последовательного обследования водозабора в пос. Александровка г. Ростов-на-Дону в целях оздоровления речных экосистем и восстановления их биоразнообразия, а также уменьшения «грязевой нагрузки» на очистные сооружения и увеличения производительности водозабора, нами было принято решение по использованию комплексного подхода. Таким образом, водозаборно-очистные сооружения могут быть представлены конструкцией, использующей синтетические водоросли («ерши») для защиты водозаборов от шуги, рыбы и мусора. Синтетические водоросли – это гибкие пушистые гирлянды из лески, вплетенной в витой проволочный сердечник из нержавеющей проволоки. При таком комплексном подходе достигается решение следующих задач:

- рыбозащита – использование «ершей» в виде загрузки в существующие контейнеры;
- оздоровление речных систем – отвод рыб от места забора воды к местам нагула и нереста;
- защита водозабора от сине-зеленых водорослей осуществляется с использованием «ершей» в виде основы для закрепления микроорганизмов.

Особенности и преимущества данного типа загрузки дают возможность рассматривать его в качестве фильтрующего элемента водозаборного узла очистных сооружений. Функциональная простота, низкое гидравлическое сопротивление потоку воды, долговечность, высокая гибкость в отношении биологических и гидравлических колебаний, а также в отношении изменения температуры, а также снижение содержания взвешенных веществ в воде и простой принцип действия дают возможность модернизации существующих водозаборных сооружений без высоких затрат. С применением данного типа устройства в условиях ковшевого водозабора осуществляется предварительный процесс

механической очистки поверхностных вод перед подачей их на очистные сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10 января 2002 г. №7-ФЗ: по состоянию на 19 июля 2011 г. // Гарант Эксперт 2011 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2011.
2. О животном мире: Федеральный закон от 24 апреля 1995 г. № 52-ФЗ: по состоянию на 21 ноября 2011 г. // Гарант Эксперт 2011 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2011.
3. Михеев П.А. Рыбозащитные сооружения водозаборов систем водоснабжения: учеб. пособие / П.А. Михеев, В.К. Шкура, Е.Д. Хецуриани. Новочеркасск: НГМА, 2005. С. 111 – 116.
4. Рекомендации по проектированию и эксплуатации гидродинамического рыбозащитного устройства / П.А. Михеев [и др.]. Новочеркасск: НПО «Темп», 2006. 18 с.
5. Теоретические основы очистки воды / Н.И. Куликов [и др.]. Макеевка: ДГАСА, 1999. 277 с.

УДК 628.4.02

ВОДОКАНАЛ-2050

В.И. Евлахов
МУП «ВОДОКАНАЛ», г. Ставрополь, Россия

МУП «ВОДОКАНАЛ» города Ставрополя – предприятие с историей и традициями, развивающийся и двигающийся вперед организм, отлаженная многоуровневая система, коллектив почти в тысячу человек, специалисты высочайшего уровня, десятки семейных династий, качество и безупречная репутация, внимательное и партнерское отношение к потребителям, активное участие в жизни города и края.

Сегодня на предприятии ведется серьезная работа по прогнозированию его развития на перспективу. Планирование охватывает все сферы и стороны деятельности водоканала. Фундаментальный стратегический проект «ВОДОКАНАЛ-2050» включает научные разработки и экономические расчеты, опирается на основные приоритеты в работе предприятия и передовые мировые тенденции в водоснабжении и водоотведении

Стратегия «ВОДОКАНАЛ-2050». Мы не можем развиваться обособленно, каждая квартира, каждый дом или предприятие является нашей артерией в общей системе водоснабжения, а мы являемся частью городского хозяйства Ставрополя. Поэтому планы нашего предприятия находятся в тесной связи с развитием города, края и страны в целом. Мы формируем нашу стратегию развития, ориентируясь на те задачи, которые ставит перед коммунальщиками президент РФ Владимир Путин, те

ориентиры, которые задают нам губернатор Ставропольского края Владимир Владимиров и глава города Ставрополя Андрей Джатдоев. Основная установка: коммунальщики работают для людей, и ни в коем случае не наоборот. Наша главная цель — создание комфортной среды, чтобы людям было удобно жить и работать и они могли гарантированно получать коммунальные услуги высокого качества. При этом необходимо удерживать рост тарифов (*с 1 июля 2017 года рост тарифа на водоснабжение для абонентов МУП «ВОДОКАНАЛ» г. Ставрополя составил всего 1,5 % при предельном индексе повышения коммунальных тарифов, утвержденном для Ставропольского края в размере 3,7 %)* и обязательно изыскивать внутренние резервы для развития и продвижения вперед. Выполняя поставленные перед предприятием задачи, мы встраиваемся в общую концепцию, как шестеренка единого глобального механизма. Чтобы двигаться в правильном направлении, рачительно планировать расходы, необходимо прогнозировать свое развитие. Для того чтобы сделать это эффективно, надо начинать со слабых сторон, определив их и трансформировать в дальнейшем в сильные. Убеждены, что всегда проще проверить новое на бумаге и в планах, нежели, вложив значимые средства, упереться в тупик и понять, что движение происходило не в том направлении. «ВОДОКАНАЛ-2050» – это долгосрочное прогнозирование, которое призвано не только обозначить основные вехи развития и движения на предприятии, но и помочь избежать ошибок, непродуктивной динамики и неэффективных решений.

Основные направления развития предприятия. Будущее на самом деле зарождается сегодня и формирует ту глобальную систему развития, которую мы прописываем в нашей долгосрочной стратегии и философии предприятия «ВОДОКАНАЛ-2050». В наших планах необходимо учесть многое. И в первую очередь обратить внимание на сложности. Одна из них: все наше оборудование ориентировано на глобализацию – масштабные очистные сооружения и резервуары, огромные насосы и пр. И их содержание, и модернизация, и ремонт слишком дорогостоящие. Второй момент – особенность водоснабжения Ставрополя, когда воду с Сенгилеевского водохранилища приходится поднимать по водоводу в город на возвышенность высотой 440 метров, а это огромные энергозатраты, больше половины тарифа на воду составляют расходы на электричество для насосов, которые качают воду в гору. Еще один важный аспект – большая изношенность коммуникаций, которые нередко рвутся от избыточного давления в сетях.

Определив слабые стороны, мы можем над ними работать, выставив приоритеты в масштабе долгосрочной стратегии. Как следствие выявленных проблем, взят курс на диспетчеризацию: все наши насосные станции по перекачке воды в течение 2017 – 2018 гг. будут переведены на компьютерное управление для того, чтобы оптимизировать расходы,

стабилизировать давление в сетях, регулируя его насосами и задвижками, сбалансировав систему городского водоснабжения. В итоге – экономия на электроэнергии, рабочей силе, порванных трубах плюс стабильное водоснабжение. Наряду с этим используем электронные задвижки, регулируемые автоматически с компьютера. А вот обычную задвижку можно перекрыть, только отправив на место бригаду и выявив точку порыва, таким образом, неизбежны потери и времени, и воды. Чтобы их минимизировать, считаем целесообразным установку электронных задвижек, счетчиков, мини-насосных нашим потребителям.

Наряду с этим мы приобретаем течепоисковое оборудование. Оно дорогостоящее, но необходимое. С учетом рельефа города Ставрополя и преимущественно скалистого грунта, когда происходит порыв, часто вода выходит совершенно в другом месте, и очень сложно сразу определить место утечки. Недавний пример: в городской детской больнице считали, что у них на территории бьют родники, а наша лаборатория определила, что это водопроводные протечки, в результате было выявлено четыре порыва сетей. Природные же родники, к сожалению, стали высыхать. Мы устранили протечки и предложили руководству больницы механизмы, как возродить прежние природные источники, почистить русла и сделать так, чтобы они стали снова наполняться.

Мы занимаемся оптимизацией энергозатрат, и уже в этом году предприятию удалось добиться экономии 10 млн рублей в месяц за счет перехода на более выгодный тариф на электричество. С учетом ежегодного повышения тарифа на электроэнергию реальная экономия составила 6 млн. рублей, при этом компенсировав рост тарифа энергетиков.

Что касается развития сетей, наша стратегия – максимально рачительное использование уже существующих водоводов, насосных станций, очистных сооружений и их модернизация, а также строительство новых – с учетом развития города и роста его потребностей, в точном соответствии планам застройки. Все должно быть гибко, мобильно и по-хозяйски. К примеру, в сильно разросшемся в последнее время Юго-Западном районе Ставрополя будем строить отдельные очистные сооружения водопровода и канализации, рассчитанные на потребности населения этого района. Чтобы не тратить ресурсы на транспортировку питьевой и сточной воды на огромные расстояния, прокачивая их через весь город в центр и обратно, а обеспечивать население необходимыми услугами с наименьшими затратами.

Кадровое прогнозирование. Необходимо учитывать заранее, какие профессии со временем будут развиваться, а какие нет. Из-за рельефа города для перекачки воды предприятие использует более сотни насосных станций, на которых в настоящий момент трудятся около 120 человек. В результате проводимой сейчас диспетчеризации их работы через полтора года на обслуживание этих станций потребуется человек двадцать. И уже

сейчас необходимо их подготовить, закупить оборудование и научить пользоваться всеми современными гаджетами, задействованными в процессе. А остальным нескольким десяткам человек, заранее прогнозируя ситуацию, планируем предложить переобучение, например, для работы в канализационном хозяйстве, которое требуется усилить. Таким образом, рационально используем рабочие руки, которые у нас в скором времени освободятся.

Также стараемся ковать кадры будущего уже сейчас. Для этого еженедельно проводим экскурсии для школьников. Показываем стабильную работу городского предприятия, востребованность рабочих специальностей. Ведь ни для кого не секрет, что зарплата хорошего токаря вдвое больше зарплаты того же юриста. А на сегодняшний момент мы столкнулись с кадровым голодом, когда средний возраст наших слесарей и токарей преимущественно предпенсионный. Чтобы подготовить им достойную смену, работаем с подрастающим поколением, в планах – создание совместно с министерством образования Ставропольского края и комитетом образования администрации города Ставрополя на базе городского водоканала летнего лагеря для школьников, в котором они бы овладевали азами рабочих профессий и учились трудиться.

Философия предприятия. Возвращаясь к целям нашей долгосрочной стратегии, скажу, что «ВОДОКАНАЛ-2050» – это современное предприятие с научными подходами к решению текущих задач и высокой квалификацией специалистов. Уже сейчас в структуре организации работает группа по инновациям, изучающая самые передовые технологии и опыт других стран. А поучиться есть чему, например, во Франции очистные сооружения могут находиться прямо в парке и абсолютно не мешать людям: от них нет ни шума, ни запаха, они практически незаметны. Мы не живем сегодняшним днем, а заглядываем в будущее. На базе нашего предприятия работает Центр водосбережения и водоподготовки, где специалисты МУП «ВОДОКАНАЛ» Ставрополя, опираясь на научный опыт и инновационные разработки, занимаются поиском новых прогрессивных технологий и оборудования, оценкой и распространением эффективных решений по энерго- и водосбережению, консультированием по экономии воды в быту и на производстве с помощью водосберегающих технологий.

И сегодня в части водоподготовки наш Центр водосбережения предлагает разнообразные системы доочистки и фильтрации воды. Некоторые из них способны обеспечить подготовку воды высокого качества для всех жизненных циклов (принятие душа, приготовление пищи, стирка и проч.). Такая система также обеспечит гарантированную сохранность и бережную эксплуатацию дорогостоящей бытовой техники и сантехники.

Важным фактором для нас является партнерство с компаниями-производителями оборудования для водоснабжения, водоотведения, фильтрования воды: WILO, Grundfos, НПК «Медиана-Фильтр», НПО «ЛИТ». Философия нашего предприятия сводится к основному принципу: у потребителей должен быть выбор. Уже в ближайшем будущем планируем предложить нашим абонентам несколько видов воды – разной по качеству, составу и, соответственно, цене, как говорится, на любой спрос и кошелек: техническую (для полива, уборки, мойки машин и пр.), водопроводную питьевую, воду высокой очистки (превосходящую бутилированные аналоги по качеству и составу микроэлементов).

Проект «Родники города Ставрополя». Основная цель – максимально использовать потенциал родников Ставрополя для нужд горожан без вреда для природы. Интересный факт: до 1955 года краевой центр питался исключительно родниковой водой. А с полным запуском системы водоснабжения родники отошли на второй план, но сбрасывать со счетов их водный потенциал крайне неразумно.

Поэтому нами и реализуется данный проект. В ходе первого этапа организуем подачу в Комсомольское озеро воды надлежащего качества из реки Ташла для санитарного обмена в этом водоеме. Пруд станет проточным, что положительно скажется на качестве воды в нем. Кроме того, это позволит в дальнейшем ежегодно экономить до 10 млн рублей из средств городского бюджета, направляемых на наполнение озера водопроводной питьевой водой.

Наша лаборатория провела анализ качества воды в родниках урочища «Таманская лесная дача», впадающих в реку Ташла. Определив, что для ее безопасного использования необходимо обеззараживание. Его мы планируем проводить с использованием системы ультрафиолетового излучения.

Мы также исключим поступление в водоем канализационных стоков с прилегающей городской территории. И привлечем горожан к наведению порядка в зонах санитарной охраны родников, хотим создать постоянно действующее под эгидой городского водоканала общественное движение. Ведь все мы живем в Ставрополе, это наш город, и мы обязаны сохранять и даже приумножать его ресурсы.

Частью проекта по благоустройству озера стало создание плавающего фонтана. Он уже разместился в самом центре Комсомольского озера на расстоянии 50 м от берега. Струи бьют вверх на 15 – 20 метров. Еще более необычным сооружение делает подсветка. Есть польза и для рыбы: работа фонтана создает естественную аэрацию и насыщает озеро кислородом.

Реализация проектов, прописанных в стратегии «ВОДОКАНАЛ-2050». Некоторые из тех проектов, которые мы закладываем в долгосрочную стратегию, уже сегодня дают реальные результаты. Нам

действительно есть что показать. Это и наполнение Комсомольского озера родниковой водой, и создание там резервного источника водоснабжения, и вода, которую мы бесплатно даем МУП «Горзеленстрой» на полив зеленых насаждений, клумб и газонов города. В рамках приоритетного национального проекта «Комфортная городская среда» в Ставрополе ведется активная работа по благоустройству, одним из элементов которого является озеленение. На Комсомольском озере мы поставили специальную станцию с оборудованием, позволяющим наливать воду из водоема непосредственно в автоцистерны для полива. Более того, для удобства озеленителей планируем поставить еще пять таких станций в разных точках города. Подчеркну: это будет техническая, а не водопроводная вода, а значит, снова экономия и хозяйский подход.

Отдельная тема – использование территории очистных сооружений канализации. Это десятки гектаров, которые дор сих пор были заняты под иловые площадки и на которых в течение двух лет проходил процесс переработки илового осадка сооружений биологической очистки сточных вод. Сейчас на базе очистных сооружений канализации мы создаем Центр вторичной переработки природных ресурсов. Внедренная на предприятии современная технология ускоренной переработки илового осадка позволяет сократить время процесса до 4 месяцев, освободив занимаемые прежде площади. Чем мы их займем? Это будет питомник для МУП «Горзеленстрой». Кроме того, мы обратились с подобным предложением к Ставропольской епархии, и наша инициатива была поддержана. На сегодняшний день для питомника, который будет снабжать саженцами и рассадой храмы и прихожан епархии, уже готова площадка.

Кстати говоря, в результате переработки илового осадка мы получаем удобрение – продуктивный грунт. Излюбленное место отдыха горожан – сквер и клумбы перед зданием водоканала – наглядный пример эффективности его применения.

Взаимодействие водоканала с научными организациями, институтами. Недавно, например, был учрежден Южный региональный институт чистой воды и экологии, с ним и ведем тесную совместную работу по контролю качества воды в Сенгилеевском озере, которое является основным источником водоснабжения краевого центра, части Шпаковского и Грачевского районов. В озере очень хорошая вода, по всем биохимическим параметрам она на самом высоком уровне. Мы стараемся сохранить это качество и обязаны бережно использовать водные ресурсы. По нашей инициативе институт начал проводить дополнительный отбор проб воды ручейков, впадающих в Сенгилеевское озеро, для усиления контроля качества озерной воды и исключения попадания в водоем внешних загрязнений. Наряду с этим ученые института изучают состояние и динамику родников и речек города. Южный региональный институт

чистой воды и экологии сотрудничает с ведущими российскими НИИ, университетами и академиями.

Кроме того, мы активно сотрудничаем с общественниками. На постоянной основе у нас действует проект «Открытый водоканал»: мы проводим встречи с активистами, блогерами и журналистами. Они инициируют темы встреч, мы организовываем совместные выезды на объекты и подразделения водоканала. Цель – совместное обсуждение актуальных вопросов водоснабжения и водоотведения, волнующих ставропольцев, и поиск оптимальных решений с учетом мнений горожан.

УДК 628.16 (470.61)

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

С.А. Марьяш, Т.И. Дрововозова, Т.Д. Картузова
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск, Россия

Представлена схема технологии очистки подземных вод, позволяющая доводить их качество до требований, отвечающих СанПиН 2.1.4.1074-01. Предлагаемая технология очистки отличается высокой эффективностью, ресурсосбережением и не требует больших площадей для размещения оборудования.

Обеспечение населения качественной питьевой водой является важнейшим направлением социально-экономического развития регионов, которое согласуется с основными направлениями ФЦП «Чистая вода» на период 2011 – 2017 гг.

Так как отмечается регулярное увеличение антропогенного загрязнения поверхностных вод, что делает их малопригодными для использования в качестве источника питьевого водоснабжения, основными источниками водоснабжения малых населенных пунктов являются подземные воды, которые, тем не менее, характеризуются повышенным содержанием железа, марганца, сероводорода, общей минерализации, общей жесткости и микробиологическим показателям, не соответствующими требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 [1].

Анализ существующих технологий и оборудования показал, что в условиях сельской местности большинство из них не применимо с финансовой точки зрения, а также из-за отсутствия необходимых площадей для их размещения и квалифицированного персонала для его обслуживания [2–3].

В связи с вышеизложенным, целью работы является разработка высокоэффективной, экологически безопасной технологии очистки подземных вод, используемых в качестве источника питьевого

водоснабжения малых населенных пунктов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: выбор объекта исследования; анализ физико-химического состава исследуемой воды; разработка высокоэффективной технологии, позволяющей доводить исследуемую воду до питьевого качества.

Объектом исследования являлись подземные воды юго-восточной части Ростовской области и северо-восточной части Краснодарского края (на примере Егорлыкского сельского поселения).

Анализ химического состава исследуемых вод показал их несоответствие нормативам качества питьевой воды по ряду показателей, следовательно, их использование без дополнительной очистки недопустимо. Санитарно-экологическая оценка химического состава исследуемых подземных вод представлена в таблице.

Таблица. **Санитарно-экологическая оценка химического состава исследуемых подземных вод**

Наименование показателей	Единицы измерения	Кол-во	ПДК	Кратность превышения ПДК
Минерализация	мг/дм^3	1672	1000	1,7
Хлориды	мг/дм^3	655,1	350	1,9
Жесткость	ммоль/дм^3	7,6	7	1,1
Магний	мг/дм^3	57,1	50	1,1
Азот аммонийный	мг/дм^3	2,64	1,5	1,8
Железо общее	мг/дм^3	5,24	0,3	17,5
Цветность	градусы	26	20	1,3
Мутность	мг/дм^3	16,39	1,5	10,9
Сероводород H_2S		3,69	0,003	1230,0

Для доведения исследуемых подземных вод до питьевого качества нами предлагается следующая технология (рис. 1). [4]

Вода из скважин (1) поступает в резервуары исходной воды (2). Из резервуара (2) вода подается в реакторную емкость (3), предварительно в воду вводится пероксид водорода. В реакторной емкости происходит окисление сероводорода и содержащегося в исходной воде двухвалентного железа. Так как двухвалентное железо при взаимодействии с пероксидом водорода будет являться катализатором, то скорость реакции окисления сероводорода возрастет. Из реакторной емкости (3), вода подается на смеситель (4), где смешивается с коагулянтом. Далее вода отправляется на тонкослойные отстойники (5), где происходит осаждение коллоидной серы. После тонкослойного отстойника (5) осветленная вода подается на модифицированный скорый фильтр (6). На скором модифицированном фильтре (6), вода проходит очистку через различные загрузки. Содержание свободного двухвалентного железа в исходной воде незначительно, оно окислится при взаимодействии с пероксидом водорода: $Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + 2OH^-$. Поскольку в исходной воде двухвалентное железо связанно

органическими соединениями в комплексы, то необходима очистка на фильтрующих загрузках. Пройдя очистку на скорых фильтрах, фильтрат поступает на корректировку pH. После корректировки pH вода подвергается обеззараживанию гипохлоритом натрия (8), и насосной станцией второго подъема (12) отправляется в сеть потребителю. Промывка фильтрующей загрузки осуществляется обратным током, с отбором чистой воды из трубопровода после коррекции pH. После промывки фильтров, промывная вода отводится в смеситель, где проходит обработку коагулянтом и отправляется на тонкослойные отстойники. Повторное использование промывных вод позволяет сократить потери воды.

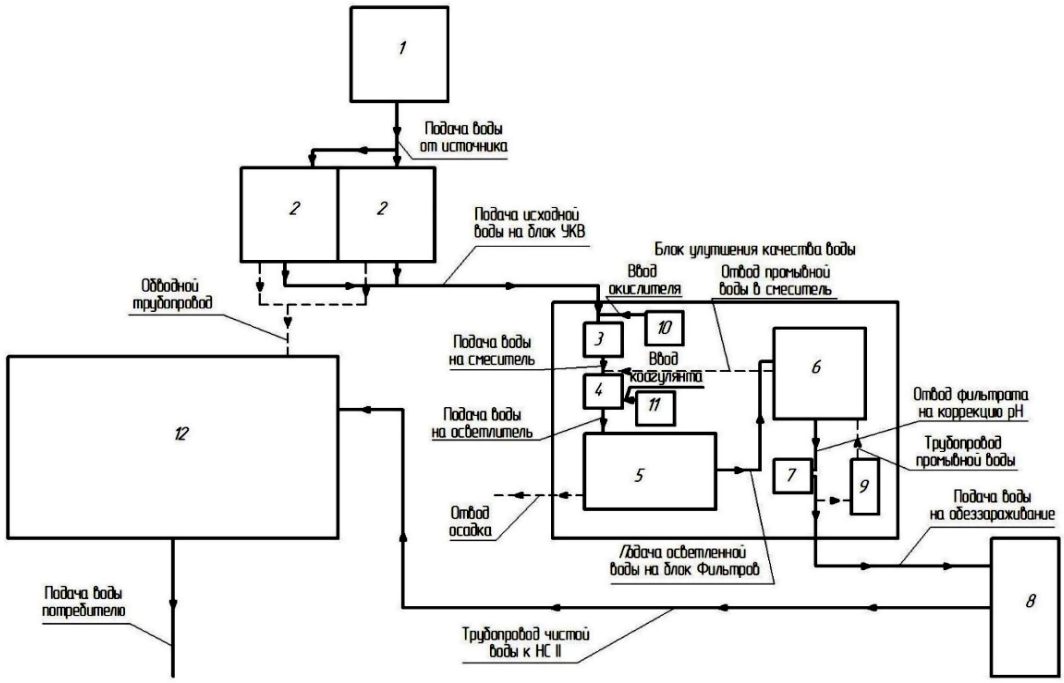


Рисунок 1. **Схема предлагаемой технологии очистки подземных вод от H_2S и Fe Егорлыкского сельского поселения:**

1 – источник подземных вод, 2 – резервуары исходной воды, 3 – реакторная емкость, 4 – смеситель, 5 – блок тонкослойных отстойников, 6 – блок скорых фильтров, 7 – корректор pH, 8 – блок производства гипохлорита натрия, 9 – насосы промывки фильтров, 10 – растворная емкость окислителя, 11 – растворная емкость коагулянта, 12 – насосная станция второго подъема

Основные технические характеристики сооружений предлагаемой технологии.

С целью уменьшения капиталовложений при внедрении предлагаемой технологии в качестве приемных резервуаров предлагается использовать существующие резервуары чистой воды. На предполагаемой площадке строительства располагаются два железобетонных резервуара объемом по 3000 м^3. Расположение резервуаров позволит подавать воду на очистную станцию самотеком, что сократит расход электроэнергии.

Реакторная установка (рис. 2) представляет собой бак (1) с выполненным в нем спиральным коридором (2), который позволит уменьшить габаритные размеры сооружения и увеличить время пребывания воды в реакторном баке. Чтобы исключить нарушение протекания химической реакции окисления, реакторный бак выполняется из инертных материалов. В зависимости от месторасположения реакторный бак может быть круглого или прямоугольного сечения. Объем реакторного бака рассчитывается исходя из среднечасового расхода воды в сутки максимального водопотребления, скорости протекания окислительной реакции и соблюдения самотечного режима прохождения воды по станции.

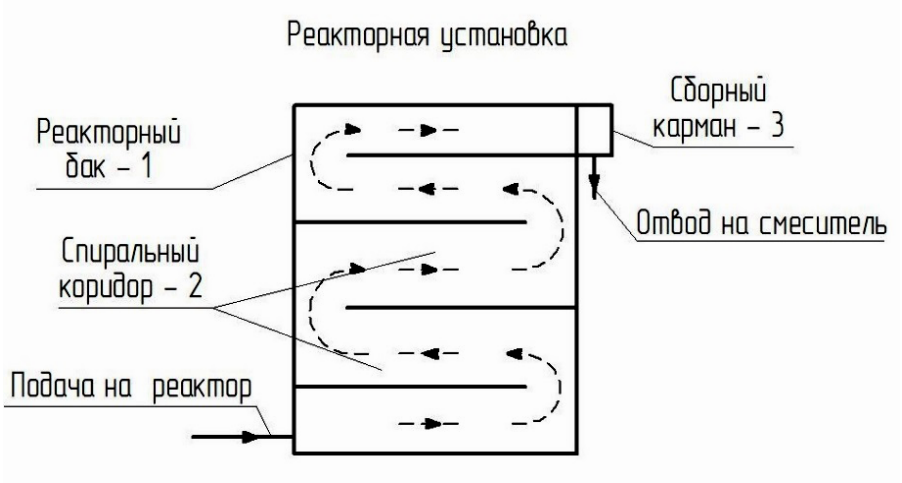


Рисунок 2. **Реакторная установка**

Исходная вода, смешенная с окислителем, поступает в нижнюю часть реакторного бака (1), и по спиральному коридору, перемешиваясь, поднимается до уровня сборного кармана (3). Время пребывания обработанной воды в реакторном баке необходимо определять исходя из времени протекания реакции окисления сероводорода и образования опалесценции коллоидной серы. Далее вода с образовавшейся в ней опалесценцией коллоидной серы собирается в сборный карман и отправляется на смеситель.

Смеситель. Для надежного действия вводимых в воду реагентов необходимо быстрое и полное смешивание их с водой. В смеситель подается вся подлежащая обработке вода. Раствор реагента прошедший дозатор (рис. 1) вводится в подающую трубу перед смесителем.

Отстойник (рис. 3) предназначен для удаление из воды взвешенных веществ, и состоит из камеры хлопьеобразования и камеры осаждения взвешенных веществ.

Камера хлопьеобразования служит для перемешивания воды и обеспечения более полной агломерации мелких хлопьев коагулянта в крупные хлопья.

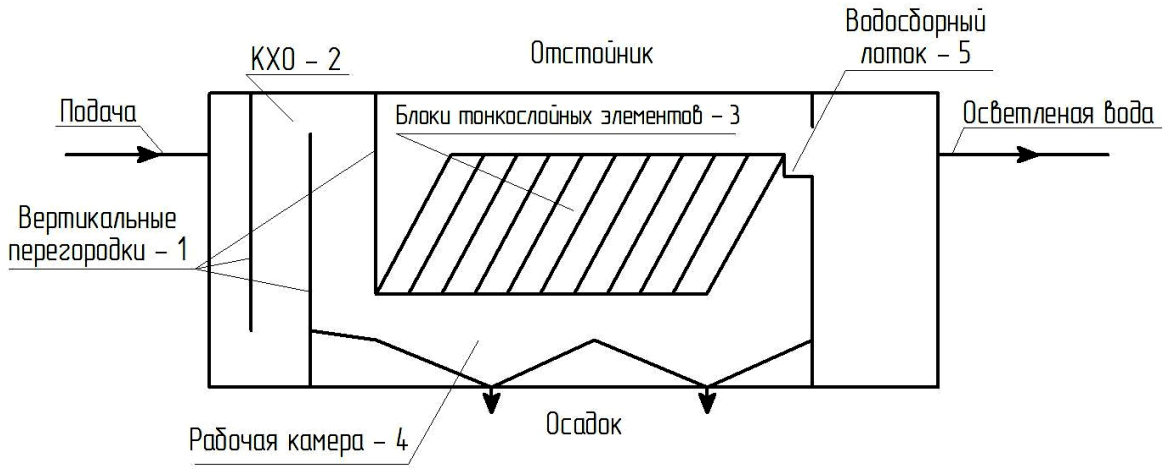


Рисунок 3. **Схема тонкослойного отстойника**

Конструктивно камера хлопьеобразования выполнена перегородчатого типа. В камере установлены ряд вертикальных перегородок (1), заставляющие воду менять направление своего движения в вертикальной плоскости, что и обеспечивает необходимое перемешивание воды.

После камеры хлопьеобразования (2) вода подается под полупогружной перегородкой, распределяется по ширине рабочей камеры (4), где установлены блоки усовершенствованных тонкослойных элементов (3). Тонкослойные блоки выполнены из листов полиэтилена низкого давления с продольным обратным наклоном блоков, установленных под углом 60°.

За счет применения усовершенствованных тонкослойных блоков происходит более интенсивное разделение хлопьев образовавшейся коллоидной серы с водой. С уменьшением глубины отстаивания, сокращается продолжительность выделения загрязнений из воды и достигается более глубокая очистка от взвешенных веществ. Пройдя тонкослойные блоки, очищенная вода собирается водосборным лотком (5) и отводится на сорбционный фильтр.

Для эффективного удаления шлама осадочная часть выполняется в виде конусов с углом наклона граней 60°, препятствующих слеживанию и загниванию осадка. Выделенный шлам удаляется из отстойника эрлифтом под гидравлическим давлением. Период удаление шлама устанавливается в процессе эксплуатации.

Вода после осветлителя подается на модифицированный скорый фильтр (рис. 4). Конструкция фильтра позволяет осуществлять загрузку различных фильтрующих материалов одновременно. Подбор фильтрующих материалов зависит от химического состава очищаемой воды. Фильтрование осуществляется в нисходящем потоке, так как верхняя сборно-распределительная система доступна для очистки в случае

несанкционированного попадания крупных включений и верхний слой сорбента легче отмывается от нерастворенных примесей воды.

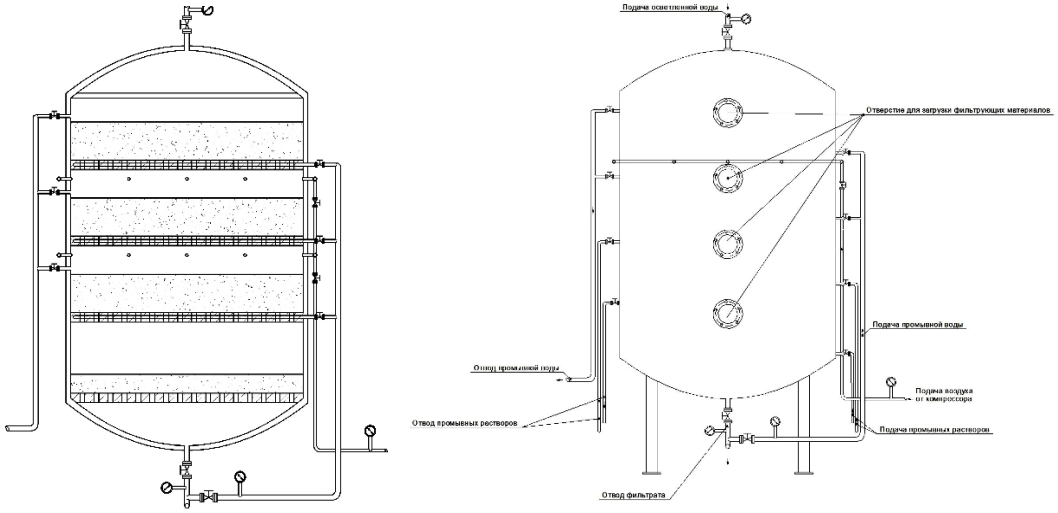


Рисунок 4. **Схема модифицированного скорого фильтра**

Вода после осветлителя подается в верхний патрубок фильтра и через сборно-распределительную систему распределяется по живому сечению фильтра.

По мере наполнения грубодисперсных примесей воды в загрузке фильтра происходит увеличение потерь напора. Этот процесс тем более длительный, чем меньше концентрация нерастворимых примесей в очищаемой воде. Определяющим параметром для осуществления промывки является увеличение общих потерь напора в технологической цепи очистки, визуально отображаемой манометром. В любом случае промывка загрузки фильтров во избежание ее слипания должна проводиться не реже одного раза в месяц или обязательно перед включением фильтра в эксплуатацию после длительного перерыва. При обеспечении регламентированной работы сорбционного фильтра период использования загрузки составляет от одного года до полутора лет.

Промывка фильтра осуществляется из расходных баков. Химический состав промывных растворов зависит от видов фильтрующих загрузок.

Отвод промывной воды осуществляется в систему канализации. После промывки первый фильтрат в течение 3 – 5 мин сбрасывается без использования. Сброс фильтрата так же осуществляется в систему канализации.

Предлагаемая технология позволяет доводить исследуемые подземные воды до питьевого качества. Используемое оборудования не требует больших площадей для его размещения. Даная технология характеризуется, как высокоэффективная, ресурсосберегающая и экологически безопасная.

ЛИТЕРАТУРА

1. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПин 2.1.4.1074-01. - изд. офиц. М., 2002. 103 с.
2. Дегазация. Удаление сероводорода из воды // Национальный центр водных технологий. Режим доступа: http://ncwt.ru/ochistka vody_i_ vodopodgotovka/56/206/ (Дата обращения 10.02.2016 г.).
3. Очистка воды от сероводорода // Водоснабжение, очистка и качество воды. Режим доступа: http://oskada.ru/obrabotka-i-ochistka-vody/ochistka-vody-ot-serovodoroda.html (Дата обращения 10.02.2016 г.).
4. Марьяш С.А., Дрововозова Т.И., Картузова Т.Д Разработка технологии очистки подземных вод применительно к Егорлыкскому сельскому поселению Ростовской области. М., ВИНИТИ РАН, 2016, № 42-В2016.
5. Абрамов Н.И. Водоснабжение: учебник для вузов. изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1974. 480 с.

УДК 628.166

ПОЛУЧЕНИЕ НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННОГО ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ ВОДЫ СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ

А.С. Териков, И.В. Пчельников, И.А. Терикова
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия

В работе исследовано получение гипохлорита натрия прямым электролизом воды Средиземного моря. Установлено, что при электролизе морской воды с плотностью тока 1000 А/м^2 и расходом 0,1 л/ч на анодах ОИРТА возможно получить концентрацию по активному хлору до 9 г/л, выход хлора по току при этом находится в пределах 20 %.

В настоящее время обеззараживание воды хлором и его производными одни из самых эффективных и распространенных способов дезинфекции питьевой воды в мире. Наиболее безопасным и технологичным хлорсодержащим реагентом является низкоконцентрированный гипохлорит натрия, получаемый бездиафрагменным электролизом искусственно приготовленных растворов поваренной соли. Также известно, что гипохлорит натрия, возможно, получать электролизом природных хлоридных растворов [1–3].

Нами были проведены исследования воды Средиземного моря с целью установления возможности её использования в качестве сырья для производства низкоконцентрированного гипохлорита натрия. Состав воды Средиземного моря представлен на рисунке 1 в виде диаграммы

гипотетического состава. Концентрация хлоридов в исследуемом растворе составляла 21,34 г/л, общая минерализация – 38,42 г/л.

	21	116	528,6	
pH = 7,5	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	∑ Kt = 665,6 мг-экв/л
	HCO^-_3	SO_4^{2-}	Cl^-	∑ An = 665,6 мг-экв/л
	2,6	61	602,0	

Рисунок 1. **Диаграмма химического состава (мг-экв/л) воды Средиземного моря**

Исследование электролиза воды Средиземного моря проводили на лабораторной установке проточного типа (рис. 2), которая включала в себя: прямоугольную ячейку (1), изготовленную из прозрачного винипласта (W = 15 $см^3$), состоящую из крышки, входного и выходного штуцеров и электродов (2); источника постоянного напряжения (3); бака-накопителя (4); перистальтического насоса с регулируемой подачей (5).

В качестве электродов использовали оксидный иридиево-рутений титановый анод (ОИРТА). Размер электродов – 50 × 62,4 мм, толщина 1 мм, межэлектродное расстояние 1 мм, катод титановый. Рабочие площади анода и катода составляли по 31,2 $см^2$. Исследования проводили с плотностью тока 1000 $А/м^2$ и начальной температурой раствора 21 °С

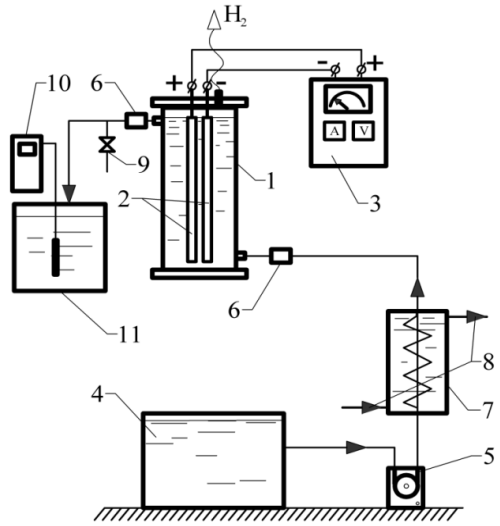


Рисунок 2. **Схема экспериментальной установки проточного типа:**
1 – электролизная ячейка; 2 – электроды; 3 – блок питания; 4 – емкость исходной морской воды; 5 – перистальтический насос; 6 – термометр; 7 – термостат; 8 – патрубок подвода и отвода охлаждающей воды; 9 – пробоотборник; 10 – pH-метр; 11 – накопитель ГХН

В ходе эксперимента проводили измерение температуры, концентрации активного хлора, pH и напряжения.

Динамика образования активного хлора в гипохлорите при электролизе воды Средиземного моря представлена на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3 при электролизе удалось достичь максимальной концентрации по активному хлору – 9 г/л с расходом электролита 0,1 л/ч. При расходе электролита через электролизную ячейку 2,0 л/ч была получена минимальная концентрация активного хлора – 1,7 г/л.

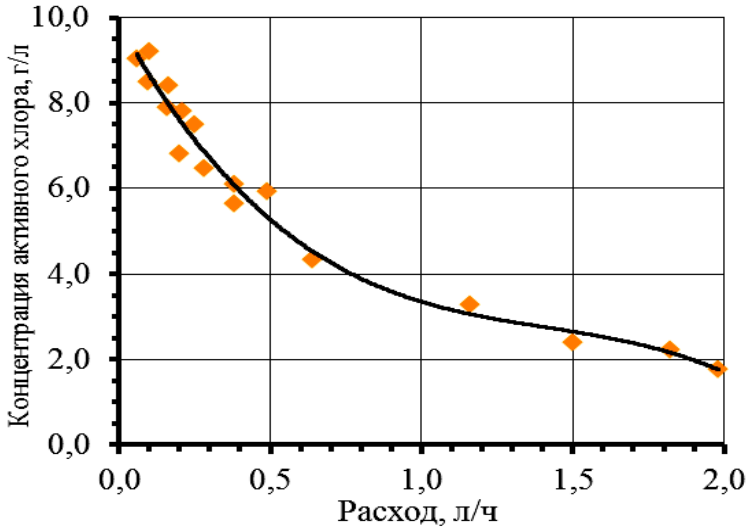


Рисунок 3. **Влияние расхода электрлоита на концентрацию активного хлора при электролизе воды в проточном режиме Средиземного моря**

В эксперименте проводили измерение напряжения, изменение которого представлено на рисунке 4. Среднее значение напряжения при электролизе воды Средиземного моря составляло 3,72 В, близкие значения напряжения были получены при электролизе 3 %-ного солевого раствора [3], что объясняется высокой минерализацией и концентрацией хлоридов в исследуемом растворе (рис. 1).

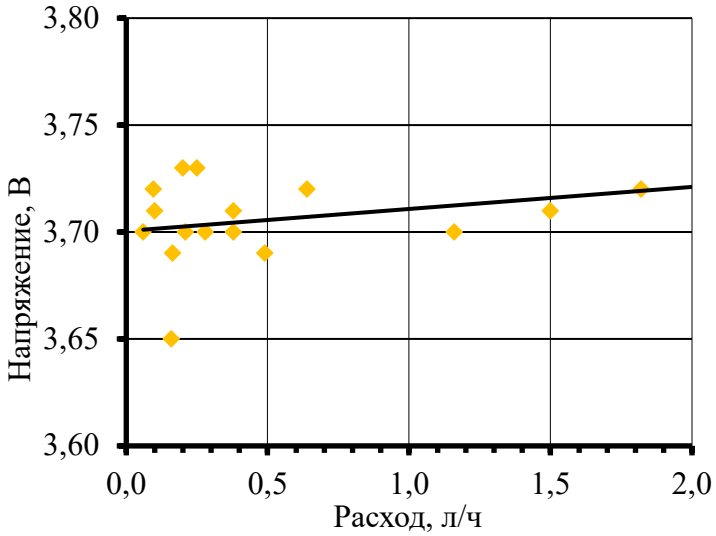


Рисунок 4. **Изменение напряжения на электролизере при электролизе воды в проточном режиме Средиземного моря**

Изменение температуры представлено на рисунке 5, характер кривой объясняется увеличением расхода электролита и малым объемом электролизной ячейки (15 мл). Начальная температура раствора была 21 °С. В ходе эксперимента при расходе 0,1 л/ч температура повысилась до 35 °С, с увеличением расхода электролита температура раствора

уменьшилась до 25 °С.

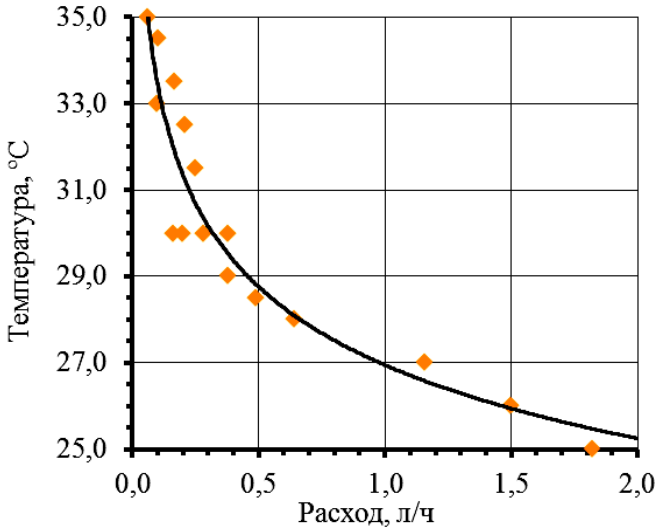


Рисунок 5. **Изменение температуры при электролизе в проточном режиме воды Средиземного моря**

Оценку эффективности процесса электролиза осуществляли исходя из выхода активного хлора по току (рис. 6). Выход хлора по току находился в пределах 20 – 80 % в зависимости от времени электролиза (расхода электролита). Наибольшее значение выхода хлора по току (80 %) удалось получить при электролизе воды Средиземного моря с расходом от 1 л/ч до 2 л/ч.

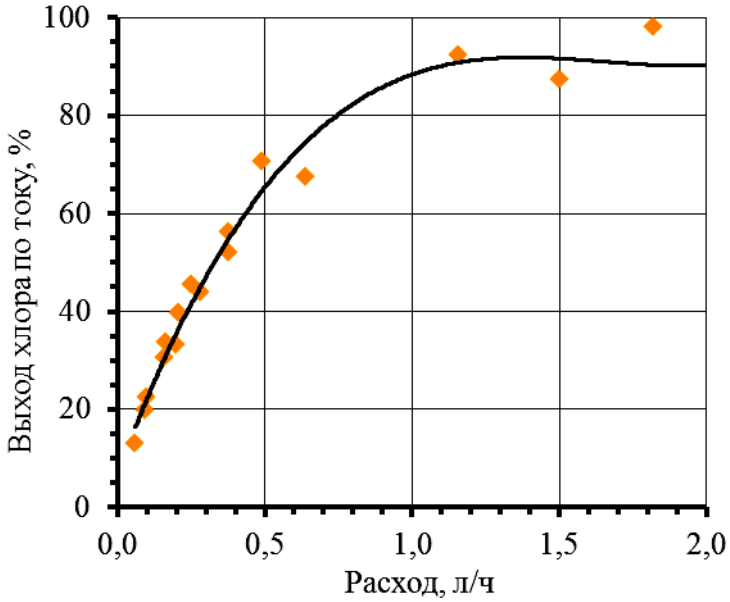


Рисунок 6. **Выход хлора по току от времени электролиза воды в проточном режиме воды Средиземного моря**

ВЫВОДЫ

Низкоконцентрированный гипохлорит натрия был получен электролизом воды Средиземного моря с максимальной концентрацией до

9 г/л по активному хлору при анодной плотности тока 1000 А/м^2 в проточном режиме с расходом 0,1 л/ч, при этом оптимальная область (с максимальным выходом хлора по току 80 %) с расходом от 1 л/ч до 2 л/ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пчельников И.В. Совершенствование технологии производства обеззараживающего реагента – гипохлорита натрия электролизом морской воды // Автореферат дис. … канд. техн. наук. Волгоград, 2015.
2. Басин Д.Л. Исследование технологии и разработка аппаратуры для обеззараживания питьевой воды прямым электролизом: дис. … канд. техн. наук. Москва, 1978.
3. Медриш Г.Л., Тейшева А.А., Басин Д.Л. Обеззараживание природных и сточных вод с использованием электролиза. М.: Стройиздат, 1982.

УДК 628.823

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СИСТЕМ ВОДО-, ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ФЛОТО- И БОТОКЕМПИНГОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Д.В. Кашарин, С.Ю. Бессарабов
Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия

В статье рассматриваются вопросы расширения рекреационного использования Черноморского побережья Краснодарского края за счет применения флото- и ботокемпингов. Приведен анализ источников водо- и энергоснабжения для данных объектов рекреации, а также схемы технологии водоподготовки с применением мембранных методов очистки и системы рекуперации энергии.

Протяженность Черноморского побережья (ЧП) на территории Краснодарского края составляет 475 км, освоение которых происходит в основном за счет обустройства пляжей различных категорий вблизи городов и муниципальных образований (рис. 1) [1].

В то же время туристический поток в 2016 году возрос до 12,5 миллионов человек, что обуславливает необходимость использования бухтовых и скалистых участков побережья для развития активных видов отдыха населения. Одним из таких видов является яхтенный туризм и в соответствии с федеральной целевой программой от 2 августа 2011 года № 644 «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011 – 2018 годы)» (с изменениями на 31 января 2017 года) наиболее перспективным является создание доступных малобюджетных флото- и ботокемпингов, рассчитанных на 25…50 человек с причальными

сооружениями для малотоннажных судов [1–3].

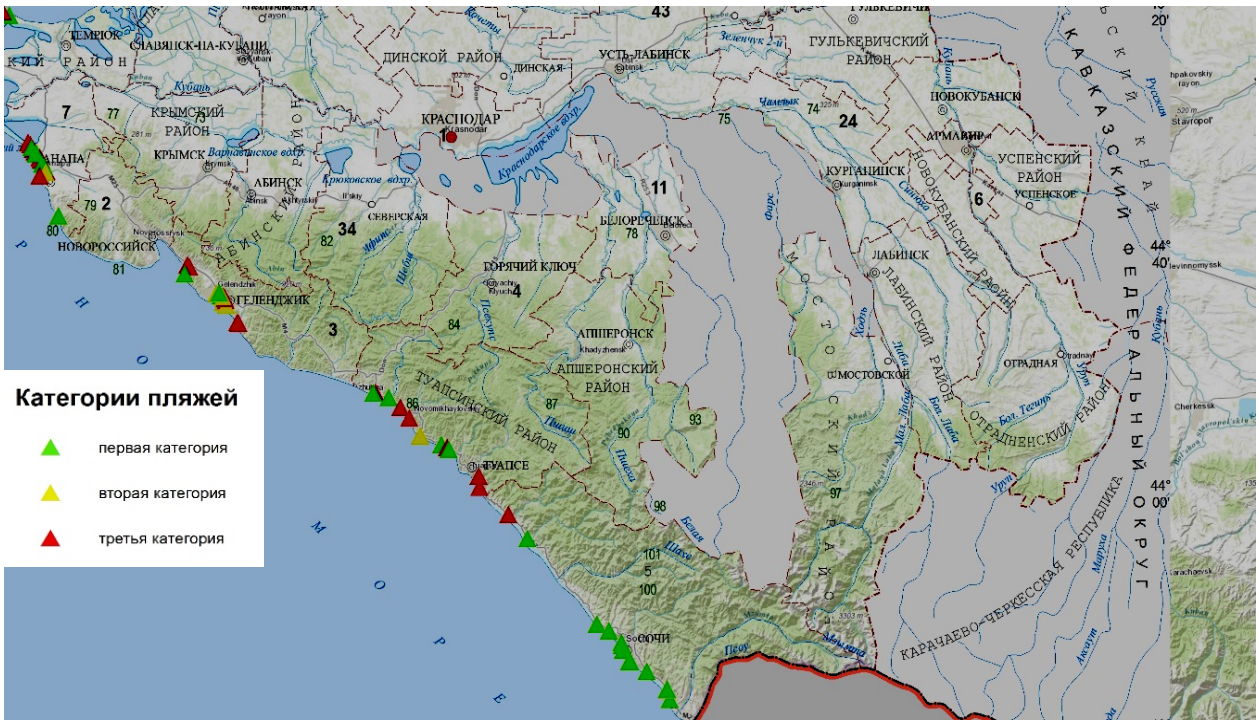


Рисунок 1 **Расположение организованных пляжей первой, второй и третьей категории**

Основной проблемой создания таких объектов является обеспечение децентрализованного водо- и энергоснабжения данных сезонно действующих объектов.

В качестве источников водоснабжения рассматриваются малые реки, подземные и морская воды, гидрохимические характеристики которых представлена в таблице [4–6].

Таблица. **Гидрохимические характеристики поверхностной, подземной и морской воды ЧП Краснодарского края**

Характеристики	Наименование источника					
	поверхностный		подземный		воды Черного моря	
	min	max	min	max	min	max
Жесткость, Ж	10	20	15	25	15	60
Солесодержание, мг/л	1 200	3 000	1 200	3 500	15 000	50 000
Железо общее, мг/л	0,1	1,5	0,1	0,8	0,1	0,1
Марганец, мг/л	0,1	1,5	0,1	0,5	0,1	0,1
Цветность, град.	3	5	5	10	3	5
Мутность, мг/л	0,6	2	0,6	3	0,6	2
Коллоидный индекс (SDI)	1	5	1	5	1	5
Температура, °С	10	20	5	10	20	25
Водородный показатель, ед. pH	7	9	6	9	7,5	8,3

Для обеспечения надежного водозабора из малых рек ЧП в устьевой части требуется установка дополнительных регулирующих и водопроводящих гидротехнических сооружений. При подготовке воды для технического и хозпитьевого водоснабжения наиболее эффективным является применение компактных ультрафильтрационных установок.

Значительное количество подземные источники водоснабжения ЧП имеют превышение концентраций по марганцу, сероводороду и железу двухвалентному (рис. 2) [5]. Нами были предложены диаграммы выбора методов очистки подземных вод для условий ЧП Краснодарского края (рис. 3).

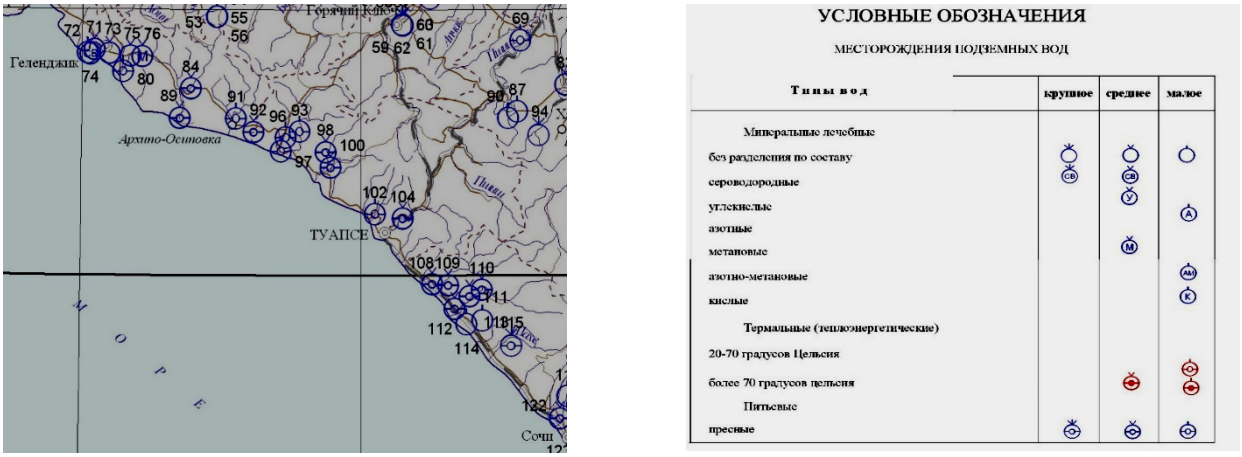


Рисунок 2. **Месторождение подземных вод ЧП Краснодарского края**

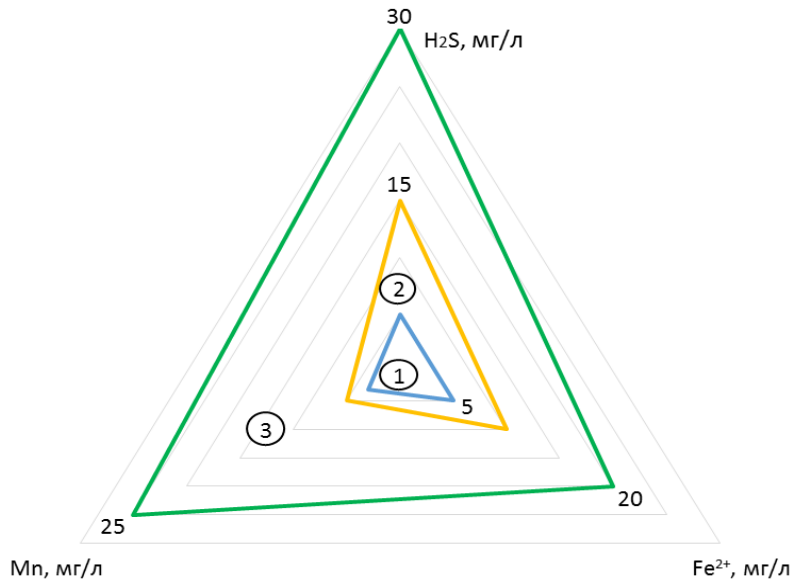


Рисунок 3. **Диаграмма областей применения методов очистки подземных вод от марганца, железа двухвалентного и сероводорода:**
1 – упрощенная аэрация; 2 – усиленная аэрация; 3 –вакуумная дегазация

Морская вода ЧП по своему составу более однородна и ее осредненный состав представлен в таблице [6].

Для снижения минерализации с целью обеспечения хозяйственно-питьевого водоснабжения после анализа существующих методов применяется: химическое опреснение; дистилляция; ионный обмен; обратный осмос; электродиализ; замораживание [7]. Более перспективными для приведенных концентраций в таблице являются установки обратного осмоса, выполненные с возможностью рекуперации энергии концентрата, что актуально в условиях децентрализованного энергоснабжения (рис. 4).

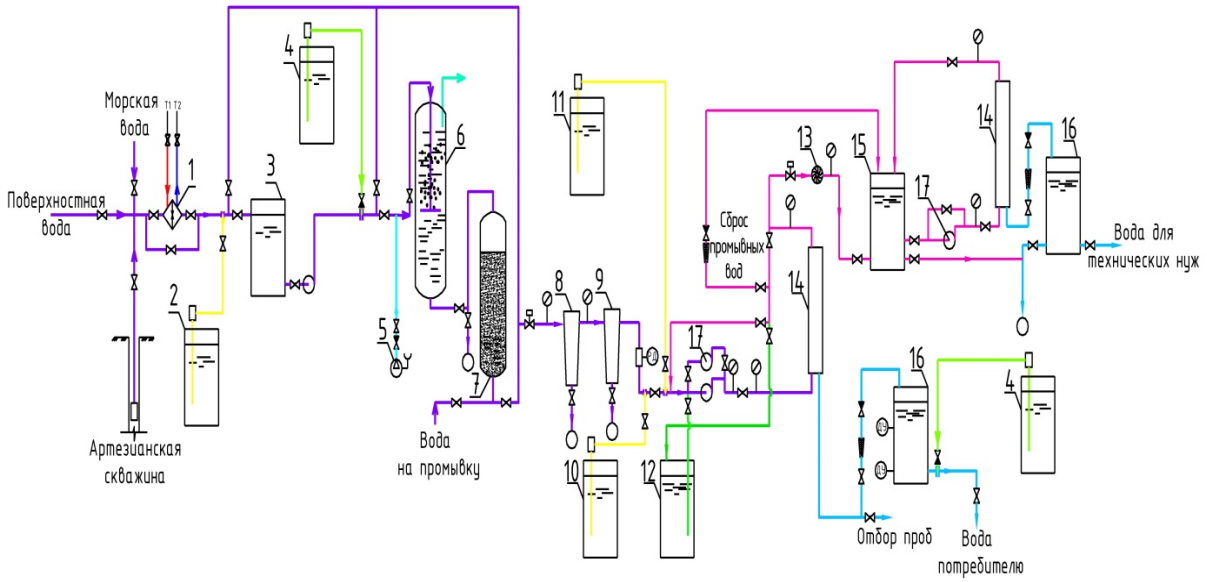
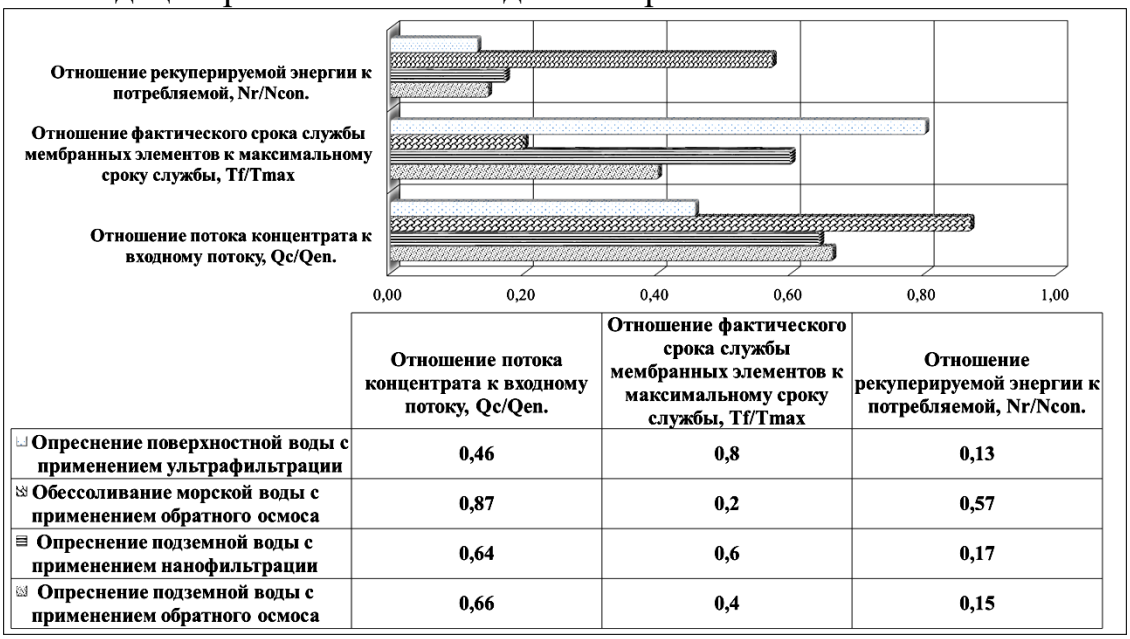


Рисунок 4 **Технологическая схема очистки поверхностных, подземных и морских вод с применением мембранных технологий основанных на процессах ультрафильтрации, нанофильтрации и обратного осмоса:**
1 – грязевик; 2 – ёмкость с коагулянтом; 3 – контактная ёмкость; 4 – ёмкость с гипохлоритом натрия; 5 – воздуходувка; 6 – аэрационная колонна; 7 – скорый фильтр; 8 – механический фильтр; 9 – предварительно засыпной фильтр; 10 – ёмкость соляной кислоты; 11 – ёмкость с ингибитором; 12 – ёмкость регенерационного раствора; 13 – гидротурбина; 14 – мембранный модуль; 15 – ёмкость с концентратом; 16 – бак накопитель; 17 – насосы повышения давления.

Сравнительный анализ методов подготовки воды с учетом возможности рекуперации энергии в соответствии с гидрохимическим составом поверхностных вод по результатам расчета технологической схемы в программе NanoTechPRO приведен на рисунке 5.

Используя данные рисунка 5 можно сделать вывод, что, несмотря на значительную энергоемкость обратноосмотических установок за счет рекуперации энергии на концентрате происходит ее снижение, что

обеспечивает наибольшую эффективность их работы при использовании в условиях децентрализованного водо- и энергоснабжения.



	Отношение потока концентрата к входному потоку, Qc/Qen.	Отношение фактического срока службы мембранных элементов к максимальному сроку службы, Tf/Tmax	Отношение рекуперируемой энергии к потребляемой, Nr/Ncon.
Опреснение поверхностной воды с применением ультрафильтрации	0,46	0,8	0,13
Обессоливание морской воды с применением обратного осмоса	0,87	0,2	0,57
Опреснение подземной воды с применением нанофильтрации	0,64	0,6	0,17
Опреснение подземной воды с применением обратного осмоса	0,66	0,4	0,15

Рисунок 5. **Относительные характеристики при очистке воды с применением мембранных технологий и рекуперации энергии на гидротурбине**

Для условий хозяйственно-питьевого обеспечения флото- и ботокемпинга численностью от 25 до 50 человек по результатам расчета представлен график зависимости относительных мощности и расхода.

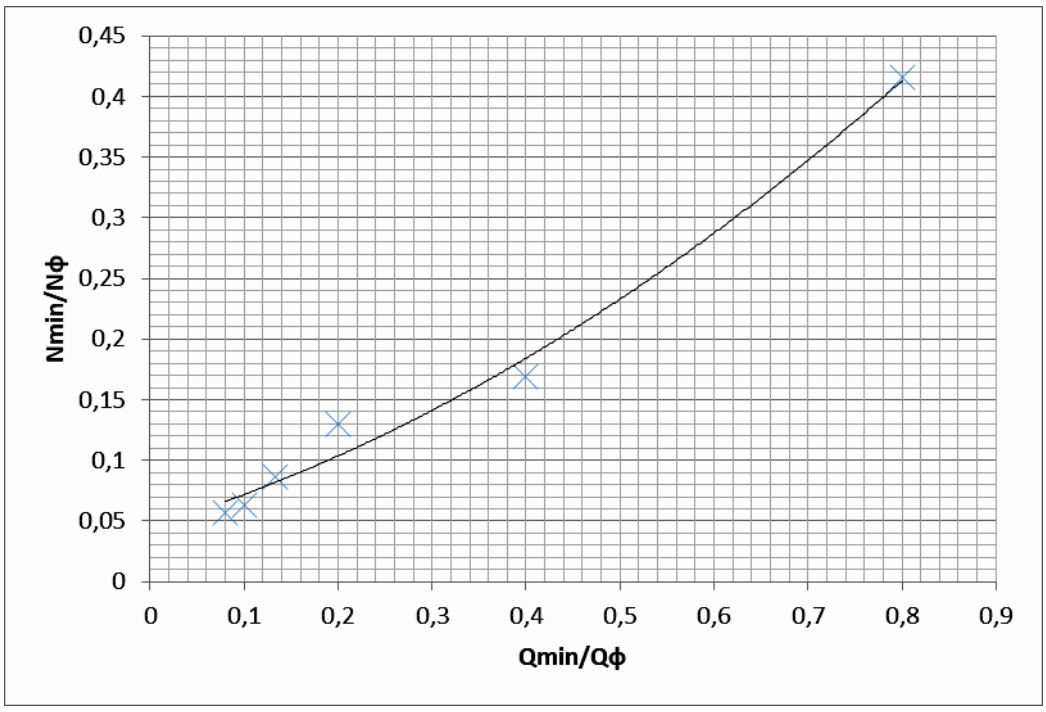


Рисунок 6. **График зависимости потребляемой относительной мощности обратноосмотической установки для морской воды к относительной ее производительности**

Минимальный расход $Q_{\min}$ и потребляемая мощность соответствует хозяйственно-питьевому водоснабжению ботокемпинга численностью 25 человек. При известном фактическом расходе $Q_{ф}$ можно определить требуемую мощность $N_{ф}$ в соответствии со следующим выражением, имеющим достоверность аппроксимации $R^2 = 0{,}988$.

$$\frac{N_{\min}}{N_{ф}} = 0{,}282\left(\frac{Q_{\min}}{Q_{ф}}\right)^2 + 0{,}234\left(\frac{Q_{\min}}{Q_{ф}}\right)^2 + 0{,}05$$

Для потребностей бото- и флотокемпингов мощность энергоснабжения составляет $30 \div 85$ кВт с учетом работы портовых сооружений. Данную мощность можно обеспечить за счет совместного использования нескольких видов возобновляемых источников энергии.

Проведен анализ возможных источников энергии на ЧП Краснодарского края (рис. 7) [4].

Наиболее перспективным является использование гидропотенциала малых рек за счет применения рукавных и деривационных микроГЭС в сочетании с солнечной энергией. Ветроэнергетический потенциал в условиях ЧП Краснодарского кря не столь существенен, а создание отдельно стоящих ветроэнергетических установок большой мощности не является рациональным.

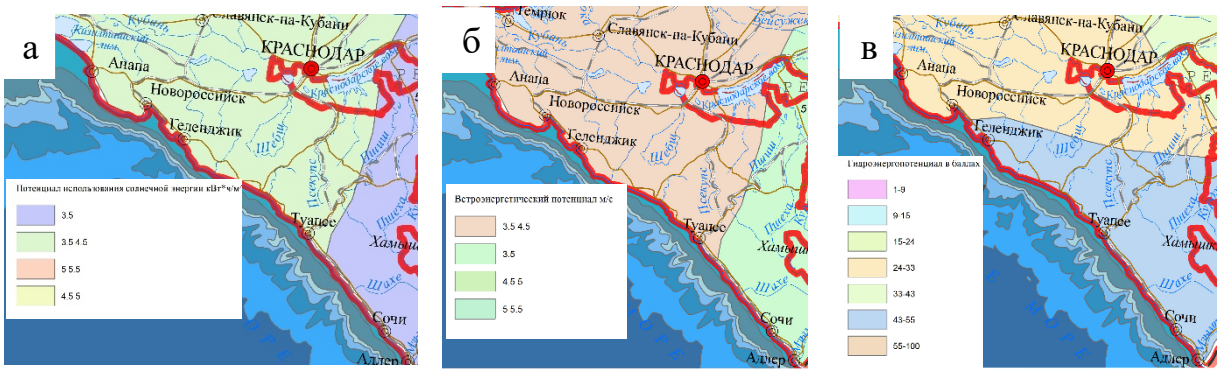


Рисунок 7. **Возобновляемые источники энергии ЧП Краснодарского края:**
а – потенциал солнечной энергии; б – ветроэнергетический потенциал;
в – гидропотенциал в баллах

ВЫВОДЫ

1. Обоснована перспективность применения мембранных технология для децентрализованного водоснабжения флото- и ботокемпингов в условиях ЧП Краснодарского края с использованием рекуперации энергии.

2. В качестве возобновляемых источников энергии наиболее рационально использовать гидроэнергетический потенциал малых рек совместно с солнечной энергией путем создания гибридных электростанций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шуйский Н.Д., Выхованец Г.В. Исследование пляжей на абразионных берегах Черного и Азовского морей. Краснодар, 1984. 144 с.
2. Турпоток на курорты Краснодарского края вырос на 10 % [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://otdih.nakubani.ru /krasnodarskiy-kray/2016-09-07-turpotok-na-kurortyi-krasnodarskogo-kraya-vyiros-na-10/.
3. ИСО 13687:2014. Туризм и сопутствующие услуги – Яхтенные порты – Минимальные требования.
4. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек Черного моря. Книга 1. Общая характеристика бассейнов рек. 2014
5. Клименко В.И. Подземные воды Черноморского побережья Кавказа. Наука, 1979. 99 с.
6. Терзиев Ф.С. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР: Черное море. Т.IV, В.2 / Ф.С. Терзиев и др. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1992. 219 с.
7. Первов А.Г. Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран: обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация. М.: АСВ, 2009. 231с.

УДК 628.16

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИ ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ВОДООЧИСТКИ

А.Я. Найманов, А.С. Трякина
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка, Украина

В работе представлена методика выбора расчетных показателей качества воды при проектировании водопроводных очистных сооружений на основании математико-статистической обработки гидрохимических показателей воды источника. Определены расчетные значения показателей качества, которые были выбраны в результате анализа воды источника. Разработана методика расчета минимальной продолжительности ряда данных по показателям качества исходной воды для подбора технологии очистки. Определено, что для воды канала Северский Донец–Донбасс минимальная продолжительность ряда данных составляет семь лет.

Определяющее влияние на состав очистных сооружений водопровода оказывает качество воды, которое в поверхностных источниках обычно испытывает значительные колебания, как по сезонам года, так и по годам наблюдений. Нормативные документы [1–2] требуют назначать состав очистных станций водопровода по максимальным величинам показателей за все годы наблюдений, но не менее трех лет.

В современной практике водоочистки не существует конкретных методов использования и обработки данных по качеству исходной воды. Для снижения затрат при проектировании, строительстве или реконструкции водопроводных очистных сооружений требуется научно обоснованная методика выбора расчетных показателей качества воды, которые будут ниже своих максимальных значений. Но при этом необходимо сохранить санитарно-гигиеническую надежность разрабатываемых сооружений. В России этим вопросом, например, занимаются Ж.М. Говорова, А.О. Родина [3–4].

Целью представленной работы является обоснование расчетного состава воды при выборе технологической схемы очистки на основании многолетних наблюдений.

В работе приводятся многолетние наблюдения за качеством воды в канале Северский Донец–Донбасс. Первоначально необходимо определить какие из показателей качества воды являются наиболее значимыми при подборе технологии водоподготовки. Основными показателями являются мутность и цветность воды, так по их значениям подбираются основные сооружения технологии очистки. Также выбираются все показатели качества, значения которых превышают ПДК для питьевой воды.

Качество воды на выходе из резервуара чистой воды должно соответствовать нормативным требованиям, но не по всем показателям удается достичь этого результата на действующих очистных сооружениях. Связано это с тем, что нормативные требования по качеству воды при разработке существующих очистных сооружений значительно отличались от современных нормативных требований, и к тому же имеет место многолетнее изменение качества воды в источнике.

В работе рассматривались суточные и среднемесячные гидрохимические характеристики воды канала Северский Донец–Донбасс за период более десяти лет [5]. При выборе расчетных показателей качества воды первоначально рекомендуется проанализировать все доступные показатели и выбрать из них наиболее значимые. В данном случае были выбраны показатели мутности, цветности, жесткости, перманганатной окисляемости и бактериальные показатели.

Далее для выбранных показателей качества необходимо рассчитать статистические параметры (табл. 1), выполнить проверку гипотез о законе распределения и построить кривые дифференциального и интегрального распределения [6].

Проверку гипотезы о законе распределении генеральной совокупности можно осуществить, используя критерий Пирсона. Для этого сравниваются эмпирические (наблюдаемые) и теоретические (рассчитанные по правилам рассматриваемого распределения) частоты. По итогам расчетов цветность, жесткость, перманганатная окисляемость распределены в соответствии с нормальным законом, мутность, ОМЧ и коли-индекс – в соответствии с показательным законом. Зная закон распределения можно реконструировать ряд данных при недостаточности значений или прогнозировать будущие значения показателей качества воды.

Затем по построенным кривым интегрального распределения определяются расчетные значения каждого показателя с различными величинами обеспеченности, которые наиболее широко используются в науке и технике (табл. 2).

Таблица 1. **Результаты статистической обработки показателей качества воды канала Северский Донец–Донбасс за период 2004-2011 гг.**

Показатель	Мода	Среднее значение	Медиана	Минимум	Максимум	Дисперсия	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Цветность, град	16	16,68	16	5	48	11,3	3,36	20,13
Мутность, мг/дм^3	0,58	3,92	3,03	0,47	35,37	10,8	3,29	84,05
Жесткость, мг-экв/дм^3	6,7	7,09	7,1	5,4	9,3	0,6	0,76	10,75
Перманганатная окисляемость, мг/дм^3	6	6,16	6,1	4,0	9,9	0,5	0,73	11,93
ОМЧ при 37 °С	110	377	180	11	3700	168880	411	108,9
Коли-индекс	59	655	240	19	9900	848810	921	140,6

Таблица 2. **Расчетные значения показателей качества воды при различной величине обеспеченности**

Показатель	Обеспеченность, %			
	15	10	5	1
Цветность, град	19,12	19,96	21,78	28,48
Мутность, мг/дм^3	6,62	7,8	9,72	16,98
Жесткость, моль/дм^3	7,99	8,16	8,44	8,94
Окисляемость, мг/дм^3	6,74	6,92	7,30	8,74
ОМЧ при 37 °С	843	989	1185	1724
Коли-индекс	1519	1767	2237	4231

Из таблицы 2 видно, что чем больше величина обеспеченности, тем меньше расчетное значение показателя качества воды. И даже при обеспеченности 1 % полученные значение показателей качества воды, за исключением жесткости и окисляемости, практически в два раза меньше своих максимальных значений. Если для выбора расчетного состава воды принять обеспеченность 1 %, то в качестве расчетных значений будут выбраны значения меньше максимальных, что приведет к изменению состава очистных сооружений и снижению затрат на строительство и возможно эксплуатацию водопроводных очистных сооружений.

Для того чтобы определить расчетные значения, необходимо знать минимальную продолжительность периода, за который необходимо иметь данные качества воды. В реальных условиях не всегда в распоряжении проектировщиков имеется необходимое количество данных, поэтому появляется необходимость определения минимальной продолжительности ряда наблюдений, которая сможет отобразить истинное колебание показателей качества воды во времени. Для этого в работе предлагается рассмотреть изменение величин квантилей распределения с вероятностью 0,95 (5 % квантилей) в зависимости от продолжительности рядов наблюдений.

На основании проведенного ранее исследования гидрохимических показателей качества воды, были рассчитаны 5 % квантили рядов наблюдений по следующим показателям: цветность, мутность, жесткость, перманганатная окисляемость, ОМЧ, коли-индекс. Значения 5 % квантилей были рассчитаны вначале для ряда наблюдений продолжительностью в один год, затем для ряда наблюдений продолжительностью в два года, и так далее до продолжительности ряда данных в одиннадцать лет (табл. 3).

Таблица 3. **Значения квантилей распределения с вероятностью 0,95**

Продолжительность, лет	5 % квантили по показателям качества					
	цветность, град	мутность, мг/дм³	жесткость, мг-экв/дм³	перманганатная окисляемость, мг/дм³	ОМЧ, к-во бактерий/см³	коли-индекс
1	16	3	7,3	6,2	52	110
2	19,4	13,86	7,88	7	980	840
3	20,8	13,26	7,8	7,22	1068	1280
4	27,2	13,14	8,04	7,46	1100	1360
5	25	13,02	8,176	7,36	1052	2360
6	22	12,9	8,2	7,3	980	2300
7	21,4	12,54	8,228	7,3	980	2240
8	21	12,78	8,2	7,38	974	2200

9	21	12,42	8,2	7,32	956	2200
10	21	11,98	8,2	7,3	946	2040
11	21	11,5	8,2	7,3	980	2200

Если на основании полученных данных построить графики, отображающие изменение 5 % квантилей распределения в зависимости от продолжительности ряда данных, то можно увидеть, что величины 5 % квантилей всех рассмотренных показателей в значительной мере стабилизируются при продолжительности ряда в 7 лет. При дальнейшем увеличении продолжительности ряда данных более 7 лет происходит незначительное колебание величин 5 % квантилей.

Таким образом, минимальная продолжительность ряда наблюдений воды канала Северский Донец–Донбасс для определения расчетных значений при выборе технологии ее очистки составляет 7 лет. Наблюдения продолжительностью менее 7 лет будут лишены достаточного обоснования и не позволят определить достоверные расчетные значения показателей качества воды.

С целью поддержания санитарно-гигиенической надежности очистных сооружений рекомендуется выбирать расчетные значения показателей качества исходной воды с обеспеченностью 1 % при наличии одного источника водоснабжения. При использовании двух источников водоснабжения, в зависимости от качества воды в них, водопроводные очистные станции могут проектироваться на обеспеченность показателей качества воды 5 % или даже 10 %. Предложенная методика выбора расчетных показателей качества предполагает наличие данных многолетних наблюдений за качеством исходной воды, так как при отсутствии таковой информации значительно возрастают затраты из-за необходимости необоснованного применения дорогостоящих сооружений и технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 31.13330.2012. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*. – Введ. 2013-01-01. М.: Минрегион России, 2012. 124 с.
2. Державні будівельні норми. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди [Текст]: ДБН В.2.5-74:2013. К.: Мінрегіон України, 2013. 172 с.
3. Говорова Ж.М. Обоснование и разработка технологий очистки природных вод, содержащих антропогенные примеси: дисс. …докт. техн. наук. Москва, 2004. 389 с.
4. Родина А.О. Обоснование показателей качества поверхностных вод при выборе водоочистных технологий с применением теории риска: дисс. …канд. техн. наук. Вологда, 2005. 153 с.

5. Сатин И.В. Исследование гидрохимического режима канала Северский Донец–Донбасс / И.В. Сатин, А.С. Трякина // Вісник Донбаської національної академії будівництва та архітектури. 2014. Вип. 2014-5(109): Інженерні системи та техногенна безпека. С. 5–11.
6. Найманов А.Я. Обоснование расчетного состава воды при выборе технологической схемы очистки на основании многолетних наблюдений / А.Я. Найманов, А.С. Трякина // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2015. Вип. 2015-5(115): Інженерні системи та техногенна безпека. С. 59–67.

УДК 628.1.032

ФОСФОР КАК ЛИМИТИРУЮЩИЙ ФАКТОР «ЦВЕТЕНИЯ» ДОНСКОЙ ВОДЫ

А.Ю. Скрябин
Администрация города Ростова-на-Дону, г. Ростов-на-Дону, Россия
Г.В. Поповьян, И.А. Тронь
АО «Ростовводоканал», г. Ростов-на-Дону, Россия

Рассмотрены антропогенные факторы эвтрофирования реки Дон. Составлена структурная схема методов борьбы с факторами, способствующими ухудшению органолептических свойств воды в результате активного развития отдельных видов микроводорослей и актиномицетов. Доказано определяющее влияние фосфатов на «цветение» донской воды.

В процессе хозяйственной деятельности человечество интенсивно использует важнейшие природные ресурсы: воду, землю, воздух, полезные ископаемые, при этом нарушается экологическое равновесие, формирующееся на земле в течение миллионов лет ее эволюции. Негативные последствия человеческой деятельности все в большей степени сказываются на биогеофизической обстановке нашей планеты, но наиболее сильно страдает гидросфера.

Одним из важнейших факторов нарушения экологического режима в водоемах является их эвтрофирование, то есть увеличение содержания азота, фосфора и других биогенных элементов, что обуславливает повышение интенсивности первичного продуцирования органических веществ, стимулирует развитие микроводорослей и высших водных растений. Первое обусловлено влиянием на водоем комплекса абиотических и биологических факторов, в нормальных условиях оно осуществляется медленно и представляет собой один из этапов эволюции водоема. Антропогенное эвтрофирование, как следствие хозяйственной деятельности человека – процесс очень быстрый и в зависимости от

масштабов воздействия вызываемые изменения в водоемах происходят в течение нескольких десятков лет, а иногда и одного десятилетия.

К факторам антропогенного эвтрофирования относится: строительство плотин, способствующее снижению скорости течения рек, а также разложение растительности на затопляемых территориях; интенсивное развитие промышленного производства, сельского хозяйства, животноводства; увеличение объемов использования синтетических моющих средств в быту и промышленности; недостаточность очистки сточных вод [2–3].

Микрофиты присутствуют в донской воде во все периоды года и представлены в основном 3 отделами: сине-зелёные водоросли (Cyanophyta), диатомовые водоросли (Bacillariophyta) и зеленые водоросли (Chlorophyta).

Наблюдения за развитием микрофитов в донской воде лабораторией АО «Ростовводоканал» ведутся на протяжении 37 лет с 1981 года. За этот период наблюдается рост количества клеток микроводорослей в водоисточнике, а также изменение их видового состава [4–6].

Массовое развитие микроводорослей в реке Дон в периоды «цветения» воды создает значительные трудности при водоподготовке и существенно влияет на такие нормируемые показатели как «запах» и «привкус». Методы борьбы с факторами, способствующими ухудшению органолептических свойств воды в результате активного развития отдельных видов микроводорослей и актиномицетов, могут быть условно разделены на два направления (рис. 1).



Рисунок 1. **Методы борьбы с факторами, способствующими ухудшению органолептических свойств воды в результате активного развития отдельных видов микроводорослей и актиномицетов**

Методы борьбы с продуктами жизнедеятельности и разложения микроводорослей были ранее рассмотрены [5–6].

Остановимся на методах предотвращения чрезмерного развития микроводорослей, в частности рассмотрим влияние некоторых факторов на развитие микрофитов.

Интенсивному развитию водорослей способствуют такие факторы как: расположенное выше по течению Цимлянское водохранилище, высокие температуры воды в летний период года, антропогенное загрязнение акватории различными нутриентами.

Присутствие в водоеме общего фосфора в концентрации 0,2 мг/дм3 достаточно для развития цветения [7].

Для прогнозирования начала «цветения» водоисточника лабораторией осуществляется постоянный контроль над концентрацией азота и фосфора. На основании многолетних наблюдений определено, что для сине-зеленных микроводорослей, обладающих способностью к азотфиксации, основным фактором, влияющим на интенсивность развития, является фосфор. Отмечено, что рост количества клеток микроводорослей происходит через 30 – 40 суток после увеличения концентрации фосфатов в водоисточнике выше 0,4 мг/дм^3 (0,13 мг/дм^3 по фосфору) [2–3] (рис. 2–4).

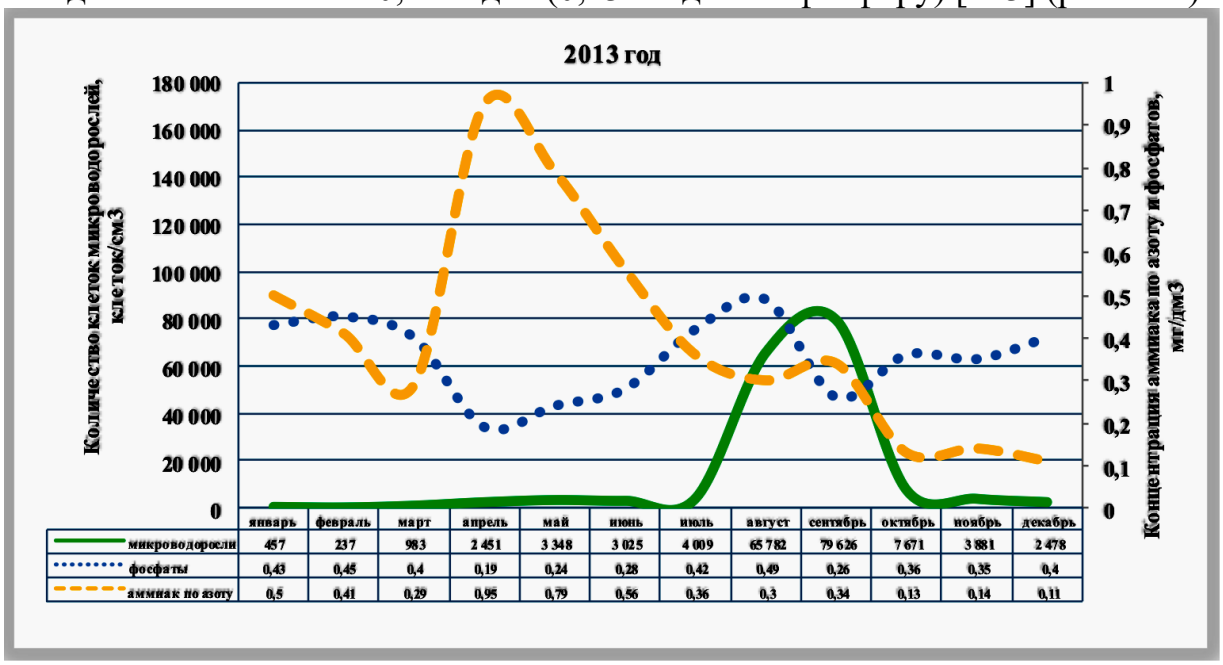
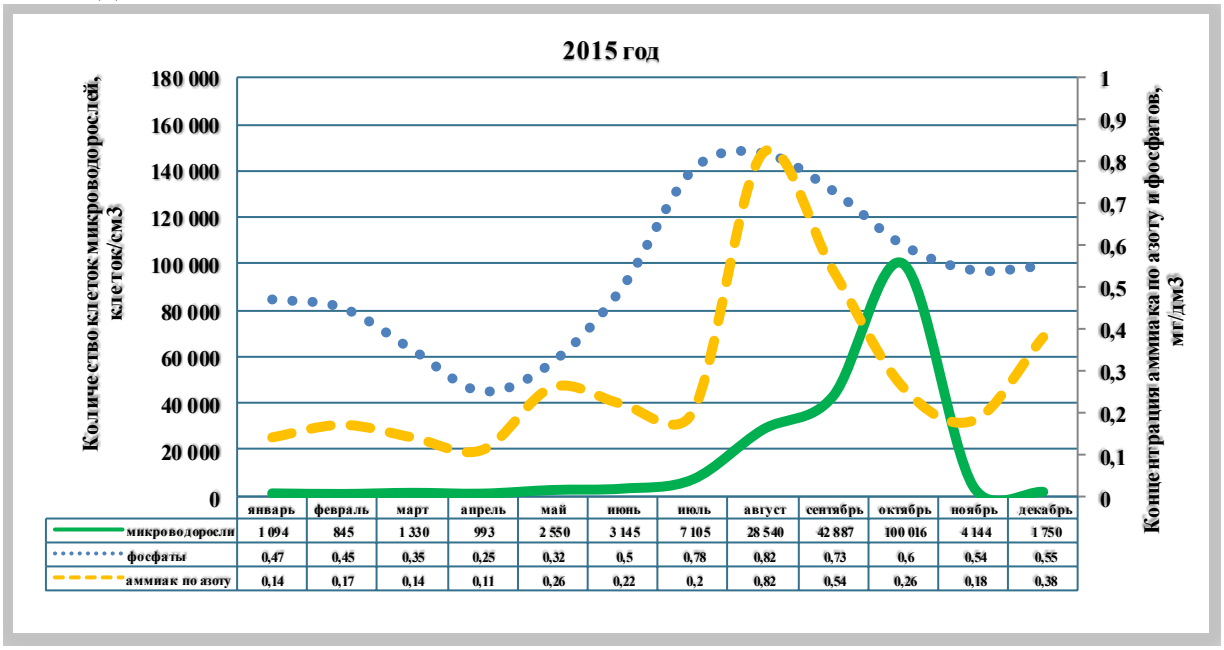


Рисунок 2, **Зависимость количества клеток микроводорослей от концентрации фосфатов и аммиака в реке Дон (средние концентрации) в 2013 г.**

На основании многолетних наблюдений определено, что концентрация аммиака в реке Дон не оказывает определяющего влияния на развитие и рост клеток микроводорослей. Основным лимитирующим фактором развития микрофитов является концентрация фосфора, при этом температура воды также не оказывает определяющего значения, а лишь влияет на отдел и вид интенсивно развивающихся водорослей в данных

условиях. Так в 2017 году наблюдались повышенные концентрации фосфатов в водоисточнике: в феврале-марте месяцах до 0,86 мг/дм3, это способствовало росту концентраций микроводорослей в апреле-мае месяцах до 17 480 клеток/см^3 при средней температуре водоисточника 14 °С, при этом развивались криофильные (холодолюбивые) микроводоросли из отдела диатомовых водорослей (Bacillariophyta) и эвгленовых водорослей (Euglenophyta). Необходимо отметить, что концентрация микроводорослей из отдела эвгленовых видов Euglena viridis и Euglena sp. за весь период наблюдений за водоисточником с 1981 года впервые достигла 1050 клеток/см^3, в этот же период наблюдалось ухудшение качества водоисточника по органолептическому показателю запах до 2-х баллов «землистый».



	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
микроводоросли	1 094	845	1 330	993	2 550	3 145	7 105	28 540	42 887	100 016	4 144	1 750
фосфаты	0,47	0,45	0,35	0,25	0,32	0,5	0,78	0,82	0,73	0,6	0,54	0,55
аммиак по азоту	0,14	0,17	0,14	0,11	0,26	0,22	0,2	0,82	0,54	0,26	0,18	0,38

Рисунок 3, **Зависимость количества клеток микроводорослей от концентрации фосфатов и аммиака в реке Дон (средние концентрации) в 2015 г.**

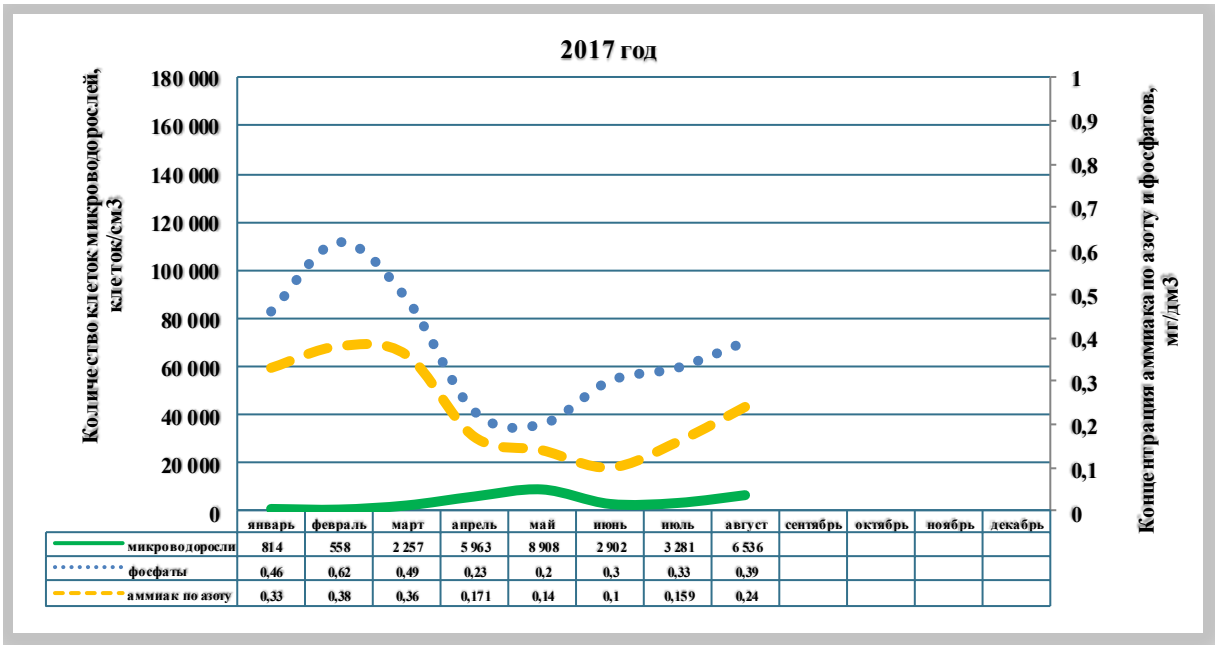


Рисунок 4. **Зависимость количества клеток микроводорослей от концентрации фосфатов и аммиака в реке Дон (средние концентрации) d 2017 u/**

Вместе с тем, в 2017 году в характерный для «цветения» период август-сентябрь месяцы в связи с низкими концентрациями фосфатов до 0,40 мг/дм^3 интенсивного развития микроводорослей, в том числе из отдела сине-зеленых водорослей (Cyanophyta) не наблюдается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кульский Л.А., Сиренко Л.А., Шкавро З.Н. Фитопланктон и вода. Киев: Наук. думка, 1986. 135 с.
2. Скрябин А.Ю., Поповьян Г.В., Тронь И.А. Изменение качества воды реки Дон. Изучение факторов, влияющих на интенсивное развитие микроводорослей / Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2016»: материалы IX Межд. науч.-практ. конф.; г. Ростов-на-Дону, 5 - 7 октября 2016 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. (НПИ) имени М.И. Платова. Новочеркасск: Лик, 2016. 300 с.
3. Скрябин А.Ю., Поповьян Г.В., Тронь И.А. Изучение факторов, влияющих на интенсивное развитие микроводорослей в реке Дон // Водоснабжение и санитарная техника, 2017. № 4.
4. Лысов В.А., Скрябин А.Ю., Поповьян Г.В. Микрофиты в системе подготовки донской воды / «Строительство-2009»: Материалы юбилейной Межд. научн.-практ. конф. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2009. 334 с.
5. Скрябин А.Ю., Поповьян Г.В. Изменение качества реки Дон: микроводоросли как фактор, влияющий на органолептические свойства воды / Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2014»: материалы VIII Межд. науч.-практ. конф.; Красная Поляна, г. Сочи, 23-24 октября

2014 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. (НПИ). Новочеркасск: Лик, 2014. 285 с.
6. Скрябин А.Ю., Поповьян Г.В., Тронь И.А. Микроводоросли как фактор, влияющий на органолептические свойства реки Дон // Водоснабжение и санитарная техника, 2015, № 8.
7. Жмур Н.С. Практика глубокого извлечения соединений азота и фосфора в процессе биологической очистки сточных вод в странах Европейского Союза (по материалам отчета Европейской Комиссии и докладов на Евро-Русском Форуме в Берлине, 2013 г.) // Водоснабжение и канализация 2014. № 9–10.

УДК 628.11 (470.6)

ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ И СОСТОЯНИЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИЯХ ЮФО

И.В. Михеева
Управление Роспотребнадзора по Ростовской области,
г. Ростов-на-Дону, Россия

Питьевая вода является существенным фактором формирования здоровья населения и качества жизни. Проблема сохранения качества воды, как фактора, существенно влияющего не только на инфекционную, но и общую заболеваемость населения, является одной из самых приоритетных задач в деятельности госсанэпидслужбы.

Водные ресурсы и водное хозяйство в ЮФО играют важнейшую роль в обеспечении устойчивого функционирования экономики и решении социальных проблем. Состояние здоровья населения, развитие экономики ЮФО в значительной степени зависят от водообеспечения в достаточном количестве и требуемого качества на основе комплексного рационального использования и охраны водных ресурсов, улучшения и восстановления состояния водных объектов.

В тоже время питьевая вода является существенным фактором формирования здоровья населения и качества жизни. Проблема сохранения качества воды, как фактора, существенно влияющего не только на инфекционную, но и общую заболеваемость населения, является 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.

Высокий уровень загрязнения поверхностных источников водоснабжения (водоёмы I категории водопользования) по химическим и микробиологическим показателям в 2016 г. зарегистрировано в республике Калмыкия и Ростовской области (табл. 1).

Ухудшение качества воды поверхностных водных объектов в Ростовской и Астраханской областях связано с резким маловодием, наблюдавшимся в прошедшем году. В республике Калмыкия ухудшение качества воды по химическим показателям в водоемах 1 категории связано со смывом грунта с береговой полосы в водоем в сезон осадков, отсутствием мероприятий по очистке и борьбе с цветением, зарастанием каналов, гидроаккумуляторов и мест водозаборов из водохранилищ, на фоне испарений водного зеркала в летнее время.

Таблица №1. **Качество воды водоёмов I категории водопользования за 2012–2016гг.** (% проб воды, не отвечающих гигиеническим нормативам)

Территория	По санитарно-химическим показателям					По микробиологическим показателям				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
Республика Адыгея	0	0	0	0	0	0	0	11,7	0	0
Астраханская область	6,1	2,5	3,3	3,9	5,8	3,9	4,1	0,5	5,2	1,0
Волгоградская область	1,9	2,9	3,0	35,2	0,8	3,4	6,5	4,7	3,6	7,2
Республика Калмыкия	37,5	17,8	56,0	25,0	52,9	25,6	13,3	5,1	12,2	24,1
Краснодарский край	8,4	1,7	5,9	2,7	3,6	34,0	35,0	32,5	19,5	8,3
Республика Крым	-	-	25,0	1,0	5,6	-	-	8,3	1,3	1,3
г. Севастополь	-	-	0	0	0	-	-	4,6	31,3	0
Ростовская область	28,9	24,1	34,8	40,3	36,1	30,5	29,5	34,6	35,5	31,5

Основными причинами загрязнения воды водных объектов является сброс недостаточно очищенных и неочищенных сточных вод, ливневых вод, дренажных вод с оросительных систем в водные объекты, и их объемы. Кроме того, такое явление как маловодие, отмечаемое в

Ростовской и Астраханской областях на протяжении ряда лет, влияет на качество воды поверхностных водных объектов.

Недостаточно очищенные сточные воды могут представлять, в ряде случаев, не меньшую опасность, чем воды, сбрасываемые без очистки. В числе причин сброса недостаточно очищенных сточных вод является использование малоэффективных, не отвечающих современному уровню развития канализационных очистных сооружений и технологий очистки; слабый производственный лабораторный контроль; неудовлетворительная эксплуатация морально и физически устаревшего оборудования.

На территории ЮФО всего канализовано 7,6 % населенных пунктов. Во всех субъектах ЮФО в большинстве сельских населённых пунктов и в городах, имеющих индивидуальную малоэтажную застройку, отвод сточных вод осуществляется в выгребные ямы, которые практически везде превращены в поглощающие, и являются источниками загрязнения почвы и подземных вод.

Практически на всех территориях ЮФО очистные сооружения канализации, канализационные коллектора различных объектов и населенных мест, требуют проведения реконструкции, капитального ремонта, технического перевооружения.

Находятся в неудовлетворительном техническом состоянии большинство очистных сооружений канализации в республике Калмыкия, 34,8 % – в республике Адыгея, 28,6 % – в Астраханской области, 25,9 % – в Волгоградской области, 40,3 % – в Ростовской области, 10,1 % – в Краснодарском крае, 36,7 % – в республике Крым. В республике Калмыкия осуществляется сброс сточных вод без очистки и обеззараживания из-за отсутствия очистных сооружений канализации в балки, на рельеф местности, в водные объекты (г. Лагани, с. Малые Дербеты Малодербетовского района, с. Троицкое Целинного района и г. Городовиковск). В Волгоградской области большинство очистных сооружений канализации не обеспечивают нормативной очистки сточных вод и требуют проведения их реконструкции и строительства сооружений с обеспечением доочистки сточных вод. В Ростовской области, Краснодарском крае и др. многие очистные сооружения канализации требуют также реконструкции и строительства новых сооружений.

На 14,6 % очистных сооружениях канализации населённых мест субъектов Южного федерального округа отсутствует обеззараживание сточных вод. Так, в Астраханской области обеззараживание осуществляется только на 88,1 % сооружений канализации, в Волгоградской области – на 44,4 %, в республике Крым – на 86,8 %, в Ростовской области – на 55,2 %.

Неудовлетворительное санитарно-техническое состояние канализационных сетей и сооружений приводит к возникновению на них

аварийных ситуаций, которые приводят к сбросу сточных вод без очистки и обеззараживания, как на рельеф местности, так и в водные объекты, загрязняя их. Ежегодно на канализационных сетях и сооружениях населённых мест территорий ЮФО регистрируется значительное количество аварийных ситуаций. Так, всего в 2016 г. было зарегистрировано 47178 аварий и забоев на канализационных сетях населенных мест, 95,5 % которых было устранено в первые сутки (табл. 2).

В большинстве субъектов ЮФО имеет место высокий уровень загрязнения неочищенными, недостаточно очищенными сточными водами водоёмов II категории водопользования, используемых в рекреационных целях (реки, моря).

Преобладающими химическими веществами, загрязняющими водоёмы, являются: нефтепродукты, фенолы, тяжёлые металлы (цинк, кадмий, молибден), ПАВ, хлориды, сульфаты, железо, марганец, легко окисляемые органические вещества и другие (Волгоградская, Ростовская, Астраханская области, Краснодарский край) (табл. 3).

Таблица 2. **Состояние водоотведения субъектов ЮФО в 2016 году**

Территории	Всего населенных мест	Из них обеспечены централизованной канализацией	Количество очистных сооружений канал. (ОСК) населенных мест	Количество выпусков сточных вод после очистки на ОСК населенных мест	Количество ОСК с выпуском сточных вод с канал. сооружений			Кол-во ОСК, имеющих в своем составе сооружения			Санитар-но-техничес-кое состояние ОСК		%	Количество ОСК, на которых осуществляется обеззараживание сточных вод				% ОСК с обезз. ст. вод	Качество сточных вод, сбрасываемых с ОСК			Количество аварийных ситуаций всего	В том числе устранено	
					В водоем	На рельеф	Другое (указать)	Механической очистки	Биологической очистки	Доочистки	Неудовлетворительное состояние (кол-во)	Удовлетворительное состояние (кол-во)		УФО	Жидкий хлор	Хлор-реагенты (другие)	Указать другие методы		Всего проб сточных вод по микробиологическим показателям	Из них, не отвеч. гиг. Нормам	% неотвеч. гиг. нормам проб		1 сутки	%
Адыгея	225	27	**23**	23	4	0	21	23	17	0	8	15	34,8	1	1	16	5	100,0	10	1	1,0	0	0	0,0
Астраханская обл.	413	42	**42**	42	6	36		42	36	6	12	30	28,6	1	6	30		88,1	368	6	1,6	312	292	93,6
Волгоградская область	686	32	**27**	24	9	4		18	14	3	7	20	25,9	1	3	8		44,4	61	24	5,0	14808	14808	100,0
Республика Калмыкия	265	5	**1**	5	1	4		1	1			1			1							0		
Краснодарский край	1482	144	**178**	185	105	28	45	159	149	41	18	160	10,1	9	46	123		100,0	3011	117	3,8	5217	4400	84,3
Республика Крым	1059	169	**68**	68	41	5	22	53	57		25	43	36,8	12	13	34		86,8	368	33	9,0	68	68	100
Ростовская область	2214	62	**67**	81	48	18	9	56	50	20	27	40	40,3	2	15	18	2	54,0	1695	188	11,1	26773	25499	95,2
Всего по ЮФО	**6344**	**481**	**406**	**428**	**214**	**95**	**97**	**352**	**324**	**70**	**97**	**309**	**23,9**	**26**	**85**	**229**	**7**		**5513**	**369**	**6,7**	**47178**	**45067**	**95,5**

Таблица 3. **Качество воды водоёмов II категории водопользования за 2012-2016 гг.**
(% проб воды, не отвечающих гигиеническим нормативам)

Территория	По санитарно-химическим показателям					По микробиологическим показателям				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
Республика Адыгея	0	1,2	5,7	10,0	7,8	4,7	2,7	10,6	1,4	1,9
Астраханская область	4,7	4,9	2,8	1,9	0,1	17,6	3,0	1,2	16,1	10,1
Волгоградская область	26,6	14,8	9,0	8,7	14,1	29,0	15,47	21,1	14,0	18,2
Республика Калмыкия	46,3	24,0	37,0	61,6	63,1	39,6	29,7	32,8	33,1	37,0
Краснодарский край	27,3	27,5	34,4	22,1	2,6	17,3	16,4	14,2	19,1	13,5
Республика Крым			33,3	19	0			93,4	24,5	0
г.Севастополь			–	–	–			–	–	–
Ростовская область	47,3	35,4	50,4	41,4	42,2	42,7	41,2	33,7	35,4	42,1

В отчетном году высокие показатели химического загрязнения воды в зонах рекреаций и черте населённых мест регистрировались в республике Калмыкия, Ростовской области, Волгоградской области. По микробиологическим показателям регистрируется высокое загрязнение в Ростовской области, республике Калмыкия, Волгоградской области и Краснодарском крае. Ухудшилось состояние поверхностных водных объектов по микробному загрязнению Волгоградской области, республике Калмыкия, Ростовской области.

По-прежнему основными источниками загрязнения морской среды остаются неочищенные и недостаточно очищенные сточные воды, сбрасываемые по глубоководным выпускам, находящимся в неудовлетворительном санитарно-техническом состоянии (Краснодарский край), с неэффективно работающих очистных сооружений канализации. 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 и Азовского морей (табл. 4).

Наиболее высокий уровень химического и микробного загрязнения морской воды ежегодно регистрируется в Ростовской области (в Таганрогском заливе превышение по микробиологическим показателям за счёт незначительной глубины прибрежной части залива и интенсивного прогрева воды в летний период).

Таблица 4. **Качество морской воды в зонах рекреации за 2012-2016 гг.**
(% проб воды, не отвечающих гигиеническим нормативам*)*

Территория	По санитарно-химическим показателям					По микробиологическим показателям				
	2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015
Ростовская область	83,2	64,8	91,8	98,2	100,0	86,1	80,6	61,5	28,2	57,2
Краснодарский край	0,8	0,2	0,2	0,2	1,3	4,7	3,0	5,0	4,8	4,5

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 Ростовской области основным источником водоснабжения населения является – р. Дон, р. Северский Донец, р. Миус, р. Кундрючья, оросительные каналы (74 %), в республике Калмыкия – р. Волга, водохранилище Чограй, оросительные каналы, в Астраханской области – реки Волга и Ахтуба, в Краснодарском крае – ручей Кепша, р. Кубань, р. Казачий Ерик и р. Уруп.

Подземные воды для водоснабжения населённых мест в большей степени, чем вода поверхностных водоемов используются в Краснодарском крае, Волгоградской области и республике Адыгея.

Всего на территории ЮФО эксплуатируется около 4220 водопроводов, 90,0 % которых находится во 2 и 3 группе санитарно-эпидемиологического благополучия, т.е. имеют неудовлетворительное санитарно-техническое состояние, не обеспечивают подачу населению доброкачественной питьевой воды, не имеют зон санитарной охраны и др.. Отсутствуют очистные сооружения водопровода и не осуществляется обеззараживание на водопроводах Ленинского, Котельниковского, Новоаннинского, Старополтавского, Светлоярского и Иловлинского районов Волгоградской области.

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 республике Калмыкия, Волгоградской области из-за отсутствия доброкачественных источников водоснабжения, из-за крайне изношенных водопроводных сетей (70 – 100 %), малой мощности водопроводов и др., где питьевая вода подаётся по жёсткому графику (республика Калмыкия). Аналогичная ситуация отмечается в ряде населённых пунктов Ростовской области, а также других территориях округа.

В целом по ЮФО привозной водой обеспечивается 0,9 % населения, в республике Калмыкия – 7,8 %, в Ростовской области – 1,9 %, в Краснодарском крае – 0,4 %, Волгоградской области – 0,3 %, в республике Крым – 0,2 % и в Астраханской области – 1,6 %. Непосредственно из поверхностных водных объектов без очистки и обеззараживания подается вода в Астраханской области – 10,7 % населения, Ростовской и Волгоградской областях – по 0,2 %, республике Крым – 0,1 % населения.

Неудовлетворительное санитарно-техническое состояние водопроводных сетей приводит к частым аварийным ситуациям на них. В целом на централизованных системах водоснабжения субъектов ЮФО за прошедший год было зарегистрировано 67181 аварий, 88,4 % которых было устранено в первые сутки, остальные во 2 – 3 и более суток. В населённых пунктах ЮФО необходимо заменить от 30 до 90,0 % водопроводной сети от общей её протяжённости в связи с высокой степенью износа. Замена вышедших из строя водопроводных сетей во всех территориях проводится крайне медленными темпами. Ежегодно меняется в населённых пунктах ЮФО всего от 1,0 до 2,9 % водопроводных сетей от общей их протяженности (табл. 5).

Неудовлетворительное санитарно-техническое состояние водопроводных сооружений и сетей, отсутствие необходимого набора очистных сооружений, высокая степень изношенности (60 – 100 %) водопроводных сетей и низкая их санитарная надежность, медленная замена вышедших из строя сетей, частые аварийные ситуации на них, перебои в подаче питьевой воды или подача её по графикам и др. приводят к вторичному загрязнению питьевой воды по микробиологическим показателям (табл. 6).

Таблица 6. **Качество питьевой воды в водопроводной сети централизованных систем водоснабжения за 2012-2016 гг.**

(% проб воды, не отвечающих гигиеническим нормативам)

Территория	По санитарно-химическим показателям					По микробиологическим показателям				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
Республика Адыгея	0,8	0,6	0,5	0,6	0,8	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3
Астраханская область	2,6	1,0	0,7	0,98	1,4	6,0	5,5	1,1	0,9	0,5
Волгоградская область	14,7	13,6	58,8	9,1	6,3	8,2	9,0	7,45	7,26	11,3
Республика Калмыкия	28,5	25,8	43,3	36,8	47,4	10,6	4	6,2	6,5	3,8
Краснодарский край	1,0	3,9	3,9	4,4	3,2	0,7	0,4	0,6	0,6	0,6
Республика Крым	–	–	3	2,3	4,1	–	–	1,7	1,6	1,7
г. Севастополь	–	–	12,5	2,7	0,2	–	–	0	0,2	0,4
Ростовская область	41,4	33,5	31,7	30,7	30,1	4,3	3,3	2,8	2,9	2,9

Таблица 5. **Состояние водоснабжения субъектов ЮФО в 2016 году**

Территории	Количество населения всего	из них обеспечены				Общее количество водопроводов (только для населения)	В том числе		Количество водопроводов по группам сан. эпид. благополучия			% III группы водопроводов	Производительность водопроводов для населения м3/сут.	ЗСО		Протяженность уличных водопроводных сетей в км	Прирост водопроводных сетей, км	Ремонт водопроводных сетей			Кол-во аварийных ситуаций на водопроводах	Количество аварий устранено	
		% охвата центр. водос-м	% охвата колодез. водосн.	% охвата привозной водой	% населения обеспеч. непосредственно из рек, озер и др. без очистки и обеззар.		Коммунальные	Ведомственные	I	II	III			Количество водопроводов, обеспеч. ЗСО	Кол-во водопр, на которых ЗСО организованы в отчетном году			Необходимо заменить или отремонтировать сетей в км	План ремонта сетей в км	Фактически заменено и отремонт. в км		1 сутки	%
Адыгея	451480	80,2	19,8	0,0	0,0	179	87	71	65	114	0		3190,0	350		3371,0	0,8	2115,0	1,8	1,8	0		
Астраханская обл.	1 018 626	89,2		0,1	10,7	31	31	0	23	8	0		64800,0	29	1	1848,0	3,2	640,0	20,0	5,0	2214	2206	99,6
Волгоградская область	2 545 227	93,7	5,7	0,3	0,2	503	465	30	20	353	130	25,8	687000,0	282	5	5337,5	119,0	1301,0	463,6	814,2	2873	2799	97,4
республика Калмыкия	272 488	76,2	15,9	7,8		51	49	2	1	27	23	45,1	126000,0			929,0	12,0	600,0	100,0	27,0	317	317	100,0
Краснодарский край	5 485 545	97,3	2,3	0,4	0,0	1 481	1 091	390	543	933	5	0,3	431517,9	1235	26	24824,8	234,7	839,0	1205,5	499,5	13141	12923	98,3
Республика Крым	2 322 991	94,2	5,6	0,2	0,1	790	776	14	356	254	180	22,8	190000,0	16	2	541,0	12,0	290,0	2,0	4,0	570	570	100,0
Ростовская область	4 246 308	93,1	4,8	1,9	0,2	1185	1035	151	255	843	89	7,5	3105100,0	1050	7	18942,7	227,2	6532,0	1032,9	243,6	48 066	40 565	84,4
Всего по ЮФО	**16342665**	**93,9**	**4,5**	**0,9**	**0,8**	**4 220**	**3534**	**658**	**1263**	**2532**	**427**	**10,1**	**4607607,9**	**2962**	**41**	**55794,0**	**608,9**	**12317,0**	**2825,8**	**1595,1**	**67181**	**59380**	**88,4**

Наиболее высокие значения показателя бактериального загрязнения питьевой воды в водопроводной сети регистрируется в Волгоградской области, республике Калмыкия, Ростовской области; химического загрязнения – в республике Калмыкия и Ростовской области.

Таблица 7. **Качество питьевой воды на выходе из резервуаров (**водонапорных башен) **централизованных систем водоснабжения за 2012-2016 гг.**

Территория	По санитарно-химическим показателям					По микробиологическим показателям				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
Республика Адыгея	-	-	данные не представлены						-	-
Астраханская область	-	-							-	-
Волгоградская область	-	-							-	-
Республика Калмыкия	-	-							-	-
Краснодарский край	7,0	5,0	2,27	2,1	2,2	0,9	0,6	0,6	0,5	0,7
Республика Крым	-	-	3	2,5	0,8	-	-	3,2	2,2	0,6
г. Севастополь	-	-	13,3	0	0	-	-	0	0	0
Ростовская область	34,7	37,7	40,8	37,8	34,9	2,0	2,1	2,3	1,7	2,3

Качество подземных вод, используемых для нецентрализованного водоснабжения, в силу природных гидрогеологических условий не отвечает гигиеническим нормативам по химическим показателям, в основном по показателям минерализации, нитратам и др., а также в связи с антропогенным загрязнением – по микробиологическим показателям (табл. 8).

Таблица 8. **Состояние нецентрализованного водоснабжения населённых мест территорий ЮФО за 2014-2016гг.**

Территории	Количество колодцев общественного пользования	из них		% проб воды не отвечающий гигиеническим нормам по химическим показателям.			% проб воды не отвечающий гигиеническим нормам по микробиолог. показателям		
		находятся в неуд. сан.-тех.состоянии	%	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Республика Адыгея	119	9	8,4	3,7	4,4	3,2	2,0	2,8	0,0
Астраханская область	–	–	–	12,5	55,6	–	0,0	0,0	
Волгоградская область	315	30	11,9	16,4	57,7	100,0	33,3	12,3	0,0
Республика Калмыкия	130	54	38,7	50,6	46,6	48,2	31,1	19,4	15,7
Краснодарский край	333	2	1,4	10,9	11,2	15,6	13,1	18,0	17,2
Республика Крым	49	17				22,5			18,3
Ростовская область	762	113	6,2	54,9	54,4	48,0	21,3	21,9	21,7
Средний показатель по ЮФО	**1708**	**225**	**13,2**	**26,9**	**–**	**33,1**	**17,5**	**–**	**17,1**

За выявленные нарушения санитарного законодательства в части обеспечения населения доброкачественной питьевой водой и охраны поверхностных водных объектов к административной ответственности в субъектах ЮФО было привлечено 981 юридическое и должностное лицо, наложено штрафов на общую сумму 7 млн 607 тыс. 400 рублей, вынесено 13 предупреждений, подготовлено 446 предписаний должностного лица об устранении выявленных нарушений санитарного законодательства и др. (табл. 6).

Таблица 9. **Деятельность учреждений госсанэпиднадзора ЮФО по разделам водоснабжения и охраны водных объектов за 2016г.**

Наименование территории	Водоснабжение				Водоотведение			
	количество штрафов	сумма штрафов	количество предупреждений	количество предписаний	количество штрафов	сумма штрафов	количество предупреждений	количество предписаний
Республика Адыгея	9	93000	0	9	2	20000	0	2
Астраханская область	48	135600	2	20	20	28000	2	8
Волгоградская область	100	779100	4	56	1	500	0	1
Республика Калмыкия	19	199000	2	20	0	0	1	1
Краснодарский край	314	2415100	1	116	29	174000	0	34
Республика Крым	88	578500	1	56	10	64000	0	8
Ростовская область	295	2683400	0	85	46	437200	0	30
Всего по ЮФО	**873**	**6883700**	**10**	**362**	**108**	**723700**	**3**	**84**

В целях улучшения состояния водоснабжения и водоотведения населённых пунктов и обеспечения эпидемиологического благополучия населения субъектов ЮФО необходимо:

- - реализовать требования Федерального закона от 07.12.2011 №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» в полном объеме в части обеспечения населения доброкачественной питьевой водой, организации производственного лабораторного контроля и др.;
- обеспечить выполнение региональных программ и планов мероприятий, направленных на улучшение состояния водоснабжения и водоотведения населенных пунктов, качества питьевой воды и сточных вод,
- 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 производственный лабораторный контроль качества питьевой и сточных вод на всех объектах водопроводно-

канализационного хозяйства в полном объёме в соответствии с требованиями документов санитарного законодательства;

- решать вопросы строительства и реконструкции очистных сооружений водопровода, канализации и разводящих сетей в населённых пунктах субъектов ЮФО;
- внедрять современные технологии, эффективные реагенты по очистке и обеззараживанию питьевых и сточных вод;
- обеспечить эффективное обеззараживание питьевой и сточных вод на водопроводных и канализационных сооружениях, где не обеспечивается их эпидемиологическая безопасность и регистрируется высокое микробное загрязнение (республика Калмыкия, Ростовская, Волгоградская и Астраханская области);
- обеспечить организацию зон санитарной охраны 1 пояса источников водоснабжения и водопроводных сооружений в соответствие с требованиями документов санитарного законодательства;
- 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.

УДК 628.166

ВЛИЯНИЕ РН ВОДЫ ЕДКО-НАТРОВОГО УМЯГЧЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ СОЛЕЙ ЖЕСТКОСТИ И ОСТАТОЧНОГО АЛЮМИНИЯ

Н.И. Чепкасова, Р.В. Федотов, Л.Н. Фесенко
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия
С.И. Игнатенко
ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск, Россия

Рассмотрено влияние pH среды на протекание процессов едко-натрового умягчения донской воды для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения воды. Представлены результаты лабораторных исследований, определены оптимальные значения pH для процессов умягчения воды.

Река Дон в нижнем течении является основным источником питьевого водоснабжения наиболее крупных городов Ростовской области, таких как Ростов-на-Дону, Таганрог, Новочеркасск, Азов. Численность населения в этих городах составляет 47 % от общей численности жителей Ростовской области. При этом качественный состав нижнего течения реки Дон в течение длительного периода времени года отличается повышенным

содержанием солей жесткости до 12 °Ж (в среднем 8 – 9 °Ж). Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 общее количество солей жесткости должно быть менее 7 °Ж, в отдельных случаях при согласовании допускается 10 °Ж [1]. При этом следует отметить, что разработка проектных решений по реконструкции действующих или строительству новых водоочистных комплексов в нижнем течении р. Дон влечет за собой необходимость предусматривать мероприятия по кондиционированию воды по такому показателю как жесткость.

Технологии очистки воды на существующих очистных сооружениях, как правило, обеспечивают три основных процесса водоподготовки: осветление, фильтрование и обеззараживание, не предусматривают умягчения воды.

В связи с наличием данной проблемы были рассмотрены существующие методы умягчения воды, их достоинства, недостатки, описанные в [2]. Среди них наиболее подходящим по карбонатно-кальциевому составу воды для р. Дон является метод едко-натрового умягчения воды, заключающийся в добавлении в исходную обрабатываемую воду щелочного реагента – едкого натра $NaOH$. Метод достаточно прост при внедрении и в процессе эксплуатации, в частности за счет контролирования процесса современными системами АСУТП. Совместно с $NaOH$ в воду было предложено добавлять коагулянт оксихлорид алюминия (ОХА) $Al_2(OH)_5Cl$ для интенсификации процессов осаждения взвеси. Свойства данного коагулянта и возможность его применения в методе едко-натрового умягчения описаны в работе [3].

Соли жесткости в воде представлены соединениями солей Ca^{2+} и Mg^{2+}. При добавлении едкого натра повышается pH воды и протекают следующие реакции:

$$Ca^{2+}+CO_3^{2-}=CaCO_3\downarrow$$

$$Mg^{2+}+OH^{-}=Mg(OH)_2\downarrow.$$

Образование $CaCO_3$ обусловлено наличием в исходной воде гидрокарбонат-ионов HCO_3^-, которые в щелочной среде переходят в форму CO_3^{2-}. Присутствие в воде гидрат-ионов OH^- напрямую связано с введением щелочного реагента. Чем выше pH среды, тем интенсивнее будет происходить образование осадка, но и больше расход щелочного реагента.

В подтверждении теоретических основ были проведены лабораторные исследования на водопроводной воде города Новочеркасск по влиянию pH среды на процессы снижения жесткости.

На момент начала исследования исходная вода имела следующий состав: pH = 8,14, температура t = 23,5 °C, жесткость общая ($Ж_{общ}$) = 6,85 мг-экв./дм^3, кальций (Ca^{2+}) = 3,8 мг-экв./дм^3, магний (Mg^{2+}) = 3,05 мг-экв./дм^3, щелочность (HCO_3^-) = 3,45 мг-экв./дм^3.

Исследования проводили в следующей последовательности: в колбу с пробой объемом 0,5 л, стоявшей на магнитной мешалке, помещали pH-метр. В колбу добавляли едкий натр с доведением pH до различных значений, после вводили коагулянт ОХА в количестве 1,5 мл и флокулянт Praestol 650 объемом 1 мл. В течение последующих 3 мин раствор перемешивали подачей воздуха.

На рисунке 1 показана зависимость изменения pH среды от вводимой дозы едкого натра.

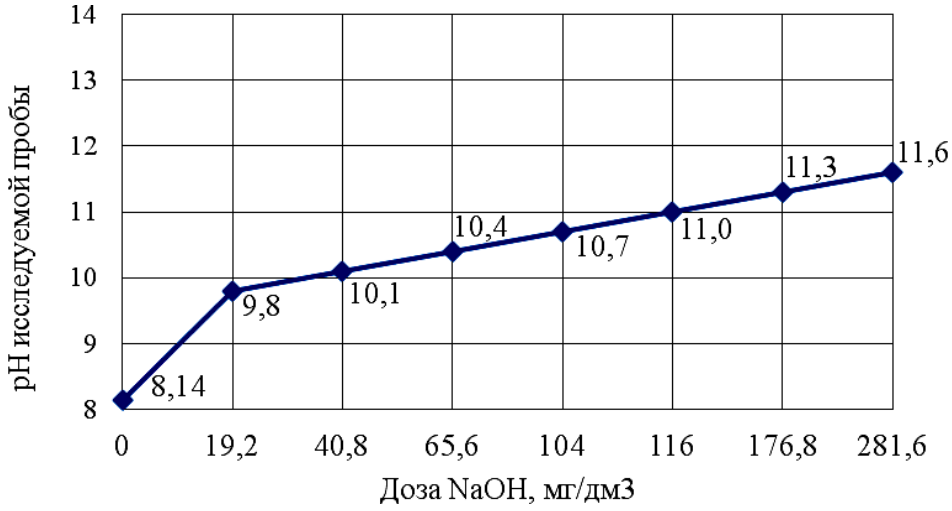


Рисунок 1. **Зависимость изменения pH среды от вводимого в исследуемую воду щелочного реагента**

В каждой пробе определяли жесткость общую, кальциевую и магниевую, щелочность и концентрацию остаточного алюминия, полученные результаты приведены на рисунках 2,3.

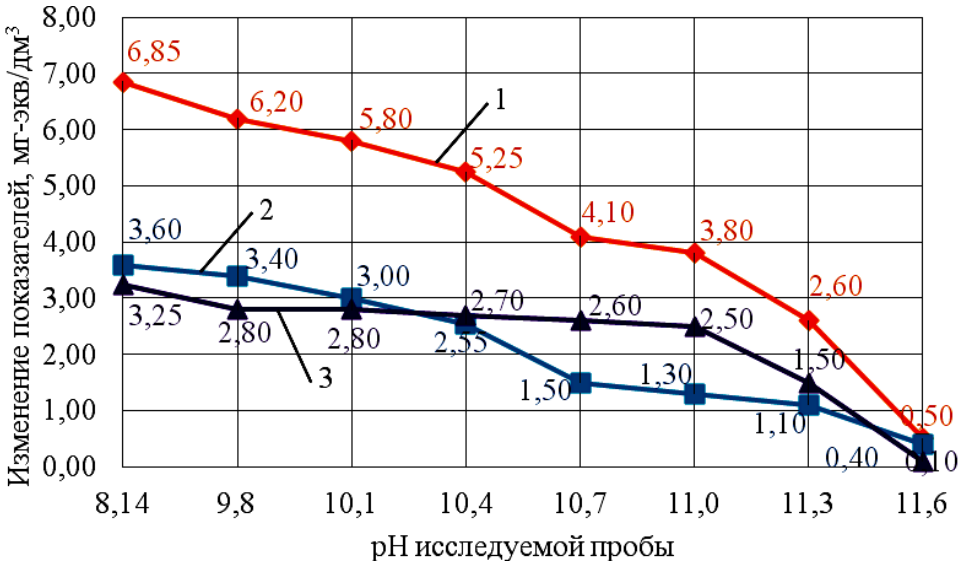


Рисунок 2. **График изменений общей, кальциевой и магниевой жесткости исследуемой воды в зависимости от pH среды:**
1 – жесткость общая, 2 – Ca^{2+}, 3 – Mg^{2+}

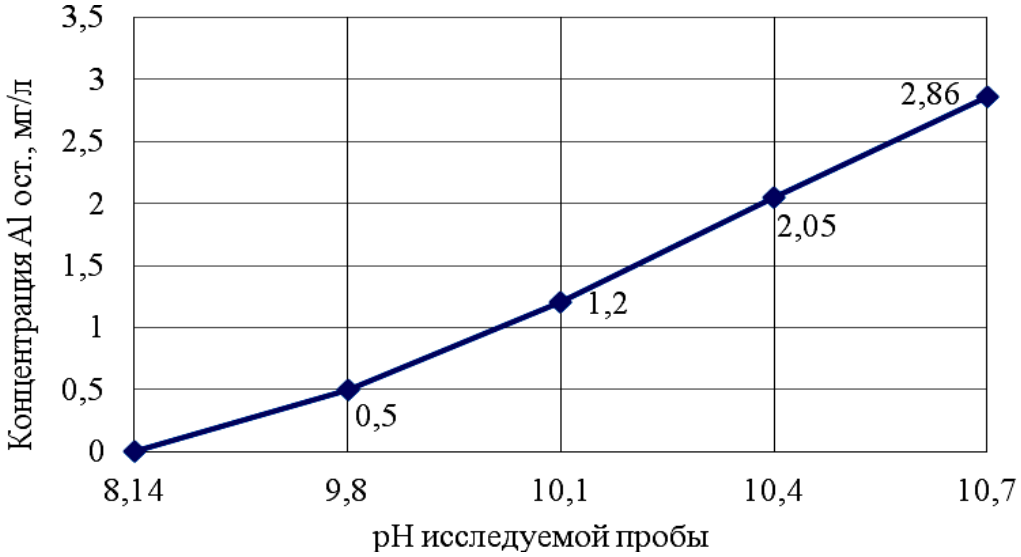


Рисунок 3. **График зависимости концентрации остаточного алюминия от pH исследуемой воды**

Согласно приведенным данным концентрация алюминия резко увеличивается с повышением pH. Это связано с тем, что при добавлении в воду ОХА происходит гидролиз с образованием гидроксида алюминия – малорастворимого соединения, выпадающего в осадок при pH = 5 – 11 и свободных ионов H^+ и Cl^-:

$$2Al_2(OH)_5Cl+2H_2O=4Al(OH)_3+2H^++2Cl^-,$$

но, при pH обрабатываемой воды больше 8,5 единиц гидроксид алюминия начинает переходить в форму алюминат-иона $\left[Al(OH)_4\right]^-$, растворимого в воде, что ведет к увеличению концентрации остаточного алюминия в воде.

$$Al(OH)_3+2H_2O=[Al(OH)_4]^-+2H_2O.$$

Проблема повышенной концентрации остаточного алюминия решается подкислением воды соляной кислотой и доведением водородного показателя до $pH_{равн}$, с целью стабилизационной обработки воды и доведения показателей качества до требований СанПиН 2.1.4.1074-01 [1]. Реакция образования гидроксида алюминия выглядит следующим образом:

$$[Al(OH)_4]^-+HCl=Al(OH)_3+H_2O+Cl^-.$$

В лабораторных исследованиях учитывались небольшие погрешности измерений pH-метра. Поскольку эффективное удаление солей жесткости начинается после pH = 11, были проведены исследования в диапазоне pH = 11,2 – 12,0, результаты которых представлены на рисунке 4.

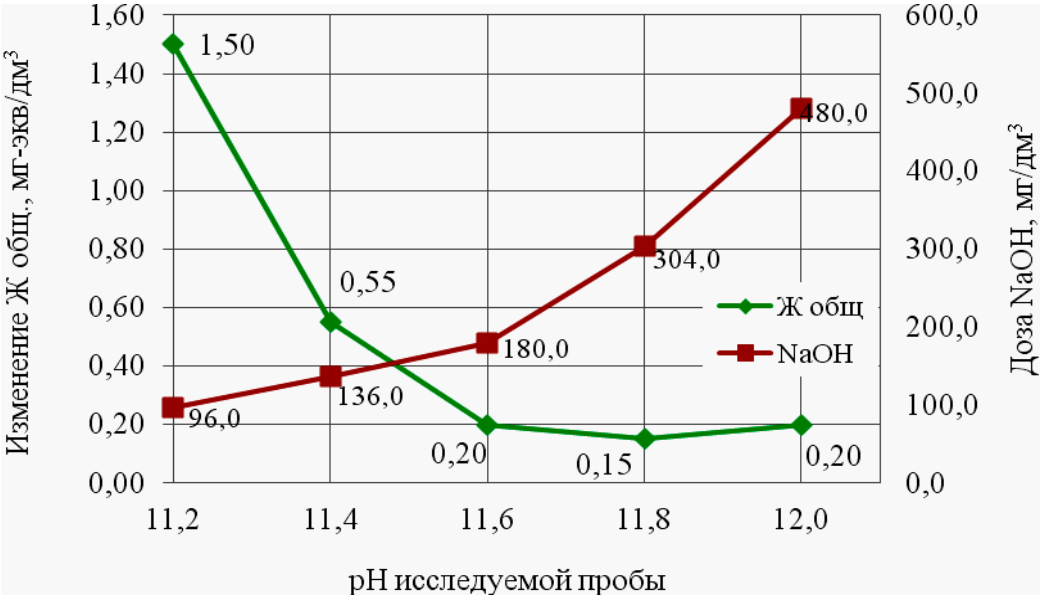


Рисунок 4. **График изменений концентрации общей жесткости и дозы едкого натра в зависимости от изменений pH исследуемой воды**

Из графика видно, что максимальная эффективность удаления солей жесткости происходит при *pH* = 11,6 – 11,8. При этом доза едкого натра достигает 304 мг/дм^3.

ВЫВОДЫ

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. для доведения показателей общей жесткости воды до нормативных значений, в целях экономии реагентов достаточно проводить умягчение при *pH* = 11,0 – 11,3;
2. концентрация остаточного алюминия при использовании в качестве коагулянта ОХА в умягченной воде достигает 2,5 – 3,0 мг/дм^3, но при дальнейшем смешении потоков и стабилизационной обработке воды содержание алюминия снижается до нормативных значений;
3. при жесткости исходной воды 9,0 °Ж на умягчение необходимо направлять 25 % общего расхода воды, поступающего на очистные сооружения, а при 10,0 – 11,0 °Ж до 40 %, что не всегда целесообразно поскольку такие величины фиксируются в течение 2 – 3 дней в году.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».
2. Игнатенко С.И. Технологические и проектные решения реконструкции сооружений очистки воды нижнего течения р. Дон. / А.Ю. Черкесов, Л.Н. Фесенко, И.В. Пчельников, Р.В. Федотов. // Технологии очистки

воды «ТЕХНОВОД-2016»: материалы IX Межд. науч.-практ. конф.; г. Ростов-на-Дону, 5 – 7 октября 2016г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. (НПИ) имени М.И. Платова. Новочеркасск: Лик, 2016. С. 75–85.
3. Фесенко Л.Н. Исследования эффективности коагулянта оксихлорида алюминия в технологии едко-натрового умягчения донской воды для хозяйственно-питьевых целей. / С.И. Игнатенко. Н.И. Чепкасова, Р.В. Федотов, С.В. Гетманцев. // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2016»: материалы IX Межд. науч.-практ. конф.; г. Ростов-на-Дону, 5-7 октября 2016г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. (НПИ) имени М.И. Платова. Новочеркасск: Лик, 2016. С. 85–92

УДК 621.43.032.8+626.834

ПОЛИМЕРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ И ЗАПОРНАЯ АРМАТУРА В ТЕХНОЛОГИЯХ ВОДОПОДГОТОВКИ ГЕНЕРИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ

А.В. Князев, А.Л. Бабичев
ООО «Алиаксис инфраструктура и промышленность»,
г. Ростов-на-Дону, Россия

Приведены основные виды полимеров компании FIP (Италия), которые успешно себя зарекомендовали в различных технологических процессах как химически стойкий и прочный материал трубопроводов и запорно-регулирующей арматуры.

В современной промышленности все более популярным становится применение технологических трубопроводов, изготовленных из различных полимеров. Данный факт обусловлен неоспоримыми преимуществами полимерных материалов в сравнении с традиционно используемыми материалами по целому ряду свойств. В первую очередь это:

- высокое сопротивление химически агрессивным средам;
- отсутствие коррозии и отложений на стенках, влияющих на чистоту транспортируемых жидкостей;
- долгий срок службы (до 25 лет);
- малый вес и простота монтажа;
- отсутствие затрат на обслуживание;
- сравнительно низкая цена.

Широкое применение полимерные трубопроводы находят и в процессах водоподготовки генерирующих станций. Деминерализованная и деионизированная вода, кислотные растворы и концентрированная серная кислота – основные среды, транспортируемые по полимерным трубопроводам в цехах ХВО станций. Традиционно используемые ранее для этих целей металлические трубы вызывали массу нареканий в отношении их коррозионных свойств и загрязнения среды, а также

недолгого срока службы, особенно при применении на слабокислых растворах. В то же время качественная металлическая запорно-регулирующая арматура доступна на рынке по ценам в 2,5 – 3 раза превышающим стоимость полимерной арматуры аналогичного уровня качества.

Таким образом, интерес к трубам и арматуре из полимеров закономерно продолжает расти, и при строительстве новых мощностей и модернизации уже существующих технологических трубопроводов предприятия учитывают уже имеющийся опыт и стараются найти новые способы, позволяющие минимизировать будущие затраты и избавиться от ряда старых проблем.

В данной статье мы хотели бы познакомить заинтересованных специалистов с основными критериями выбора различных видов полимеров как материала проектируемых трубопроводов, а также с особенностями применения основных видов полимерной запорно-регулирующей арматуры. В качестве источников необходимой информации мы используем материалы действующих норм и данные компании FIP S.p.a., Италия, наиболее успешного производителя полимерных трубопроводных систем.

Существует шесть основных видов полимеров, используемых для производства трубопроводного оборудования:

- полиэтилен (лат. аббр. PE);
- поливинилхлорид (UPVC);
- акрилонитрил-бутадиен-стирол (ABS);
- хлорированный поливинилхлорид (PVCC);
- полипропилен гомополимер (PPH);
- поливинилиденфторид (PVDF).

Все они имеют различный набор свойств и различную стоимость. Характеристики полимеров как сырья для производства трубопроводного оборудования промышленного назначения определены нормами ISO, которые во многом отличаются от норм, предусмотренных для полимеров, используемых в других областях применения. Дело в том, что вышеперечисленные полимеры в различных модификациях могут использоваться и в производстве наружных трубопроводов, и трубопроводов, предназначенных для строительства инженерных сетей зданий – продукции, доступной на строительном рынке. Однако здесь и далее мы будем рассматривать особенности применения полимерных трубопроводов промышленного назначения с их частными характеристиками, особым ресурсом надежности и собственной номенклатурой арматуры и фитингов, предназначенных специально для технологических целей.

При выборе материала проектируемого трубопровода рассматривается следующая совокупность параметров эксплуатации

трубопроводной системы:

- Тип транспортируемой среды, ее концентрация
- Диапазон температур
- Максимальное рабочее давление
- Эксплуатация внутри/снаружи помещения.

Тип и концентрация транспортируемой среды. Различные полимеры в большинстве случаев обладают разной химической стойкостью по отношению к одним и тем же средам, поэтому при подборе материала трубопровода рекомендуется обращаться к данным таблиц химической стойкости полимеров. Таблицы химической стойкости отражают степень устойчивости полимеров к вступлению в реакцию с различными химическими соединениями с учетом сочетания концентрации этих соединений и величины рассматриваемых температур.

Таблица. **Диапазон температур**

	ПЭ	**ПВХ**	**ХПВХ**	**АБС**	**ПП**	**ПВДФ**
Диапазон температур	-40 ÷+70 °С	0 ÷ 60 °С	0 – 100 °С	-40 ÷+70 °С	0 ÷– 95 °С	-40 ÷+140 °С
Максимальное давление/ Диаметры	10 бар*	16 бар 16 – 450 мм	16 бар 16 – 225 мм ¼”-24”	15бар 16 – 315 мм	10 бар 16 – 800 мм	16 бар 16 – 400 мм
Способ соединения	сварка	склеивание	склеивание	склеивание	сварка	сварка
Основные преимущества	Коррозийная стойкость ко всем видам грунтов. Высокая механическая прочность (растяжение на разрыв от 350 до 800 %) и эластичность.	Огнестойкость. Высокая абразивная стойкость. Низкий коэффициент линейного расширения.	Огнестойкость. Высокая абразивная стойкость. Самый низкий коэффициент термического расширения среди термопластиков (6,7x10-5 m/m°C)	Лучшая ударная стойкость среди полимеров. Стоек к смазочным маслам. Низкий коэффициент гидравлического сопротивления. Особая гладкость внутренней стенки трубы; подходит для деионизированной воды. Используется как для жидкостей, так и для пневматических линий.	Самый низкий удельный вес. Высокая ударная вязкость. Лучшее соотношение химстойкость/цена.	Превосходная химическая стойкость и стойкость к гидролизу. Стабильность физико-механических показателей в диапазоне – 40°С ÷+120°С Радиационная стойкость и стойкость к УФ-излучению. Лучшая абразивная стойкость среди полимеров.
Недостатки	Слабая химическая стойкость по сравнению с другими полимерами. Самый большой коэффициент линейного расширения				Высокий коэффициент линейного расширения.	

Полная версия таблицы химической стойкости, разработанной на основе данных компании FIP находится в свободном доступе в интернете на сайте производителя FIP www.fipnet.com.

Как следует из таблицы, полимеры имеют различные диапазоны допустимых температур применения, в пределах которых материал сохраняет свои свойства, в первую очередь физические. Кроме этого, необходимо учитывать, что изменение температуры эксплуатации системы вызывает эффект линейной деформации, что требует соблюдения норм расстояния между опорами при монтаже трубопроводов. Эти нормы приведены в «Инструкции по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб СН 550-82», а также в различных справочных изданиях по монтажу полимерных трубопроводов.

*Максимальное рабочее давление***.** При эксплуатации полимерных трубопроводов обязательно принимается во внимание фактор влияния температуры транспортируемой среды на величину максимального рабочего давления. В диапазоне до +35 °С значение допустимых давлений соответствует заявленному PN, далее с увеличением температуры величина максимального рабочего давления снижается.



Рисунок 1. **Механическая прочность различных полимеров от температуры окружающей среды**

Данные значения должны быть учтены для обеспечения длительного срока службы трубопровода (25 лет и более). Тем не менее, возможны и другие значения соотношений температуры и давления в расчете на 50, 25, 10 и 5 лет эксплуатации; в частности эти данные, содержатся непосредственно в каталогах продукции FIP.

Эксплуатация внутри/снаружи помещения. Выпускаемые для промышленности трубопроводы из полимеров предполагают, в первую очередь, эксплуатацию внутри помещений. Тем не менее, наружная прокладка полимерных труб допускается. Для этого трубопроводы

дополнительно защищают от воздействия негативного для полимеров (кроме PVDF) ультрафиолетового излучения с помощью слоя соответствующей изоляции или краской. Учитывая особую прочность ABS и широкий температурный диапазон применения, трубы из этого материала, как ни из какого другого, подходят для наружной прокладки при условии защиты от УФ излучения.

При эксплуатации трубопроводов в условиях отрицательных температур следует учитывать, что замерзание транспортируемой жидкости в трубопроводных системах из полимеров также недопустимо как и для металлических труб, поскольку ведет к разрушению трубопроводов. В связи с этим применение теплоизоляционного слоя или прокладка обогревающей трубы-спутника в необходимых для этого случаях неизбежны.



Рисунок 2. **Запорно-регулирующая арматура**

В основе конструкции запорно-регулирующей арматуры из полимеров главным образом используются принципы работы традиционной металлической арматуры, модифицированные с учетом характерных свойств пластиков и индивидуального опыта разработок и задач, решаемых заводами-изготовителями. Как результат, полимерная арматура обеспечивает не меньшую надежность по сравнению с металлическими аналогами, используемыми в аналогичных условиях, а зачастую и гораздо большую в силу отсутствия у полимеров коррозионных свойств.

Данные о сроке службы различных видов полимерной арматуры разных производителей, как правило, отличаются и зависят от конструктивных особенностей выпускаемого оборудования и качества исполнения. Срок службы запорной арматуры из полимеров определяется нормами EN ISO 16135 и EN ISO 16136, согласно которым количество

рабочих циклов для клапанов должно составлять не менее 5 000 при максимальном давлении, на воде t = 20 °С.

УДК 628.358 (043): 66.067

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ РАДИАЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ПРУДОВ ПО РАЗВЕДЕНИЮ ОСЕТРОВЫХ ПОРОД РЫБ

С.З. Тажиева
Астраханский инженерно-строительный университет, г. Астрахань, Россия
Н.С. Серпокрылов
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Предложен расчет радиальных фильтров по обработке вод рыбоводных предприятий, который определяет иной методологический подход. Принципиальным в нем является не максимально возможное удаление взвешенных веществ, как в большинстве процессов фильтрования, а минимально возможное их сохранение в очищенных водах, поскольку данные загрязнения в виде зоо- и фитопланктона являются кормом для рыб в пруду. Расчетным случаем является удаление аммонийного азота из прудовых вод, причем в течение периода повышенных температур, т. е. июль-август-сентябрь.

По данным гидрохимического мониторинга состава вод промышленных комплексов по разведению рыб в последнее время увеличивается содержание концентрации аммонийного азота и аммиака до 10 – 15 ПДК. Повышение аммонийного азота и аммиака в водах таких предприятий зависит от посадки рыб, продуктов их жизнедеятельности и от их кормления. Немаловажным фактором является активная среда pH, температура и перманганатная окисляемость, которые оказывают влияние на процесс эвтрофирования вод, влияют на продуктивность водоема и характер возникновения заразных болезней у рыб.

Базовая (стандартная) схема радиального фильтра (рис. 1, *а*) предусматривает фильтрование воды через загрузку толщиной Ω с постоянной (неизменяемой) пористостью материала n_0 и с переменной убывающей скоростью $u_ф^{уб}$ потока воды по радиусу фильтра от r_B до R. Изменение скорости фильтрования воды в пределах рекомендуемого интервала, установленного для радиальных фильтров при очистке подземных железосодержащих вод, по данной схеме пропорционально изменению площади сечения фильтра в направлении фильтрования, которая изменяется от $f_{вх} = 2\pi rBW$ в центральном (впускном) канале фильтра до конечной (выходной) величины $f_{вх} = 2\pi R\Omega$, где $\Omega = const$ – толщина слоя фильтрующего материала по радиусу фильтра, принимаемая в зависимости от требуемой производительности и количества фильтров. Площадь фильтрования потока воды в произвольном сечении (А–А) фильтра можно определить как $f_{(r)} = 2\pi r\Omega$ [5].

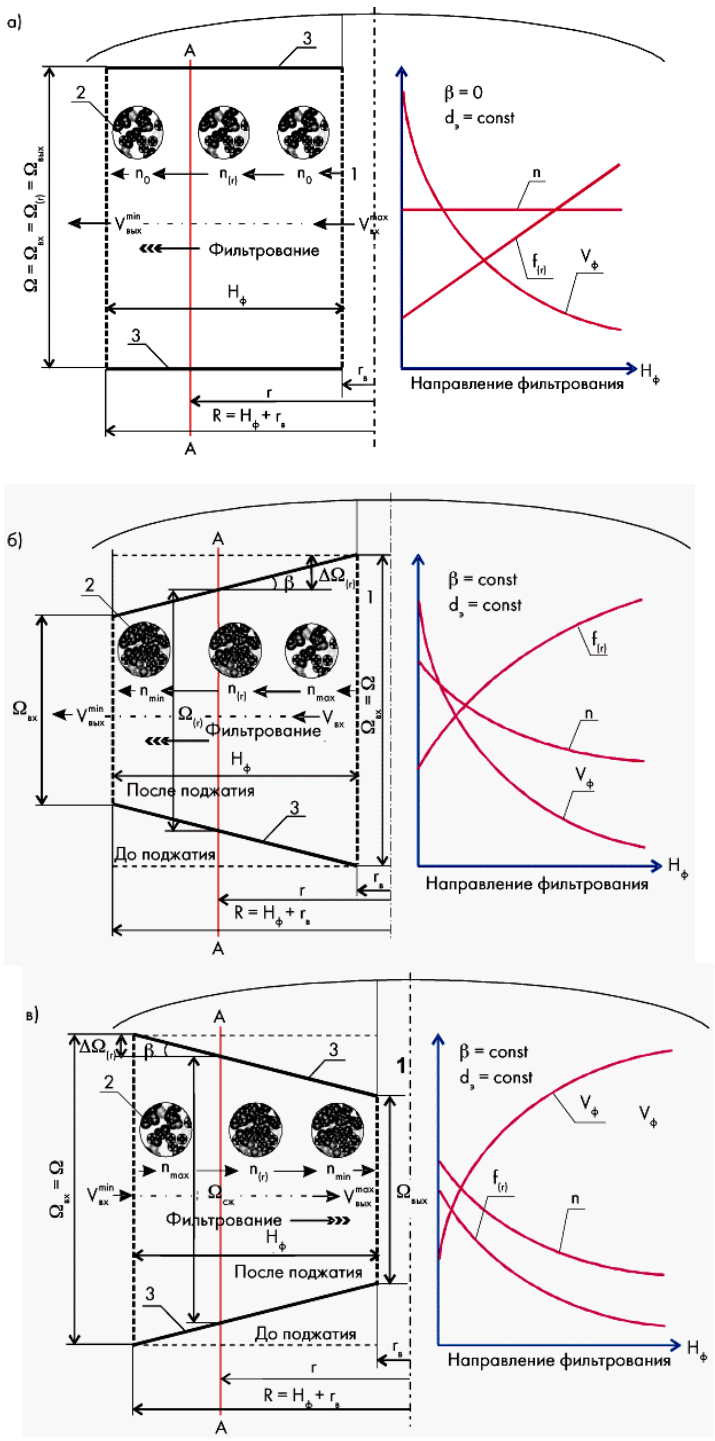


Рисунок 1. **Принципиальные технологические схемы радиальных фильтров:** *а, б* – фильтрование от центра к периферии; *в* – фильтрование от периферии к центру; *б, в* – с направленным регулированием пористости материала по направлению фильтрования

Радиальные фильтры с фильтрованием от центра к периферии и направленным формированием пористости материала по радиусу путем двухстороннего линейного поджатия слоя материала толщиной Ω (рис. 1, *б*) характеризуются изменением площади фильтрования по радиусу

фильтра от минимальной в центральном впускном канале $f_{вх} = 2\pi r_B \Omega$ до максимальной на выходе. Площадь сечения фильтра для произвольного значения радиуса фильтра r в зависимости от угла β двустороннего поджатия материала может быть представлена в виде**:**

$$f_{(r)}=2\cdot\pi\cdot r\left[(\Omega-2tg\beta(r-r_B)\right] \quad \textbf{(1)}$$

В радиальных фильтрах с направленным формированием пористости материала, двухсторонним линейным его поджатием (рис. 1, в) фильтрование потока воды осуществляется от периферии фильтра к его центру в направлении убывающей пористости материала, при этом характерной является максимальная входная площадь сечения для фильтруемого потока воды $f_{вх} = 2\pi R\Omega$, максимальная пористость фильтрующего материала и минимальная скорость фильтрования на входе. Изменение площади сечения фильтра для данной технологической схемы радиального фильтра в направлении фильтрования потока воды можно записать в следующем виде:

$$f_{(r)} = 2\cdot\pi\cdot R\left[(\Omega-2tg\beta(R-r)\right] \quad (2)$$

Следует отметить, что поджатие фильтрующего материала может быть и односторонним – в зависимости от конструкции фильтра и требуемой степени сжатия слоя материала для достижения необходимой его пористости. Сравнительная характеристика итоговой пористости материала в зависимости от способа поджатия приведена на рисунке 2.

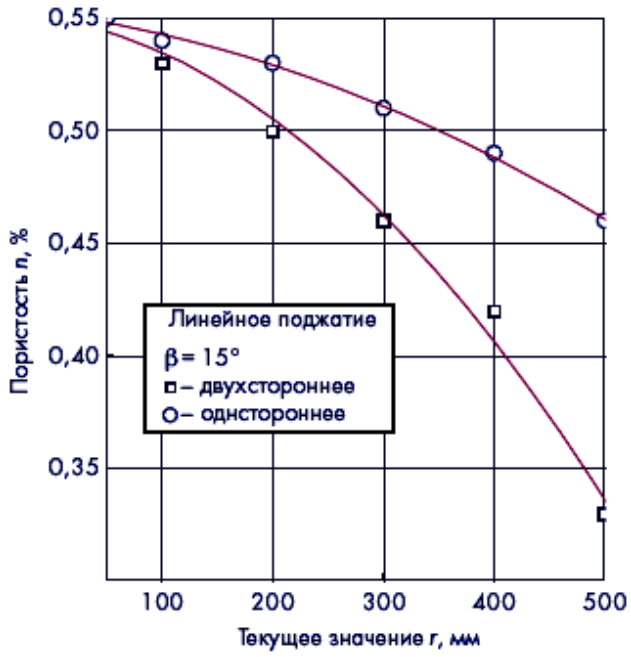


Рисунок 2. **Пористость фильтрующего материала при одно- и двухстороннем поджатии**

Характер изменения пористости фильтрующего материала в радиальных фильтрах зависит от конфигурации и геометрических параметров прижимных обечаек, направления и величины поджатия.

С учетом результатов, изложенных в [5], в обобщенном виде

распределение (изменение) пористости «мягких» фильтрующих материалов по радиусу радиальных фильтров можно представить в виде выражения:

$$\frac{d_n}{d_r} = 1 - \left(1 - n_0\right) \cdot \sigma_{(r)}, \qquad \textbf{(3)}$$

где n_0 – начальная пористость материала; σ – необходимая степень поджатия материала по радиусу фильтра для достижения требуемой его пористости, рассчитывается и зависит от исходной пористости материала, формы геометрических параметров прижимных обечаек.

В зависимости от типа и вида фильтрующих материалов и конструктивного оформления радиальных фильтров поджатие фильтрующей загрузки технически можно осуществлять разными способами, при этом поджатие материала и перевод его в свободное состояние согласуются с режимами нормального фильтрования и регенерации загрузки [1].

Целью расчета радиальных фильтров для очистки вод рыбоводных предприятий является определение необходимого их количества, наружного и внутреннего диаметров, количества и ширины зон, диаметров трубопроводов подвода и отвода исходных, очищенных и промывных вод, воздуха, размеры лотков и т. д. (рис. 3) [2-4].

Расчет радиальных фильтров по обработке вод рыбоводных предприятий имеет ряд особенностей, которые определяют иной методологический подход. Принципиальным в нем является не максимально возможное удаление взвешенных веществ, как в большинстве процессов фильтрования, а минимально возможное их сохранение (для предотвращения кольматации загрузки цеолитов) в очищенных водах, поскольку данные загрязнения в виде зоо- и фитопланктона являются кормом для рыб в пруду. Расчетным случаем является удаление аммонийного азота из прудовых вод, причем в течение периода повышенных температур, т. е. июль-август- сентябрь.

В зависимости от типа (стационарный, мобильный) установку следует изготавливать с учетом требования к габаритам перевозки для всех видов транспорта. Отсюда можно сделать вывод, что регламентирующими являются требования, предъявляемые железнодорожным транспортом, то есть L x B x $H = 6000$ x 3000 x 2750 мм с возможностью увеличения высоты по центральной оси продольного разреза.

В соответствии с результатами лабораторных и опытно-промышленных исследований, при использовании в качестве сорбента цеолита габаритные размеры фильтров определяются по вычисленной площади фильтров при скорости фильтрования 2 м/ч.

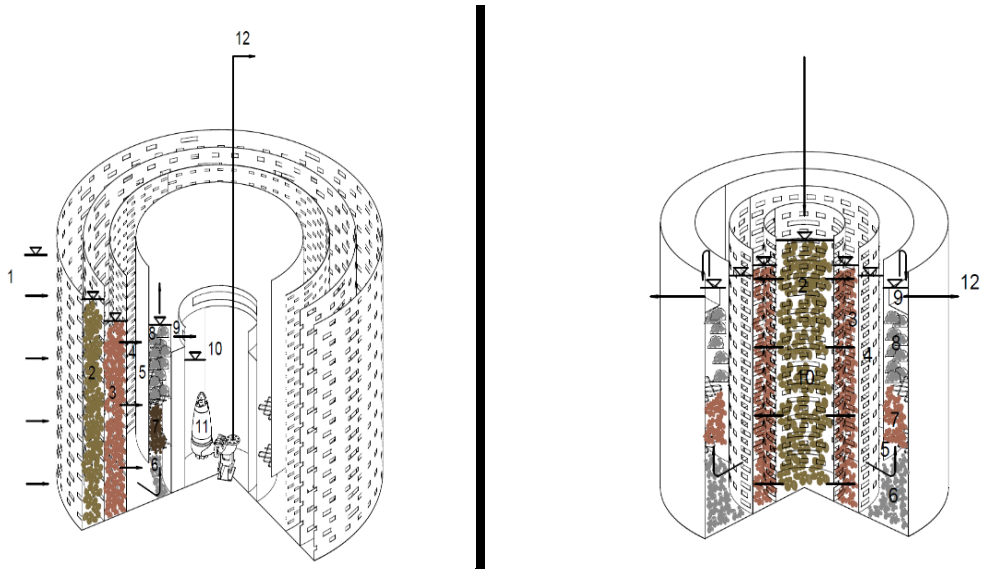


Рисунок 3. **Расчетные схемы радиальных фильтров для очистки вод рыбоводных предприятий:**

1 – рыбоводный пруд; 2 – первый по направлению движения воды фильтрующий слой с щебенчатой загрузкой фракцией 15–20 мм; 3 – второй по направлению движения воды фильтрующий слой с щебенчатой загрузкой фракцией 5–8 мм; 4 – дырчатые (щелевые) доходящие до дна цилиндрические перегородки; 5 – глухие не доходящие до дна цилиндрические перегородки; 6 – сорбционная камера, загруженная цеолитом, с восходящим потоком воды; 7 – поддерживающий слой из щебня, в котором размещены дырчатые трубы для водовоздушной промывки; 8 – цеолитовая загрузка в сеточных корзинах с заменой сорбента в течение сезона работы или без корзин при его замене после окончания сезона фильтрования; 9 – кольцевой съемный, подвижный в вертикальной площади сборный лоток очищенных вод; 10 – центральная труба фильтра; 11 – насос перекачки очищенной воды; 12 – сброс очищенной воды в пруд: r_1 – центральная труба; r_2 – сорбционная камера; r_3 – камера разделения направления движения потоков воды; r_4 – камера фильтрования с щебенчатой загрузкой фракцией 15–20 мм; r_5 – камера фильтрования с щебенчатой загрузкой фракцией 5–8 мм; r_6 – центральная труба с щебенчатой загрузкой фракцией 15–20 мм; r_7 – камера фильтрования с щебенчатой загрузкой фракцией 5–8 мм; r_8 – камера разделения направления движения потоков воды; r_9 – сорбционная камера

Рекомендуемые расчетные технические параметры фильтра-адсорбера:

- крупность зерен 2 мм, высота слоя 1200 мм;
- сорбционная емкость загрузки 40 г/кг;
- плотность по насыпному весу 1,2 т/м^3;
- защитный слой жидкости над загрузкой 0,3;
- загруженный в фильтр цеолит по высоте слоя сорбента используется до 80 % его сорбционной емкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боронина Л.В. Совершенствование технологии экологически безопасного водоотбора и методики расчета / Л.В. Боронина,

П. Н. Садчиков, С.З. Тажиева // Гидротехническое строительство. 2014. № 5. С. 37–43.
2. Боронина Л.В. Ресурсосберегающие технологии очистки питьевой воды: постановка проблемы и региональные особенности путей решения: монография / Л. В. Боронина, Г. Б. Абуова, С.З. Тажиева, А.Э. Усынина; под общ. ред. Л.В. Борониной. Волгоград: Волгоградское научное изд-во, 2012. С. 56 –90.
3. Серпокрылов Н.С. Модернизация технологии очистки воды в рыбоводных комплексах / Н.С. Серпокрылов, Л.В. Боронина, С.З. Тажиева // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: сб. трудов XV Междунар. межвуз. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 25–27 апреля 2012 г. М.: МГСУ, 2012. С. 712–714.
4. Боронина Л.В. Разработка технологии экологически чистого защитно-барьерного водоприемно-очистного комплекса для малых объектов водоснабжения / Л.В. Боронина, Н.С. Серпокрылов, С.З. Тажиева // Вестник Самарского арх.-строит. ун-та. Сер.: Градостроительство и архитектура. Самара, 2013. № 4. С. 19–21.
5. Дзюбо В.В. Водоочистные системы для индивидуального дома / В.В. Дзюбо, Л.И. Алферова, В.И. Черкашин // Сельское строительство. 1998. № 1. С. 35–37.

УДК 628.16.094.3; 628.167.069.84

ОЧИСТКА СЕРОВОДОРОДНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОД МЕТОДОМ ЖЕЛЕЗО-КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА В РЕАКТОРЕ С УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫМ РАЗДЕЛИТЕЛЕМ

Л.Н. Фесенко, С.А. Щукин
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия
А.Ю. Черкесов, С.И. Игнатенко
ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск, Россия

Рассмотрен вопрос очистки подземных сероводородных вод с целью обеспечения питьевой водой малых населённых пунктов, коттеджных поселков, частных домовладений. Предложена технология удаления сероводорода, основанная на методе железо-каталитического окисления сероводорода кислородом воздуха с ультрафильтрационным разделением очищенной воды и каталитической массы гидрооксида железа. Представлены физико-химические основы процесса очистки воды от сероводорода.

Российская Федерация страна с богатейшими запасами воды. В среднем по данным Института мировых ресурсов и Росгидромета на

одного жителя России приходится 29944 м^3/год речного стока, водообеспеченность на одного человека составляет 34,4 тыс. м^3/год. Статические запасы водных ресурсов, большая часть которых сосредоточена в озерах (26,5 тыс. км^3) и подземных (28,0 тыс. км^3) водах, составляют в целом 88,9 тыс. км^3/год. При всех этих колоссальных цифрах статистики, к сожалению, во многих регионах наблюдается недостаточное обеспечение пресной водой.

В общем объеме подаваемой питьевой воды 31 % занимают подземные воды, из них из-за отсутствия других, более пригодных источников водоснабжения, 60 % – сероводородные воды. Их добывают в Центральных областях Европейской части России, Карелии, Калининградской области, Сибири, Дальнего Востока, Северного Кавказа. Эти воды характеризуются естественным повышенным содержанием сероводорода (СВ). По данным Минстроя РФ каждый второй водопровод, использующий подземную воду, подает ее потребителям в некондиционном виде. Более 70 % малых населенных мест РФ не имеют централизованных систем водоснабжения и потребляют воду содержащую СВ.

Несмотря на накопленный обширный материал в области очистки воды от сероводорода [1–2, 4–7], интерес к этой проблематике не снижается, т.к. с развитием технологического прогресса требуется поиск новых решений, приоритетными среди которых являются экономически выгодные, доступные, простые и в то же самое время надежные в эксплуатации технологии, исключающие загрязнение окружающей среды сероводородом в процессе водоочистки.

Сероводород (H_2S) – бесцветный газ, имеющий характерный запах, обладает высокими коррозионными и токсичными свойствами, что вызывает зарастание и разрушение арматуры, емкостей, трубопроводов и т.д. Сероводород, как в больших, так и в малых концентрациях представляет опасность для здоровья человека и, как следствие, строго нормируется. Концентрация его в питьевой воде не должна превышать 0,003 мг/дм^3 [11].

Одним из перспективных и возможных направлений совершенствования технологий очистки природных сероводородных вод, по нашему мнению, является метод железо-каталитического окисления сульфидов кислородом воздуха в присутствии гидроксида железа (III) [3, 8]. Его суть заключается в связывании сероводорода в нерастворимый сульфид при добавлении в воду гидроксида железа (III):

$$3H_2S + 2Fe(OH)_3 \rightarrow 2FeS + S + 6H_2O, \quad (1)$$

$$3HS^- + 2Fe(OH)_3 + 3H^+ \rightarrow 2FeS + S + 6H_2O, \quad (2)$$

$$3HS^- + 2Fe(OH)_3 + 3H^+ \rightarrow Fe_2S_3 + 6H_2O, \quad (3)$$

$$3S^{2-} + 2Fe(OH)_3 + 6H^+ \rightarrow Fe_2S_3 + 6H_2O. \quad (4)$$

В слабокислой и нейтральной средах протекают реакции (1) и (2) с образованием сульфида железа FeS и серы, в нейтральной и щелочной – реакции (3) и (4) с образованием трисульфида железа Fe_2S_3. Образующийся сульфид железа отделяют от воды сепарированием (например, отстаиванием) и регенерируют продувкой воздухом:

$$4FeS + 3O_2 + 6H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3 + 4S, \quad (5)$$

$$2Fe_2S_3 + 3O_2 + 6H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3 + 6S. \quad (6)$$

Как следует из реакций (5, 6), процесс протекает с многократным использованием одного и того же гидроксида железа путем попеременного перевода его в FeS (Fe_2S_3) и $Fe(OH)_3$. Параллельно этому протекают и реакции каталитического окисления сероводорода кислородом воздуха в присутствии железа:

$$H_2S + 1/2O_2 \rightarrow S + H_2O,$$

$$HS^- + 1/2O_2 \rightarrow S + OH^-,$$

попеременно принимающего двух- и трехвалентное состояние:

$$4Fe^{2+} + O_2 + 2H^+ - \bar{e} \rightarrow 4Fe^{3+} + 2OH^-, \quad (7)$$

$$2Fe^{3+} + H_2S + \bar{e} \rightarrow 2Fe^{2+} + S + 2H^+.$$

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

Вариант технологической схемы десульфидизации методом железо-каталитического окисления представлен на рисунке 1 [13].

Экспериментально установлено, что оптимальными параметрами проведения процесса железо-каталитического окисления СВ кислородом воздуха являются [12–13]:

- pH = 6,5 ÷ 8,5 при связывании СВ гидроксидом железа;
- время пребывания очищаемой воды в смесителе 0,5 ч, в регенераторе 1 – 2 ч;
- требуемая концентрация $Fe(OH)_3$ для достижения полного связывания гидросульфидов равна трехкратной стехиометрической дозе гидроокиси железа, рассчитываемой по реакции (2);
- удельный расход воздуха для окисления сероводорода и регенерации гидроокиси железа – 60 м^3/м^3 очищаемой воды.

Вышеприведенная технология нашла свое применение и легла в основу ранее предложенной технологии очистки концентрированных (более 50 мг/л по H_2S) производственных сернисто-щелочных сточных вод от газоочистки при переработке нефти и газа [9].

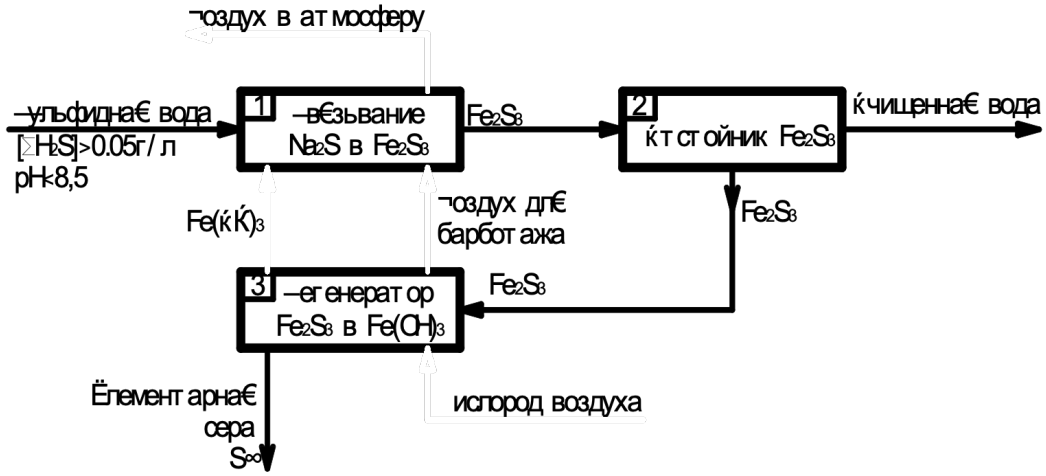


Рисунок 1. **Принципиальная схема с выносным регенератором в общем потоке десульфидизации методом железо-каталитического окисления:**
1 – реактор-смеситель; 2 – отстойник; 3 – реактор-регенератор

В условиях очистки природных сероводородсодержащих вод данная технология не рассматривалась, т.к. при концентрациях СВ менее 50 мг/л более экономичными и простыми считались известные методы удаления сероводорода путем его окисления (хлором, озоном, перекисью водорода и т.д.), а железо-каталитическая технология представлялась достаточно сложной? поскольку включала этапы связывания, сепарирования (отстаивания) и регенерации гидроксида железа (III) в отдельных технологических аппаратах (рис. 1).

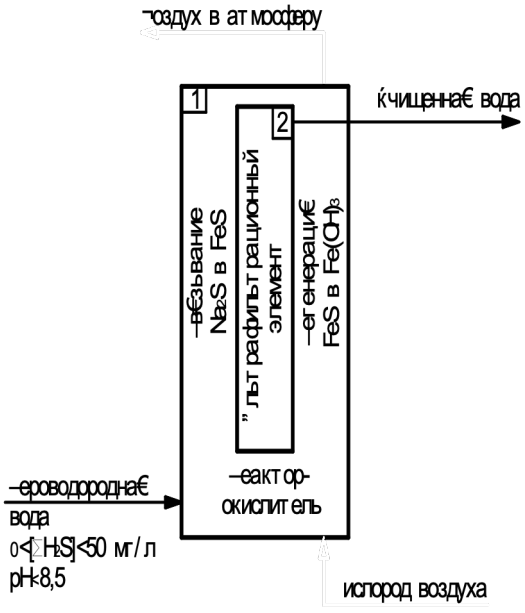


Рисунок 2. **Принципиальная схема десульфидизации методом железо-каталитического окисления в реакторе с ультрафильтрационным разделителем:**
1 – реактор-окислитель; 2 – ультрафильтрационный элемент

Развитие мембранных технологий, в частности ультрафильтрации, позволяет пересмотреть это отношение и предложить схему с одним реактором, в котором совмещались бы все этапы процесса водоочистки (рис. 2).

Для проверки возможности реализации данной технологии и проведения экспериментальных исследований была собрана лабораторная установка, представленная на рисунке 3.

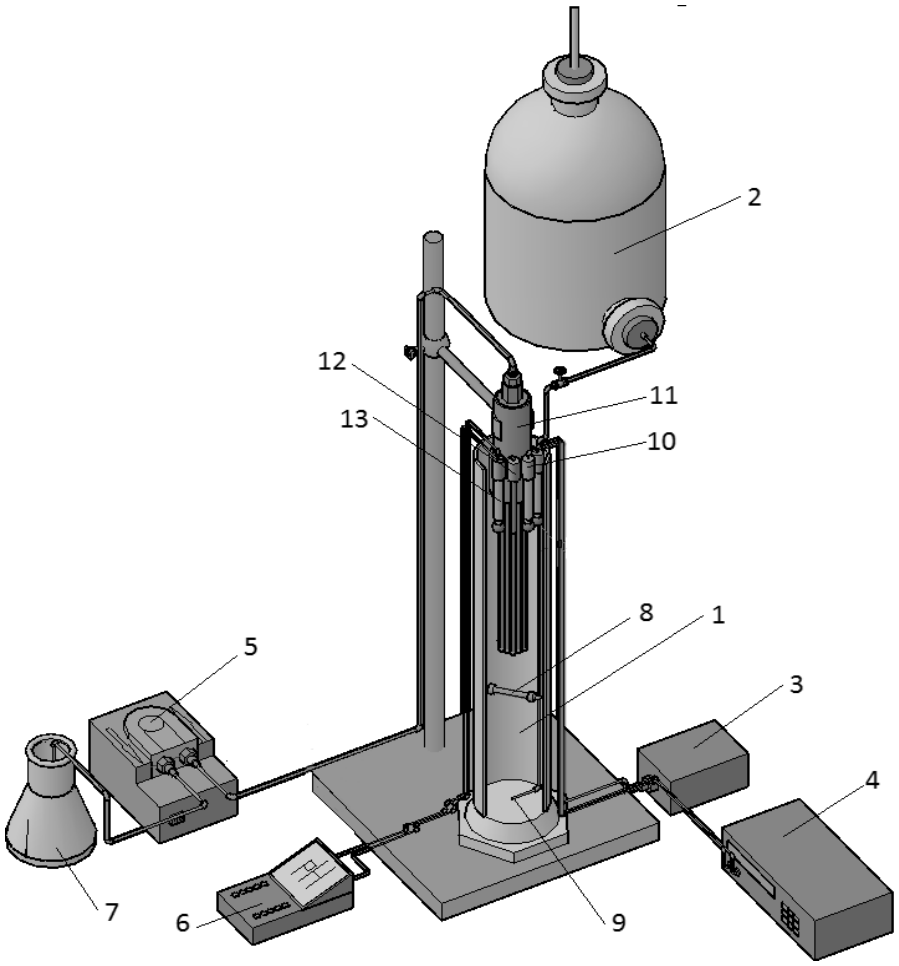


Рисунок 3. **Лабораторная установка:**
1 – рабочая ёмкость; 2 – бак с модельной водой; 3 – компрессор малой мощности для подачи воздуха; 4 – вольтметр; 5 – насос для отбора пермеата; 6 – pH-метр; 7 – емкость для сбора пермеата; 8 – аэратор; 9 – патрубок подачи сероводородной воды; 10 – электроды для измерения Eh-потенциала; 11 – ультрафильтрационный элемент; 12 – электрод измерения температуры; 13 – электрод измерения pH

Модельная вода из бака 2 самотеком подавалась в нижнюю часть рабочей емкости 1 с расходом 0,5 дм^3/ч. После окисления СВ отделение очищенной воды от реакционной среды гидроксида железа (III) производилось через ультрафильтрационный элемент (мембрану) 11. Для регенерации $Fe(OH)_3$ из FeS в реактор-окислитель лабораторной воздуходувкой (компрессор малой мощности) через аэратор 8 подавался

воздух. Пермеат отбирался насосом 5 через ультрафильтрационную мембрану в емкость сбора фильтрата 7. В качестве объекта исследований выступала искусственно приготовленная модельная вода с суммарной концентрацией сероводорода 10 мг/дм^3 и pH среды 6,8, в реакторе-окислителе была установлена начальная концентрация железа трехвалентного 3,18 г/дм^3, Eh-потенциал очищенной воды составил +0,188 В.

В настоящее время уже выполнены предварительные поисковые эксперименты и установлено, что процесс очистки в реакторе-окислителе проходит полностью, о чем свидетельствует Eh очищенной воды, который согласно диаграмме устойчивых состояний сероводородной кислоты в воде при значениях Eh > –0,030 В указывает на отсутствие в воде сероводорода [10]. Установлено, что фильтрат после ультрафильтрационного элемента не содержит железа в аналитически определяемых концентрациях. Это объясняется тем, что в нейтральной среде концентрация ионов железа $[Fe^{3+}]$ в реакторе крайне мала. Как известно, концентрация ионов $[Fe^{3+}]$ определяется произведением растворимости гидроокиси железа:

$$[Fe^{3+}] = 10^{42}\cdot[H^{+}]^3\, Пр_{\mathrm{Fe(OH)_3}}, \qquad (8)$$

что с учетом $Пр_{Fe(OH)_3} = 3{,}8\cdot10^{-38}$ и $[H^{+}] = 10^{-pH}$ соответствует:

$$[Fe^{3+}] = 3{,}8\cdot10^{4-3\,pH}. \qquad (9)$$

Из формулы (9) следует, что концентрация ионов железа зависит от *pH* раствора и при условиях очистки природных сероводородных вод с *pH* до 8,5 составляет 10^{-22} моль/л.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты предварительных лабораторных исследований свидетельствуют о реальной возможности очистки природных сероводородных вод методом железо-каталитического окисления СВ кислородом воздуха в присутствии гидроксида железа (III) в реакторе-окислителе с ультрафильтрационным разделителем. Для уточнения технологических параметров процесса водоочистки требуется проведение дальнейших лабораторных и производственных исследований, однако, уже сейчас возможно свидетельствовать о том, что предлагаемое решение позволит решить проблему очистки сероводородсодержащих подземных вод на объектах малой производительности. Метод отличается простотой, что крайне желательно при эксплуатации технологии на объектах, отдаленных от крупных населенных пунктов, в которых представляется достаточно сложно привлечение квалифицированного обслуживающего персонала (зачастую его просто там нет). Метод не требует применения дорогостоящих реагентов (окислителей, катализаторов) – в технологии используется только кислород воздуха;

исключается строительство дорогостоящих и объемных сооружений – процесс реализуется в компактных напорных ультрафильтрационных аппаратах.

Метод железо-каталитического окисления СВ кислородом воздуха в присутствии гидроксида железа (III) в реакторе-окислителе с ультрафильтрационным разделителем может стать решением проблемы некачественного водоснабжения малых населенных мест Российской Федерации, некоторые из которых в настоящее время вынуждены без какой-либо очистки использовать крайне неприятные с точки зрения органолептики «тухлые» сероводородсодержащие подземные воды для хозяйственно-питьевых целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Линевич С.Н. Комплексная обработка и рациональное использование сероводородсодержащих природных и сточных вод. М.: Стройиздат. 1987. С. 30.
2. Линевич С.Н. Очистка природных и сточных сероводородных вод: Учеб пособие / Новочерк. политехн. ин-т. Новочеркасск. 1979. 51 с.
3. Фесенко Л.Н., Тамадаева М.В., Новосельцева И.В., Игнатенко С.И., Черкесов А.Ю. Выбор и обоснование метода очистки высококонцентрированных сероводородосодержащих вод / 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. С. 60–65.
4. Фесенко Л.Н. Очистка воды от сероводорода с использованием электрохимических процессов. Ростов-на-Дону: Издательство СКНЦ ВШ. 2001.
5. Фесенко Л.Н., Бабаев А.А., Игнатенко С.И., Черкесов А.Ю. Каталитическая очистка воды от сероводорода кислородом методом сухой фильтрации на антрацитовой загрузке / Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность: тр. XI Междунар. науч.-практ. конф. / Кемеров. ин-т пищевой пром-сти. Кемерово, 2008. С. 55–60.
6. Золотова Е.Ф., Асс Г.Ю. Очистка воды от железа, фтора, марганца и сероводорода. М., Стройиздат. С. 155.
7. Козырев Д.П., Купцов И.Г. Удаление сероводорода из артезианских вод посредством гидрата окиси железа с последующей их регенерацией. М.: Гостоптехиздат. 1946.
8. Фесенко Л.Н., Шевцов С.В., Черкесов А.Ю., Игнатенко С.И. Исследование очистки высококонцентрированных сероводородных вод с использованием гидроксида железа и кислорода воздуха / Изв. вузов.

Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2006. Прил. №13: Проблемы строительства и архитектуры. Ч. 2. С. 51–56.

9. Фесенко Л.Н., Черкесов А.Ю., Игнатенко С.И., Костюков В.П. Экспериментально-производственные исследования железо-каталитической технологии очистки сернисто-щелочных стоков производства мономеров // Яковлевские чтения. Сборник докладов научно-практической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева, 15-16 марта 2012 г., Москва / Моск. гос. строит. ун-т. Москва: МГСУ, 2012. С. 152–163.
10. Фесенко Л. Н. Научное обоснование, разработка технологии очистки и дальнейшего использования вод, содержащих йод, бром, сероводород: дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 2004. 377 с.
11. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 2.1.4.1074-01.: утв. Госкомсанэниднадзором РФ 26.10.01.; Введ. 01.01.02. Москва, 2001. 48 с.
12. Технологические схемы очистки воды от сульфидов методом железо-каталитического окисления кислородом воздуха / А.Ю. Черкесов [и др.] // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2014»: материалы VIII Межд. науч.-практ. конф., г. Сочи, 23-24 окт. 2014 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). Новочеркасск: Лик, 2014. С. 118–129.
13. Черкесов А.Ю. Очистка сернисто-щелочных сточных вод нефтеоргсинтеза от сероводорода: дис. ... канд. техн. наук: ВГАСУ. Волгоград, 2015. 173 с.

.

III. ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ХОЗБЫТОВЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

УДК 628.33

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ОЧИСТНОГО УСТРОЙСТВА НА ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ

А.Н. Ким
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия
А.В. Михайлов
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,
г. Санкт-Петербург, Россия
Е.В. Давыдова
Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Астрахань, Россия

Разработана усовершенствованная конструкция фильтрующего стока модуля (ФМС) на дождевой канализационной сети, устанавливаемого в дождеприемном колодце без отстойной части.

Поверхностные сточные воды с урбанизированных территорий являются интенсивным фактором антропогенной нагрузки на природные водоемы. Крупнейший водоем Европы – площадь Волжского бассейна составляет 8 % территории России – один из самых грязных в России.

Согласно исследованиям ученых Калифорнийского университета в Санта-Барбаре (США), опубликованному в журнале Conservation Letters, устье Волги вошло в первую десятку списка самых загрязненных береговых зон. Свою лепту в процесс загрязнения вносят и ливневые стоки, за счет которых масла и другие нефтепродукты напрямую попадают в р. Волгу. По оценкам экспертов, самоочищаемость р. Волги, вода которой еще в 50-е годы прошлого столетия считалась питьевой, снизилась в десятки раз, и она стала на большом протяжении антисанитарным водоемом[1].

В настоящее время для очистки поверхностного стока на территории города наиболее действенным и реализуемым является следующий подход к решению поставленной задачи:

- очистка ливневого стока непосредственно в дождеприемном колодце на канализационной сети;
- реконструкция (модернизация) существующих очистных сооружений на предприятиях, расположенных в городской черте, очищенные стоки от которых отводятся на городские очистные сооружения или сбрасываются в водотоки, протекающие на территории города;
- строительство локальных очистных сооружений (ЛОС) поверхностного стока, обеспечивающих очистку до требований рыбохозяйственных водоемов, для сброса в природные водотоки в черте города [2].

Локальная очистка поверхностного стока непосредственно в дождеприемном колодце на дождевой канализационной сети производится с использованием фильтрующих модулей. Фильтрующий модуль ФМС предназначен для очистки поверхностных сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов с территории населенных пунктов, промышленных и строительных площадок, гаражных, автостоянок и других территорий, а также для монтажа на существующей ливневой канализации без ее реконструкции и производства земляных работ [3].

ФСМ вод представляет собой сборную сетчатую конструкцию, элементы которой выполнены из полосовой и угловой стали, защищенной антикоррозионным покрытием, и, состоит из отдельных элементов, оперативно монтируется непосредственно в железобетонный дождеприемный колодец на сети (с отстойной частью глубиной 0,7 м) через отверстие люка в плите перекрытия колодца (рис. 1).

Внутренняя полость фильтрующего модуля заполнена сорбционной загрузкой из ТОРФОСОРБЕНТА и/или сорбентом НОВОСОРБ, которые, в свою очередь, для удобства работы при монтаже и замене загрузки, помещены в упаковочные полиэтиленовые сетчатые рукава (мешки). Для глубокой доочистки стоков (до требований рыбохозяйственных водоемов) в качестве сорбционной загрузки ФМС используются активированные угли БАУ-А, АГ-3, МАУ и другие сорбенты, разрешенные к применению.

При нормальной работе очистного устройства фильтрация очищаемой жидкости происходит через боковую (вертикальную) и нижнюю (донную) поверхности фильтрующего модуля. Конструкция фильтрующего модуля при сверхнормативном расходе ливневых стоков предусматривает возможность перелива жидкости через его верхнюю часть (рис. 1) [4].

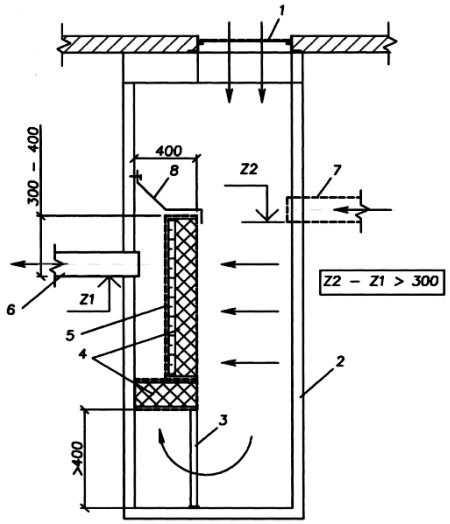


***Рисунок* 1.** Схема фильтрующего модуля ФМС:
1 – люк с решеткой; 2 – колодец сборный ж/б; 3 – стойка опорная; 4 – элементы фильтрующего модуля с сорбционной загрузкой; 5 – подложка фильтрующая волокнисто-пористая; 6 – отводящий трубопровод; 7 – подводящий трубопровод; 8 – козырек защитный

Фильтрующий модуль обеспечивает очистку сточных вод по взвешенным веществам (ВВ) до 10 мг/л, нефтепродуктам (НП) – до 0,3 мг/л, а при доочистке стоков на второй ступени соответственно по ВВ – 5 мг/л и по НП – 0,05 мг/л (табл. 1).

Таблица 1. **Параметры фильтрующего модуля**

Марка изделия	Диаметр ж/б колодца, м	$F_ф$ фильтр. модуля, $м^2$	$V_ф$, м/ч	Гидравлическая нагрузка	
				$м^3$/ч	**л/с**
ФМС-1.0	1,0	0,9	5–7,5	4,5–6,8	1,3–1,9
ФМС-1.5	1,5	1,2	5–7,5	6,0–9,0	1,7–2,5
ФМС-1.5	1,5	1,6	5–7,5	8,0–12,0	2,2–3,3
ФМС-2.0	2,0	1,7	5–7,5	8,5–12,8	2,4–3,5
ФМС-2.0	2,0	2,4	5–7,5	12,0–18,0	3,3–5,0
ФМС-2.0	2,0	3,2	7,5–10	24,0–32,0	6,7–8,9

Периодичность замены фильтрующей материала в ФМС в зависимости от грязевой нагрузки (главным образом от механических

примесей) – 3 ÷ 6 месяцев. Увеличение срока работы фильтрующей загрузки (с большой сорбционной емкостью по нефтепродуктам) достигается установкой отстойной емкости перед дождеприемником, в котором смонтирован фильтрующий модуль, например, при организации временной мойки колес автомобилей на строительной площадке [4].

Работа фильтрующего модуля не требует специальной эксплуатации, периодическая перезагрузка фильтрующего материала может производиться по договору сервисного обслуживания. Однако применение такой конструкции становится не возможным в колодцах, не имеющих отстойной части. В связи, с чем авторами была усовершенствованна данная конструкция и разработана модель, применимая к участкам ливневой сети, колодцы которых не имеют отстойную часть [5–6].

На рисунке 2 представлен общий вид усовершенствованного устройства. Оно включает корпус, в качестве которого, в частности, использован корпус дождеприемного колодца, выполненный из полимерного материала. На дне корпуса установлена вертикально ориентированная перегородка, разделяющая его на приемный и выходной отсеки. Внутри выходного отсека помещена фильтрующая ячейка, содержащая две перфорированные пластины, между которыми помещена фильтрующая загрузка. Фильтрующая ячейка и перегородка смонтированы на монтажной подставке, помещенной на дне корпуса. Корпус снабжен крышкой, выполненной, в частности, в виде плиты перекрытия колодца, в которой имеется расположенный над отсеком участок, выполненный в виде решетки, в частности, в виде дождеприемной решетки люка колодца. Высота перегородки меньше высоты корпуса, так что выше перегородки в корпусе образована свободная зона, благодаря наличию которой обеспечивается возможность перелива очищаемой воды из одного отсека в другой.

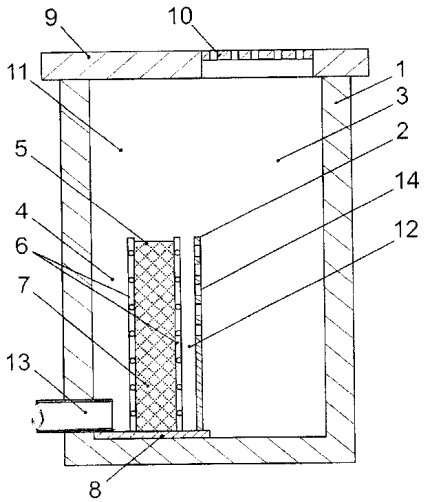


Рисунок 2. **Схема усовершенствованного фильтрующего модуля ФМС:**
1 – корпус, 2 – перегородка, 3 – приемный отсек, 4 – выходной отсек,

5 – фильтрующая ячейка, 6 – перфорированная пластина,7 – фильтрующая ячейка, 8 – монтажная подставка, 9 – крышка, 10 – решетка, 11 – свободное пространство, 12 – вертикальный зазор,13 – патрубок, 14 – сливные отверстия

Работает фильтрующий модуль следующим образом. Поверхностные стоки через решетку стекают в приемный отсек корпуса, где происходит накопление и отстаивание очищаемой воды, при этом часть взвешенных частиц загрязнений выпадает на дно отсека. По мере заполнения отсека вода достигает верхнего уровня перегородки и перетекает через ее верхнюю кромку в зазор отсека, при этом часть частиц загрязнений выпадает на дно отсека. Далее в фильтрационной ячейке происходит очистка предварительно отстоянной и частично очищенной от части загрязнений воды при прохождении ее через фильтрационную загрузку в направлении, нормальном направлению действия гравитационных сил. Очищенная вода удаляется из корпуса через патрубок. По окончании поступления воды на очистку часть воды через отверстия сливается из отсека, что облегчает удаление накапливающегося в указанном отсеке осадка [7].

С целью выявления параметров работы усовершенствованной конструкции ФМС были проведены испытания.

Для проведения испытаний использовался испытательный стенд (рис. 3). Испытания были проведены на современном техническом уровне в условиях приближенных к натурным, т.е. при работе ФМС, установленном в дождеприемном колодце на ливневой канализационной сети.

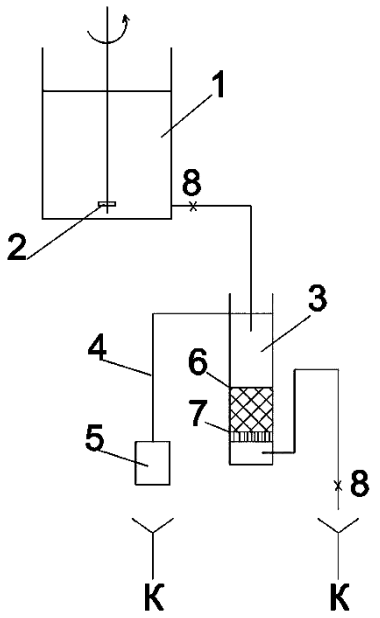


Рисунок 3. **Схема стенда по испытанию модели *ФМС:***

1 – бак исходной модельной воды; 2 – мешалка; 3 – фильтровальная колонка; 4 – перелив; 5 – сборная емкость модельной воды; 6 – загрузка ТОРФОСОРБЕНТ; 7 – подложка волокнисто-пористая; 8 – зажим регулировочный; К – канализация

На испытательном стенде очистке подвергалась исходная модельная вода (ИМВ), которая приготовлялась на водопроводной воде путем добавления в нее навески мелкозернистого песка дисперсностью 50 – 150 мкм, а также мерной порции нефтепродуктов (отработанное машинное масло) с тем, чтобы концентрация взвешенных веществ (ВВ) в ИМВ составляло порядка 200 мг/л, а нефтепродуктов (НП) – 10 мг/л.

Приготовление ИМВ производилось в баке, где осуществлялось постоянное перемешивание при помощи электромешалки. Из бака ИМВ самотеком поступала по прозрачному полиэтиленовому шлангу в фильтровальную колонку диаметром 100 мм, выполненную из оргстекла, при этом расход воды регулировался зажимом.

В колонке фильтрующая загрузка состояла из 2-х слоев: нижний слой в виде подложки из волокнисто-пористого полиэтилена толщиной 4 мм (фильтрующий элемент ФЭС-Пл-700Х2000-4, ТУ 2291-001-27536148-2013), а верхний слой – ТОРФОСОБЕНТ толщиной слоя 200 мм (материал фильтрующий, изготовленный из верхового торфа моховой группы по ТУ 039133-001-12872024-16. Некоторый избыток ИМВ из верхней части колонки отводился через перелив в сборную емкость для возврата в бак или сбрасывался в канализацию.

Расход очищенной воды на выходе из колонки, а, следовательно и заданная скорость фильтрования, регулировался зажимом таким образом, чтобы скорость фильтрования в колонке имела задаваемое значение – 5; 7,5; 10 м/ч, при этом расход воды определялся при помощи мерного цилиндра и секундомера.

Отбор проб воды для анализа производился через заданные промежутки времени (1 ч) в течение фильтроцикла продолжительностью в одном опыте 5 ч. Содержание взвешенных веществ определялось на фотоэлектрокалориметре ФЭК-56М, а содержание нефтепродуктов – флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». Содержание загрязнений в исходной модельной воде ИМФ: взвешенные вещества ВВ – 200 мг/л; нефтепродукты НП – 10 мг/л. Продолжительность фильтроцикла в одном опыте составила 5 ч. Число опытов в одной серии – 3. Усредненные результаты опытов приведены в таблице 2.

Таблица 2. **Показатели качества очищенной воды на выходе из фильтрационной колонки**

Серия опытов	Скорость фильтрования $V_ф$, м/ч	Взвешенные вещества ВВ, мг/л	Нефтепродукты НП, мг/л
1	5	5,5–7,8	0,19–0,25
2	7,5	8,3–10,5	0,23–0,27
3	10	13,0–17,1	0,33–0,51

Из таблицы 2 видно, что при скорости фильтрования 7,5 м/ч достигаются приемлемые параметры очистки, соответствующие нормам сброса очищенных поверхностных стоков в общесплавную канализационную сеть, по нефтепродуктам – 0,3 мг/л.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ким А.Н., Михайлов А.В., Графова Е.О. Технические аспекты поверхностного стока с урбанизированных территорий: моногр. СПб.: СПбГАСУ, 2017. 200 с.
2. Ким А.Н., Давыдова Е.В., Полянская Д.И. Отведение и очистка поверхностного стока в Астрахани: современное состояние и перспективы развития // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. № 2. С. 31–35.
3. Ким А.Н., Давыдова Е.В. Воздействие загрязненного поверхностного стока на окружающую среду// В сборнике: Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию науки и образования Материалы VI Международного научного форума молодых ученых, студентов и школьников. Под общей редакцией Д. П. Ануфриева. 2017. С. 99–101.
4. Пробирский М.Б., Рублевская О.Н., Ким А.Н., Иваненко И.И. Перспективы отведения и очистки поверхностного стока в Санкт-Петербурге // Водоснабжение и сан. техника. 2015. № 6. С. 32–40.
5. Технические указания по проектированию и строительству дождевой канализации. М.: Стройиздат, 1985. 80 с.
6. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. М., 2012.
7. Патент РФ на полезную модель № 154656. Фильтр с торфяной загрузкой // А.Н. Ким, А.В. Михайлов, О.А. Продоус, А.С. Бондарчук, Е.Е. Розова. // МПК B01D 24/04/E03F 5/04. Опубл. 27.08.2015. Бюл. № 4.
8. Патент РФ на полезную модель № 167252. Устройство для очистки сточных вод // А.Н. Ким, О.А. Продоус, А.В. Михайлов, Е.В. Давыдова // МПК E03F 5/14. Опубл. 27.12.2016. Бюл. № 36.

УДК 628.35.5

ОСОБЕННОСТИ СТОЧНЫХ ВОД ВАХТОВЫХ ПОСЕЛКОВ И МАЛЫХ ПОСЕЛЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

С.А. Киреев, Н.С. Серпокрылов
Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия

Изложены особенности температурного режима, состава и расхода сточных вод, поступающих на обработку на канализационные очистные сооружения, эксплуатация которых ведется в районах крайнего севера РФ в местах добычи нефти и газа.

Эксплуатация канализационных очистных сооружений на территории крайнего севера Российской Федерации выявила ряд специфических особенностей, которые требуют анализа и обобщения. К тому же климатические условия промышленной добычи нефти в Красноярском крае требуют особых технических решений в области обеспечения безопасного нахождения персонала и охраны окружающей среды в местах добычи.

Современная добыча нефти ведётся кустовым способом, когда на одной относительно небольшой площадке бурится 5 – 10 стволов скважин, направленных в разные стороны. Эта технология позволяет сэкономить на постоянных переездах буровой вышки и рабочего городка с места на место и увеличить время эксплуатации месторождений.

Вахтовый посёлок представляет сбой населенное место с полной инфраструктурой: все необходимые строения обеспечиваются централизованным водоснабжением, отоплением и канализацией. Особенности территории Туруханского района диктуют свои требования, 95 % суши – непроходимые болота, где строительство ведётся, на отсыпанных речным песком территориях, 99 % зданий имеют свайный фундамент, у 1 % зданий фундамент снабжён системой термостабилизация грунта. На всех объектах применяется надземная прокладка сетей. Температура в зимний период в Туруханском районе может достигать 58 °С, (зимний период длится 9 месяцев), что требует дополнительных решений по предотвращению промерзания трубопроводов. На месторождениях в Туруханском районе для обогрева трубопроводов применяют греющие электрические кабели.

На базе реальных данных рассмотрим особенности состава и специфики режима отведения сточных вод, поступающих на очистку на месторождениях, расположенных на севере Красноярского края в Туруханском районе.

Основная часть сточных вод образуется от опорных жилых комплексов квартирного типа на 700 и 850 человек, незначительная часть расхода (около 5 %) – от других объектов инфраструктуры. Суточный расход поступающих сточных вод колеблется в пределах 200 – 400 $м^3$/сут.

Жилые комплексы разделены на секции, в каждой секции две комнаты, в которых живёт по два человека. Каждая секция оборудована двумя раздельными санузлами. В одном расположена душевая кабина и мойка, в другом – унитаз и мойка. В каждом – имеются столовые с возможностью выпечки хлебобулочных изделий, в жилых комплексах на 700 человек, предусмотрен банно-прачечный комбинат.

На очистных сооружениях, в основном, реализована технология нитрификации и денитрификации с удалением фосфора.

Особенности температурного режима поступающих сточных вод. Многочисленные исследования показывают, что температура значительно

влияет на скорость биохимических процессов, оптимальной считается температура сточных вод в пределах 15 – 32 °С [1], от температуры зависит физиологическое состояние микроорганизмов и видовой состав биоценоза активного ила. Выход значений температуры за эти пределы ведет к падению биохимической активности микроорганизмов или их гибели.

Стоит отметить, что температура поступающих сточных вод на наблюдаемых вахтовых поселках, значительно меняется в зависимости от времени года. Так в летний период среднесуточная температура поступающих на очистку сточных вод составляет 23 °С, тогда как зимой 37 °С. Увеличение температуры сточных вод в зимний период связано с электрообогревом трубопроводов и канализационных насосных станций, отключение которого не представляется возможным.

Наблюдения, проведенные с января по август 2017 г. на КОС производительностью 400 м^3/сут, расположенные в поселке (1500 чел.) на территории Туруханского района Красноярского края, показали (рис. 1), что в зимний период (среднесуточная температура сточных вод увеличилась до 38 °С) эффект удаления общего и аммонийного азота составлял лишь 30 и 20 %, соответственно. Биологическая денитрификация также была подавлена.

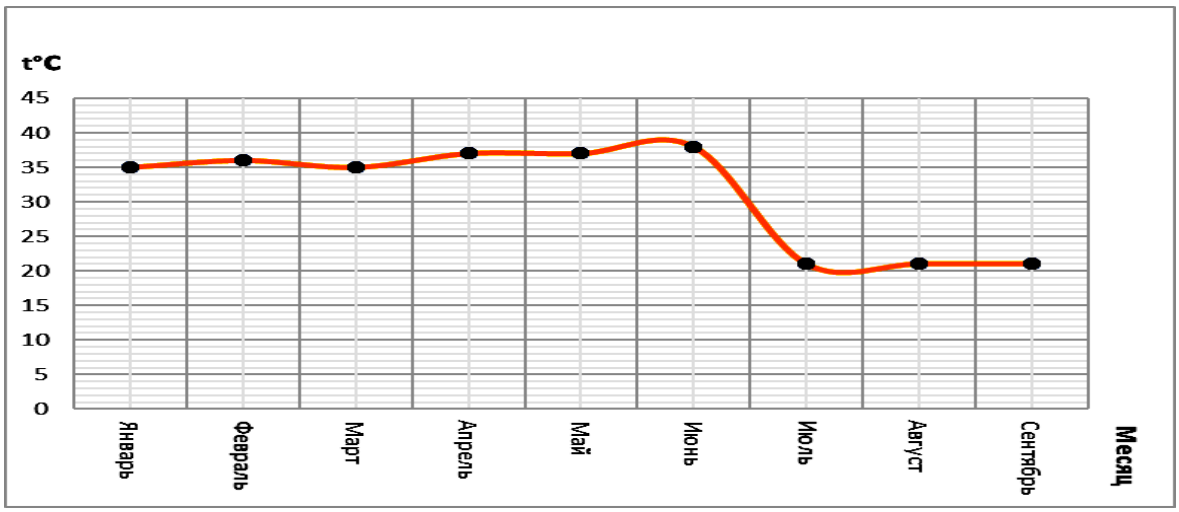


Рисунок 1. **Изменение температуры поступающих на очистку сточных вод**

Увеличение температуры поступающих сточных вод также влечёт за собой снижение растворимости кислорода. На очистных сооружениях эксплуатирующий персонал столкнулся с проблемой – для поддержания концентрации растворенного кислорода в пределах 2 – 3 мг/дм^3, мощности установленных воздуходувок не хватает, что влечёт к выходу за допустимые пределы, концентрации аммонийного азота. Для выхода из сложившейся ситуации был смонтирован трубопровод от технологической

компрессорной станции (данная компрессорная станция используется для нужд нефтяников).

Процесс адаптации микроорганизмов к изменению температурного режима очень сложен и сопровождается изменением их морфологических и физиологических свойств. Было отмечено, что в период стабильного температурного режима резко возрастает число индикаторных микроорганизмов, в активном иле, появляются прикрепленные инфузории, коловратки вида *Rotaria*, инфузории вида *Aspidisca*, иногда встречаются тихоходки. Увеличение температуры до 35 °С приводит к обеднению видового состава, в воде начинают преобладать коловратки рода *Rotaria*, причём резкое изменение влияет на обеднение видового состава сильнее, нежели постепенное ее изменение на 2 – 3 °С.

Особенности состава поступающих сточных вод. Химический анализ состава сточных вод опорных вахтовых поселков, размещенных на территории Туруханского района, показывает, что фактические концентрации загрязнений значительно изменяются в течение года и отличаются от расчётных.

Таблица 1. **Изменение состава сточных вод за период наблюдения (2 года)**

Показатели	Сточные воды	
	Зимний период	Летний период
ХПК, мг/л	250…300	600…700
БПК5, мг/л	80…150	220…300
Взвешенные вещества, мг/л	60…100	200…300
Азот аммонийный, мг/л	20…30	50…60
Фосфор, мг/л	7…10	15…25

Если в летний период (рис. 2) с июня по август концентрация азота аммонийных солей составляет 50...60 мг/дм^3, $БПК_5$ – 350, то в зимний – за счёт разбавления «проливной» водой концентрация аммонийного азота снижается до 20 – 30 мг/дм^3. Это связано, в основном, с традиционным для полярных вахтовых поселков методом борьбы с размораживанием трубопроводов. Он заключается в «проливе» трубопроводов, когда всё сантехническое оборудование намеренно закрывают не до конца, оставляя воду изливаться тонкой струёй.

Разбавление сточных вод зимой и увеличение концентрации летом вызывает колебания нагрузки на активный ил, что является определяющим фактором, влияющим на эффективность биологической очистки [2–3].

Нагрузка на ил оказывает влияние не только на скорость потребления кислорода и седиментационные характеристики ила, но и на подачу кислорода, расход избыточного ила и его возраст. Это влияние выражается, в частности, в том, что при различных органических нагрузках на ил будут различными отношение максимальной скорости переноса кислорода к скорости его потребления, удельный прирост ила

относительно единицы величины снятой БПК, а также относительный прирост ила [3–4].

Перегрузка или недогрузка биологических сооружений органическими веществами, как правило, приводит к их неудовлетворительной работе.

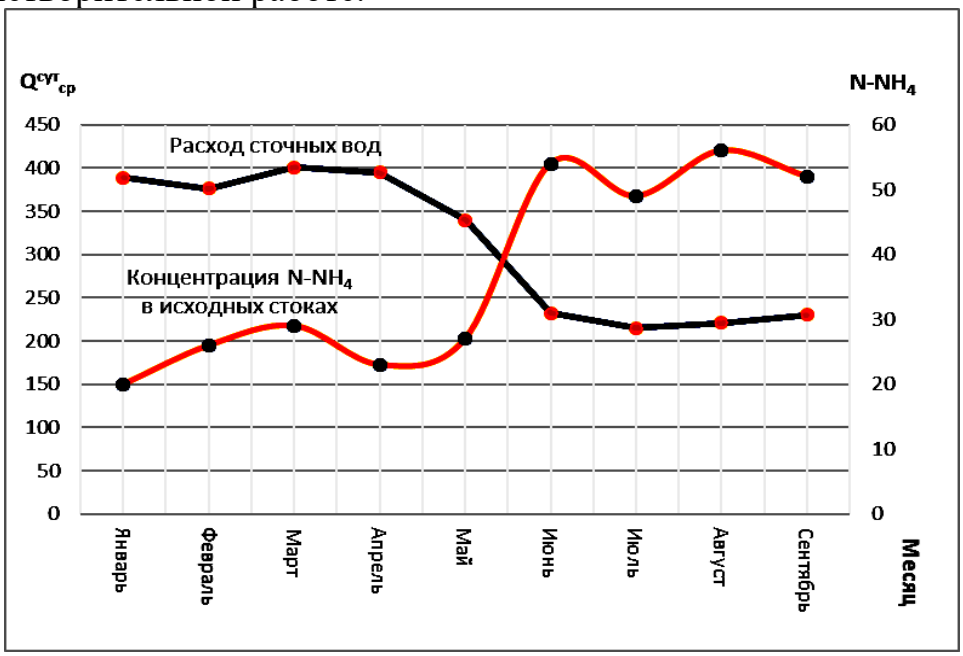


Рисунок 2. **График изменения расхода сточных вод и концентрации аммонийного азота в сточной воде**

В ходе наблюдения определено, что на КОС производительностью 400 м^3/сут оптимальные границы нагрузки по $БПК_5$, при которых ил полностью окисляет органическое загрязнение и составляет 120 –150 мг $БПК_5$/г·сут беззольного вещества активного ила в сутки.

При возрастании нагрузок выше указанных пределов число видов индикаторных простейших с 4 – 7 возрастает до 10 – 16, а число микроорганизмов резко возрастает, что приводит к увеличению нагрузки на устройства обезвоживания избыточного активного ила. При нагрузке ниже 20 мг $БПК_5$/г·сут беззольного вещества активного ила происходит резкое уменьшение количества видов индикаторных микроорганизмов и происходит массовое развитие нитчатых форм микроорганизмов, которые менее требовательны к составу сточных вод и колебаниям нагрузки.

Особенности расхода поступающих сточных вод. Расход сточных вод в течение суток неравномерный, пиковые расходы наблюдаются с 07:00 до 09:00 и с 19:00 до 21:00; поступления сточных вод в ночное время практически прекращаются, образовавшиеся сточные воды накапливаются в канализационных насосных станциях (рис. 3). Коэффициент часовой неравномерности колеблется в пределах в пределах 3 – 5.

Сложившаяся ситуация требует внимания проектных организаций и поставщиков оборудования к особенностям приема сточных вод при

проектировании очистных сооружений, эксплуатация которых будет производиться в условиях крайнего севера, поскольку существующие данные о составе сточных вод и расходе сточных вод от вахтовых посёлков требуют корректировок и учета ряда специфических особенностей, описанных в данной статье.



Рисунок 3. **Изменение расхода сточных вод в течение суток от опорного вахтового посёлка**

Отсутствие постоянных квалифицированных кадров, большая удаленность районов освоения от хорошо налаженных транспортных коммуникаций, слабые базы строительной индустрии, резкое удорожание строительно-монтажных работ, влияние природно-климатических и других факторов обусловливают необходимость разработки компактных канализационных установок.

Такие установки должны обладать широкой унификацией, соответствовать наилучшим доступным технологиям, при этом, на наш взгляд, очистные сооружения должны быть блочно-модульного исполнения. Каждый модуль должен быть автономным, с возможностью наращивания производительности очистных сооружений установкой дополнительного модуля, который, при необходимости, можно оперативно вводить/выводить из эксплуатации, изготавливаться в заводских условиях с максимальной автоматизацией и механизацией основных технологических процессов, позволяющих сводить до минимума затраты человеческого труда, чрезвычайно дорогого на Севере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками М.: АКВАРОС, 2003. 512с.
2. Поляковский И.К. Особенности протекания процесса биохимической очистки сточных вод в холодных климатических условиях // Вопросы

водоснабжения и воздействия льда на сооружениях Сибири и Севера. Новосибирск, 1982. С. 89–94.
3. Быков А.И. Особенности пуска и наладки ОСК в районах вечной мерзлоты // Пути интенсификации работы систем водоснабжения и водоотведения городов и населенных пунктов Дальнего Востока: Мат. науч.-практ. конф. Хабаровск, 1987. С. 31–35.
4. Жук Е.Г., Бубенцов В.Н. Некоторые вопросы гигиены и водоснабжения и канализации в районах Приполярья // Научно-технический прогресс и приполярная медицина: Тез. докл. 4 Межд. симпозиума по приполярной медицине. Новосибирск. 1978. С. 153–154.

УДК 628.35

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЖИМА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ И ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Марам Саийд
г. Латакия, Сирийская Арабская Республика
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
И.А. Ченский, Н.С. Серпокрылов
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Обоснованы экспериментально методы интенсификации процесса биологической очистки в аноксидных и аэробных условиях внесением биопрепарата «Асти Био» волновыми воздействиями.

Биологическую очистку вод от органических загрязнений осуществляет альгобактериальное сообщество бактерий простейших организмов и водорослей. Гетеротрофные микроорганизмы используют для получения энергии и построения клеток различные органические вещества. Автотрофные микроорганизмы, которым для роста не нужны органические вещества, используют в качестве источника углерода углекислоту – продукт деятельности гетеротрофов. Источником энергии для них являются свет (фототрофы) и энергия химических связей (хемотрофы) при использовании в качестве доноров электронов соединений серы и железа, а также нитрата, нитрита, водорода, окиси углерода, метана и др. [1]. Активный ил – биоценоз зоогенных скоплений (колоний) бактерий, простейших организмов и водорослей, которые симбиотически участвуют в очистке сточных вод.

Процесс очистки сточных вод характеризуют обычно такими параметрами как температура, значение pH (водородный показатель), концентрация азота аммонийного, нитратного, нитритного, БПК, и пр.

Также информативными экспресс-показателями процесса очистки сточных вод являются: иловый индекс по весу (или объёму) и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП). Иловый индекс используется для характеристики осаждаемости активного ила в аэротенке и его концентрации в процессе очистки, применяется также для определения степени рециркуляции активного ила. ОВП – это мера способности химического вещества присоединять или отдавать электроны, выражают в милливольтах (мВ) [2]. В очистке сточных вод ОВП является мерой способности осуществлять конкретные биологические реакции (окисление и восстановление) например, определив величину ОВП, можно понять, насколько обстановка в аэротенке благоприятна для осуществления процессов очистки [3].

По контролю окислительно-восстановительного потенциала экспериментально установлено преимущество процесса в аэротенке с освещенностью биомассы, в сравнении с режимом очистки без освещенности (рис. 1) [4].

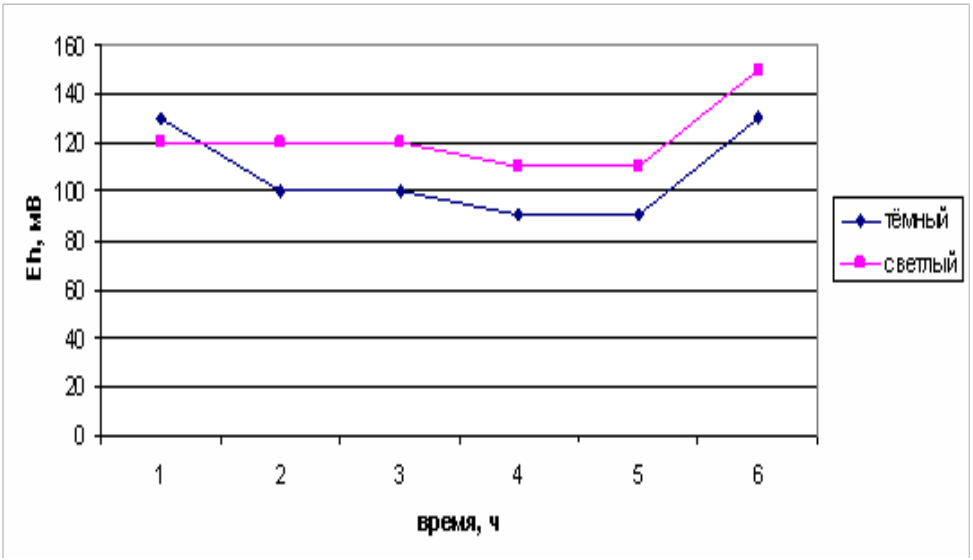


Рисунок 1. **Зависимость окислительно-восстановительного потенциала от освещенности биомассы аэротенка**

Это также подтверждается видовым разнообразием биоценоза активного ила в промышленном аэротенке (рис. 2–3) [4].

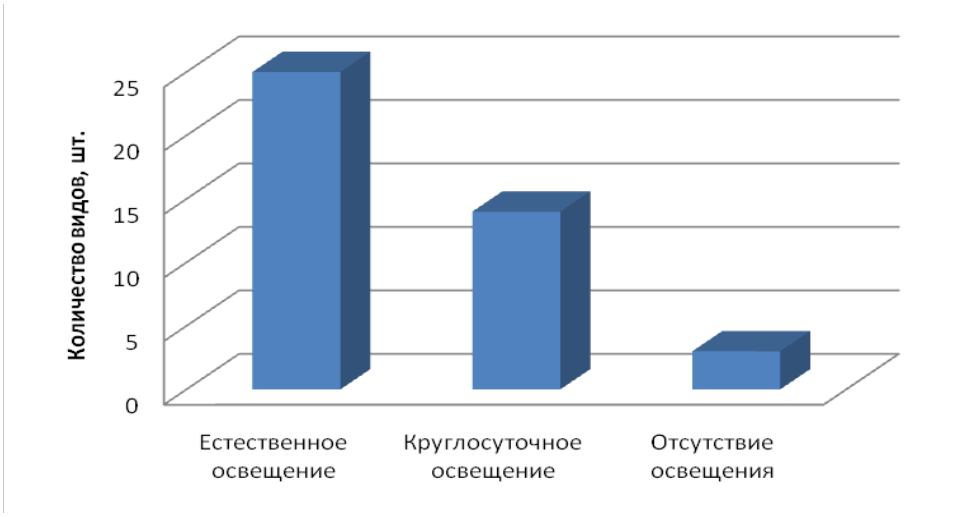


Рисунок 2. **Влияние света на видовое разнообразие биоценоза активного ила**

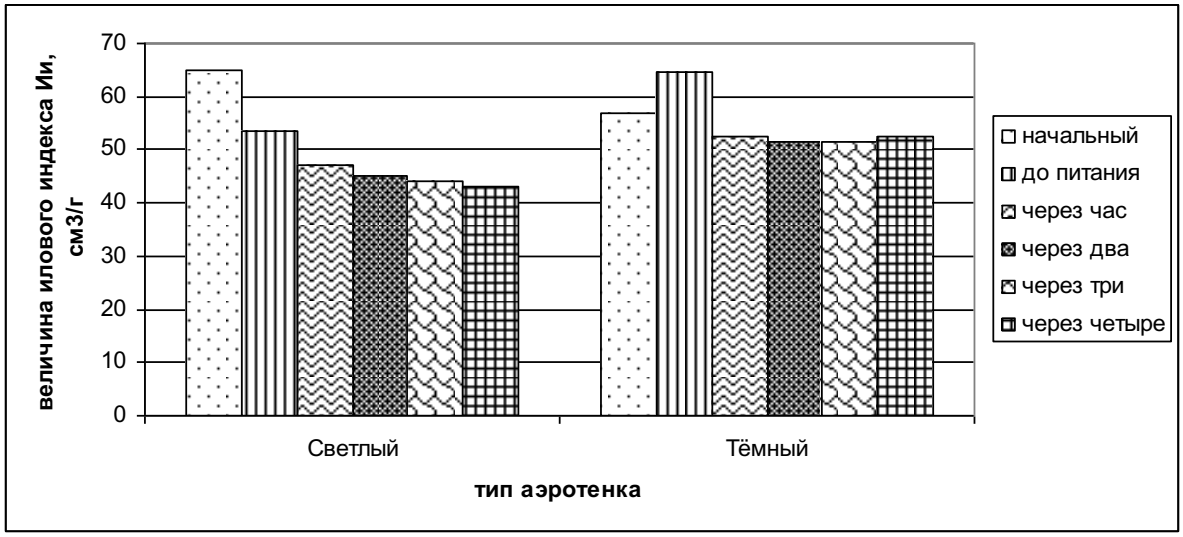


Рисунок 3. **Динамика изменения илового индекса биомассы «светлого» и «темного» аэротенков**

Одним из современных способов интенсификации режимов работы биологических очистных сооружений является использование бактериально-ферментных препаратов. Биопрепараты, содержащие ограниченное число видов микроорганизмов, по спектру разлагаемых веществ уступают свежему активному илу. Однако, они содержат быстро растущие штаммы, которые инициируют процессы разложения органических загрязнений. После добавления препарата возрастает концентрация микроорганизмов, а, следовательно, и степень очистки. В качестве питательных элементов биопрепараты содержат соли азота и фосфора, которые стимулируют рост микроорганизмов и выработку микроорганизмами липолитических, амилазолитических, карбогидразных, и др. соединений. Технологии с ферментами эффективны для наращивания биомассы, деструкции определенных типов загрязнений. Особенно они

эффективны при первоначальном пуске биологических очистных сооружений в условиях, когда нет возможности иметь посевной активный ил из работающих сооружений.

Цель исследований. На ОСК «Суворовский» в г. Ростове-на-Дону проводились исследования сравнительной оценки показателей режимов восстановления свойств активного ила и интенсификации процессов очистки сточных вод с воздействием освещенности и бактериально-ферментных препаратов.

*Описание модельной установки, методика проведения, контроль параметров, цель и задачи исследований***.** Экспериментальная установка (рис. 4) включает 6 прозрачных стеклянных цилиндров, каждый рабочим объемом 1000 мл (рис. 5).



Рисунок 4. **Экспериментальная модель очистки СВ ОСК «Суворовский»**

Методика проведения исследований включала два этапа – с введением и без введения биопрепаратов, каждый длительностью 6 суток; показатели процесса определяли ежедневно по иловому индексу, ОВП, прозрачности, растворенному кислороду и в конце этапа по ХПК, группе азота, фосфатам, по сухому веществу и зольности активного ила (табл. 2). Исследования технологических показателей на моделях СОСК (рис. 5) включали следующие режимы.

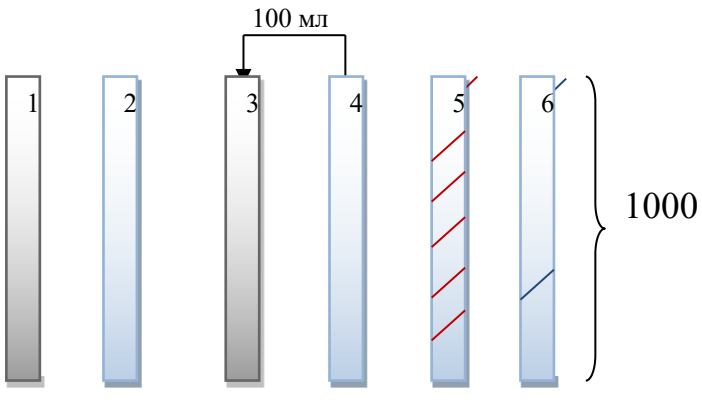


Рисунок 5. **Режимы очистки сточных вод:**
1 – денитрификатор (контроль); 2 – аэротенк с продленной аэрацией (контроль); 3 – денитрификатор с нитратным рециклом; 4 – аэротенк-нитрификатор; 5 – аэротенк с продленной аэрацией и освещенностью красным светом; 6 – аэротенк с продленной аэрацией и освещенностью синим светом

Фактические показатели процесса сведены в таблицу 2, по содержанию которой построены сравнительные графики интерпретации результатов исследований (рис. 6–9).

Таблица 2. **Сводная таблица показателей режимов очистки вод**

Сутки	Иловый индекс, по объему, мл/л / прозрачность, см, в модельных биореакторах					
	1	2	3	4	5	6
без введения биопрепаратов						
исходные	69/3	115/7	106/3,8	100/4,8	101/6,1	100/5,9
1	66/3	120/7,5	100/4	100/5	90/5,5	95/6,5
2	71/4,5	120/6,7	110/3,4	95/6,5	128/4	89/6,4
3	87/4,8	130/4	110/2	140/3,2	130/2	110/3,5
4	88/5,7	175/6,7	150/5,7	110/6	130/4	150/5,7
5	134/4,5	190/7	120/5,5	180/6	140/4,8	140/5,5
6	193/3,8	210/6,7	170/4,8	170/6,7	165/5,2	140/4,5
средние	106,5/4,4	156/6,4	126/4,3	132,5/6,6	130,5/6,4	120,6/5,35
с введением биопрепаратов						
Сутки, доза, мл	1*	2*	3 (Bacti Bio)	4 (Bacti Bio)	5 (BCP 50)	6 (BCP 50)
1(10)	132/5,7	175/6,7	150/5,2	110/6,0	130/4,1	150/5,7
2(10)	13 4/4,5	120/7,0	120/5,5	180/6,1	140/4,8	140/5,5
3(10)	193/3,8	210/6,7	170/4,8	170/6,7	163/5,2	140/4,5
4(20)	190/4	190/8,0	140/5,2	180/6,7	150/4,8	120/4,5
5(20)	191/ 6,7	150/6,7	150/6,8	160/6,8	150/6,8	110/6,7
6(20)	191/4,3	150/7,3	150/5,0	160/5,8	150/4,0	110/5,3
средние	171,8/4,8	165,8/7,1	146,7/5,4	160/6,4	147,2/5,0	128,3/5,4

Примечание: * – без введения препарата

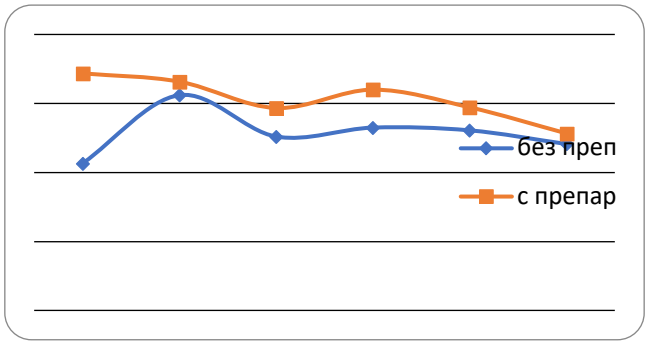


Рисунок 6. **Средние значения илового индекса по объему, см^3/л**

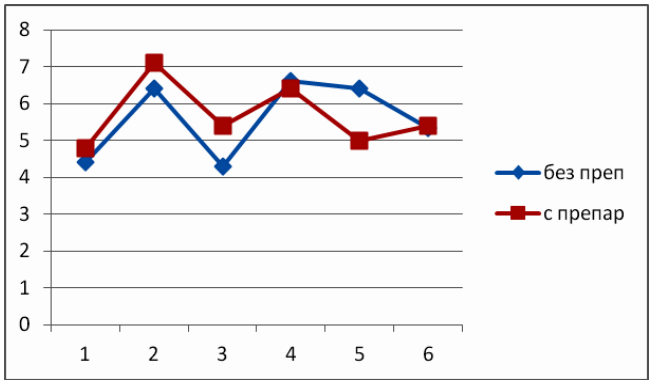


Рисунок 7. **Прозрачность отстоянной воды, см,**

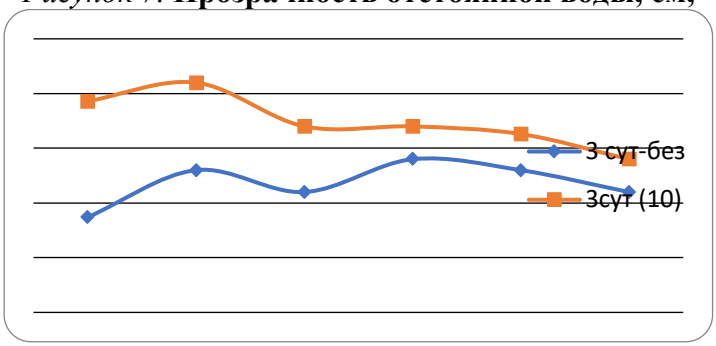


Рисунок 8. **Иловый индекс после 3-х суток культивирования** (без введения препарата), **и 3-х сут(10)** (с введением 10 мл/препарата)

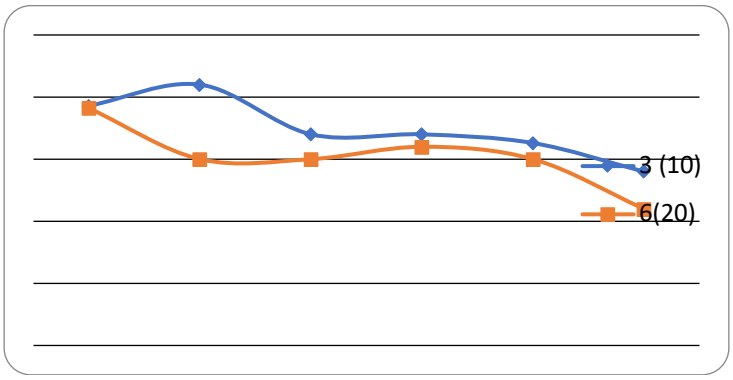


Рисунок 9. **Иловый индекс после 3-х суток культивирования с введением 10 мл препарата 3 (10) и 20 мл препарата 6(20)**

Методика выбора оптимального спектра освещения заключалась в следующем: на протяжении семи недель «светлый» аэротенк освещался через разные световые фильтры, имеющие разную длину светового луча, (каждую неделю использовался новый световой фильтр: красный, жёлтый, зелёный, голубой, синий).

Установлено, что наиболее длинноволновый спектр – красный, оказывает тепловое воздействие, но химических превращений не вызывает (табл. 3), а синий – стимулирует деление клеток.

Таблица 3. **Влияние спектра света на модельные аэротенки**

Спектр света	Длина волны, нм	Окислительно-восстановительный потенциал, eH, мВ	
		Аэротенк	
		№ 1 (светлый)	№ 2 (темный)
Красный	630 – 770	90	–40
Синий	440 – 480	110	90
Зелёный	520 – 560	–10	–20

Из данных таблицы 3 следует, что окислительно-восстановительный потенциал иловой смеси из аэротенка № 1 (освещаемый) при освещении синим цветом, выше, чем у № 2 (темный) на 20 мВ, а красным – на 130 мВ. Из этого следует, что из всех спектров сообществу активного ила наиболее «комфортны» красные и синие спектры света, т.к. водоросли из сообщества ила другие цвета не воспринимают.

ВЫВОДЫ

1. Средние значения илового индекса по объему при введении препаратов превышают (рис. 6) величины режимов без дозирования.
2. Прозрачность отстоянных проб (рис. 7) почти одинакова, поэтому не может являться определяющей в сравнении технологий применения или нет препаратов для условий ОСК «Суворовский».
3. Сравнивая значения илового индекса препаратов 1 (Асти Био) и 2 (ВСР 50) (рис. 8), можно видеть, что эффективнее является 1, который и рекомендуется для применения в экстремальных ситуациях.
4. Сравнивая по графику иловый индекс при введении препаратов (рис. 9) дозой 10 и 20 мл следует вывод, что для увеличения прироста биомассы дозы достаточно 10 $см^3$/л.
5. Красные и синие спектры света интенсифицируют активность активного ила.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куликов Н.И., Ножевникова А.Н., Куликова Е.Н. Очистка муниципальных вод с повторным использованием воды и образованных осадков, Москва, 2015.
2. Википедия.

3. P. Mark, ORP Improves Operational Efficiency, MWEA Annual Conference June 26, 2012.
4. Борисова В.Ю.. Влияние освещенности биомассы на технологические параметры аэротенков // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2011»: мат.VI Межд. науч.-практ. конф.; г. Чебоксары, 20–23 сент. 2011 г. /Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. (НПИ). Новочеркасск: Лик, 2011. С. 149–153.

УДК 628.3

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ АРИДНОЙ ЗОНЫ

Г.Б. Абуова, Л.В. Боронина, М.К. Рахметова, С.Г. Ситников
Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Астрахань, Россия

На основании полученных данных по мониторингу показателей сточных вод: $БПК_5$, окисляемость, ХПК, нитраты и т.д. на сооружениях естественной биологической очистки, была дана оценка эффективности работы полей фильтрации в аридной зоне России и определена необходимость проведения мероприятий по обеспечению экологической безопасности.

В малых населенных пунктах при очистке хозяйственно-бытовых сточных вод наибольшее распространение получили сооружения естественной биологической очистки – поля фильтрации.

Основной целью работы являлось установление степени очистки сточных вод на сооружения биологической очистки и определение необходимости проведения мероприятий по обеспечению экологической безопасности при эксплуатации земельного участка, отведенного под поля фильтрации.

Объектом исследования были поля фильтрации поселка, расположенного в левобережной части Волго-Ахтубинской поймы в Астраханской области. Поля фильтрации состоят из участков (карт) с почти горизонтальной поверхностью площадью 0,5 – 2 га, огражденных валами высотой 0,8 – 1 м.

Комплекс исследуемых канализационных очистных сооружений поселка состоит из блоков механической и биологической очистки воды. Механическая очистка сточной воды осуществляется в двухъярусном отстойнике. Эффективность механической очистки составляет более 50 %. Согласно [1–2] предварительное отстаивание сточной жидкости, перед ее подачей на поля, позволяет выделить из нее 50 –60 % общего числа бактерий и 50 – 60 % (а после отстойников и 95 %) яиц гельминтов. Общее

снижение концентрации загрязнений по $БПК_{полн}$ и взвешенным веществам может составлять 100 %.

Перед отстойником содержание взвешенных веществ составило 356 мг/дм^3, после отстойника количество взвешенных веществ уменьшилось до 168 мг/дм^3, однако в третьей точке содержание взвешенных веществ увеличивается и в конечной точке уменьшается до 186 мг/дм^3 [3].

В хозяйственно-бытовых стоках взвеси представляют собой смесь органических и минеральных частиц. Эффективность применения способа механической очистки определялась в ходе сравнения концентраций качественных показателей сточных вод по БПК и взвешенным веществам. Соотношение взвешенных веществ к БПК составило 1 : 1. Это означает, что в сточных водах содержится в преобладающем виде тяжелая фракция взвешенных веществ, обладающих хорошими седиментационными способностями.

После двухъярусного отстойника сточная вода по лоткам поступает на поля фильтрации (рис. 1).

Сущность процесса биологической очистки на полях фильтрации заключается в контакте загрязнителей сточных вод, которые находятся во взвешенном, коллоидальном, или растворенном состоянии, с иммобилизованными микроорганизмами почвенного слоя. Эти микроорганизмы сосредоточены, в основном, на глубине до 0,4 м, что обеспечивает оптимальную аэрацию. Во время этого контакта за счет процессов биосорбции, биоразложения и механической фильтрации сточных вод происходит их очистка.

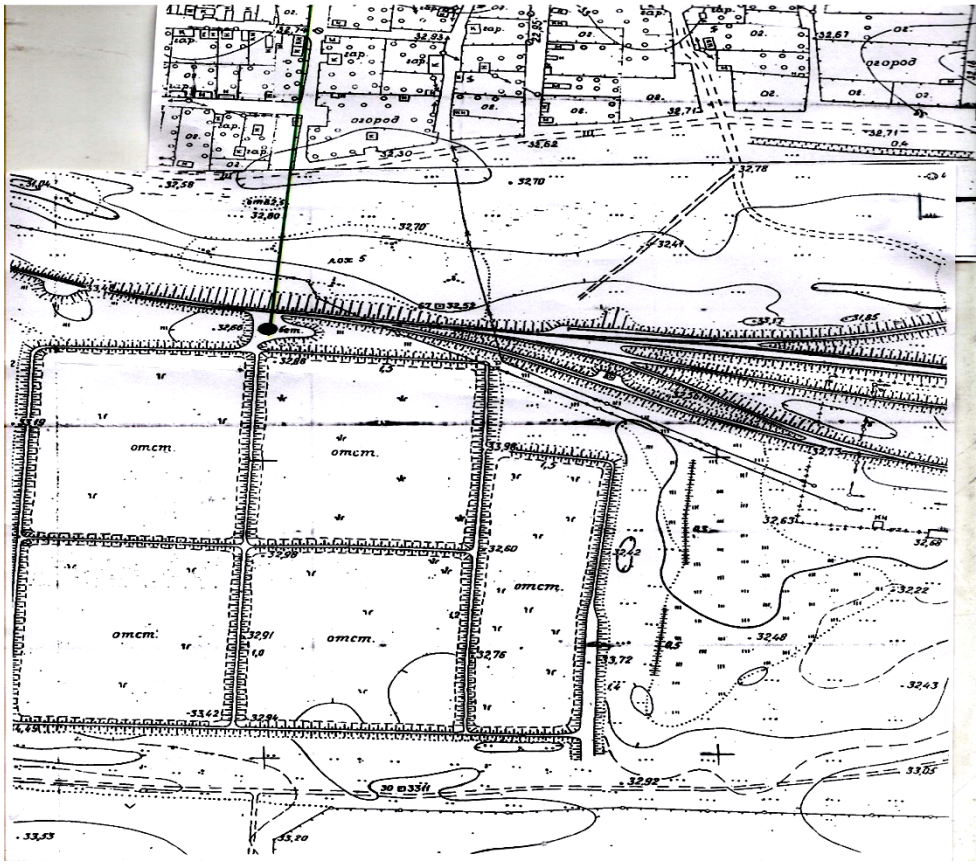


Рисунок 1. **Генплан полей фильтрации поселка в Астраханской области**

В поселке до 2004 года очистка сточной воды осуществлялась на четырех картах одновременно. В настоящее время в связи с сокращением производства и значительным снижением объемов сточных вод работает одна карта на 2/3 своей мощности.

В ходе исследования в июне 2017 г. было отобрано 4 пробы в разных точках на полях фильтрации. Первая точка отбора – на входе в двухъярусный отстойник, вторая точка – после отстойника, третья точка – на расстоянии 20 м от отстойника и четвертая точка отбора проб – на расстоянии 200 м от отстойника на границе воды и сухой почвы карты.

Отбор проб, обеспечение сохранности, хранение и транспортировка проб воды проводилась в соответствии ГОСТ R 51592-2000. Воду отбирали вручную в одноразовые пластиковые контейнеры и стеклянные бутылки. Образцы были помещены в холодильник (температура 2 – 5 °С) и доставлены в лабораторию.

Анализ сточных вод проводился по физико-химическим показателям. Результаты анализа представлены в графическом виде с соответствующим описанием. На рисунке 2 представлен показатель окисляемости в исследуемой сточной воде.

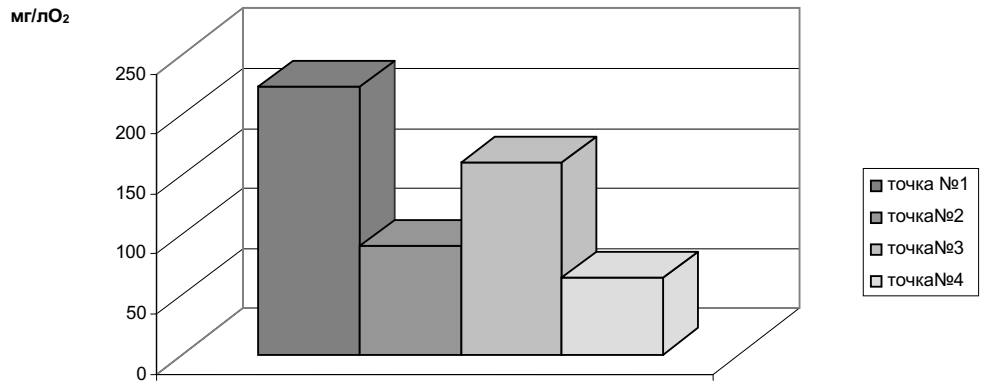


Рисунок 2. **Окисляемость в точках отбора на полях фильтрации**

На рисунке .2 видно, что на входе в двухъярусный отстойник окисляемость составляла 223 мгO_2/дм^3, после очистки (в конце участка) составляет 64 мгO_2/дм^3. Окисляемость является показателем легкоокисляемой органики. Однако необходимо учитывать, что среди загрязняющих веществ имеются органические соединения, которые могут служить субстратом для микроорганизмов. Поэтому при оценке качества воды используют такой важный показатель как биохимическое потребление кислорода (рис. 3).

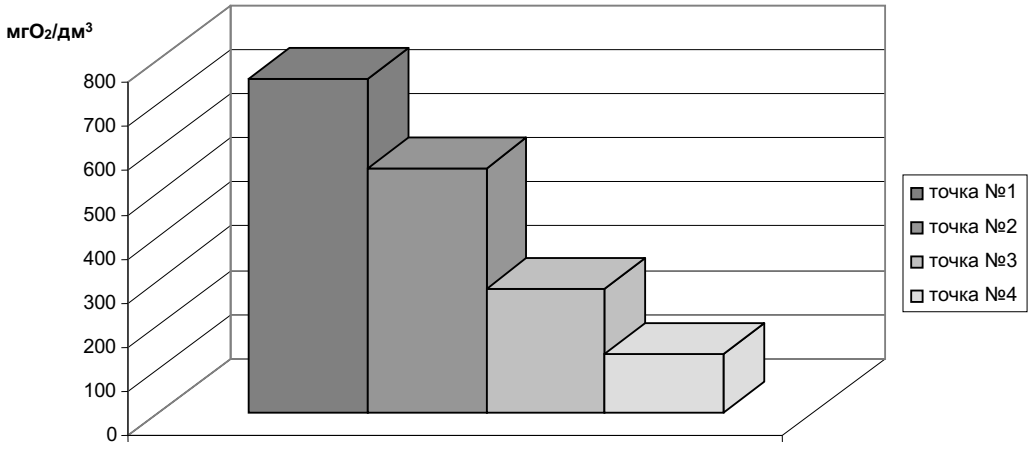


Рисунок 3. **БПК$_5$ в точках отбора на полях фильтрации**

На рисунке 3 видно, что БПК$_5$ в процессе прохождения воды через поле фильтрации уменьшается. На входе в отстойник составляет 756 мгO_2/дм^3, в конце участка – 132 мгO_2/дм^3.

Показатель БПК определяет количество кислорода, необходимого для жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в окислении и деструкции органических веществ, присутствующих в составе примесей сточных вод.

Показатель ХПК является кислородным эквивалентом количества органических веществ в примесях сточных вод. Его содержание в сточной воде показано на рисунке 4.

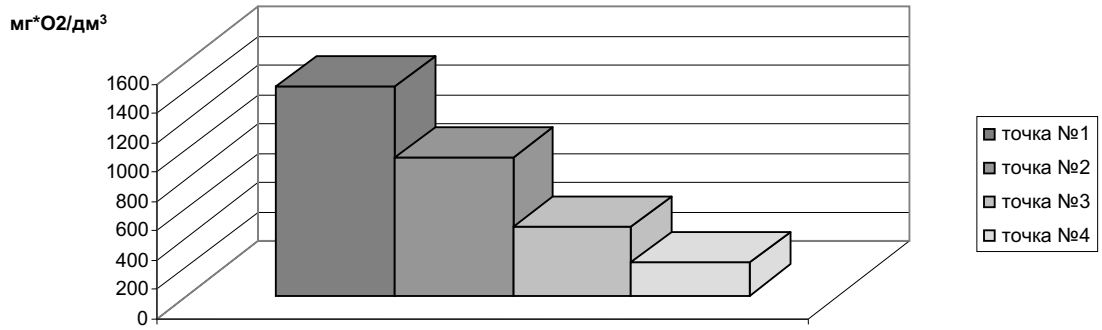


Рисунок 4. **ХПК в точках отбора на полях фильтрации**

На входе в двухъярусный отстойник значение ХПК составляет 1421 мгO_2/л, в последней точке 220 мгO_2/дм^3.

Азотсодержащие вещества, такие как нитраты (рис.5) и аммиак (рис.6) являются важным показателем загрязнения воды органическими веществами животного происхождения и промышленным сбросами. Важными показателями при определении степени загрязненности сточных вод являются содержание в них нитратов (рис. 5) и аммиака (рис. 6).

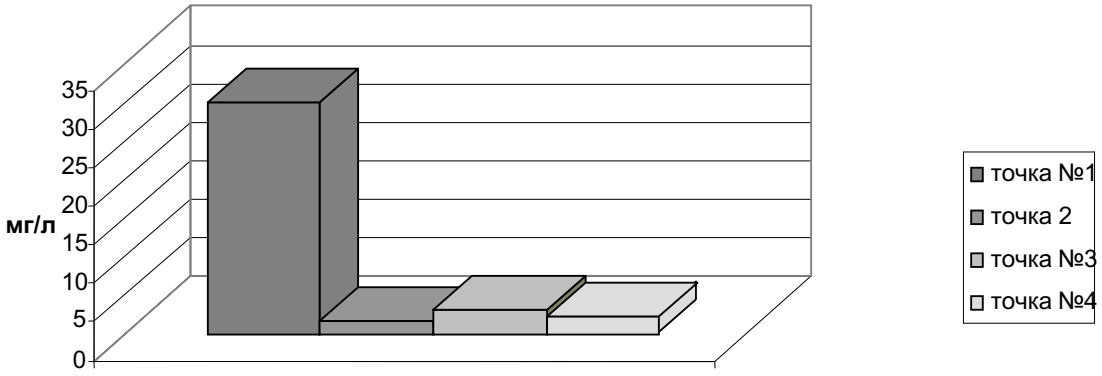


Рисунок 5. **Содержание нитратов в точках отбора на полях фильтрации**

Начальное содержание нитратов в сточной воде составляет 30,2 мг/л, в конечной (точка 4) составляет 2,4 мг/л.

В начальной точке на рисунке 6 мы видим, что содержание аммиака составляет 113 мг/дм^3, в конечной – 3,2 мг/дм^3. Аммиак – продукт белкового распада, поэтому присутствие его в воде свидетельствует о свежем, недавнем загрязнении воды органическими веществами, главным образом бытовыми сточными водами. Присутствие в воде солей азотной кислоты (нитратов) свидетельствует о более давних сроках загрязнения, так как произошла полная минерализация органических веществ, попавших в воду. Обнаружение в воде аммиака и нитратов дает представление о санитарном неблагополучии источника, подвергающегося постоянному загрязнению.

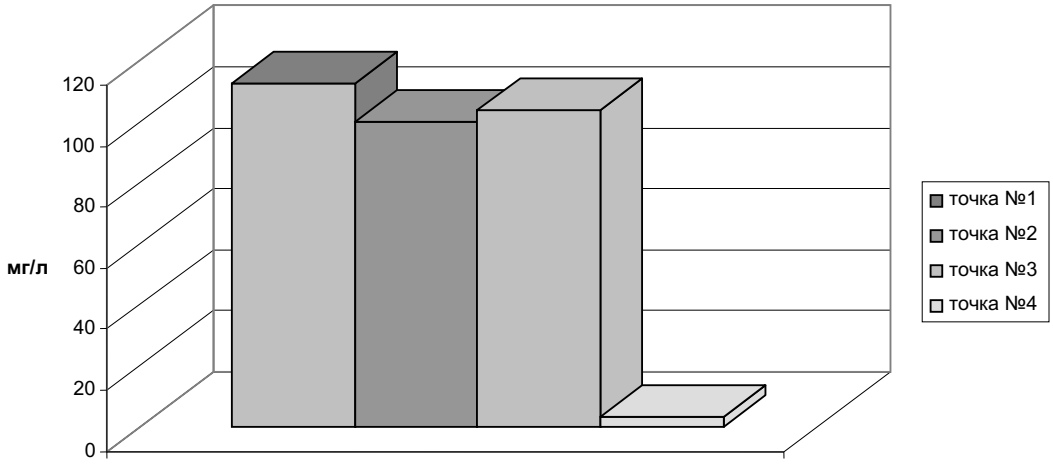


Рисунок 6. **Содержание аммиака в точках отбора на полях фильтрации**

Содержание фосфатов в точке 1 составило 4,2 мг/дм^3, в точках 2 и 3 увеличилось и в точке 4 уменьшилось (2,4 мг/дм^3). Содержание железа в начальной точке составило 6,89 мг/дм^3, а в конечной – 0,6 мг/дм^3. Перед отстойником содержание ионов меди составило 0,031 мг/дм^3, в конце участка (в точке 4) – 0,011 мг/дм^3 [3].

Согласно гигиеническим нормативам [4], содержание химических веществ в сточных водах на полях фильтрации не превышает установленных ПДК и не оказывает негативного экологического влияния на окружающую среду.

В ходе исследования авторами установлено, что на полях фильтрации произрастают камыш, рогоз, ряска, занимающие примерно 1/3 земельного участка (рис. 7), которые выполняют:

- механическую очистку;
- минерализацию и окислительную функцию;
- детоксикацию органических загрязнителей.



Рисунок 7. **Эксплуатируемые поля фильтрации**

Участие растений в процессе очистки воды повышает ее эффективность. Наличие активного слоя почвы и ризосферной микрофлоры особенно благоприятно влияет на интенсивность разрушения

токсических для животных и человека загрязнений. Благоприятный кислородный режим способствует активной деятельности термофильных бактерий.

Таким образом, в результате установления степени очистки сточных вод на сооружениях биологической очистки и определения необходимости проведения мероприятий по обеспечению экологической безопасности при эксплуатации земельного участка, отведенного под поля фильтрации можно утверждать, что:

1) содержание взвешенных веществ, ХПК, БПК, азотных соединений уменьшается в процессе очистки воды (от двухъярусного отстойника до конечной точки на полях фильтрации);

2) микроорганизмы на полях фильтрации обладают достаточной самоочищающей способностью при очистке сточных вод;

3) для дальнейшей эксплуатации земельного участка, на который осуществляется сброс осветленных сточных вод от канализационных очистных сооружений поселка, дополнительных сооружений доочистки сточных вод не требуется, т.к. достигается необходимый уровень экологической безопасности исследуемого объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев С.В, Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод/учебник для вузов: М.: АСВ, 2002. 704 с.
2. Поля фильтрации. Справочник химика 21. http://chem21.info/page/.
3. Отчет о выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы (заключительный): АГАСУ, 2017. 52 с.
4. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве». Постановление главного государственного врача РФ, М: 2006.

УДК 628

ИЗВЛЕЧЕНИЕ РУТИНА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ НА АКТИВНЫХ УГЛЯХ

Т.А. Краснова, Н.В. Гора, Н.С. Голубева
Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (Университет),
г. Кемерово, Россия

Изучена возможность применения активных углей для адсорбции полифенольных соединений. На примере рутина исследован процесс адсорбции полифенольных соединений из модельных растворов. Установлены закономерности и особенности адсорбции рутина на активных углях различной природы. Рассчитаны адсорбционные параметры с использованием уравнения Ленгмюра.

Сточные воды фармацевтических предприятий в значительной степени загрязнены различными химическими соединениями, в том числе полифенолами. Типичным представителем флавоноидов (обширной группы полифенольных соединений) является рутин, содержащийся в сточных водах, образующихся при производстве препаратов обладающих ангиопротекторным действием и препаратов применяемых для профилактики авитаминоза Р.

Одним из наиболее эффективных способов очистки сточных вод от загрязнителей является сорбционный метод. Преимуществом сорбционной очистки является возможность получения воды пригодной для повторного использования и возвращение в производство ценных компонентов.

Углеродные сорбенты широко применяются при очистке сточных вод от органических загрязнителей, их использование позволяет решить проблему очистки низкоконцентрированных сложносоставных промышленных стоков.

Целью работы было исследование эффективности применения углеродных сорбентов для извлечения полифенольных соединений.

Объектами исследования являлись наиболее часто используемый в практике активный уголь марки АГ-ОВ-1 (ОАО «Сорбент», г. Пермь), активный уголь АБГ (ПО «Карбоника Ф», г. Красноярск), являющийся полукоксом и водные растворы рутина.

Для выяснения возможности использования активных углей для очистки сточных вод от рутина необходимо, в первую очередь, получить равновесные адсорбционные параметры. Равновесие адсорбции полифенольных соединений исследовалось в широком интервале концентраций на модельных растворах рутина. Структурная формула представлена на рисунке 1.

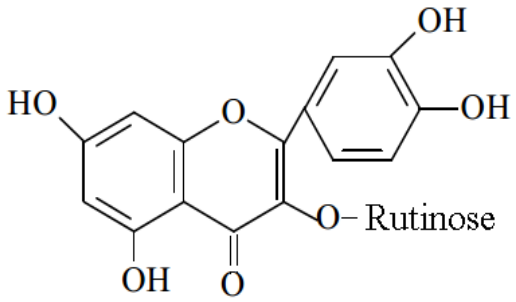


Рисунок 1. **Структурная формула рутина**

По результатам исследования были построены изотермы адсорбции (рис. 2).

Форма начального участка экспериментальных изотерм адсорбции рутина углеродными сорбентами АГ-ОВ-1 и АБГ относится к классу L по классификации Гильса [1]. Изотермы типа L предполагают физическую адсорбцию, при которой между адсорбатом и адсорбентом действуют ван-дер-ваальсовы силы. Крутой подъем изотермы свидетельствует о высокой

степени извлечения из растворов с низкой концентрацией при адсорбции рутина на сорбенте АБГ, что объясняется взаимодействием активных центров активного угля с молекулой извлекаемого вещества.

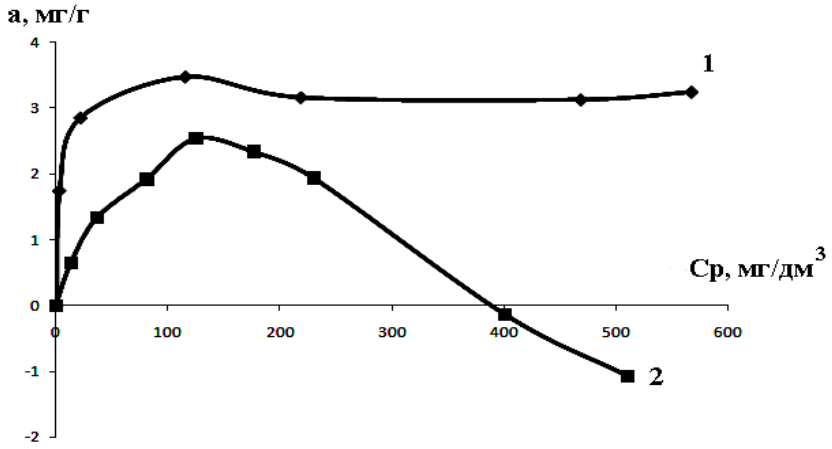


Рисунок 2. **Изотерма адсорбции рутина адсорбентами марок: АБГ (1) и АГ-ОВ-1 (2) из водного раствора**

Для уточнения механизма адсорбции и получения значений величин адсорбции, необходимых для расчетов оптимальных параметров и режимов непрерывной работы практической установки по уравнению Ленгмюра определены основные адсорбционные параметры (табл. 1).

Таблица 1. **Параметры адсорбции рутина активными углями, рассчитанные по уравнению Ленгмюра**

Марка угля	-G, кДж/моль	Γ_{max}, ммоль/г
АГ-ОВ-1	29,08	0,04
АБГ	32,35	0,01

Из таблицы 1 видно, что значения энергии Гиббса, при адсорбции рутина сравнимы с энергией водородной связи (8 – 40 кДж/моль), что предполагает преобладание специфического взаимодействия сорбента с извлекаемым веществом, подтверждаемое лучшим извлечением при высоких концентрациях [1–2]. Помимо этого, необходимо учитывать содержащиеся в рутине гидрофобные кольца, которые обеспечивают неспецифическое взаимодействие с углеродным сорбентом.

Анализ представленных данных показал возможность применения исследуемых сорбентов для адсорбции полифенольных соединений. Полученные данные показывают, что в количествах рутина содержащихся в сточных водах достаточно хорошо работают оба угля. В тоже время, учитывая более низкую стоимость полукокса АБГ и приблизительно равную адсорбционную способность, в сравнении с активным углем марки АГ-ОВ-1, можно рекомендовать для дальнейших исследований полукокс АБГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Парфит Г. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел / Г. Парфит, К. Рочестер – пер с англ. М.: Мир, 1986. 488 с.
2. Когановский А.М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко, Р.М. Марутовский, И.Г. Рода. М.: Химия, 1983. 288 с.

УДК 628.5

К ВОПРОСУ ОБ ОЧИСТКЕ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ПЕРЕКРЫТЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД

Н.С. Серпокрылов
Донской государственный технический университет,г. Ростов-на-Дону, Россия
В.Ю. Борисова, Н.В. Кондакова
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия
А. Халил
г. Александрия, Египет
Донской государственный технический университет,г. Ростов-на-Дону, Россия

Для снижения выбросов загрязняющих веществ от станции аэрации был рассмотрен ряд методов очистки газо-воздушной смеси. Проведен анализ микробиологического метода окисления диоксида серы.

В последнее время в связи с интенсивным жилищным строительством жилая застройка вплотную приблизилась к санитарно-защитным зонам канализационных очистных сооружений. Это привело к появлению жалоб со стороны жителей близлежащих районов на работу очистных сооружений как источника выделения неприятных запахов. Причиной неприятного запаха являются попадающие в воздушную среду продукты микробиологического разложения загрязнений сточных вод.

В мировой практике борьбы с опасными и дурнопахнущими выбросами от сооружений канализации используются методы, включающие два основных этапа: сбор загрязненного воздуха и его последующую очистку. Предотвращение выбросов в атмосферу и сбор газов осуществляется путем перекрытия поверхностей сооружений, с которых выделяются опасные и дурнопахнущие вещества. В настоящее время в качестве перекрытий используются как классические бетонные ангары, так и тенты из гибкого пластика или надувных конструкций. Загрязненный воздух из-под перекрытий далее направляется на очистку [1–2].

Основными способами очистки газа от дурнопахнущих загрязняющих веществ являются физические, физико-химические и

химические методы:

- адсорбционный метод основан на поглощении газообразных веществ активированным углем или цеолитами. Особенностью этого процесса является то, что процесс идет циклически – низкотемпературная адсорбция и затем высокотемпературная десорбция (или продувка инертным газом);
- абсорбционный метод представляет собой процесс растворения газообразного компонента в жидком растворителе. Наибольшее распространение получили насадочные (поверхностные) и барботажные тарельчатые абсорберы. Общими недостатками абсорбционных методов является необходимость большого количества поглотителей, которые необходимо регенерировать, громоздкость аппаратурного оформления, а также образование загрязненных сточных вод;
- электрохимические методы очистки заключаются в окислении сульфидов в электролизере до элементарной серы, тиосульфатов и сульфатов. Однако следует иметь ввиду, что сточные воды имеют весьма сложный химический состав, что может осложнить происходящие при электролизе процессы;
- сорбционно-плазмо-каталитическая технология основана на высокой окислительной способности продуктов высоковольтного электрического разряда (озон, атомарный кислород, возбужденный молекулярный кислород, гидроксильные группы и ионы). Газообразные загрязнители, проходя зону высоковольтного разряда и взаимодействуя с продуктами электросинтеза, разрушаются и переходят в менее вредные соединения и безвредные, вплоть до CO_2 и H_2O. После зоны высоковольтного разряда очищаемый газ подвергается финишной тонкой очистке на сорбенте-катализаторе. Данная технология позволяет одновременно и разлагать вещества-загрязнители воздуха, и улавливать остатки неразложившихся веществ-загрязнителей;
- биологические методы очистки воздуха от вредных примесей основаны на естественной способности микроорганизмов, образующих биологически активную пленку на поверхности твердого пористого носителя, извлекать из проходящего сквозь этот носитель воздуха примеси органических и неорганических летучих веществ.

В условиях работы канализационных очистных сооружений наиболее приемлемым является метод биологической очистки.

Нами экспериментально проверена принципиальная возможность очистки газовых выбросов в воздухе рабочей зоны станции аэрации, расположенной в полностью перекрытом здании. В ходе эксперимента

была установлена исходная концентрация загрязняющих выбросов: CO_2 – 0,00 %; CO – 0,0 мг/м^3; NO_2 – 0,3 мг/м^3; SO_2 > 20,0 мг/м^3.

Из показаний прибора (газоанализатор «Комета-М») видно (рис. 1), что содержание диоксида серы SO_2 находится выше придела обнаружения, при этом ПДК данного вещества в рабочей зоне равна 10 мг/м^3 [3].



Рисунок 2. **Замер воздуха рабочей зоны станции аэрации**

Диоксид серы (сернистый газ, сернистый ангидрид, SO_2) – в нормальных условиях представляет собой бесцветный газ с характерным резким запахом (запах загорающейся спички). Присутствие оксидов серы в атмосфере оказывает негативное влияние на жизнедеятельность животных и растений: диоксид серы взаимодействует с кислородом воздуха с образованием SO_3 и в конечном счете H_2SO_4:

$$2\ SO_2 + O_2 \rightarrow 2\ SO_3$$

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$



Рисунок 2. **Модель фильтра**

Для уменьшения концентрации диоксида серы в воздухе рабочей зоны станции аэрации был предложен сорбционный материал на основе биогумуса (микробиологическое удобрение на основе перегноя) и древесной коры (рис. 2). Под действием групп тионовых и серобактерий в аэробных условиях в загрузке протекает окислительная реакция соединений серы. В почвах при аэробных условиях сера накапливается в виде гипса или в составе легкорастворимых солей. При умеренном содержании гипс положительно влияет на свойства почв и даже используется для мелиорации солонцов [4].

Анализ газо-воздушной смеси на выходе из модельной установки выявил снижение

концентрации диоксида серы: CO_2 – 0,00, %; CO - 0,0 мг/м^3; NO_2 – 0,3 мг/м^3; SO_2 – 19,7 мг/м^3 (рис. 3).

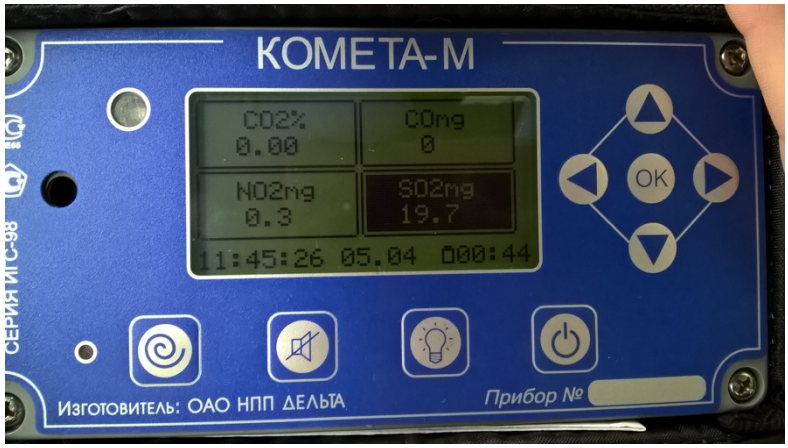


Рисунок 3/ **Замер газо-воздушной смеси на выходе из модельной установки**

К преимуществам данного метода можно отнести:

- отсутствует образование отходов, требующих специальной обработки;
- биомасса через какой-то промежуток времени подвергается компостированию вместе с фильтрующим материалом;
- исключительно низкая себестоимость инвестиций, а также низкие эксплуатационные расходы;
- в целях ресурсосбережения для орошения фильтрующего слоя возможно применять очищенные сточные воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стегленко А.В. Борьба с дурнопахнущими выбросами от сооружений канализации // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 7.
2. Гаврилина Ю.А., Борисова В.Ю., Кондакова Н.В. Мониторинг и эмиссия газовых выбросов на станциях аэрации // Строительство и архитектура-2015, мат. Межд. научн.-практ. конф. Ростовский государственный строительный университет, Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. 2015.
3. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (с изменениями на 29 июня 2017 года).
4. Орлов Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учеб. пособие / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. М.: Высш. школа, 2002. 334с

УДК 628.35

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Е.В. Вильсон, Н.С. Серпокрылов, Л.А. Долженко, А.С. Смоляниченко,
Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия
Марам Саийд
г. Латакия, Сирийская Арабская Республика
Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия

Проведено технологическое обследование очистных сооружений в условиях переменных входных характеристик и разработка мероприятий по улучшению их работы для снижения сбросов загрязняющих веществ в водоем - приемник сточных вод. Для эффективной эксплуатации сооружений рекомендован график подачи и оптимальные дозы биопрепаратов, пероксида водорода, определены необходимые расходы, концентрации и точки ввода в иловую смесь.

Решение инженерных задач, направленных на улучшение экологической обстановки и охрану водоемов от загрязнений, требует взаимосвязи технологических характеристик процессов очистки сточных вод к их качественным и количественным показателям [1–2]. В результате предварительных исследований выявлены объективные факторы, влияющие на специфику работы очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод «Суворовские» в г. Ростове-на-Дону:

- при расчетной максимально суточной производительности очистных сооружений 10 000 м^3/сутки, на станцию поступает не более 20 %;
- концентрация основных загрязнений, характерных для хозяйственно-бытовых сточных вод, превышает проектную более, чем в два раза по отдельным показателям;
- нарушается суточный график подачи сточных вод;
- имеют место залповые сбросы сточных вод промышленного характера, в том числе и строительного производства.

Целью данной работы является технологическое обследование очистных сооружений в условиях переменных входных характеристик и разработка мероприятий по улучшению их работы для снижения сбросов загрязняющих веществ в р. Темерник.

Очистные сооружения «Суворовские» включают механическую, глубокую биологическую очистку с нитри-, денитрификацией и реагентным удалением фосфатов и доочистку сточных вод. Очистные сооружения размещены в двух корпусах. Механическая очистка и насосная станция подачи сточных вод на биологическую очистку

расположена в отдельном павильоне. Остальные сооружения и оборудование для обработки осадков располагаются в наземном резервуаре круглой формы, выполненном из монолитного железобетона.

Для механической очистки от грубых отбросов и песка предусмотрена комбинированная установка, состоящая из шнековой решетки с прозором 4 мм и аэрируемой песколовки, оборудованной двумя шнеками – для сбора песка по длине и выгрузки. Плавающие загрязнения (жиры и масла) собираются поверхностным скребком в приямок и вывозятся на утилизацию. Первичные отстойники для отделения сырого осадка не предусмотрены проектом. Такой состав сооружений предусматривается для низкоконцентрированных сточных вод жилых районов с высокой нормой водопотребления или с учетом поступления поверхностного стока. Осветленная сточная вода после механической очистки с помощью насосов поступает на блок биологической очистки, состоящий из смесителя, зоны денитрификации, зоны аэрации, вторичных отстойников, блока доочистки и регенератора активного ила.

Смеситель предназначен для смешения возвратного активного ила из регенератора и осветленной сточной воды. Перегородчатая конструкция смесителя предполагает усреднение сточных вод при переливе через верхние окна перегородки. Для интенсификации процесса и предупреждения выпадения осадка каждая секция оборудована пневматическими аэраторами. Регенератор предназначен для восстановления активности возвратного ила с помощью продувки воздухом перед подачей его в основные сооружения. Подача возвратного активного ила в регенератор происходит насосами иловой насосной станции, которая принимает осажденный ил из вторичных отстойников. На регенерацию подается только та часть возвратного активного ила, который поступает в денитрификатор, основная часть его поступает в аэротенки – нитрификаторы без регенерации.

Расположение денитрификатора (аноксидной зоны) и аэротенка-нитрификатора (аэробной зоны) соответствует общепринятой в мировой практике очистки сточных вод схеме А/О. Денитрификатор представляет собой резервуар в форме кольца, оборудованный двумя погружными пропеллерными мешалками Fagglolati – одна рабочая, одна резервная. Для работы в зимнее время, при температуре воды ниже 10 °С, предусмотрена подача воздуха через систему аэрации. В денитрификаторе происходит окисление органических веществ в аноксидных условиях, с целью восстановления азота нитратов и нитритов до газообразного состояния. В качестве органического субстрата для денитрификации используются органические загрязнения в сточных водах после механической очистки, а аноксидные условия обеспечиваются потоком очищенной воды с возвратным активным илом. Подача возвратного активного ила и нитратсодержащего потока жидкости в денитрификатор осуществляется в

двух диаметрально противоположных точках – из приемного резервуара циркуляционной иловой насосной станции и из смесителя после процесса регенерации.

Иловая смесь после денитрификатора самотеком через технологические отверстия поступает в аэротенк-нитрификатор с блоками контактных носителей биомассы (погружные биофильтры). Аэробная зона состоит из двух секций в форме полукруга и оборудована пневматической системой аэрации Rehau Raubioxon 6415. Дополнительно предусмотрен ввод возвратного активного ила из резервуара циркуляционной иловой насосной станции в каждую секцию в двух точках, под блоки контактных носителей биомассы. Для разделения иловой смеси после биологической очистки предусмотрены четыре вторичных отстойника вертикального типа, квадратной формы в плане. Отстойники встроены в резервуар для аэрации в центральной части сооружения. Для сбора биологически очищенной воды отстойники оборудованы сборными желобами с зубчатыми водосливами, для отвода отделенного осадка – самотечной системой удаления осадка и кольцевым лотком для сбора плавающих веществ. Трубопровод удаления осадка оборудован дополнительно воздушной камерой для увеличения отбора осевшего ила. Для химического удаления фосфатов в биологически очищенную сточную воду подают раствор сульфата алюминия, который при взаимодействии с фосфатами образует мелкую нерастворимую взвесь. Доочистка сточных вод осуществляется в две ступени. На первой ступени установлены механические самопромывные фильтры марки IN-EKO 5FBO-R, на второй – двухслойные песчано-антрацитовые фильтры марки CULLIGANS HMS-F-220. На фильтрах задерживаются взвешенные вещества минерального и органического происхождения, включая соединения фосфора. Для промывки фильтров первой ступени используется вода после фильтров второй ступени, режим промывки – водовоздушный. Осадок промывных вод после отстаивания направляется в приемный резервуар осветленных сточных вод после механической промывки.

Комплекс очистных сооружений «Суворовский» рассчитан на прием 10 000 $м^3$/сут. В связи с меньшим расходом поступающих сточных вод на станции была отключена вторая секция зоны аэрации объемом 2667 $м^3$ и, соответственно, два встроенных отстойника. Результаты обследования сооружений биологической очистки приведены в таблице.

Анализ результатов исследований показал, что в зоне денитрификации, в результате длительного пребывания сточных вод, формируются восстановительные условия, показателем которых является значение окислительно-восстановительного показателя (ОВП) «-240 мВ», что негативно сказывается на работе зоны «нитрификации», в которой значение ОВП не поднимается выше 40 мВ, при том, что в этой зоне ОВП должен достигать 250 – 350 мВ. Известно, что активный ил без наличия

кислорода начинает погибать через 12 ч.. Таким образом, существующая технологическая схема деления зон биологической очистки сточных вод в реальных объемах не может быть реализована. Так основной показатель успешного процесса нитри-денитрификации – азот аммонийный, не снижается и даже возрастает в результате аммонификации органических веществ и частичной азотфиксации. Длительное пребывание сточных вод и активного ила в зонах с дефицитом кислорода приводит к реализации процессов загнивания, о чем свидетельствует продуцирование газов, которые в соответствии с величиной своего парциального давления переходят из водной среды в воздушную, о чем свидетельствует уровень запаха, которому можно присвоить 4 – 5 баллов по пятибалльной системе оценок. Качество очистки падает, а активный ил представляет собой некоторое сообщество микроорганизмов, которое при тестировании по принципу биоэстимации обнаруживает доминантное количество простейших – прикрепленных инфузорий, которые входят в биоэстиматоры № 4 и голых амеб – биоэстиматоры № 2. И те и другие свидетельствуют о наличие зон застоя с низкими концентрациями кислорода и недостаточным процентом рециркуляции сточных вод.

Таблица. **Результаты обследования очистных сооружений**

№ точки отбора батометром	Н, м (от поверхности воды)	ОВП, мВ	O_2, мг/л	pH	Объем осадка, мл (30 мин.)
Денитрификатор, 02.04.17, точка 1. Время – 10.50 (Южная сторона)					
1	3,0	-100	2, 0	5,5	0
1	5,5	-170	1,9	5.5	0
Нитрификатор, 02.04.17, точка 1. Время – 10.50 (Южная сторона)					
1	2,5	20	2,03	7	30
1	5,5	20	1,84	7	20
Нитрификатор, 02.04.17, точка 2. Время – 10.50 (Южная сторона)					
2	3,0	60	2,27	7	50
2	5,5	60	2,11	7	100
Нитрификатор, точка 3. (2-я четверть)					
1	2,0	50	2,11	7	15
2	3,5	70	2,2	7	15
Вторичный отстойник, (2-й)					
1	2,0	50	2,0	7	30
2	5,5	50	2,4	7	25
Вторичный отстойник, (1-й)					
1	2,0	130	2,26	7	0,5
2	5,5	170	2,08	7	0,5

Неравномерность и недостаточность притока сточных вод приводит к ситуации, при которой реагентная очистка сточных вод от фосфатов

является неэффективной, так как отсутствуют гидродинамические условия и конструктивное оформление процессов смешения и хлопьеобразования.

По нашему мнению, основная причина сбоев в работе сооружений биологической очистки – отсутствие гибкости схемы. Очистные сооружения рассчитаны на определенное количество сточных вод, без учета последовательного наращивания производительности. Технологическая схема станции очистки хозяйственно-бытовых сточных вод предназначена для поступления низкоконцентрированных сточных вод. Существенное превышение ≈ в 2 раза концентраций основных загрязняющих веществ над проектными показателями, требует интенсификации процессов очистки и постоянной коррекции циркуляционных потоков при изменении входных параметров.

При обследовании сооружений выявлен ряд конструктивных особенностей, влияющих на корректировку технологического режима. Перекрытие резервуара денитрификатора не позволяет проводить его полное обследование на наличие застойных зон с развитой анаэробной биомассой. Подача циркулирующего активного ила насосом иловой насосной станции контролируется двумя расходомерами одновременно. Правый расходомер регистрирует суммарно возвратный иловый поток нитратного цикла в регенератор, смеситель и в аноксидную зону (денитрификатор), а также, возвратный ил в аэробную зону (нитрификатор). Левый – в диаметрально противоположную точку денитрификатора, в нитрификатор и в аэробный минерализатор. При таком распределении невозможно произвести замер избыточного активного ила, а, следовательно, рассчитать требуемый возраст активного ила, необходимый параметр для успешной нитрификации. При изменении входных характеристик поступающих сточных вод, необходимо регулировать расход рециркуляционного потока нитратного цикла, подаваемого в денитрификатор, что не представляется возможным по тем же причинам. Причем, часть стабилизированного активного ила, при помощи эрлифта, также подается в денитрификатор. Такой поток можно рассматривать в качестве дополнительного субстрата, однако при высоких концентрациях органических веществ, при этом существенно возрастает нагрузка на ил.

Вторичные отстойники имеют ряд конструктивных недостатков. Подача иловой смеси по центральной трубе в нижнюю часть отстойника без отражательного щита, приводит к размыву и всплыванию осевшего осадка. Вторичные отстойники являются местом ввода реагента для связывания соединений фосфора в мелкодисперсную взвесь. Нестандартный режим осаждения активного ила приводит к плохому смешению очищенной воды с реагентом и, как следствие, к снижению эффективности удаления соединений фосфора. Отмечена неэффективная работа сооружений доочистки.

Для нормализации эффективной эксплуатации сооружений биологической очистки, как в стационарных, так и аварийных ситуациях, определен график подачи и оптимальные дозы биопрепаратов, а также разработана технология использования пероксида водорода, определены необходимые расходы, концентрации и точки ввода в иловую смесь. В дальнейшем, для повышения эффективности и снижения энергоёмкости биологической очистки сточных вод рекомендовано применение светодиодов в аэробной части сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спиридонова Л.Г., Серпокрылов Е.Н., Серпокрылов Н.С. Корректировка регламента по эксплуатации очистных сооружений в условиях изменения исходных параметров сточных вод / Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2016»: материалы IX Межд. науч.-практ. конф.; г. Ростов-на-Дону, 5–7 октября 2016 г. /Юж.-Рос. гос. политехн. Ун-т. (НПИ) имени М.И. Платова. Новочеркасск: Лик, 2016. С. 196–201.
2. Серпокрылов Н.С., Вильсон Е.В., Серпокрылов Е.Н. Влияние фазовых переходов загрязняющих веществ сточных вод на эксплуатацию систем водоотведения / «Яковлевские чтения»: материалы 1X науч.-технич. конф.; г. Москва. 18–19 марта 2014 г. М.: МГСУ, 2014, С. 196–203.

УДК 658.567.1

СОРБЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА

Е.В. Москвичева, Д.О. Игнаткина, А.В. Москвичева
Волгоградский государственный технический университет»,
г. Волгоград, Россия

Представлен способ получения гранулированного сорбционно-фильтрующего материала, применение которого позволит повысить экологическую безопасность предприятий пищевой промышленности за счет внедрения технологий переработки природного сырья и вторичных продуктов производства, а также современных методов очистки сточных вод.

Сегодня, государственная политика большинства стран мира, направлена на рациональное использование природных ресурсов, так как, в связи с интенсивным развитием промышленности происходит загрязнение воды, атмосферного воздуха и плодородной почвы поллютантами органической и неорганической природы. Для реализации такого подхода в области промышленного природопользования

необходимо предусматривать внедрение ресурсосберегающих, экологически безопасных и малоотходных технологий производства.

Сточные воды – это, пожалуй, самый очевидный и видимый ущерб, наносимый промышленными предприятиями гидросфере, в том числе источникам питьевой воды [1]. В сточных водах присутствуют вещества различной природы: нефтепродукты, красители, фенолы, жиры, поверхностно-активные вещества, тяжелые металлы. Обезвреживание таких вод сопряжено с необходимостью разработки новых технологий очистки или интенсификации работы существующих очистных сооружений [2–3]. Последняя может быть обеспечена как путем совершенствования конструкций действующих сооружений, дополнительным включением в схему очистки новых эффективных узлов, так и использованием новых материалов и реагентов позволяющих достигать требуемую степень очистки.

Второй, не менее важной и актуальной проблемой, требующей научного подхода в решении, является утилизация твердых отходов производства в качестве вторичных сырьевых ресурсов. Так, переработка отходов производства продукции из сырья растительного происхождения особенно актуальна из-за значительного количества их образования и наличия в них ценных компонентов, которые могут быть выделены и использованы.

Авторами статьи предложено решить обозначенные выше проблемы загрязнения окружающей среды путем переработки природного сырья и отходов производства, а также использования современных методов очистки производственных сточных вод.

Одним из перспективных направлений в области удаления техногенных загрязнителей из водных сред является метод сорбционной очистки. При выборе сорбционных материалов для очистки производственных сточных вод, помимо высокой эффективности, предъявляются дополнительные требования, связанные со стоимостью, доступностью, возможностью переработки отходов производства и экологической безопасностью утилизации отработанных сорбентов.

В последнее время широкое распространение получили сорбенты на основе отходов растительного происхождения (древесных опилок, скорлупы орехов, шелухи крупяных культур, отходов переработки трав, опавшей листвы, соломы, камышовой сечки, соцветий тростника), которые при химическом и термическом модифицировании приобретают специфические сорбционные свойства к определенному спектру загрязняющих веществ [4–5]. Однако, зачастую, ни один из видов перечисленных сорбентов не способен одновременно очищать воду, как от органических, так и неорганических загрязнений. Поэтому перспективным направлением является разработка способа получения композитных сорбционно-фильтрующих материалов, сочетающих в себе одновременно

свойства как углеродных, так и минеральных сорбентов, что позволяет решать проблемы очистки промышленных сточных вод и значительно удешевлять стоимость конечного продукта.

Авторами статьи предложен способ получения гранулированного композитного сорбента (ГКС) на основе отхода растительного происхождения и минерального сырья. Для изготовления ГКС в качестве основного сорбирующего наполнителя использован многотоннажный отход производства пищевой промышленности – табачная пыль (ТП), которая образуется в процессе изготовления табачно-махорочных изделий на предприятии ООО «Империал Тобакко Волга» г. Волгограда. Основным компонентом ТП является целлюлоза – природный полимер, характерной особенностью которого является наличие в каждом элементарном звене трех гидроксильных групп – OH^-. Функциональная гидроксильная группа способна взаимодействовать с ионами тяжелых металлов, удерживая их в порах и на поверхности сорбента, также на стенках микропор способны сорбироваться макромолекулы растворенных органических соединений [6]. Химический состав ТП представлен в таблице 1.

Таблица 1. **Химический состав ТП**

Наименование компонента	Содержание, %	Наименование компонента	Содержание, %
Кальций	0,3113	Азот	1,88
Никель	0,0002	Никотин	0,5
Садмий	0,0001	Углеводы	0,7
Свинец	0,0001	Белки	0,4
Железо	1,9658	Органические кислоты	0,1
Хром	0,0004	Липиды	0,1
Калий	2,2887	Целлюлоза	90,7534
Вода	1,0		

Исходным компонентом, используемым в качестве природного связующего при получении ГКС, является суспензия бентонитовой глины (СБГ) с содержанием монтмориллонита 35 – 55 % на водной основе. Известно, что бентонитовая глина (БГ) обладает рядом специфических свойств, обусловленных входящим в ее состав монтмориллонитом: хорошей пластичностью и набухаемостью, гидрофильностью, высокой ионообменной емкостью и сорбционной способностью, щелочностью, обусловленной структурой кристаллической решетки монтмориллонита, большой удельной поверхностью и электрокинетическим потенциалом [7–8]. Для приготовления СБГ использовалась БГ на основе Долговского проявления, расположенного в Волгоградской области (Нехаевский район). Химический состав БГ представлен в таблице 2.

Таблица 2. **Химический состав БГ**

Наименование компонента	Содержание, %	Наименование компонента	Содержание, %
Кремний SiO_2	0,3113	Оксид титана	0,558
Оксид алюминия	0,0002	Оксид калия	0,952
Оксид железа	5,75	Оксид натрия	3,159
Оксид магния	4,89	Оксид хрома	0,041
Оксид кальция	2,24	Потери при прокаливании	14,28

Способ получения гранулированного сорбента заключается в том, что исходное сырье при массовом соотношении, мас. % равном: ТП : СБГ = 60 : 40, смешивали до образования пластичной массы влажностью не более 48 %, сформировавшуюся пластичную массу гранулировали продавливаем через фильеры заданного размера и получали гранулы диаметром от 1 ÷ 3 мм и длиной от 4 ÷ 7 мм, затем сушили при комнатной температуре в течение 24 ч. Полученный сорбент подвергали кислотной активации 15 % раствором серной кислоты в течение 50 мин, после чего осуществляли термическую обработку прокаливанием при температуре 400 – 650 °С в течение 240 мин.

ГКС доводили до готовности путем остывания до температуры окружающей среды, затем осуществляли промывку водой и последующую сушку в естественных условиях. Готовый ГКС представляет собой механически твердые гранулы темно-коричневого цвета (рис. 1) с остаточной влажностью 2 – 3 %.



Рисунок 1. **ГКС на основе ТП и СБГ Волгоградской области**

Для подтверждения эффективности доочистки сточных вод табачной фабрики, прошедших предварительную механическую очистку (отстаивание) и электрохимическую обработку (плотность тока составляла 0,7 А/дм^2, время обработки – 10 мин, pH – 5 – 5,5; температура воды – 20 – 22 °С, материал электродов – нержавеющая сталь) с использованием ГКС, проводили исследования по выявлению остаточного содержания загрязнений в фильтрате. С этой целью сточные воды объемом 8 л с реакцией среды pH 5,3 пропускали нисходящим потоком через фильтровальную колонку с загрузкой ГКС объемом 100 см^3 со скоростью 5 л/час·дм^3. Данные по эффективности очистки сточных вод с применением ГКС представлены в таблице 3.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет создать качественно новый гранулированный сорбционно-фильтрующий композитный материал, который эффективно сорбирует как органические, так и

неорганические поллютанты из водных сред. Особенностью способа получения является использование в качестве исходного сырья отходов производства и природных материалов, что позволяет значительно снизить его стоимость (себестоимость сорбента составляет 40 руб./кг в ценах 2016 г.)

Таблица 3. **Эффективность очистки сточной воды**

Показатели		Исходная концентрация, мг/л	Эффективность очистки, %
Взвешенные вещества		58,7	99
Нефтепродукты		5,2	99
Фенол		41,2	98
Жиры		7,51	87
СПАВ		18,4	99
Катионы в коллоидно-растворимой форме	Zn^{2+}	0,5	83
	Cu^{2+}	1,4	90
Катионы в ионной форме	$Fe_{общ.}$	3,1	92
	Cu^{2+}	4,3	94

Кроме того, применение полученного ГКС предполагает реализацию малоотходной технологии очистки производственных сточных вод, что в целом позволяет решить сразу несколько экологических задач на одном промышленном предприятии: первая – очистка производственных сточных вод до допустимых значений концентраций загрязняющих веществ; вторая – снижение объема многотоннажного отхода ТП за счет использования его в качестве вторичного сырья для получения сорбента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. / А.Д. Смирнов. Л.: Химия, 1982. 168 с.
2. Олянский Ю.И., Игнаткина Д.О., Войтюк А.А. и др. Способ повышения надежности функционирования систем водного хозяйства // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 2(27).
3. Sobgaida N.A. Fiber and carbon materials for removing oil products from effluent / N.A. Sobgaida, L.N. Ol’shanskaya, I.V. Nikitina // Chemical and Petroleum Engineering. 2008. Vol. 44. P. 41–44.
4. Игнаткина Д.О., Войтюк А.А., Ибрагимова З.К. Очистка сточных вод пищевой промышленности композитными фильтрами на основе отходов производства // XIX региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области, Волгоград, 11–14 нояб. 2014 г.: направление № 16 «Архитектура, стр-во и эколог. проблемы»: тез. докл. Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2015. С. 11–13.
5. Патент РФ № 2411059 Сорбционно-фильтрующий материал для очистки сточных вод / Н.А. Собгайда, Л.Н. Ольшанская, Т.В. Никитина,

М.А. Колесникова. Заявка № 2009112925 от 06.04.2009 г.
6. Собгайда Н.А. Влияние природы связующего материала на сорбционные свойства сорбентов, изготовленных из отходов агропромышленного комплекса / Н.А. Собгайда, Ю.А. Макарова // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. № 1. С. 41–45.
7. Котельников Д.Д. Глинистые минералы осадочных пород / Д.Д. Котельников, А.И. Конюхов М.: Недра, 1986. 247 с.
8. Rolfe, B.N. Dispersion characteristics of montmorillonite, kaolinite and hike clays in waters of varying quality, and their control with phosphate dispersants. / B.N. Rolfe, R.F. Miller, and I.S. Mcqueen // Geological Survey Professional Paper 334-G. 1960. 48 p.
9. Баталова Ш.Б. Физико-химические основы получения и применения катализаторов и адсорбентов из бентонитов. Алма-Ата: Наука, 1986. 168 с.

УДК 628.356.39

ОПЫТ МОДЕРНИЗАЦИИ МОДУЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД ТОРГОВОГО КОМПЛЕКСА

П.В. Костюков, В.П. Костюков, Е.Г. Угроватова, Р.В. Федотов, И.В. Пчельников
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия

Приведены результаты исследований сточных вод многофункционального торгового центра, рассмотрены основные технологические решения и недостатки действующего комплекса локальных очистных сооружений модульного типа. Приведены рекомендации по модернизации очистных сооружений, внедрение которых, позволило снизить концентрацию взвешенных веществ в очищенном стоке до 0,5 мг/л, азота аммонийного – 0,6 мг/л, фосфатов – 2,0 мг/л.

Сооружения для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод модульного типа, предназначенные для локальных систем водоотведения с небольшой производительностью, на сегодняшний день пользуются стабильно высоким спросом. Необходимость в такого рода сооружениях объясняется как ужесточением надзора контролирующих органов над соблюдением природоохранных нормативов, так и простотой их проектирования (привязки) и монтажа по сравнению с классическими сооружениями из железобетона.

Наибольшее распространение получили локальные установки для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на основе аэротенков из-за меньших строительных габаритов таких сооружений по сравнению с

биофильтрами, а также в связи с возможностью осуществлять более глубокую нитрификацию аммонийного азота, проводимую вместе с денитрификацией в одном емкостном сооружении. Установки обычно комплектуются сооружениями механической очистки (часто без первичных отстойников) и узлом доочистки и обеззараживания сточных вод. Сами сооружения биологической очистки могут быть как проточными (по принципу аэротенк-вторичный отстойник), так и периодического действия (SBR-реакторы), когда процессы нитрификации, денитрификации и разделения иловой смеси происходят в одном объеме последовательно. Реакторы периодического действия более просты конструктивно, но требуют значительно более сложной системы автоматики по сравнению с аэротенками-вытеснителями. Кроме того, для работы таких установок необходимо наличие либо усреднителя расхода, либо двух параллельно работающих реакторов.

При строительстве одного из многофункциональных торговых центров (МТЦ) в г. Новочеркасске, заказчиком и застройщиком было принято решение о применении локальных очистных сооружений (ЛОС) заводской готовности принципу аэротенк-вторичный отстойник для очистки сточных вод торгового комплекса, с последующим сбросом очищенного стока в р. Тузлов (водоем рыбохозяйственного значения).

Данные ЛОС представляют собой подземный резервуар, разделенный перегородками на последовательно расположенные отделения: пескоотделитель, усреднитель, денитрификатор, аэротенк с установленными в нем ершовыми кассетами, вторичный отстойник, зону удаления фосфатов. В отдельном колодце, расположенном на выходе из ЛОС предусмотрено устройство биофильтра доочистки, и УФ-обеззараживание. Технологические решения по компоновке ЛОС приведены на рисунке 1.

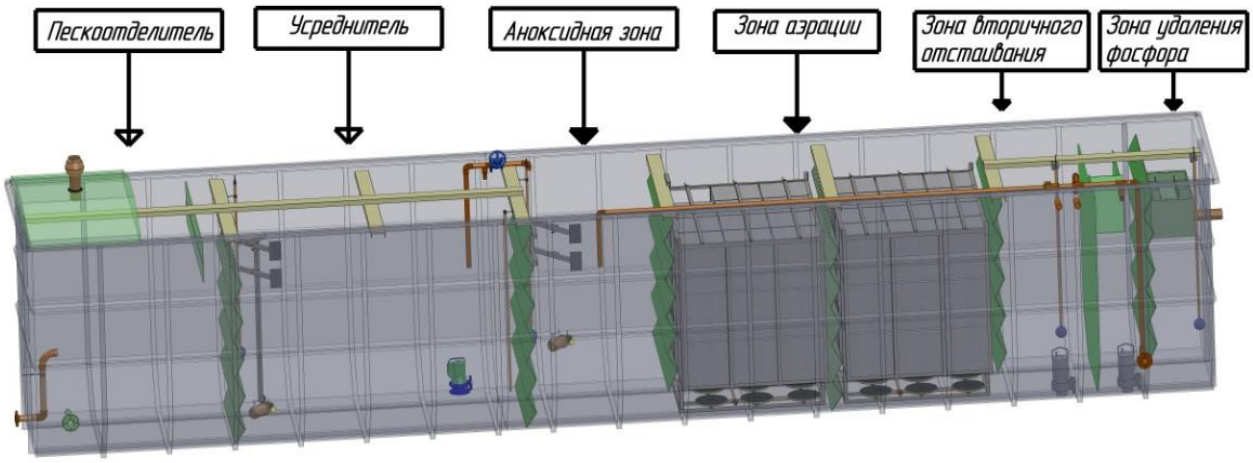


Рисунок 1. **Схема ЛОС монофункционального торгового центра**

После выполнения монтажных работ и ввода в эксплуатацию было установлено, что привязанные проектировщиком к объекту очистные сооружения не обеспечивают заявленное качество сточных вод после обработки, вследствие несоответствия качества поступающих сточных проектным значениям и ряда ошибок допущенных при разработке технологических решений ЛОС. В таблице 1 приведены показатели качества воды на входе и выходе из ЛОС многофункционального торгового центра. Сравнение содержания основных компонентов сточных вод указывает на то, что имеет место превышение фактических концентраций загрязняющих веществ:

- по азоту аммонийному – в 28 – 30 раз;
- по БПК до 2,4 раза;
- по фосфатам –3,5 – 4,5 раза.

Таблица 1. **Показатели качества сточных вод МТЦ**

№ п/п	Определяемый показатель	Ед. изм	На входе в ЛОС		После очистных сооружений
			Проектные значения	Фактические значения	
1	pH	ед. pH	8,23	8,4	7,2
2	Взвешенные вещества	мг/дм^3	89	166	42
3	Сухой остаток	мг/дм^3	900	1548	–
4	Аммоний-ион/азот аммонийный	мг/дм^3	5	140,0	5,42/4,16
5	Нитрат-ион	мг/дм^3	–	0,82	33,84
6	Нитрит-ион	мг/дм^3	–	0,28	0,12
7	$БПК_5/БПК_{полн}$	мгO_2/дм^3	269	629	36,4
8	ХПК	мгO_2/дм^3	–	1868	79,6
9	Хлориды	мг/дм^3	154	390	160
10	Сульфаты	мг/дм^3		302	190
11	Фосфат-ион/фосфор фосфатов	мг/дм^3	1,4	6,5	48,58/15,84
12	Нефтепродукты	мг/дм^3		0,91	0,08
13	АПАВ	мг/дм^3	3,1	6,15	0,17
14	Сероводород и сульфиды	мг/дм^3		3,051	< 0,002
15	Жиры	мг/дм^3	11,2	26,6	< 0,5
16	Токсичность	–	–	сильно токсична	не токсична

При выполнении проверочного расчета и отработке режимов сооружений специалистами ПНИИВИВ ЮРГПУ(НПИ) установлены следующие недостатки технологической схемы и технической эксплуатации:

– в отделении пескоотделителя выделяется песок совместно с органическими загрязнениями, неконтролируемое развитие процессов

брожения приводит к образованию вторичных загрязнений и развитию нежелательных групп микроорганизмов;

– аноксидная зона для денитрификации нитратного азота недостаточна для денитрификации фактического количества аммонийного азота, поступающего на обработку;

– использование блоков биологической загрузки ББЗ при наличии в иловой смеси крупных включений и волокнистых материалов привело к полной закупорке порового пространства модулей, прекращению поступления растворенного кислорода к микроорганизмам биопленки и развитию анаэробных процессов;

– несоответствующий объем и недостаточная аэрация в аэробной зоне приводят к незавершенности процесса аэробного окисления органических загрязнений и неполной нитрификации аммонийного азота, как следствие потребление органики и развитие денитрификации в осадочной части вторичного отстойника;

– денитрификация во вторичном отстойнике приводит к всплыванию хлопьев почерневшего активного ила на поверхность жидкости и выносу в потоке очищенной сточной воды, что увеличивает содержание взвешенных веществ на выходе из установки «FloTenk-Air»;

– применение биофильтра после вторичного отстойника биологических сооружений, возможно, обоснованно исходя из обеспечения глубокого окисления остаточных загрязнений, но в случае фактической схемы обработки высокая концентрация органических загрязнений и взвешенных веществ при поступлении на биофильтр приводит к интенсивному развитию биопленки и закупорке порового пространства биофильтра, а отсутствие подачи воздуха к биопленке приводит к развитию анаэробных процессов в объеме биологического фильтра и вторичному загрязнению продуктами метаболизма;

– отсутствие после биофильтра вторичного отстойника и сооружений доочистки повышает концентрацию взвешенных веществ в точке контроля качества сточных вод перед выпуском в водоток и делает неэффективной работу установки обеззараживания ультрафиолетовым облучением.

Для повышения эффективности имеющихся сооружений с целью обеспечения нормативного качества очищенных вод было предложено выполнить следующие мероприятия:

– не реже одного раза в сутки удалять из пескоотделителя смесь песка с сырым осадком, с последующим уплотнением и утилизацией осадка;

– произвести монтаж дополнительного насоса и линии внутренней циркуляции иловой смеси из аэробной зоны в усреднитель для увеличения рабочего объема зон биологической очистки и оптимизации реакционных условий;

– произвести установку струйных аэраторов «кольцевое сопло» на

подаче циркуляционного потока иловой смеси в усреднитель;

– выполнить демонтаж блоков биологической загрузки ББЗ из аэробной зоны, а также увеличить количество аэраторов с заменой воздухораспределительной системы в соответствии с увеличившейся нагрузкой;

– в объеме вторичного отстойника предусмотреть устройство мембранного биореактора.

– удалить из схемы биологический фильтр с целью устранения его негативного влияния на процесс очистки.

Совместно с предприятием ООО НПП «ЭКОФЕС» в 2016 году были проведены работы по модернизации ЛОС согласно предложенным техническим решениям. Для обезвоживания осадка было применено решение на базе установки обезвоживания мешочного типа производительностью 20 кг/сут. по сухому веществу производства ООО «ИТС Групп» (г. Новочеркасск). При устройстве мембранного биореактора были применены половолоконные мембранные элементы производства Koch Membrane Systems (Германия). Установка дополнительных воздуходувок для нужд мембранного биореактора не потребовалась, поскольку имеющиеся в составе ЛОС воздуходувки имели значительный запас по расходу. Для увеличения интенсивности подачи воздуха в зоны аэрации была произведен монтаж новой разводящей системы воздуховодов и установлены дополнительные аэраторы дискового типа.

Внедрение новых технологических решений позволило улучшить работу ЛОС и получить показатели качества очищенных сточных вод, приведенные в таблице 2.

Таблица 2. **Показатели качества воды ЛОС МТЦ «Лента» г. Новочеркасск**

№ п/п	Определяемый показатель	Ед. изм	После очистных сооружений
1	pH	ед. pH	7,2–7,8
2	Взвешенные вещества	мг/дм^3	0–0,5
3	Аммоний-ион / азот аммонийный	мг/дм^3	0,6–14,03/0,47–10,91
4	Нитрат-ион	мг/дм^3	22,6–28,41
5	Нитрит-ион	мг/дм^3	0,12
6	$БПК_5$ / $БПК_{полн}$	мгO_2/дм^3	11,0–25,2
7	ХПК	мгO_2/дм^3	24,0–60,0
8	Хлориды	мг/дм^3	160
9	Сульфаты	мг/дм^3	190
10	Фосфат-ион / фосфор фосфатов	мг/дм^3	2,0–15,6/0,65–5,08
11	Сероводород и сульфиды	мг/дм^3	< 0,002

Согласно приведенным в таблице 2 данным имеет место превышение некоторых показателей качества над требованиями сброса в водоемы рыбохозяйственного назначения, что связано со значительными колебаниями концентраций загрязнений, поступающих на очистные сооружения и не отрегулированностью работы усреднителя, предусмотренного в составе очистных сооружений.

Несмотря на то, что внедрение в технологическую цепочку мембранного биореактора дало положительные результаты, необходимо отметить, что производительность мембранного блока за 1,8 месяцев эксплуатации снизилась на 15 – 20 %, что связано с неудовлетворительной работой жироуловителей, установленных на выпусках производственных сточных вод из торгового центра, в результате чего жировые массы попадают в насосную станцию подачи воды на очистные сооружения и, в конечном счете, в сами очистные сооружения, что привело к обрастанию жировой пленкой верхних 30 – 40 см мембранных волокон, при общей длине половолоконных элементов 200 см.

ВЫВОДЫ

1. Проектирование локальных очистных сооружений для нужд многофункциональных торговых центов требует индивидуального подхода при решении поставленных задачи изучения количественного и качественного состава сточных вод на объектах аналогах. Привязка решений разработанных для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод в данном случае недопустима.
2. При реконструкции существующих ЛОС торговых центров устройство в зоне вторичных отстойников мембранного биореактора технологически оправдано и позволяет снизить концентрации загрязнений в очищенной воде до нормативных требований, но требует дополнительных решений по защите мембранных элементов от загрязнения жировыми отложениями.

ЛИТЕРАТУРА

4. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. Утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. N 635/11 и введен в действие с 01 января 2013 г. – М.: ФАУ «ФЦС», 2011. – 85 с.
5. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 г. № 552 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения"

УДК 628.316:628.351

СТРАТЕГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КУРОРТНЫХ ЗОН С ПОМОЩЬЮ ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

Н.Г. Насонкина, В.В. Маркин
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка, Украина

Показана перспективность применения пробиотических препаратов для повышения эффективности работы канализационных очистных станций курортных зон. Приведены результаты натурных исследований очистки стоков с добавлением пробиотиков.

Спецификой работы канализационных очистных сооружений (КОС) курортных населенных пунктов является значительное изменение нагрузки во время курортного сезона, как по количеству сточной воды (СВ), так и по ее загрязненности.

Сезонные увеличения количества СВ характерны для многих очистных станций, расположенных в курортных зонах. Так, например, на КОС п. Малореченское (Крым) колебания расхода составляют от 350 м³/ч (в зимний период) до 800 м³/ч (в летний период) [1]. При разработке проектов на реконструкцию КОС г. Севастополь и КОС г. Саки подобная специфика вызывает необходимость учитывать трехкратное увеличение расхода СВ в летнее время [2, 3].

Аналогичная ситуация наблюдается на КОС г. Новоазовска Донецкой области. В холодный период года очистные сооружения принимают СВ в основном от указанного города, приток сточной жидкости составляет 800 –900 м³/сут. В теплое время года на очистную станцию дополнительно подаются СВ от пансионатов п. Седово и суточное количество стоков увеличивается до 1700 – 1800 м³/сут. (рис. 1). Двукратное увеличение расхода стоков в летнее время приводит к снижению качества очистки и превышению установленных нормативных концентраций загрязнений в очищенных стоках, при этом в холодный период года нормативная очистка обеспечивается (табл. 1).

Сложившаяся ситуация требует поиска оптимальных технологий интенсификации работы очистных сооружений курортных зон во время курортного сезона. При этом желательно, что бы такая технология решала также попутные задачи: снижение количества осадков сточных вод (ОСВ), уменьшение выделения

токсичных газов из СВ, обеспечение энергетической эффективности работы КОС.

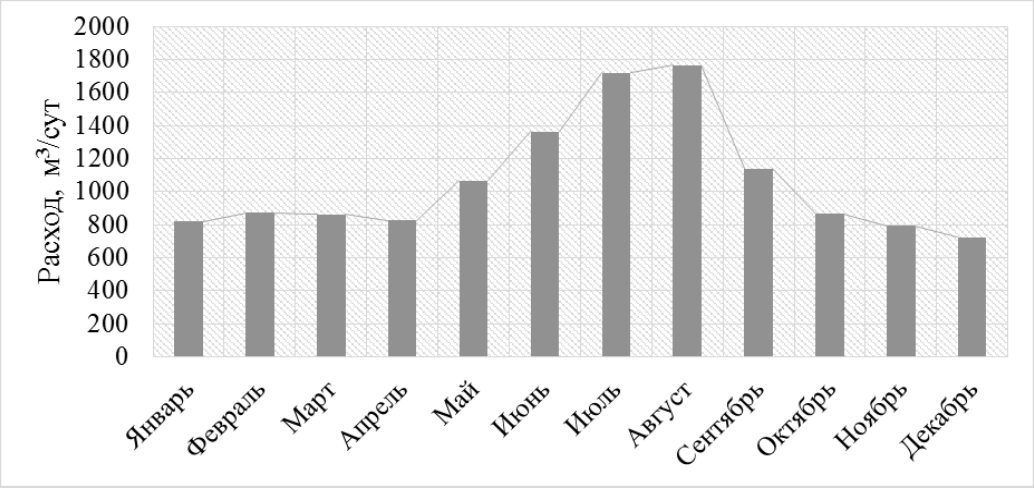


Рисунок 1. **Расходы сточных вод на КОС г. Новоазовска в течение года**

Существующие технологии интенсификации механической и биологической очистки можно условно разделить на две группы: технологии, связанные со строительством дополнительных блоков очистки, и интенсификация с помощью реагентной обработки. Реконструкция КОС требует значительных капиталовложений, которые нецелесообразны, учитывая, что увеличение интенсивности работы требуется лишь на время курортного сезона. С этой точки зрения реагентная интенсификация более выгодна: ее можно использовать периодически. Однако, применение химических реагентов приводит к загрязнению образующихся ОСВ, которые и без этого проблематично утилизировать. Экологически безвредным методом сегодня является очистка стоков с помощью пробиотиков.

Таблица 1. **Показатели работы КОС г. Новоазовска в зимний и летний сезоны**

Показатели	Ед. изм	Февраль		Июль	
		Исходная СВ	Очищенная СВ	Исходная СВ	Очищенная СВ
$БПК_5$	$мгO_2/дм^3$	262	14	295	37
ХПК	$мгO_2/дм^3$	430	75	460	125
Взвеш. вещества	$мг/дм^3$	255	16	288	39
Азот аммон.	$мг/дм^3$	42	1,7	51	16
Нитриты	$мг/дм^3$	-	0,7	-	1,0
Нитраты	$мг/дм^3$	-	163	-	91
Фосфаты	$мг/дм^3$	11	8	14	9

Препараты, содержащие пробиотические бактерии (пробиотики), можно условно отнести к классу реагентов, с той поправкой, что они не содержат химических и минеральных

загрязнителей и, соответственно, не сказываются отрицательно на качестве осадков. Пробиотики по определению должны быть непатогенными, нетоксичными, обладать высокой адгезивной и антагонистической способностью к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам. Небольшой опыт применения пробиотиков свидетельствует об эффективности их использования для интенсификации механической и биологической очистки СВ; снижения образования токсичных, «зловонных» газов и уменьшения бактериальной загрязненности СВ; уменьшения количества образующихся ОСВ; снижения расхода воздуха на аэрацию.

Учитывая комплексное влияние пробиотиков на процессы очистки СВ, а также экологическую безвредность, их применение на КОС курортных зон более целесообразно по сравнению с остальными методами. Однако, широкому применению пробиотических препаратов препятствует недостаточная изученность направления: отсутствует научная и научно-практическая база, сравнительные исследования различных пробиотиков, методики расчета необходимых доз пробиотиков для получения заданного эффекта очистки и т.д.

Для решения данной проблемы на базе Донбасской национальной академии строительства и архитектуры и контрольно-исследовательской лаборатории КП «Компания «Вода Донбасса» проведены комплексные исследования влияния пробиотических препаратов на процессы очистки.

На первом этапе исследований тестировались несколько пробиотиков: PIP+WATER (Chrizal, Бельгия), SCD Bio Klean (SCD Probiotics, США), Microbec (Bros Sp., Польша), Оксидол (Agranco corp., США), Водограй (Biosystems Europe, Великобритания).

В лабораторных опытах исследовался вариант введения пробиотиков перед первичным отстаиванием. Дозы пробиотических препаратов в соответствии с рекомендациями фирм-изготовителей составляли: PIP+WATER – 40 мл/м^3, SCD Bio Klean – 30 мл/м^3, Microbec – 9 г/м^3, Оксидол – 0,3 г/м^3, Водограй – 20 г/м^3.

По итогам проведенных исследований установлено, что наибольшее увеличение эффективности очистки по сравнению с контрольными вариантами получено при использовании пробиотических средств PIP+Water и «Оксидол» (табл. 2) [4]. Учитывая значительно меньшую себестоимость обработки СВ «Оксидолом» по сравнению с PIP+Water, именно «Оксидол» является оптимальным вариантом.

Таблица 2. **Усредненные результаты тестовых испытаний пробиотиков**

Пробиотик	Увеличение эффективности первичного отстаивания, %		Увеличение эффективности биологической очистки, %		
	по взвешенным веществам	по $БПК_5$	по взвешенным веществам	по $БПК_5$	по NH_4
PIP+WATER	17,2	15,8	11,8	11,1	28,7
SCDBioKlean	8,4	9,4	5,3	5,9	9,9
Microbec	5,6	5,2	2,8	3,3	9,1
Оксидол	13,8	12,9	12,5	10,2	27,5
Водограй	5,5	7,0	5,9	3,5	7,9

На следующем этапе исследований установлен оптимальный диапазон доз введения «Оксидола», который составил 0,2 – 0,4 г/м³, и осуществлен полнофакторный эксперимент по определению зависимостей увеличения эффекта первичного отстаивания и биологической очистки от влияющих факторов [5]. Также установлены оптимальные параметры режима снижения дозы «Оксидола»:

- шаг снижения дозы Δd – 20 % от подаваемой;
- продолжительность подачи пробиотика одной дозой T_d – четырехкратное время пребывания СВ в сооружениях очистки;
- минимальная доза пробиотика, позволяющая сохранить достигнутый эффект, d_{min} – 0,04 г/м³.

Опытно-промышленные испытания «Оксидола» осуществлены на КОС г. Новоазовска. Препарат вводился в летнее время года (июль-август 2015 г.) перед первичным отстаиванием. В работе находились две технологические линии. Раствор пробиотика подавали в одну линию, вторая линия – контрольная.

Начальная доза пробиотика, необходимая для повышения эффективности очистки до требуемого уровня, рассчитывалась по полученным уравнениям регрессии [5] и составила – 0,31 г/м³. Через каждые двое суток подача «Оксидола» снижалась на 20 % от предыдущей дозы. Последовательность снижения дозы выглядела следующим образом: 0,31 –0,25 – 0,2 – 0,16 – 0,13 – 0,11 – 0,09 – 0,07 – 0,06 – 0,05 – 0,04 г/м³. На 22-е сутки доза препарата достигла минимального значения – 0,04 г/м³ и оставшееся время пробиотик подавался в минимальной дозе. Температура СВ за время проведения эксперимента находилась в пределах 20 – 24 °С.

Усредненные показатели работы КОС во время введения “Оксидола” представлены в таблице 3.

Введение пробиотика значительно увеличило эффективность первичного отстаивания и биологической очистки при существующих мощностях КОС. В результате интенсификации очистки концентрации

загрязнений на выходе из линии с пробиотиком снизились до нормативных значений.

В ходе промышленных испытаний также установлено, что:

- уровень запаха в первичном отстойнике снижается с 5 до 2 – 3 баллов;
- объем сырого осадка сокращается на 21 %;
- уменьшается объем избыточного активного ила на 55 %;
- улучшаются седиментационные свойства АИ (иловый индекс снижается с 115 – 120 мл/г до 74 мл/г);
- концентрация растворенного O_2 увеличивается с 3,5 – 4,0 мгO_2/дм^3 до 5,6 мгO_2/дм^3, в результате чего появляется возможность снизить расход воздуха на аэрацию иловой смеси на 35 %.

Объем сырого осадка был снижен за счет более низкой влажности, которая составила 93 %. Влажность осадка в контрольной линии – 96 %.

Таблица 3. **Усредненные показатели работы КОС г. Новоазовска во время введения пробиотика**

Показатели			После решеток	После первичных отстойников	После вторичных отстойников
$БПК_5$	Линия с пробиотиком	мгO_2/дм^3	289	194	13
		% снижения	–	33,0	93,5
	Контрольная линия	мгO_2/дм^3	289	232	41
		% снижения	–	19,8	82,3
	Разница между линиями, мг/дм^3		–	38	28
	Увел. эффекта очистки, %		–	13,1	11,2
Взвешенные вещества	Линия с пробиотиком	мг/дм^3	284	140	14
		% снижения	–	50,7	90,4
	Контрольная линия	мг/дм^3	284	180	43
		% снижения	–	36,6	76,3
	Разница между линиями, мг/дм^3		–	40	29
	Увел. эффекта очистки, %		–	14,0	14,1
$N\text{-}NH_4$	Линия с пробиотиком	мг/дм^3	51	45	1,8
		% снижения	–	10,5	96,1
	Контрольная линия	мг/дм^3	51	47	18
		% снижения	–	8,1	62,2
	Разница между линиями, мг/дм^3		–	1,3	16
	Увел. эффекта очистки, %		–	2,4	33,9
ХПК	Линия с	мгO_2/дм^3	450	–	48

	пробиотиком	% снижения	–	–	89,4
	Контрольная линия	мгO_2/дм^3	450	–	114
		% снижения	–	–	74,6
	Разница между линиями, мг/дм^3		–	–	67
	Увеличение эффекта очистки, %		–	–	14,9

Объем избыточного активного ила уменьшен как за счет снижения его прироста по сухому веществу P_i, (получено уравнение прироста), так и за счет снижения влажности на 0,5 %.

Стоимость обработки 1 м^3 сточной жидкости в начале эксперимента при дозе «Оксидола» 0,31 г/м^3 была равна 2,5 руб./м^3, после выхода на рабочий режим (доза пробиотика 0,04 г/м^3) стоимость обработки 1 м^3 СВ составляла 0,35 руб./м^3.

По итогам проведенных исследований разработана методика введения пробиотического препарата «Оксидол» на КОС. Указанная методика позволяет:

– вычислить необходимую начальную дозу препарата для увеличения эффективности очистки до заданного уровня;

– определить оптимальный режим снижения дозы пробиотика и его суммарное количество за все время подачи;

– определить сокращение объемов образующихся осадков.

ВЫВОДЫ

Оптимальным способом повышения эффективности работы канализационных очистных сооружений курортных зон является применение пробиотических препаратов. Введение пробиотиков позволяет обеспечить необходимую степень очистки сточных вод во время курортного сезона без ввода в работу дополнительных сооружений. Для схемы очистки с пробиотиком «Оксидол» разработана методика расчета по его применению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эпоян С.М. Совершенствование работы малогабаритных канализационных очистных сооружений поселка Малореченское в АР Крым / С.М. Эпоян, И.Ю. Штонда, Ю.И. Штонда и др. // Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. 2010. Вип. 60. С. 271–274.
2. Пояснительная записка «Строительство канализационных очистных сооружений с применением новых технологий обработки, Республика Крым, г. Саки» [Электронный ресурс] / Официальный портал г. Саки, 2016. 29 с. Режим доступа: https://saki. rk.gov.ru/file/Stroitelstvo_

kanalizacionnyh_ochistnyh_sooruzhenij_s_primeneniem_novyh_tehnologij_obrabotki_RK_Saki.pdf.– Загл. с экрана.
3. Конкурсная документация на выполнение проектно-изыскательских работ по объекту: «Проектирование и строительство канализационных очистных сооружений «Южные», г. Севастополь» [Электронный ресурс] / Правительство Севастополя, Официальный портал органов государственной власти, 2016. 83 с. Режим доступа: https://sevastopol.gov.ru/docs/251/ 23900. – Загл. с экрана.
4. Маркин В.В. Исследование способности различных пробиотических средств интенсифицировать процессы очистки сточной воды // Вестник ЛГУ им. В.Даля. 2016. № 2. С. 183–185.
5. Маркин В.В. Математические модели интенсификации процессов механической и биологической очистки сточных вод с помощью пробиотического средства «Оксидол»// Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2016. № 5 (121). С. 88–94.

УДК 628.35

СПЕЦИФИКА ПОСТУПЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД НА ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ СТРОЯЩИХСЯ МИКРОРАЙОНОВ

Н.С. Серпокрылов, Е.В. Вильсон, Л.А. Долженко, А.С. Смоляниченко
Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия

Изучены количественные и качественные характеристики состава сточных вод, поступающих на очистные сооружения строящегося микрорайона «Суворовский» г. Ростова-на-Дону и предложены технические и технологические решения по улучшению эффективности очистки в условиях реально существующего объекта.

Проектирование и строительство новых микрорайонов в мегаполисах неизбежно сопряжено с расширением и модернизацией сети водоотведения. Наиболее экономичным вариантом при строительстве новых удаленных районов является локализация сети водоотведения со строительством собственных очистных сооружений для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Однако при этом возникает ряд проблем: расход сточных вод увеличивается постепенно по мере застройки и заселения района водоотведения, а качественный состав сточных вод существенно отличается от проектного. Такая специфика поступления сточных вод может привести к сбоям нормальной эксплуатации очистных

сооружений и загрязнению водоемов при сбросе недоочищенных сточных вод после очистки. Для решения данной проблемы необходима актуализация технологического регламента работы очистных сооружений при изменении входных характеристик.

Цель исследований – изучение количественного и качественного состава сточных вод, поступающих на очистные сооружения строящегося микрорайона «Суворовский» г. Ростова-на-Дону, необходимое для разработки мероприятий по улучшению эффективности очистки.

Объектом исследований были очистные сооружения хозяйственно-бытовых сточных вод «Суворовские», проектная производительность которых, составляет 10 000 $м^3$/сут. Технологическая схема очистки воды соответствует современным требованиям и включает механическую, глубокую биологическую с нитри-, денитрификацией, двухступенчатую доочистку и обеззараживание. В феврале – марте 2017 г. на очистных сооружениях сложилась внештатная ситуация, при которой практически прекратилась аэробная биологическая очистка. Технологические мероприятия по восстановлению работоспособности активного ила результатов не дали. Строительство нового микрорайона «Суворовский» продолжается, в связи с чем, необходимо определить фактическую производительность станции, установить режим притока и характеристику внешних факторов, влияющих на эффективность очистки.

Изучение притока сточных вод на очистные сооружения по данным расходомера показали, что расход сточных вод изменяется от 1700 $м^3$/сут до 2200 $м^3$/сут. Во время выпадения обильных осадков, расходы, поступающие на очистные сооружения, превышают 2000 $м^3$/сут и увеличение достигает 25 %. В приемный резервуар периодически поступают сточные воды от жилых домов, не подключенных к централизованной системе водоотведения, привезенные ассенизационными машинами. Максимальные поступления привезенных сточных вод находятся в диапазоне 50 – 170 $м^3$/день, минимальные – 15 – 30 $м^3$/день. На станции проводится контроль состава сточных вод при поступлении, а дополнительные объемы составляют не более 5 % и не оказывают существенного влияния на работу сооружений биологической очистки.

Для определения расчетной производительности очистных сооружений в период обследования были построены графики притока сточных вод (среднечасовые замеры) в будний и выходной дни (рис.).

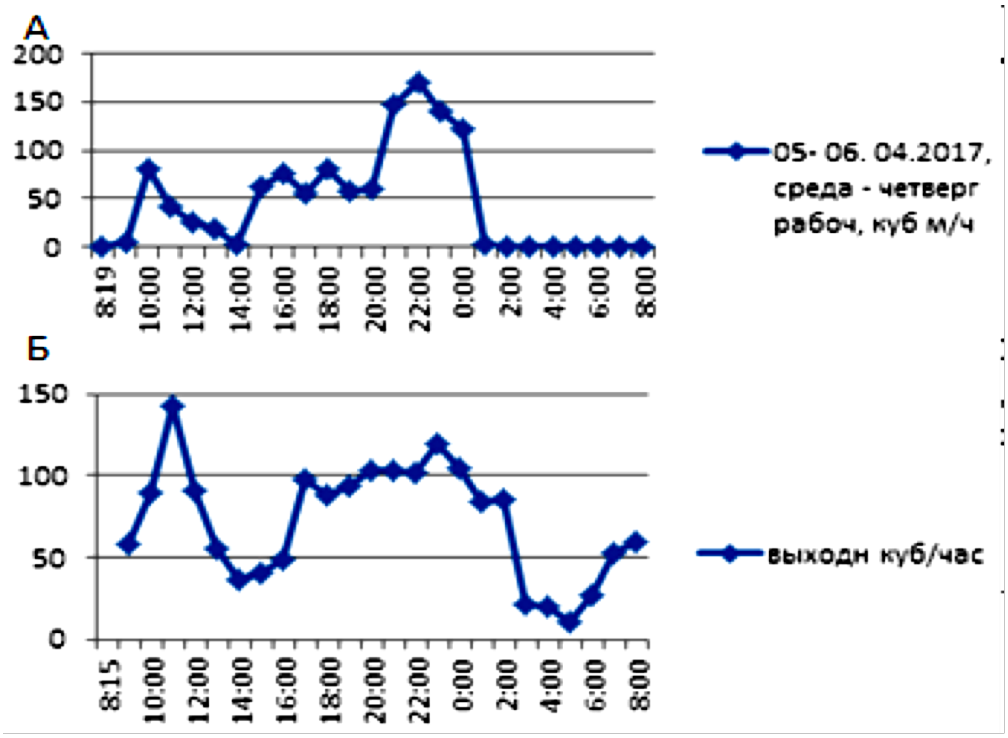


Рисунок. **График притока сточных вод на очистные сооружения «Суворовские»:** А – в рабочий день; Б – в выходной день

Результаты обследования показали, что среднесуточный расход сточных вод, поступающий на очистные сооружения хозяйственно-бытовых сточных вод «Суворовские», составил 1740 м^3/сут. В ночь со среды на четверг отмечен перерыв в подаче сточных вод в связи с отключением насосов насосной станции № 1. По данным наблюдений коэффициент часовой неравномерности, представляющий собой отношение максимального часового расхода к среднему часовому расходу среднесуточного водоотведения, составляет 1,65.

Таким образом, на очистные сооружения «Суворовские» поступает примерно 17,5 % хозяйственно-бытовых сточных вод от проектной производительности станции, резерв мощностей составляет 82,5 %.

Снижение расходов в 5 раз по сравнению с расчетными, как раз и приводит к нарушению процесса биологической очистки. Так, в зоне, предшествующей денитрификации, происходит загнивание органических загрязнений в бескислородных условиях, что способствует появлению сероводорода и меркаптанов, которые, в свою очередь, в аэробной зоне приводят к развитию нитчатых бактерий и повышенному выносу активного ила из вторичных отстойников. Отмечаются перерывы в подаче сточной воды из-за проблем на насосных станциях, а также, характерная для «спальных» районов, высокая суточная неравномерность поступления сточных вод. Причиной сбоев в работе очистных сооружений могут быть залповые сбросы промышленных сточных вод, в том числе и строительного производства.

Анализ качества поступающих сточных вод был проведен по точечным (разовым) пробам при эксплуатации очистных сооружений и среднесуточным пробам, отобранным при обследовании сооружений (табл. 1).

Таблица 1. **Диапазон загрязнений сточных вод, поступивших на очистные сооружения «Суворовские»**

№ п/п	Показатели	Max, мг/л	Min, мг/л	Средние значения, мг/л	Проект, мг/л
1	Взвешенные вещества	520	238	400	206
2	$БПК_5/БПК_п$	760 / >1000	320	400	238
3	Аммония ион	95,1	42,7	60	25,4
4	Нитрат-ион	4,2	0,4	2,0	–
5	Нитрит-ион	0,1	–	–	–
6	ХПК	–	600	610	–
7	Фосфаты	23	6	12	10,5
8	Хлориды	212	–	212	
9	Сульфаты	313	–	313	
10	СПАВ	2,55	2,22	2,3	0,5
11	Нефтепродукты	1,22	–	1,22	

Концентрации основных загрязняющих веществ, привозимых из сборных резервуаров:

- по $БПК_п$ – 500 – 600 $мгO_2/л$;
- по взвешенным веществам – не более 500 мг/л.

Для выгребов и осадков септиков:

- по $БПК_п$ – 1000 – 1200 $мгO_2/л$;
- по взвешенным веществам – до 2000 мг/л.

При максимальном объеме жидких бытовых отходов и максимальной концентрации загрязнений из приемных резервуаров, средневзвешенная концентрация смеси будет равна:

$$C = \frac{C_{КОС} \cdot \cdot Q_{КОС} + C_{ЖБО} \cdot Q_{ЖБО}}{\Sigma Q},$$

по взвешенным веществам

$$C_{взв} = \frac{400 \cdot 2000 + 500 \cdot 180}{2000 + 180} = 408 мг / л,$$

по органическим загрязнениям (по БПК)

$$C_{БПК} = \frac{400 \cdot 2000 + 600 \cdot 180}{2000 + 180} = 420 мгО / л.$$

Результаты примерных расчетов показали, что поступление жидких бытовых отходов из приемных резервуаров допустимо для обычного режима работы очистных сооружений, так как разница в концентрациях до и после смешения составляет менее 5 %.

Для сравнения состава поступающих хозяйственно-бытовых сточных вод очистных сооружений «Суворовские» были выбраны концентрации основных загрязняющих веществ для аналогичных вод по ИТС-10-2015 (табл. 2) [1].

Таблица 2. **Характерные диапазоны концентраций основных загрязнений в исходных городских сточных водах**

Загрязняющие вещества	Диапазоны загрязненности сточных вод, мг/л			
	низко концентрированные сточные воды	средне концентрированные сточные воды	концентрированные сточные воды	при влиянии промышленных сточных вод
Взвешенные вещества	менее 150	150–250	свыше 250	больше 400
$БПК_5$	менее 130	130–230	свыше 230	больше 400
ХПК	менее 300	300–600	свыше 600	больше 800
Азот аммония	менее 25	25–35	свыше 35	более 50
Фосфор фосфатов	менее 2,2	2,2–3,5	свыше 3,5	более 5

Анализ данных таблиц 1 и 2 показывает, что состав сточных вод, поступающих на очистные сооружения «Суворовские», может быть отнесен к категории сверхконцентрированных, сформированных при влиянии промышленных сточных вод. При проектировании очистных сооружений такие концентрации не были учтены, поскольку не соответствуют составу хозяйственно-бытовых сточных вод. Анализ параметров загрязнений сточных вод показал, что концентрации загрязняющих веществ по основным компонентам превышают среднестатистические более чем в 2 раза. Так концентрация органических веществ, идентифицируемых, как ХПК, изменяется от 600 до 1200 мгO_2/л, в то время как среднестатистическая величина составляет 450 мгO_2/л; концентрация азота аммонийного изменяется от 45 до 100 мг/л, среднестатистический диапазон составляет 18 ÷ 40 мг/л; концентрация фосфатов достигает 26 мг/л, что превышает среднестатистическое значение более, чем в 4 раза.

Таким образом, основной причиной, нарушающей нормальную эксплуатацию очистных сооружений канализации «Суворовские», является несоответствие входных характеристик притока расчетным значениям, как по качественному, так и по количественному составу. Например, так как объем денитрификатора не может быть уменьшен, активный ил находится практически в бескислородных условиях около 23 часов, вместо 2 ÷ 3 расчетных, в результате чего меняется вся идеология очистки сточных вод. В аэротенке не протекает процесс нитрификации, соответственно, не формируются нитраты, следовательно, в

денитрификаторе не происходит доминантного процесса – денитрификации [2].

Проведенный анализ входных характеристик очистных сооружений «Суворовские» позволит предложить рациональные изменения технологической схемы в рамках реально существующего объекта, которые приведут к достижению заданных параметров работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС-10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www. webportalsrv.gost.ru.- (Дата обращения: 04.05.2016).
2. Серпокрылов Н.С., Борисова В.Ю. Исследование эффекта биологической очистки сточных вод в зависимости от различных факторов / материалы Межд. конф. «Водоснабжение и водоотведение населенных мест» г. Москва, 4–5 июня 2014 г. www.ecw-conference.ru.
3. Спиридонова Л.Г., Серпокрылов Е.Н., Серпокрылов Н.С. Корректировка регламента по эксплуатации очистных сооружений в условиях изменения исходных параметров сточных вод / Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2016»: материалы IX Межд. науч.-практ. конф.; г. Ростов-на-Дону, 5–7 октября 2016 г. /Юж.-Рос. гос. политехн. - т. (НПИ) имени М.И. Платова. Новочеркасск: Лик, 2016. С. 196–202.
1.

УДК 504:622.276.04

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ)

Е.М. Дербасова, М.С. Бодня, Р.В. Муканов
Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Астрахань, Россия

В статье проанализированы современные методы ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в ледовых условиях, используемых в отечественной и зарубежной практиках, локализации и ликвидации последствий таких катастроф. Дана оценка возможности применимости описанных методов для условий Каспийского моря, которое характеризуется низкими температурами (в зимний период), небольшими глубинами в северной его части, различными толщинами льда и продолжительностью периода его образования, а также, что немаловажно, наличием значительного количества природоохранных зон, расположенных вблизи источников потенциальной опасности.

Широко известно, что по совокупности показателей токсичности и масштабам вовлечения в хозяйственную деятельность нефть является одним из наиболее существенных факторов экологического риска для биоты вообще, а арктической особенно, в силу особой уязвимости природной среды к техногенному и антропогенному загрязнению. В составе нефти содержатся мутагены, канцерогены, ингибиторы биосинтеза и другие токсиканты. Разливы, как показывает практика, могут произойти на любом из этапов: добычи, хранения, транспортировки нефти или нефтепродуктов [1].

Среди потенциальных источников – фонтанирование скважины во время разведки или добычи, выбросы и утечки из трубопроводов, резервуаров для хранения нефтепродуктов (на суше, разведочных, добывающих платформах), а также в результате аварий с участием автомобильного, железнодорожного, речного или морского транспорта.

Предотвращение и ликвидация разливов нефти в зоне Каспийского шельфа Российской Федерации (КШРФ), оценка угроз и ущерба прибрежным территориям предполагают использование новейших технологий и оборудования, разработки системы математических моделей, предполагающей численное решение многофакторной и нелинейной задачи.

Наибольшую сложность в преодолении названных проблем вызывает не материковая часть, а зона шельфа и прибрежные территории [2]. Наибольшие проблемы при утечках нефти возникают в зимний период. В это время в зоне Каспийского шельфа наблюдаются экстремальные и непредсказуемые погодные условия на фоне низких температур, образуются и приходят в движение морские льды. Любое из перечисленных условий не только является фактором повышения рисков значительных аварийных разливов нефти, но и снижает эффективность мероприятий по их ликвидации [3].

Характерной чертой прибрежных вод Каспийского морского шельфа является припайный лед. Наличие припайного льда создает определенные проблемы при локализации выбросов нефти, в частности доступа в район выброса людей и техники, но в то же время уменьшает вероятность попадания нефти на прибрежную территорию.

Разработка плана по ликвидация разливов нефти (ПЛРН) в ледовых условиях является трудной задачей, не имеющей универсального решения. Законодательством предусмотрено, что лицензии на пользование недрами должны содержать сведения о технологиях и методах ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в морской среде при проведении работ на континентальном шельфе в ледовых условиях.

Ледовый период на Северном Каспии продолжается обычно с ноября по март. В отдельные годы, в зависимости от суровости конкретной зимы,

начало и окончание ледового периода сдвигаются на месяц раньше или позже средних многолетних дат. Гидрометеорологические особенности Северного Каспия обусловливают более устойчивое льдообразование в восточных районах акватории по сравнению с западными, что проявляется в различии сроков наступления ледовых фаз и характере развития ледяного покрова в этих районах, расположенных в близких географических широтах [4].

В холодные и экстремально холодные зимы неподвижный лед устанавливается на всей акватории Северного Каспия до изобаты 20 м. В очень теплые зимы на большей части Северного Каспия устойчивого замерзания не происходит. Зона припая даже в период максимального его развития в январе не выходит за пределы прибрежных мелководных участков. В открытых районах Северного Каспия льда или нет, или он присутствует в виде дрейфующего.

Неподвижный лед на Северном Каспии не является примером классического припая, представляющего собой сплошной ледяной покров, примерзающий к берегу и сохраняющийся в течение всей зимы. На Северном Каспии частичный взлом припая наблюдается ежегодно, а в северо-западных районах моря – в среднем каждую третью зиму припай взламывается и устанавливается вновь от берега до видимого горизонта 4 – 10 раз и более за сезон.

Методы и приемы ликвидации разливов нефти на льду будут находиться в прямой зависимости от состояния и вида льда в зоне аварийного разлива нефти. Параметр, который определяет состояние льда, называется сплоченностью льда.

Сплоченность льда определяется скоростью льдообразования, воздействием ветра и защищенностью моря от волнения. В районах интенсивного льдообразования сплоченность выше, чем в открытых районах моря.

В суровые и умеренные зимы в северной части зоны дрейфующих льдов их сплоченность на Каспии уже в декабре составляет 9 – 10 баллов, в южной же ее части она не превышает 3-х баллов. В январе-феврале преобладает сплоченность льда 9 – 10 баллов, в марте она почти повсеместно уменьшается до 7 – 8 баллов, на участке Астраханский морской рейд – о. Чечень, наоборот, возрастает до 9 – 10 баллов. Процесс разрушения ледяного покрова и очищения ото льда на Северном Каспии весной протекает в направлении, обратном льдообразованию, – с юга на север. В первой декаде апреля ото льда очищается почти все мелководное побережье Северного Каспия. К середине апреля отдельные скопления сильно разрушенного дрейфующего льда сохраняются лишь в крайних северо-восточных районах моря. В суровые зимы разрушение ледяного покрова протекает медленно, сроки разрушения припая и очищения западных районов Северного Каспия сдвигаются до первой половины

апреля, а восточных – до второй половины апреля. В мягкие зимы процессы разрушения ледяного покрова и очищение ото льда происходят в более ранние сроки [4].

Имеется ряд и других параметров, оказывающих существенное влияние на выбор методов ликвидации аварийных нефтеразливов, например:

- возраст (стадии развития) и толщина льда (Sa, Sb, Sc, S0, Sd);
- форма льда (F);
- нарушение сплошности льда.

Исследования динамики поведения нефти, разлитой на лед и снег, проводились в США, Канаде и Норвегии в течение последних 40 лет как в лабораторных условиях, так и в испытательных бассейнах, а также в полевых условиях.

Стоит отметить, что распространение нефти на сплошном льду аналогично ее распространению на земле. Присутствие льда и низкая температура снижают скорость распространения и выветривания разлитой нефти. В случае, если нефть распространяется в холодной воде, то вследствие повышения вязкости нефтяное пятно на холодной воде обычно толще и занимает меньшую площадь по сравнению с тем, которое было бы на широтах с более умеренным климатом.

Большие разливы сырой нефти под сплошным или непрерывным ледовым покрытием обычно локализуются на относительно небольшом расстоянии от источника разлива (по сравнению с разливом эквивалентного объема нефти на открытой воде), в зависимости от подледных течений и характеристик неровности самого льда.Естественные изменения толщины однолетнего льда в сочетании с такими деформирующими факторами, как образование ледяных валунов и торосов, создают большие естественные резервуары, в которых на относительно малой площади эффективно локализуется нефть, разлитая подо льдом.

Что касается движения нефтяного пятна, то присутствие льда и низкая температура воды снижают скорость распространения и дрейфа разлитой нефти.

К основным процессам выветривания нефти относятся испарение, эмульгирование, естественная дисперсия, растворение и биоразложение. В общих чертах, сочетание низких температур и пониженной энергии волн вследствие присутствия льда ведет к снижению скорости выветривания и к увеличению окна возможностей для организации эффективных мероприятий по ликвидации аварийных разливов нефти [6].

Биоразложение, распад углеводородов под действием бактерий, отмечается в любой морской среде, это естественный процесс, снижающий уровень вредного воздействия выбросов нефти на окружающую среду.

Биоразложение ускоряется при диспергировании нефти в толще воды в виде капель.

Нефть, вмерзшая в лед в период его замерзания, обычно возвращается на поверхность при весеннем таянии, под действием процессов абляции или миграции. Так как нефть находится в том же состоянии выветривания, что и до инкапсуляции, ее можно удалить методом сжигания на месте.

Среди наиболее распространенных технических средств и методов по ликвидации аварийных разливов нефти, используемых в мировой практике, следует рассмотреть следующие:

Сжигание на месте разлива. Способ в целом доказал свою высокую эффективность при ликвидации нефтяных разливов во льдах высокой сплоченности; метод успешно применялся для удаления нефти, разлившейся из трубопроводов, резервуаров хранения, а также при авариях судов в ледовитых водах Аляски, Канады и Скандинавии.Однако, при использовании данного метода отмечаются две главных проблемы: во-первых, опасения по поводу вторичных возгораний, представляющих угрозу для человеческой жизни, имущества и природных ресурсов; и, во-вторых, потенциально вредные воздействия на окружающую среду и здоровье человека со стороны побочных продуктов сжигания, в первую очередь – дыма. Использование данного метода по российскому законодательству прямо не запрещено, но не рекомендовано. Как показывает практика месторождения Приразломного, такая возможность не исключается, однако требует дополнительных согласований с государственными контрольными и надзорными органами.

Физическое и химическое рассеивание/диспергирование нефти. В мировой практике применение диспергентов является достаточно обыденным явлением, однако экологические ограничения российского природоохранного законодательства не позволяют рекомендовать этот способ в качестве борьбы с нефтяным загрязнением в открытом море и на прибрежных участках. Это связано с остаточным риском токсичности этих диспергентов для живых организмов моря. Экологическая политика нефтяных компаний накладывает серьезные обязательства по недопущению даже минимального привнесения в морскую экосистему химических веществ.

Механический сбор нефти с поверхности, покрытой льдом. Механический сбор разлитой нефти в ледовых условиях возможен, и такие методы должны быть включены в состав стратегии ликвидации разливов нефти во льду. Высокая концентрация льда (> 70 %) снижает растекаемость нефти при отсутствии боновых заграждений, что уменьшает площадь нефтяного пятна и позволяет применять механические средства

для сбора нефти при условии, что нефтесборное оборудование имеет к ней доступ.

Проведенные исследования показывают, что, применительно к северным акваториям Каспийского моря, исходя из трех возможных подходов к ликвидации нефтяного загрязнения, наиболее перспективным является механических сбор нефтепродуктов. Остальные методы – либо не рекомендованы, либо прямо запрещены экологическим законодательством, хотя отличаются относительной простотой использования и существенно более низкими экономическими затратами.

Наиболее простым и доступным способом, на наш взгляд, будет механический сбор нефти с предварительным разрушением льда с помощью специальных приспособлений на ледоколе или другом судне ледового класса.

В качестве прототипа может быть использовано буксируемое устройство для разрушения ледового покрова и формирования фарватера для сбора нефтяных разливов, включающее корпус, состоящий из двух боковых ледокольных корпусов и размещенного перед ними центрального вспомогательного ледокольного корпуса, связанных между собой рамой. Связь боковых ледокольных корпусов друг с другом выполнена с возможностью их перемещения в поперечном направлении относительно центрального вспомогательного корпуса. Буксируемое устройство оснащено ледоотводящим клином, прикрепленным своей носовой частью к центральному вспомогательному корпусу, а к боковым ледокольным корпусам он прикреплен через свои образующие, подвижно связанные с упомянутыми корпусами с возможностью изменения фиксируемой ширины клина. В корпусе клина вдоль его образующих в районе уровня поверхности воды выполнены проемы для прохождения мелких битых льдин и нефтяных разливов. Технический результат заключается в повышении эффективности разрушения ледового покрова для формирования фарватера для сбора нефтяных разливов. Затем нефть собирается нефтесборщиком обычным способом, как и на чистой воде. Выполнением проемов в образующих ледоотводящего клина обеспечивается прохождение нефтяных разливов и мелкобитого льда в зону сбора нефтяных разливов с поверхности воды нефтесборщиком.

Техническое оснащение судов, принимающих участие в операциях по ЛАРН в ледовых условиях должно включать в себя:

- средства для экстренной перегрузки нефти (нефтепродуктов) с аварийных судов (насосы, рукава и соединения для приема-передачи, приспособленные для работы с высоковязкой нефтью);
- средства наблюдения за нефтяным разливом (локатор бокового обзора с регулируемой по частоте апертурой на судне, лазерный сканирующий флуорометр на вертолете и др.);

- средства спуска на воду, буксировки, управления и подъема нефтесборного оборудования (слипы, кран-балки, краны, манипуляторы, буксировочные устройства и т. п.);
- трубопроводы и насосы для приема и перекачки водно-нефтяной смеси от других нефтесборных устройств за бортом;
- сепараторы для разделения нефти и воды;
- парогенераторы и паропроводы для обработки и очистки оборудования, загрязненного нефтью;
- катера-бонопостановщики с необходимой мощностью двигателя, способные к автономному плаванию для проведения разведки, участия в нефтесборных ордерах и самостоятельных операциях ЛАРН;
- контрольно-измерительная аппаратура для обеспечения учета операций с нефтью и др.

Другим возможным решением проблемы сбора нефти с ледового покрова является использование арктических нефтесборщиков – это монтируемая на судне система, предназначенная для сепарации нефти от дрейфующего льда с высокой производительностью сбора нефти, составляющей 230 $м^3$/ч. Система включает 28 щеточных колес, два насоса для перекачки собранной нефти и решётку для разделения льда и нефти, которая собирает нефть с отличной производительностью в жёстких климатических условиях Арктики. Развертывание нефтесборщика Sternmax происходит с кормы судна, обладающего способностью разбивать лед. Судно при движении раскалывает лед, а изоляционная решётка проталкивает крупные куски плавающего расколотого льда под воду, отделяя нефть и воду от льда. Решётка может подниматься и наклоняться для удаления из неё льда и мусора. Отделенная от льда нефть собирается щёточным скиммером, который, в свою очередь, отделяет нефть от воды и перекачивает нефть в бункер. Система Sternmax поддерживается А-образной рамой, которая развёртывает скиммер с кормы судна, спуская его с люльки хранения. Она представляет собой прочную и долговечную конструкцию с гидравлическим приводом, монтируемую на судне.

Предлагаемые способы являются относительно новыми для Каспийского региона, поэтому в качестве научно-доказательной базы выступили экспериментальные данные по успешным арктическим проектам. Вполне логично, что природно-климатические особенности Каспия разнятся с арктическими морями (по толщинам льда, продолжительности периода образования и т.д.), однако в качестве ориентира с различными допущениями, вполне могут быть применены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко В.И., Муангу Ж., Коробов В.Б., Лохов А.С. Актуальные проблемы предотвращения, ликвидации разливов нефти в Арктике и методы оценки экологического ущерба прибрежным территориям. // Арктика: экология и экономика: 2015. № 3 (19). С. 4–11.
2. Павленко В.И. Фундаментальные научные исследования в интересах локализации и ликвидации разливов нефти в Арктике // Вестник Совета безопасности Российской Федерации: 2011. № 5(17). С. 154–161.
3. Павленко В.И. Экостандарт для Баренца // Нефть России: 2012. № 4. С. 71–76.
4. Болгов М.В., Красножон Г.Ф., Любушин А.А. и др. Каспийское море: Экстремальные гидрологические события. М.: Наука. 2007. 381с.
5. [Электронный ресурс] // Условные обозначения ледовых карт [сайт]. URL http://www.aari.ru/gdsidb/glossary/table3.htm (Дата обращения: 16.09.2017).
6. Sørstrøm, S.E., P.J. Brandvik, I. Buist, P. Daling, D. Dickins, L-G. Faksness, S.Potter, J. Fritt Rasmussen and I. Singsaas. 2010. Joint industry program on oil spill contingency for Arctic and ice-covered waters: summary report. SINTEF report A14181. SINTEF. Trondheim, Norway. www.sintef.no/ Projectweb/JIP-Oil-In-Ice/Publications/.

УДК: [628.316.12]

ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ МЕЛАНОИДИНА И КАРАМЕЛЬНОГО КОЛЕРА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ УГЛЕРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ

Т.А. Краснова, К.В. Зеленая, Н.С. Голубева
Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (Университет), г. Кемерово, Россия

Показано, что активные угли: АГ-ОВ-1, «Пуролат-Стандарт» могут быть использованы в качестве сорбента для извлечения меланоидина и карамельного колера из водных растворов.

В настоящее время в связи с динамичным развитием промышленности возрастает негативное влияние на окружающую среду.

Основными источниками загрязнения водной среды органическими компонентами являются сточные воды промышленных предприятий. Состав производственных сточных вод зависит от характера производственного процесса.

Меланоидины и карамельный колер (сахарный) имеют интенсивную окраску (от красно-коричневого до тёмно-коричневого) и широко используются в пищевой промышленности, а также в медицине для изготовления фармацевтических и косметологических средств.

Сточные воды промышленных предприятий, содержащие меланоидины и карамельный колер (сахарный) (рис. 1а), характеризуются очень высокой цветностью.

Попадая в реки, они могут создавать препятствия прохождению солнечного света, что может привести к снижению интенсивности фотосинтеза, содержания кислорода в реках и дальнейшую деградацию водных экосистем.

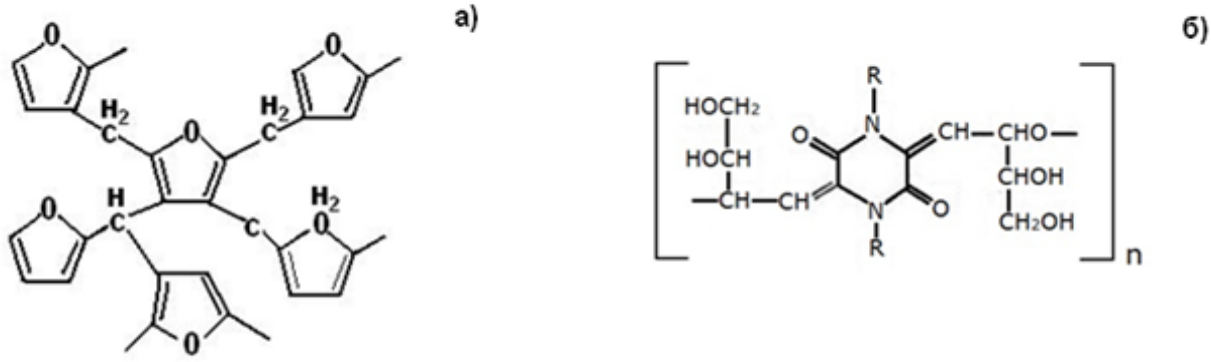


Рисунок 1. **Структурная формула:** а) карамельный колер; б) меланоидин

Наиболее перспективным методом для извлечения из сточных вод красящих веществ является сорбционная очистка. Преимуществом сорбционной очистки является возможность адсорбции веществ многокомпонентных смесей, высокая эффективность очистки слабоконцентрированных сточных вод и возможность создания экологически безопасных производств за счет возвращения в производство очищенной воды и ценных компонентов. В пищевой промышленности, как правило, применяется древесный дробленый уголь марки БАУ-А. Однако практика показала, что довольно дорогие промышленные сорбенты могут быть заменены на более дешевые. В настоящее время отечественная промышленность освоила выпуск дешевых фильтрующих материалов – полукоксов. Наиболее перспективным из них является полукокс «Пуролат-Стандарт», который производится на основе низкозольных антрацитов и обладает высокой естественной пористостью.

Целью работы было исследование эффективности применения углеродных сорбентов для сравнения адсорбционной способности

полукокса «Пуролат-Стандарт» и широко применяемого в промышленности АУ АГ-ОВ-1.

По полученным экспериментальным данным адсорбции меланоидна и карамельного (сахарного) колера углеродными сорбентами были построены изотермы адсорбции из растворов индивидуальных веществ (рис. 2 и 3).

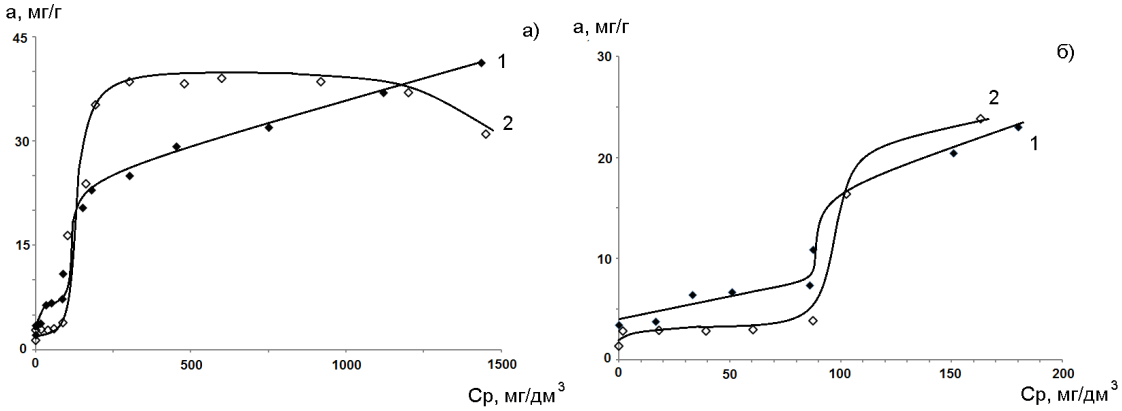


Рисунок 2. **Изотермы адсорбции меланоидина из водных растворов АУ марок АГ-ОВ-1 (1) и «Пуролат-Стандарт» (2):**
а) в исследуемом интервале концентраций; б) в области низких концентраций

Расчет основных адсорбционных характеристик АУ проводился с использованием теории мономолекулярной адсорбции (Легмюра).

Адсорбционная емкость монослоя (a_{max}) по отношению к меланоидину и карамельному колеру (табл. 1) АУ АГ-ОВ-1 выше практически в 2 раза, чем «Пуролат-Стандарт», что находится в соответствии с данными о суммарной площади поверхности ($S_{БЭТ}$) адсорбентов (табл. 2).

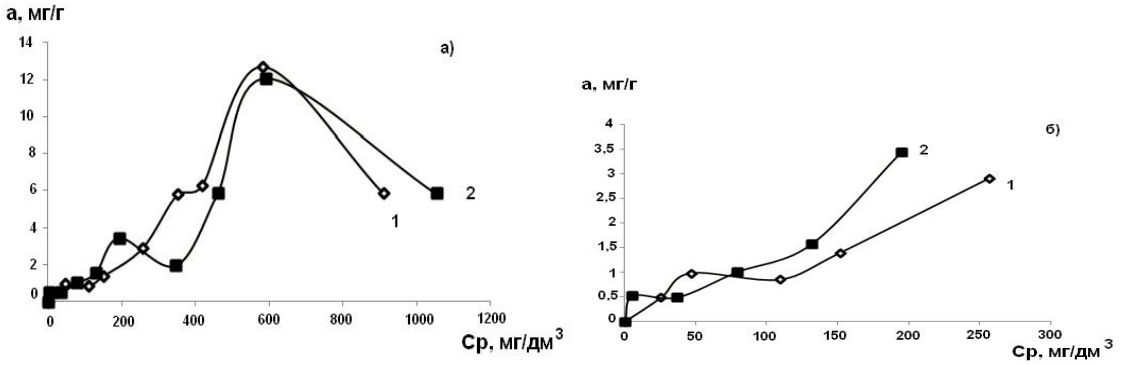


Рисунок 3. **Изотермы адсорбции карамельного колера из водных растворов АУ марок АГ-ОВ-1 (1) и «Пуролат-Стандарт» (2):**
а) в исследуемом интервале концентраций; б) в области низких концентраций

Таблица 1. **Параметры адсорбции меланоидина активными углями, рассчитанные по уравнениям Легмюра**

Марка угля	Параметры адсорбции

	Меланоидин		Карамельный (сахарный) колер	
	-ΔG, кДж/моль	a_{max}, мг/г	-ΔG, кДж/моль	a_{max}, мг/г
АГ-ОВ-1	41,14	7,54	26,66	20,27
«Пуролат-Стандарт»	44,08	3,57	29,03	9,84

Таблица 2. **Структурные характеристики активных углей**

Марка АУ	$S_{БЭТ}$, $м^2/г$	$S_{микро}$, $м^2/г$	V_s, $см^3/г$	$V_{микро}$, $см^3/г$	$V_{мезо}$, $см^3/г$	$V_{макро}$, $см^3/г$
АГ-ОВ-1	682	389	1,03	0,22	0,24	0,57
«Пуролат-Стандарт»	311	–	0,43	0,07	–	0,50

Анализ экспериментальных данных позволяет считать, что для меланоидинов характерно химическое взаимодействие с поверхностью АУ в связи с наличием у него большого количества активных групп различной природы (спиртовых, фенольных, гидроксильных, карбонильных и карбоксильных). Для карамельного (сахарного) колера характерно специфическое взаимодействие за счет водородной связи (-ΔG = 8 – 40 кДж/моль) между кислотными группами угля и активными группами колера [1–2].

Анализ представленных данных показал возможность использования исследуемых сорбентов для адсорбции меланоидина и карамельного колера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Когановский А.М. Адсорбция органических веществ из воды / А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко, И.Г. Рода. Л.: Химия, 1990. 256 с.
2. Парфит Г. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел / Г. Парфит, К. Рочестер. М.: Мир, 1986. 488 с.

УДК 628.16.087

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЫРЬЯ ИЗ КОНЦЕНТРАТА МЕМБРАННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ

Л.Н. Фесенко, С.Ю. Бессарабов, И.В. Пчельников
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия
С.И. Игнатенко
ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск, Россия

В статье рассмотрено решение задачи утилизации концентрата, образующегося при эксплуатации установок обратного осмоса и нанофильтрации. Данное решение позволит не только сократить риски экологической катастрофы, но и позволит получить из промышленных сточных вод готовый товарный продукт – гипохлорит натрия.

Традиционно проблема санитарно-эпидемиологической безопасности питьевой воды решается хлорированием, которое продолжает оставаться самым распространенным в мире способом обеззараживания воды в силу своей санитарно-гигиенической надежности, пролонгированности бактерицидного действия, относительной простоты и экономичности. Однако, при использовании жидкого хлора бесспорной остается проблема его транспортировки через населенные территории и хранение многотонных запасов на водоочистных станциях, многие из которых уже стали опасно соседствовать с расширяющейся городской жилой застройкой. Опасность использования жидкого хлора (2 класс опасности), а также невозможность соблюдения Водоканалами ряда положений Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред» от 20.11.2013 г. №554 привели традиционную хлорную технологию дезинфекции питьевой воды к необходимости поиска менее опасного дезинфектанта, сочетающего положительные качества хлорирования и отсутствие его недостатков.

Мировой опыт научного поиска альтернативных жидкому хлору дезинфектантов обозначил, а в дальнейшем и подтвердил на практике перспективность применения для обеззараживания воды низкоконцентрированного электролитического гипохлорита натрия (ГХН), который получают электролизом искусственно приготовленных растворов поваренной соли или природных минеральных хлоридных вод в бездиафрагменных электролизерах [1–8].

В случае применения искусственного электролита основные затраты на получение ГХН складываются из стоимостей электроэнергии, поваренной соли и воды. При получении 1 кг активного хлора современные бездиафрагменные электролизные установки потребляют в среднем 4,5 – 5,5 кВт·ч электроэнергии и 4,5 – 6 кг пищевой поваренной соли [3–4]. Поскольку поваренная соль является основным сырьем для выработки электролизного гипохлорита натрия, затраты на её приобретение, доставку и хранение в зависимости от сортности составляют до 40 % себестоимости готового продукта [4–5]. Поэтому к одному из перспективных и менее затратных методов химико-биоцидной обработки воды можно отнести применение ГХН, получаемого электролизом хлоридсодержащих растворов либо природного происхождения (вода морей и океанов, подземные рассолы, солевые озера

и т.п.), либо технологические сточные воды от установок ионного обмена (Na-катионирование, Cl-анионирование), электродиализа, обратного осмоса, нанофильтрации и др.

Обратный осмос и нанофильтрация, благодаря высокой эффективности и минимальному потреблению реагентов получают все большее распространение в технологических схемах деминерализации и умягчения воды для хозяйственно-питьевых целей и подготовки воды в промышленном производстве (для паровых котельных, оборотных охлаждающих циклов, подпитки теплосетей и др.). Однако методы мембранного разделения сопровождаются сопутствующим образованием концентрата, очистка и утилизация которого является одним из самых сложных инженерных аспектов мембранных технологий и остается еще до конца не решенной проблемой [6–7]. Несмотря на продолжающие исследования в области минимизации количества концентрата не утратил своей актуальности и поиск новых решений, приоритетными среди которых будут технологии, исключающие загрязнение окружающей среды минеральными солями с утилизацией рассолов в товарный продукт, востребованный на рынке. Как представляется, если интересующаяся сторона может взять оставшийся после переработки концентрат и использовать его с выгодой для себя, то это было бы самое простое решение для предприятий, использующих обратный осмос, поскольку снимет с них ответственность за экологические риски и, как следствие, взымаемые многомиллионные штрафы за сверхнормативный сброс загрязняющих веществ в хоз-бытовую или производственную канализацию. Однако, таких желающих найти сложно, если вообще возможно, и станция водоподготовки с установками обратного осмоса вынуждена сама решать проблемы переработки концентрата.

Использование прудов-испарителей возможно только для тех регионов, где уровень испарения превышает годовое количество осадков. Стоимость строительства таких прудов и затраты на их эксплуатацию относительно не высоки, однако следует помнить и о расходах на очистку испарителя после его закрытия.

Сброс в море возможен только в случае приближенности к береговой линии, кроме того для такого варианта ликвидации также есть ряд ограничений, которые могут потребовать корректировки химсостава сбрасываемого концентрата.

В ряде случаев для жидких отходов сложного химического состава применяется подземное глубинное захоронение, однако такая процедура должна осуществляться с учетом лежащей в основе геологией с тем, чтобы не произошло смешение с подземными водоносными горизонтами питьевой воды. Такой метод захоронения используется при невозможности реализации иных вариантов и, кроме того, потребует длительных согласований и получения всевозможных разрешений. В первую очередь

кандидатами для захоронения рассолов становятся истощенные нефтяные скважины, однако часто такие скважины бурились не в той же местности, где находятся источники образующихся концентратов и который не может быть вывезен за сотни километров для его последующего глубинного захоронения.

Утилизация концентрата может быть достигнута многоступенчатым упариванием с последующим переводом рассола в твердую фазу в кристаллизаторах для получения соли. Применение выпарных аппаратов ограничивают серьезные проблемы при эксплуатации, связанные с образованием отложений (инкрустацией) различных веществ на поверхностях теплообмена или забивкой трубок греющей камеры солевыми пробками, из-за чего аппараты часто останавливают на очистку или промывку. Высокую металлоемкость и громоздкость (высота), сложность эксплуатации и значительную стоимость также следует отнести к недостаткам таких установок.

Авторами предлагается новый способ утилизации концентратов установок мембранного разделения с получением в итоге хлоридно-натриевого сырья для производства товарного продукта – электролизного низкоконцентрированного ГХН.

Можно ожидать, что концентрат, прошедший определенную обработку, содержащий повышенные концентрации хлорид ионов, обеспечит значительную экономию при получении растворов ГХН и упростит технологическую схему его производства за счет исключения из нее хозяйства по хранению, приготовлению и дозированию соли.

Поскольку стоки от обратноосмотических установок содержат повышенные концентрации не только хлорид-ионов, но и ионов Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^- и SO_4^{2-}, то в этой связи представляется рациональным на первом этапе уменьшить объем технологического концентрата путем его многократного концентрирования по схеме нанофильтрация-обратный осмос. Далее концентрат от нанофильтрации с содержанием преимущественно двухвалентных ионов Ca^{2+}, Mg^{2+} и SO_4^{2-} подвергнуть реагентной обработке последовательно по схеме: на первой ступени соединениями бария, а на второй – карбонатом и гидроксидом натрия. Такая последовательность позволит выделить из раствора на первом этапе практически нерастворимый $BaSO_4$ с его осаждением в вихревом реакторе или ламельном сепараторе I-ой ступени и, далее, осаждение малорастворимых в щелочной среде $CaCO_3$ и $Mg(OH)_2$ в реакторе II-ой ступени. Выведенные из материального баланса нерастворимые соли $BaSO_4$, $CaCO_3$ и $Mg(OH)_2$ окончательно обезвоживаются на фильтр-прессе и подлежат последующей реализации в качестве товарного или сырьевого продукта. Получаемый на выходе водный раствор хлорида натрия доконцентрируется трехступенчатым обратным осмосом с получением в итоге 2,0 – 2,5 %-ного водного раствора (22 – 25 г/л) поваренной соли –

высокосортного сырья для получения электролизного гипохлорита натрия с концентрацией 6 – 8 г/л по эквиваленту хлора. Получаемый хлорсодержащий продукт может быть востребован в схеме обеззараживания питьевых и сточных вод, биоцидной обработки градирен и др., теплообменных аппаратов для предотвращения и удаления биообрастаний, промывки ультрафильтрационных и микрофильтрационных мембран, дезинфицирующей обработки сооружений и аппаратов водоподготовки, трубопроводов и иных комплектующих в общем производстве питьевой и технической воды [8].
Для реагентного осаждения ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} применяют традиционно использующиеся в водоподготовке воды методы: известковое, известково-содовое или едко-натровое умягчение. Удаление из воды сульфатов может быть реализовано применением бариевых реагентов, в том числе гидроксида бария, карбоната бария и хлорида бария.

В качестве объекта исследований была взята подземная вода по источникам «Верхний нарзан», «Нижний нарзан» и н/с «Нарзан» (г. Аксай, Ростовской обл.), качество которых не удовлетворяет требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 по таким показателям как жесткость общая – 20 °Ж (при норме не более 7,0); сульфаты – 867 мг/л (при норме не более 500 мг/л); общая минерализация (сухой остаток) – 1929 мг/л (при норме не более 1000 мг/л). Полезная производительность очистной станции по питьевой воде предполагается 2000 $м^3$/сут.

Для снижения концентрации сульфатов, ионов кальция и магния (обуславливающих общую жесткость), а также общей минерализации (сухого остатка) необходимо провести мембранное разделение на установках обратного осмоса и полученную глубокообессоленную воду (пермеат) смешать с исходной в отношении, удовлетворяющем нормативам качества питьевой воды.

Для приведения качества воды в соответствие с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 предлагается применение установки обратного осмоса производительностью по пермеату 59 $м^3$/ч. Расчет установки, химсостава пермеата и концентрата выполнен с использованием специализированных программ Win Flows 3.3.2 и Nano Tech PRO по подбору мембранных элементов. Расчетные показатели качества воды по концентрату и пермеату представлены в таблице 1. Комплект обратноосмотического оборудования включает в себя две ступени. На первую ступень подается исходная вода с расходом 73,75 $м^3$/ч, состоящая из 10 корпусов по 5 мембранных элементов серии АК-440 LE в каждом. Давление на входе составляет 8,17 бар. Пермеат после установки с расходом 44,25 $м^3$/ч направляется на разбавление с исходной водой для корректировки показателей химсостава, превышающих требования СанПиН 2.1.4.1074-01. Концентрат расходом 29,5 $м^3$/ч подается на следующую ступень, состоящую из 4 корпусов по 5 мембранных

элементов серии AG-440 в каждом. Давление на входе составляет 14,67 бар. Пермеат со второй ступени расходом 14,75 м^3/ч также смешивается с исходной водой. Концентрат с расходом 14,75 м^3/ч должен быть направлен на последующую обработку и утилизацию.

В качестве исходного продукта для изучения десульфатации воды солями бария был взят концентрат после обратного осмоса, рассчитанный по программе Win Flows 3.3.2 (табл. 1).

Полученный расчетом пермеат после смешения с исходной водой имел химический состав, отвечающий по качеству питьевой воде. В эксперименте концентрат готовился в лабораторных условиях по следующей схеме: насыщенный отстоянный известковый раствор отфильтровывали на вакуум-фильтре с последующим его подкислением 1,5М серной кислотой до pH = 7,5. Далее были рассчитаны навески солей $NaHCO_3$, Na_2SO_4, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ и $CaCl_2$, необходимые для получения модельного концентрата. В итоге была приготовлена вода, адекватная по химическому составу концентрату, полученному расчетным методом с применением программы «Win Flows 3.3.2».

Приготовленный модельный концентрат подвергали реагентной обработке последовательно по выше описанной схеме: на первой ступени хлоридом бария и на второй – карбонатом и гидроксидом натрия.

После чего необходимо провести подкисление концентрата и последующее доконцентрирование на обратноосмотической установке для повышения содержания хлорид-ионов в обрабатываемом растворе. Динамика изменения химического состава воды по этапам реагентного осаждения концентрата от установок обратного осмоса приведена в таблице 2.

Таблица 1. **Расчетные гидрохимические показатели воды после установок мембранного разделения станции водоподготовки 2000 м^3/сут**

Тип воды	Программа расчета мембранных модулей	pH	$Ж_{общ}$, мг-экв/л	t, °C	Сухой остаток, мг/л	Концентрации в мг-экв/л					
						Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^{+}+K^{+}$	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
Исходная вода	–	7,4	20,2	10	2053,0	10,6	9,5	9,2	4,2	17,9	8,7
Концент-рат	Win Flows 3.3.2	7,9	100,5	10	10307,0	53,1	47,4	54,5	22,7	89,6	42,7
	Nano Tech PRO	7,9	81,4	10	8396,6	42,9	38,5	45,6	18,6	71,6	35,6
Пермеат	Win Flows 3.3.2	5,9	0,9	10	25,5	0,03	0,02	0,3	0,13	0,04	0,16
	Nano Tech PRO	5,8	0,2	10	26,9	0,09	0,07	0,2	0,06	0,19	0,13
Смесь пермеата с исходной водой	–	6,9	6,0	10	635,7	3,2	2,8	2,9	1,3	5,4	2,7

Таблица 2. **Динамика изменения химического состава воды по этапам реагентного осаждения концентрата от установок обратного осмоса**

Этапы подготовки концентрата	pH	Концентрация ионов в воде, мг-экв/л / мг/л							
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	OH^{-}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}	Cl^{-}
Исходная вода	7,4	10,65 / 213,0	9,51 / 116,0	10,7 / 246,1	0,0 / 0,0	0,0 / 0,0	4,2 / 256,2	17,9 / 863,0	8,7 / 307,7
Концентрат (расчетный)	7,9	53,1 / 1062,0	47,4 / 578,3	54,7 / 1253,5	0,0 / 0,0	0,0 / 0,0	22,7 / 1384,7	89,6 / 4300,8	42,7 / 1513,7
Концентрат (модельный)	7,7	47,0 / 940,0	39,0 / 475,8	50,1 / 1151,8	0,0 / 0,0	0,0 / 0,0	10,6 / 646,6	86,0 / 4128,0	39,5 / 1399,6
Концентрат после первой ступени осаждения с $BaCl_2$	7,5	40,0 / 800,0	40,0 / 488,0	34,6 / 795,8	0,0 / 0,0	0,0 / 0,0	4,2 / 256,2	0,4 / 19,2	110,0 / 3899,5
Концентрат после второй ступени осаждения с Na_2CO_3 + NaOH	11,5	0,25 / 5,0	0,05 / 0,61	116,3 / 2674,9	5,6 / 95,2	4,0 / 120,0	0,0 / 0,0	0,0 / 0,0	107,0 / 3793,1
Концентратпосле его нейтрализации HCl	7,7	0,3 / 6,0	2,0 / 24,4	131,6 / 3026,8	0,0 / 0,0	0,0 / 0,0	7,0 / 427,0	0,0 / 0,0	126,9 / 4498,6

В итоге предлагаемая технология практически полностью исключает сброс каких-либо сточных вод в хоз-бытовую канализацию и позволяет получить из отходов водоочистки товарный реагент – гипохлорит натрия.

ВЫВОДЫ

Предприятие, применяющее в схеме подготовки технологической глубокообессоленой воды мембранное разделение (обратный осмос или нанофильтрацию), в состоянии исключить практически полностью сброс каких-либо производственных сточных вод в хоз-бытовую канализацию.

Проведенные экспериментальные исследования подтверждают реальную возможность использования концентрата от установок мембранного разделения после его соответствующей реагентной обработки в качестве хлоридно-натриевого сырья для получения обеззараживающего продукта – низкоконцентрированного гипохлорита натрия.

ЛИТЕРАТУРА

7. Фесенко Л.Н, Пчельников И.В, Игнатенко С.И. Оценка экономической эффективности получения гипохлорита натрия электролизом морской воды. Сборник докладов научно-практической конференции,

посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева./ М-во образования и науки РФ, «Моск. гос. строит. ун-т». Москва: МГСУ, 2012. 240 с.
8. Кудрявцев С.В. Совершенствование технологических параметров установок получения электролитического гипохлорита натрия для обеззараживания воды: дис.… канд. техн. наук. Новочеркасск, 2009. 161с.
9. Видер Б.Л., Горшенин А.П., Иткин Г.Е. Новый способ получения электролизного гипохлорита и его применение // Водоснабжение и сан. техника, 2005, № 1. С. 26–27.
10. Фесенко Л.Н., Денисов В.В., Скрябин А.Ю. Дезинфектант воды – гипохлорит натрия: производство, применение, экономика и экология / Под ред. проф. В.В. Денисова. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2012. 246 с.
11. Медриш Г.Л., Тейшева А.А., Басин Д.Л. Обеззараживание природных и сточных вод с использованием электролиза. М.: Стройиздат, 1982. 81с.
12. Первов А.Г., Андрианов А.П., Горбунова Т.П., Юрчевский Е.Б. Технология утилизации концентрата установок обратного осмоса в системах водоподготовки // Водоснабжение и сан. техника, 2012, № 8.
13. Первов А.Г., Андрианов А.П., Горбунова Т.П. Разработка мембранных технологий с уменьшенным расходом воды на собственные нужды // Водоснабжение и сан. техника, 2010, № 6.
14. Скрябин А.Ю., Фесенко Л.Н., Пчельников И.В., Игнатенко С.И. Пути решения экологичности и безотходности производства электролитического гипохлорита натрия для обеззараживания питьевых вод // Водоочистка, 2014. № 3.

УДК 62.01.77

МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ В УСЛОВИЯХ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ ЮЖНОГО РЕГИОНА РОССИИ

Д.В. Кашарин, В.А. Плотникова
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия

Статья посвящена вопросам совершенствования мероприятий по локализации разливов нефтепродуктов на территории водосбора малых водотоков в условиях Юга России. Рассмотрены основные расчетные положения для оценки распространения загрязняющих веществ и мероприятия по локализации нефтепродуктов за счет применения мембранно-вантовых плотин. Проведен анализ синтетических сорбентов для применения в качестве заполнителей в катриджах для очистки загрязненной нефтепродуктами воды.

На территории Южного региона находятся: Северо-Кавказско-

Мангышлакская, Прикаспийская и часть Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Несмотря на снижение количества чрезвычайных ситуаций, связанных с утечками нефтепродуктов (НП) опасность их возникновения остается высокой и Южный Федеральный округ находится на третьем месте по количеству загрязнения при разливах НП [1].



Рисунок 1. **Оценка поступления НП на территории Российской Федерации**

Мероприятия для ликвидации и локализации разливов НП в настоящее время недостаточно разработаны для условий малых водотоков и обеспечены инженерно-техническими средствами. Поэтому времени (4 ч при разливе в акватории и 6 ч на территории водосбора в соответствии с приказом МЧС РФ № 621) для принятия решения, доставки сил и необходимых средств к месту ЧС, локализации разлива нефти и нефтепродуктов в большинстве своем не оказывается достаточно для качественного выполнения работ. Кроме того, с учетом скорости течения водного потока за 4 ч загрязнение из малой реки длиной 11 км при средней скорости 0,8 м/с может попасть в более крупный водный объект. В связи с этим необходимо разработать мероприятия и мобильные инженерные сооружения, позволяющие уменьшить время их установки при обеспечении надежного их функционирования [1–3].

Для расчетного обоснования распространения нефтяного загрязнения в малых водотоках необходимо описать такие процессы как: гравитационное растекание; адвективный перенос; турбулентное перемешивание; испарение; растворение и т. д [1].

Гравитационное растекание зависит от сил инерции, вязкого трения и поверхностного натяжения. Силы гравитации уравновешиваются силами инерции и вязкости, а поверхностное натяжение – силами вязкого трения. Для расчета гравитационного растекания используют систему двумерных уравнений «мелкой воды» в интегральной форме на произвольной поверхности σ и объеме в пространстве (x, y, t) следующего вида [7]:

$$\int_{\sigma} \varphi dxdy + ndydt + \Phi dxdy + \int_{w} \psi dxdydt = 0\,, \qquad (1)$$

$$\varphi = \begin{bmatrix} h \\ V_x h \\ V_y h \end{bmatrix};\ \Pi = \begin{bmatrix} V_x h \\ V_x^2 h + \dfrac{g}{2h^2} \\ V_x V_y h \end{bmatrix};\ \Phi = \begin{bmatrix} V_x h \\ V_y V_x h \\ V^2 h + \dfrac{g}{2h^2} \end{bmatrix};\ \Psi = \begin{bmatrix} 0 \\ gh\dfrac{\partial z_д}{\partial x} + \tau_x \\ gh\dfrac{\partial z_д}{\partial y} + \tau_y \end{bmatrix}, \qquad (2)$$

где h – глубина потока воды, м; V_x, V_y – соответствующие составляющие по осям координат x, y и осредненные по глубине вектора скоростей, м/с; $z_д$ – отметка дна; τ_x, τ_y – компоненты касательных напряжений.

При численном моделировании фазы переноса и турбулентной диффузии (НП) может применяться метод Монте-Карло, на основе которого статистическая модель диффузионного процесса рассматривается как случайное движение большого числа микрочастиц нефти.

А.В. Караушевым на основе уравнения В.А. Маккавеева был описан стационарный процесс турбулентной диффузии при следующих допущениях [4]:

$$\bar{u}_x \frac{\partial C}{\partial x} >> \frac{\partial}{\partial x} K_{xx} \frac{\partial C}{\partial x};$$

$$\bar{u}_x (y,z) = V = \text{const};$$

$$K_{yy}(y,z) = K_{zz}(y,z) = K = \text{const},$$

где x – координата на оси, вдоль которой движется поток; y – координата на горизонтальной оси и направлена от правого берега потока к левому; z – вертикальная ось, направленная вверх; $\bar{u}_x(y,z)$ – продольная составляющая осредненной скорости потока; V – средняя скорость в живом сечении потока; $C(x,y,z)$ – осредненная концентрация по НП; K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} – коэффициенты турбулентной диффузии.

В настоящее время на основе зависимостей 1 и 2 разрабатывается иммитационная математическая модель для обоснования мероприятий локализации разливов нефти с использованием мембранно-вантовых плотин из композитных материалов. К их преимуществам относятся: незначительное время установки и возможность многократного использования в различных створах данного водотока [3–4]. В комплект системы входит система картриджей с сорбентом, при прохождении через которую осуществляется очистка загрязненной воды. Для выбора сорбента нами был осуществлен анализ различных синтетических материалов (рис. 2).

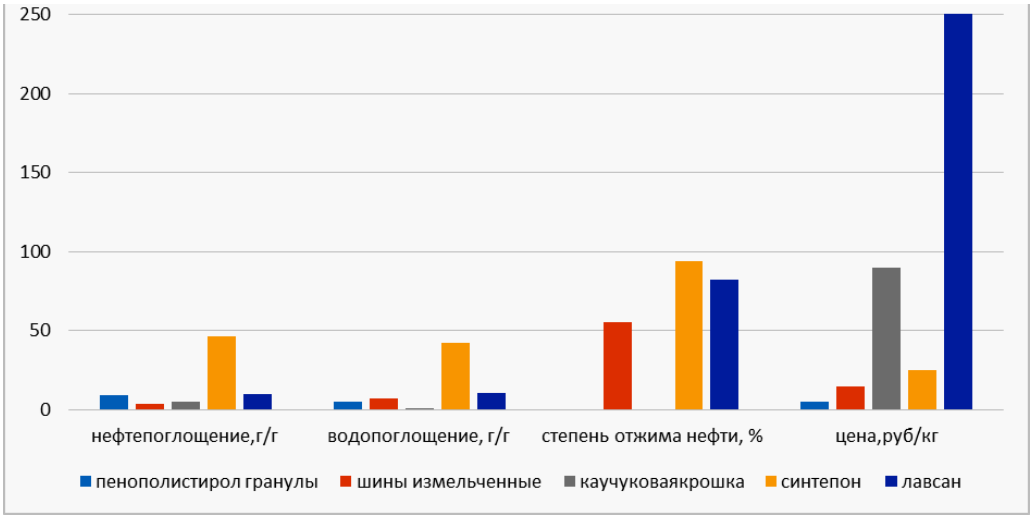


Рисунок 2. **Свойства синтетических органических материалов для сбора нефти**

Применение в качестве сорбентов вторичных материалов для катриджей, очищающих загрязненную нефтепродуктами воду, является перспективным направлением. Так как ежегодно в России образуется около 1 млн. т изношенных автомобильных покрышек, а на переработку попадает только 5 – 7 % этого объема, то возможно использование резиновой крошки для системы картриджей очистки воды от НП несмотря на средние показатели по сорбирующей способности нефтепоглощения (рис. 2) [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. https://geographyofrussia.com/neftegazonosnye-i-gazoneftenosnye-bassejny /Нефтегазоносные и газонефтеносные бассейны [Электронный ресурс].
2. Боревский Л.С. Методические рекомендации по выявлению, обследованию, паспортизации и оценке экологической опасности очагов загрязнения геологической среды нефтепродуктами // Гидрогеоэкологическая научно-производственная и проектная фирма ГИДЭК. М., 2002. 86 с. [Электронный ресурс] (http://www.twirpx. com/ file/985034/).
3. Патент на полезную модель RUS 113747 (23.08.2011). Мобильное нефтеочистное сооружение для малых водотоков // Заявители: Кашарин Д.В., Годин П.А., Фесенко Л.Н., Маркграф С.И., Тер-Матиосова К.С., Драй О.И.
4. Кашарин Д.В., Дилина М.А., Шабельник А.А. Локализализация и ликвидация нефтяных загрязнений в условиях малых водотоков // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2014. №7 (79). С. 36–39.
5. Кашарин Д.В, Шабельник А.А Локализация и ликвидация разливов нефти на территории грозненского района // Инженерная защита. 2015. № 3 (8). С. 36–42.

6. Кашарин Д.В. Защитные инженерные сооружения из композитных материалов в водохозяйственном строительстве: монография. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. 343 с.
7. Сафаров А.М. Оптимизация ликвидационных мероприятий при попадании нефти в горный водоток / Нефтегазовое дело Уфа. 2007 / [Электронный ресурс]: (http:/www.ogbus.ru).
8. Караушев А.В. Модель и численное решение задачи о диффузии в водоеме: мат. VI Всесоюзн. симпоз. по соврем. проблемам самоочищения водоемов и регулирования качества воды. Таллин, 1979. Ч. I. С. 45–47.
9. Кашарин Д.В., Залеченок М.В., Плотникова В.А. Анализ методов локализации разливов нефти в почвогрунтах для условий Южного региона Российской Федерации // Строительство и архитектура, 2017. С. 58–61.

УДК66.067.8.081.3

СОРБЦИЯ ИОНОВ ЦИНКА НА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОТХОДАХ РАСТЕНИЕВОДСТВА

В.А. Сомин, А.А., Бондаренко, А.С. Пятибратова
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

В работе рассмотрена возможность использования лузги гречихи для удаления из воды ионов цинка. Определена статическая сорбционная емкость нативной и модифицированной лузги, в результате выявлено незначительное увеличение емкости при проведении химической модификации. Определение кинетики сорбции показало, что равновесие в системе сорбат-сорбент устанавливается в среднем через 5 минут с начала процесса.

Загрязнение водных объектов соединениями тяжелых металлов остается на протяжении последних десятилетий достаточно острой проблемой в России. Основными источниками поступления металлов в водоемы являются сточные воды предприятий машиностроения, гальванотехники, химические производства и ряд других. В настоящее время для удаления металлов наиболее часто применяются физико-химические методы очистки, в частности, сорбционные, которые позволяют обеспечить на выходе концентрацию загрязнений, удовлетворяющих сбросу в водоемы. Однако реализация данного метода затруднена дороговизной применяемых сорбентов и высокими требованиями к предварительной очистке воды. В этой связи поиск недорогих и высокоэффективных материалов – одна из наиболее

актуальных задач практики водоочистки. Такие материалы могут быть созданы из вторичного сырья, в том числе отходов производства.

В Алтайском крае на крупных сельскохозяйственных предприятиях образуется большое количество отходов в виде лузги подсолнечника и гречихи, которые могут служить сырьем для производства сорбентов. Это обусловлено также тем, что большой объем и высокий темп накопления отходов вместе со слабым развитием индустрии вторичной переработки приводят к тому, что основным методом их утилизации является захоронение или сжигание.

В АлтГТУ им И.И.Ползунова проводятся исследования по использованию в качестве сорбентов для очистки воды от соединений металлов лузги подсолнечника. Известно, что лузга в нативной форме обладает невысокими сорбционными свойствами, поэтому производилась ее модификация химическим способом – обработкой раствором гидроксида натрия.

Первоначально были изучены кинетические характеристики сорбции полученного материала. Исследования проводились на модельных растворах ионов цинка, концентрация которых определялась фотоколориметрическим методом. Полученные данные представлены на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что период, в течение которого устанавливается сорбционное равновесие, составляет около 5 минут, что весьма мало и обусловливает непродолжительное время контакта загрязненных стоков с сорбентом.

Также были изучены статические характеристики сорбции ионов цинка на нативной и модифицированной лузге подсолнечника. Полученные данные представлены на рисунке 2. Отмечено, что кривые сорбции для нативной и модифицированной лузги практически одинаковы, следовательно, модификация незначительно влияет на характер протекающих в материале сорбционных процессов. Максимальное значение сорбционной емкости составило 43 мг/г.

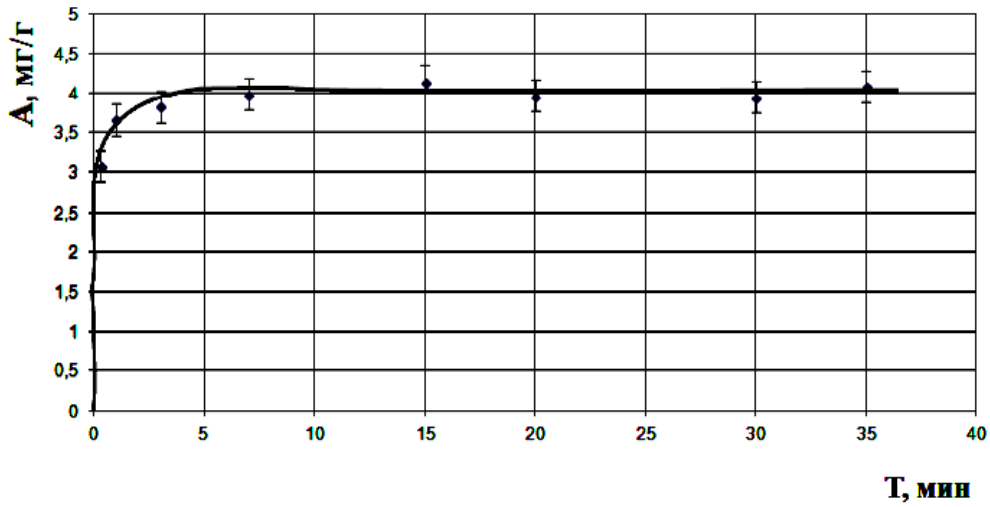


Рисунок 1. **Кинетическая зависимость сорбции ионов цинка лузгой подсолнечника**

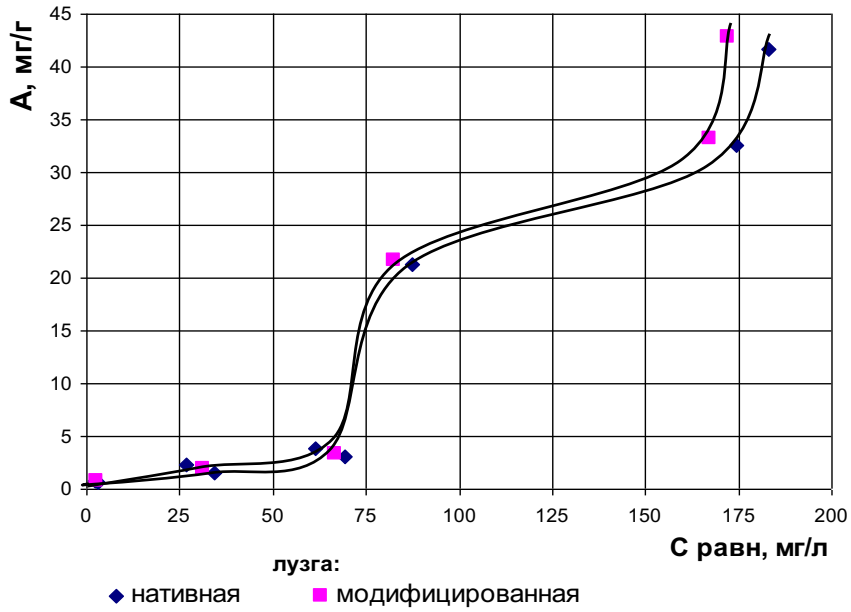


Рисунок 2. **Изотермы сорбции ионов цинка на лузге подсолнечника**

По виду изотерм сорбции можно сделать предположение о том, что их можно отнести к типу S2 по классификации Гильса, что предполагает наличие в материале в основном мезопор. Таким образом, дальнейшие исследования должны быть направлены на поиск более эффективного способа модификации лузги подсолнечника.

УДК 57.042

ОЦЕНКА НАКОПЛЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПОЛИГОНА ЗАХОРОНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ

Н.С. Серпокрылов
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
В.Ю. Борисова, Н.В. Кондакова
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия
А. Халил
г. Александрия, Египет
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

В данной статье рассматривается негативное воздействие на окружающую среду от опытно-промышленного захоронения пришедших в негодность пестицидных препаратов. Выполнены мониторинговые исследования состояния Батайского захоронения пестицидов и агрохимикатов.

Одной их серьезных экологических проблем является загрязнение природных объектов органическими пестицидами, обладающими высокой токсичностью [1]. Большую опасность представляют несанкционированные свалки запрещенных, пришедших в негодность (обезличенных) и устаревших ядохимикатов.

С периода массового захоронения пестицидов в специальных подземных хранилищах прошло более 25 лет. Обследование мест захоронения показало, что во многих случаях отмечено оседание грунта, разрушение покрытий траншей, затопление их паводковыми и грунтовыми водами, проникновение пестицидов в подземные воды. Некоторые захоронения оказались в черте населенных пунктов, что создает реальную угрозу здоровью людей.

Главные негативные экологические последствия от воздействия пестицидов сводятся к следующему:

- токсичность для животных и человека;
- остаточные количества пестицидов аккумулируются и концентрируются в пищевых цепях, по мере продвижения по пищевым цепям концентрация пестицида может возрастать на порядки;
- вынос пестицида за пределы подверженной воздействию территории и включение в региональные, континентальные и глобальные процессы массопереноса;
- появляются резистентые к пестицидам формы вредных организмов;
- гибнут некоторые полезные организмы и происходят глубокие нарушения взаимосвязей в биоценозах (исчезновение видов, служащих пищей; исчезновение видов-хозяев (среды обитания),

исчезновение конкурирующих видов; исчезновение хищников);

- возрастает вероятность отдаленных последствий, связанных с патологическим и генетическим действием многих пестицидов на биоту [2].

Пестициды – это химические или биологические препараты, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорными растениями, вредителями хранящейся сельскохозяйственной продукции, бытовыми вредителями и внешними паразитами животных. Агрохимикаты – удобрения химического или биологического происхождения, химические мелиоранты, кормовые добавки, предназначенные для питания растений, регулирования плодородия почв и подкормки животных [3].

В 1975 году по решению Совмина РСФСР в районе г. Батайска был организован региональный пункт подземного опытно-промышленного захоронения пришедших в негодность пестицидных препаратов, и захоронено свыше 1500 т ядохимикатов и тары из-под них, поступивших от объединений «Сельхозтехника» Краснодарского, Ставропольского краев, Республики Калмыкия, Ростовской области. Территориально он находится в 7 км к югу от Батайска, на стыке Азовского и Аксайского районов. Некоторая часть пестицидов, захороненных на полигоне, относится к ртутьсодержащим и мышьяксодержащим группам. Это единственное на территории Ростовской области санкционированное, созданное промышленным способом по утвержденному проекту захоронение пришедших в негодность или запрещенных к применению пестицидов [4].

Выполнен мониторинга указанного регионального пункта (г. Батайск): отбор и аналитическое исследование проб воздуха в 4 точках, подземных вод в 5 мониторинговых скважинах, растительных проб в 11 точках, поверхностных проб грунта в 11 точках (аналитические исследования выполнила Испытательная лаборатория ФГБУ ГЦАС «Ростовский»).

Построение математических моделей результатов анализов позволило в полной степени оценить экологическую обстановку и сделать следующие выводы:

- содержание контролируемых загрязняющих веществ в пробах воздуха и грунтовых водах ниже определяемого уровня;
- имеет место локальное загрязнение поверхностного слоя почвы метаболитом ГХЦГ в 6 точках с превышением ПДК в 1,5 ÷ 17 раз, ДДТ и его метаболитами по всей территории полигона выше ПДК в 1,5 ÷ 440 раз, мышьяком в 4 точках (4 – 6 ПДК);
- превышение ПДК от 1,2 до 7 раз хлорорганическими пестицидами выявлено в растительном покрове полигона. Загрязнение растений мышьяком зафиксировано в 5 точках с превышением ПДК от 1 до 2 раз

[4].

Учитывая активную эмиссию загрязнителей, происходящую с разной интенсивностью, целесообразно провести мероприятия по изоляции загрязненного поверхностного почвенного слоя:

- земельный участок, на котором размещается данный полигон, вывести из земель сельхозназначения;
- провести ограждение данного полигона на площади 1,92 га (ограждение из колючей проволоки высотой 2,4 м), установить санитарно-защитную зону (500 м);
- учитывая визуальное увеличение площади крупных и мелких провалов, необходимо засыпать провалы грунтом;
- в основании формируемой загрязненной толщи и перекрывающих незагрязненных грунтов провести дренаж, который будет отводить загрязненные осадки на локальные очистные сооружения;
- провести высадку специально подобранных древесных, кустарниковых и травянистых растений по поверхности загрязненных грунтов, а так же на территории санитарно-защитной зоны.

Сравнительный анализ данных, полученных в результате проведения мониторинга состояния захоронения пестицидов и агрохимикатов в районе г. Батайска, позволил обосновать и предложить ряд рекомендаций по снижению негативного воздействия на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов С.Я. Основы химической защиты растений / С.Я. Попов, В.А. Калинин, Л.А. Дорожкина / под ред. Профессора С.Я Попова. М.: Арт-Лион, 2003.
2. Черников В.А. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др. под ред. В.А. Черникова, А.И. Черекеса. М., Колос, 2000. 536 с.
3. Федеральный закон РФ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами», №109-ФЗ от 19.07.97
4. Назаренко О.Г. Отчет по осуществлению мониторинга состояния захоронения пестицидов и агрохимикатов (г. Батайск). Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ ФГБУ ГЦАС «Ростовский». 2015, 30 с.

УДК 628.4.02

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗАМКНУТОМ МЕТАЛЛ-СУЛЬФИД-СЕРОВОДОРОДНОМ ЦИКЛЕ

Л.Н. Фесенко
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова г. Новочеркасск, Россия
А.Ю. Черкесов, С.И. Игнатенко
ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск, Россия

Рассмотрен вопрос очистки сточных вод, содержащих тяжелые металлы. Метод основан на свойстве сероводорода образовывать в воде нерастворимые сульфидные соединения при взаимодействии с металлами. Предлагаемая технология позволяет вывести из материального баланса очищаемых сточных вод ионы тяжелых металлов в виде концентрированного кубового остатка. При этом сероводород находится в замкнутом металл-сульфид-сероводородном цикле, образовывая сульфиды тяжелых металлов в реакционной емкости и переходя вновь в газообразную форму при кислотной дегазации. Полученный газообразный сероводород вновь подается в реакционную емкость для связывания и осаждения тяжелых металлов. Предлагаемая технология может быть решением проблемы утилизации и захоронения сточных вод, содержащих тяжелые металлы, и позволит решить данный вопрос в рамках соблюдения требований законодательства РФ в области экологической безопасности и природоохранных мероприятий.

Из 118 химических элементов, открытых наукой на данный момент, к металлам относят 94. В биологической, промышленной и экологической сферах жизни человека металлы занимают важное место. В обыденной жизни они условно делятся на тяжёлые, лёгкие и благородные. С научной точки зрения к тяжелым металлам принято относить биологически токсичные элементы с атомной массой, превышающей 50 а.е.м (г/моль) и плотность которых равна или превосходит плотность железа [1]. В их список входят порядка 20 элементов, оказывающих негативное воздействие на живые организмы. Ввиду значительной атомной массы они плохо транспортируются и накапливаются в биологических тканях, вызывая различные заболевания и патологии. Общепризнанно, что наиболее опасными элементами для человека, да и вообще для теплокровных животных, являются кадмий, ртуть и свинец (Cd, Hg, Pb). Каждый металл характеризуется своим токсическим диапазоном концентраций, когда безопасная степень его экспозиции превышена – правило Мертца [2].

Техногенный фактор чаще всего обуславливает причину поступления тяжелых металлов в окружающую среду, в частности в виде жидких отходов, загрязняющих водоемы и почву [3]. Источниками поступления их в биосферу являются предприятия лёгкой промышленности, цветной и тяжёлой металлургии, мусороперерабатывающие заводы, химико-производственные,

типографические комбинаты и электростанции.

В связи с высокой степенью изношенности технологического оборудования на предприятиях РФ вопрос очистки производственных сточных вод от тяжелых металлов становится все острее и острее. К сожалению, в настоящее время основным «решением» проблемы является сброс неочищенных стоков в водоемы или захоронение в хвостохранилищах. Это, в первую очередь, связано с технологической сложностью, трудоемкостью и высокой стоимостью их очистки. Поэтому проблема поиска новых путей утилизации токсичных сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, продолжает оставаться актуальной задачей.

Самым распространенным методом вывода тяжелых металлов из состава сточных вод является их осаждение в виде нерастворимых солей, идущих в последующем на захоронение [4–5]. Однако это только отчасти решает проблему и лишь ставит задачу перед будущими поколениями по их переработке.

Методы концентрирования сточных вод могут быть положены в основу технологий по получению ценного промышленного сырья – концентратов водорастворимых солей тяжелых металлов [6–7].

Одним из таких методов по нашему мнению может быть предлагаемый метод очистки сточных вод от тяжелых металлов в замкнутом металл-сульфид-сероводородном цикле. Метод основан на свойстве сероводорода в нейтральной и щелочной средах образовывать в воде нерастворимые сульфидные соединения при взаимодействии с металлами:

$$yH_2S + xMe^{n+} + 2yOH^- \rightarrow (Me)_x S_y + 2yH_2O, \qquad (1)$$

а в кислой – вновь переходить в газообразную форму:

$$(Me)_x S_y + 2yH^+ \rightarrow yH_2S\uparrow + xMe^{n+}. \qquad (2)$$

Предлагаемая технология позволит вывести из материального баланса очищаемых сточных вод тяжелые металлы в виде концентрированного кубового остатка.

Общий вид принципиальной технологической схемы представлен на рисунке 1.

Исходная производственная сточная вода поступает в реактор-смеситель 1, куда подается газообразный сероводород. Взаимодействуя с присутствующими в воде ионами тяжелых металлов, сероводород связывается в нерастворимые в воде сульфидные соединения. Далее вода поступает в сепаратор 2, где нерастворимый осадок $(Me)_xS_y$ отделяется от очищаемой воды. Жидкий осадок затем поступает в реакционную емкость 3, где в условиях кислой среды сероводород переходит в газообразную форму. Полученный газообразный сероводород вновь подается в реакционную емкость 1 для связывания и осаждения тяжелых

металлов.

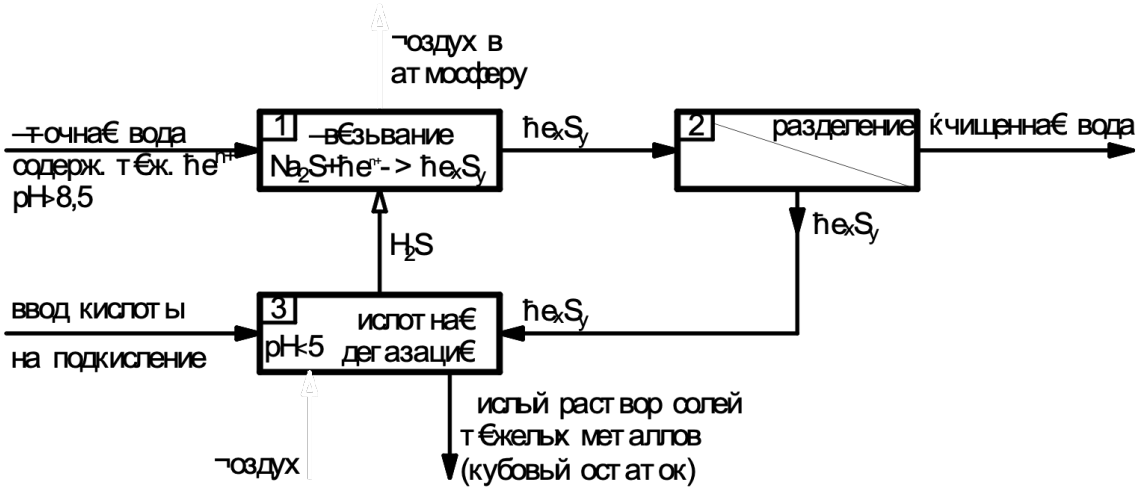


Рисунок 1. **Принципиальная схема очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов:**
1 – реактор-смеситель; 2 – сепаратор; 3 – кислотная реакционная ёмкость

ВЫВОДЫ

При реализации рассматриваемого метода сероводород находится в замкнутом металл-сульфид-сероводородном цикле, образовывая сульфиды тяжелых металлов в реакционной емкости и переходя вновь в газообразную форму при кислотной дегазации. Полученный газообразный сероводород вновь подается в реакционную емкость для связывания и осаждения тяжелых металлов. Предлагаемая технология может быть решением проблемы утилизации и захоронения сточных вод, содержащих тяжелые металлы, и позволит решить данный вопрос в рамках соблюдения требований законодательства РФ в области экологической безопасности и природоохранных мероприятий. Полученные кубовые кислые растворы солей могут быть направлены в виде сырья для последующей переработки и получения товарных продуктов на основе тяжелых металлов [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Охрана окружающей среды: Учебник для вузов / С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьянов и др.: Под. ред. С.В. Белова. М.: Высш. школа, 1991. 192 с.
2. Мазур И.И. Инженерная экология. Общий курс. Справ. пособие. Т.2 / И.И. Мазур, О.И. Молдованов; Под. ред. И.И. Мазура. М.: Высш. школа, 1996. 638 с.
3. Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. М.: Колос, 2000. 232 с.
4. Очистка производственных сточных вод: Учеб. пособие для вузов / С.В. Яковлев, Я.И. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов; Под. ред. С.В. Яковлева. М.: Стройиздат, 1985. 336 с.

5. Доусон Г., Мерсер Б. Обезвреживание токсичных отходов. М.: Стройиздат, 1996. 288 с.
6. Долина Л.Ф. Современная техника и технологии для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов: Монография. Дн-вск.: Континент, 2008. 254 с.
7. Доусон Г., Мерсер Б. Обезвреживание токсичных отходов. М.: Стройиздат, 1996. 288 с.
8. Булатов М.А. и др. Химические производства с замкнутым водооборотным циклом / М.А. Булатов, Т.И. Бондарев, А.М. Кутепов. М.: Изд-во МИХМ, 1991. 80 с.

УДК

К ВОПРОСУ УДАЛЕНИЯ ФОСФОРА ИЗ СТОЧНОЙ ВОДЫ

В.П. Костюков
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия
А.В. Башкиров
АО «Водоснабжающая компания», г. Стерлитамак, Россия
Ю.В. Кузнецов, Т.Р. Заплохова
МУП «Межрайкоммунводоканал» г. Стерлитамак, Россия

Показана возможность увеличения эффективности очистки сточной воды от фосфора сочетанием биологических и реагентных методов.

Сооружения очистки сточных вод городского округа г. Стерлитамак долгие годы нуждались в ретехнологизации. Опыт работы на сооружениях показывает, что реконструкция сооружений путём только замены оборудования не всегда эффективна и не соответствует современным требованиям.

Режимы работы первичных отстойников, аэротенков очистных сооружений выстроены с учётом достижения целей по качеству очистки до нормативов водоемов рыбохозяйственного значения. Основной проблемой работы очистных сооружений является удаление соединений фосфатов.

Успешное проведение дефосфатации путем вытеснения в анаэробных и последующего поглощения фосфатов в аэробных условиях возможно при отсутствии растворенного кислорода, нитритов и нитратов в поступающих потоках сточных вод и в циркулирующем активном иле, достаточном количестве биологически усваиваемых органических веществ. Анализ факторов, влияющих на работу очистных сооружений в городах Подольск, Набережные Челны показал, что наиболее эффективно проходит биологическое удаление фосфатов в районах характеризующихся мягким климатом.

Учитывая жёсткие климатические условия, обусловленные географическим местоположением городского округа г. Стерлитамак – (сезонные колебания температуры от -35ºС до +30 °С) использование преимущественно только биохимического метода невозможно. Основной причиной этого является угнетение жизнедеятельности биоценоза активного ила под воздействием физического фактора из-за пониженной температуры сточных вод. Минимальная температура соответствует значениям от +9ºС до +12 °С. Длительное пребывание микроорганизмов активного ила при низких температурах способствует впадению в анабиоз, массовому образованию цистовых форм, замедлению процессов размножения и пр. В таких неблагоприятных условиях функционирования, усугубляющихся постоянными залповыми сбросами токсичных веществ, например: фенолов, сульфидов, нефтепродуктов, СПАВ на очистных сооружениях очень часто наблюдается изменение свойств состояния активного ила – его нитчатого вспухания.

Состав микробного сообщества активного ила – результат значительной конкуренции за источники питания и энергии. Нитчатые бактерии чрезвычайно устойчивы к разнообразным неблагоприятным факторам (токсикантам, недостатку кислорода, дисбалансу питательных веществ в сточных водах, температуре и pH). Они практически постоянно присутствуют в нормально функционирующем активном иле, но при возникновении неблагоприятных условий для основной массы микробного сообщества начинают бурно размножаться, достигая максимальной численности.

Литературные данные по вопросу нитчатого вспухания многочисленны и противоречивы. Не существует единого мнения о причинах, механизмах развития вспухания и, главное, отсутствует система мероприятий для его профилактики и подавления, отработанная с учётом экологических условий в аэротенках и физиологических особенностей нитчатых микроорганизмов. В тоже время очевидным является то, что нитчатое вспухание ила – это следствие нарушения внутреннего динамического равновесия в экосистеме ила, когда при изменении экологических условий в аэротенках формируется более примитивный, но устойчивый к данным условиям биоценоз, и он существует до тех пор, пока условия не изменятся в лучшую сторону.

Следовательно, без реализации мероприятий обеспечивающих стабильное, работоспособное состояние биоценоза активного ила в изменяющихся экологических условиях, процессы биологического удаления фосфатов просто работать не будут. Наиболее благоприятным, для работы методов биологического удаления фосфатов из сточной жидкости, является период положительных температур окружающей среды.

С 2015 года после выполнения лабораторных исследований для

подавления нитчатого вспухания на очистных сооружениях города Стерлитамак внедрена в промышленном масштабе обработка микрофлоры активного ила химическими мутагенами.

Мутагенез – эффективный метод управления мутационной изменчивостью у бактерий активного ила, который позволяет путем стрессового воздействия на генетический аппарат гетеротрофной флоры создать новые модификации бактериальных популяций. Применение метода химического мутагенеза для улучшения свойств активного ила даёт существенное повышение наследственного разнообразия микроорганизмов и значительное улучшение качества биологической очистки.

Метод химического мутагенеза был одобрен Главным управлением эпидемиологии и гигиены Минздрава, НИИ гигиены им.Ф.Ф.Эрисмана.

В качестве мутагенов применяются лимонная, янтарная, винная кислоты. Разработаны порядок подготовки экспозиций и схемы повторных обработок. Так как на практике источники поступления токсикантов в составе сточных вод ликвидировать не возможно, обработка активного ила мутагенами производится регулярно.

Для очистных сооружений города Стерлитамак целесообразно рассматривать сочетание методов биологического и реагентного удаление фосфатов. Химическое и биологическое удаление фосфора являются взаимодополняющими технологиями для очистки сточных вод, а также являются достаточно эффективным способом очистки.

В целях реализации поставленных задач в экономически сложных условиях намечен программный подход к решению проблем очистки сточных вод от соединений азота и фосфора.

На первом этапе выполнены базовые внедрения технологической схемы очистки:

- в рамках сокращения энергозатрат на самотёчном подводящем коллекторе построена и введена в эксплуатацию установка механизированной очистки стоков от крупнодисперсных включений;
- для перспективного внедрения схемы очистки сточных вод путём чередования анаэробно/аноксидных зон для плавного регулирования денитрификации и биологического удаления фосфора проведено зонирование аэротенков.

Таким образом, очевиден научный и практический интерес исследования глубокой очистки от образующихся в процессе биохимического окисления нитратов и фосфатов.

УДК 628.356

ПРОЦЕССЫ ОСВЕТЛЕНИЯ ИЛОВОЙ СМЕСИ

ВО ВЗВЕШЕННОМ СЛОЕ В СООРУЖЕНИЯХ С ЭРЛИФТНОЙ СИСТЕМОЙ АЭРАЦИИ

В.И. Нездойминов, Д.В. Заворотный, В.С. Рожков
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка, Украина

Рассмотрены конструктивные особенности аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации. Представлены результаты исследований по определению зависимости концентрации взвешенных веществ в очищенной жидкости от гидродинамических параметров аэротенка-осветлителя и концентрации в нем активного ила.

Для очистки бытовых и некоторых производственных сточных вод широко используются биореакторы. В них происходят процессы разложения органических соединений аналогичные тем, которые протекают в природной среде. В аэробных биореакторах, в частности в аэротенках, поддерживается жизнедеятельность активного ила, осуществляющего биохимическую обработку сточных вод. После аэробной биологической очистки в аэротенках активный ил подлежит извлечению из очищенной жидкости. Избыточный активный ил на сегодняшний день является основным побочным продуктом очистки сточных вод [1].

Аэротенки-осветлители представляют собой компактные сооружения, состоящие из двух зон: зона аэрации, в которой иловая смесь насыщается кислородом, необходимым для протекания аэробной очистки, и зона осветления, в которой происходит разделение иловой смеси. В зоне осветления активный ил не насыщается кислородом, что может привести к нежелательным физиологическим изменениям в его составе. Ввиду этого ил из зоны осветления должен постоянно возвращаться в аэрируемую зону. Возврат ила в аэрируемую зону может осуществляться насосным оборудованием (чаще всего – эрлифтами) или за счет использования циркуляционных потоков, возникающих в результате аэрации.

Аэротенк-осветлитель с затопленной эрлифтной системой аэрации (рис. 1), разработанный в ДонНАСА, имеет малый объем зоны отстаивания и эффективную, не требующую дополнительного насосного оборудования систему обновления взвешенного слоя [2]. Он включает в себя аэротенк I, зону осветления II и зону отстаивания III. Зона отстаивания и аэротенк разделены перегородкой 4 с наклонным козырьком 3. За счет затопленной эрлифтной системы аэрации [3] в аэротенке возникает циркуляционное движение: над аэратором 7 иловая смесь совершает восходящее движение, а между стенкой затопленного эрлифта 6 и зоной осветления – нисходящее. Нисходящий поток ниже уровня низа козырька можно рассматривать как затопленную турбулентную струю. Сжатый

нисходящий поток аэротенка эжектирует иловую смесь из зоны осветления. В результате эжекции, в верхней части зоны осветления ил движется в сторону затопленной струи. Так как относительно нисходящего потока аэротенка наклонный козырек является плохо обтекаемым телом, вблизи наружной стенки в зоне осветления возникает восходящей поток, противоположный направлению течения затопленной струи [4]. Восходящий поток зоны осветления поддерживает активный ил во взвешенном состоянии. В нисходящем потоке зоны осветления осуществляется обмен взвешенных частиц с нисходящим потоком аэротенка. Таким образом, в данном аэротенке-осветлителе поддерживается постоянная высота и пористость взвешенного слоя.

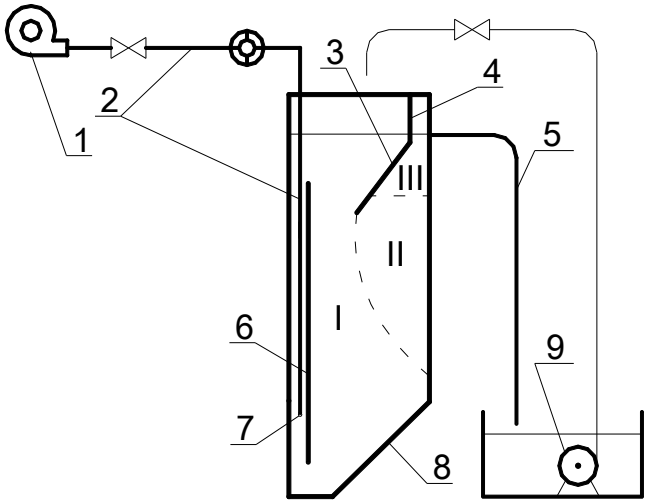


Рисунок 1. **Схема лабораторной установки:**
I – аэротенк; II – зона осветления; III – зона отстаивания. 1 – компрессор; 2 – трубка подачи воздуха; 3 – наклонный козырек; 4 – вертикальная разделительная перегородка; 5 – отводящая трубка; 6 – стенка затопленного эрлифта; 7 – аэратор; 8 – емкость аэротенка-осветлителя; 9 – центробежный насос

Эффективность осветления жидкости во взвешенном слое зависит от гидравлической нагрузки и от седиментационных свойств активного ила. Гидродинамические параметры, необходимые для успешной эксплуатации аэротенков-осветлителей с затопленной эрлифтной системой аэрации в технической литературе не описаны.

Целью исследований было определение влияния гидродинамических параметров аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации на концентрацию взвешенных веществ в осветленной жидкости.

Для выполнения поставленной цели были проведены эксперименты, включающие определение концентрации взвешенных веществ на выходе из модели аэротенка-осветлителя при варьируемых концентрациях активного ила в объеме аэротенка, подачах затопленного эрлифта и гидравлических нагрузках на отстойник.

Расход циркулирующего в аэротенке потока определялся исходя из интенсивности аэрации и соответствующего значения коэффициента инжекции [3]. Для выражения циркулирующего в аэротенке расхода иловой смеси было введено понятие интенсивности циркуляции. Интенсивность циркуляции ($I_ц$, $м^3/м^2 \cdot ч$) равна отношению производительности затопленного эрлифта к площади поперечного сечения нисходящего потока аэротенка на уровне нижней кромки наклонного козырька.

Опыты производились на модели аэротенка-осветлителя (рис. 1) с активным илом из аэротенков-вытеснителей канализационной очистной станции г. Макеевка. В таблице 1 представлены данные экспериментов, а также результаты вычислений концентрации взвешенных веществ на выходе из аэротенка-осветлителя по формуле 1, полученной посредством обработки эмпирических данных в программе DataFit.

Таблица 1. **Зависимость концентрации взвешенных веществ на выходе из аэротенка-осветлителя от интенсивности циркуляции и нагрузки на отстойник**

Концентрация активного ила в аэротенке, г/л	Гидравлическая нагрузка, $м^3/(м^2 \cdot ч)$	Интенсивность циркуляции иловой смеси, $м^3/(м^2 \cdot ч)$	Концентрация взвешенных веществ на выходе, мг/л	
			опытная	расчетная
2,72	1,59	262	20,52	18,3
2,72	3,18	262	32,35	31,9
2,72	4,77	262	42,48	42,6
3,27	1,59	247	9,85	10, 2
3,27	1,59	318	17,1	23,5
3,27	1,59	359	40,3	37,4
4,35	1,59	135	8,93	9,0
4,35	2,58	170	10,9	12,0
4,35	3,38	170	18,8	18,3
6,97	1,59	247	8,07	8,5

$$C_{ex}^{вв} = 2{,}269 \cdot a_i^{-0{,}3791} \cdot q_г^{0{,}8405} \cdot 1{,}0078^{I_ц} \qquad (1)$$

где: $C_{ex}^{вв}$ – концентрация взвешенных веществ на выходе из аэротенка-осветлителя, мг/л; a_i – концентрация активного ила в аэротенке, г/л; $q_г$ – гидравлическая нагрузка на зеркало отстойника, $м^3/(м^2 \cdot ч)$; $I_ц$ – интенсивность циркуляции иловой смеси в аэротенке, $м^3/(м^2 \cdot ч)$.

Исходя из (1), задаваясь требуемыми значениями концентраций активного ила в аэротенке и взвешенных веществ в очищенной жидкости, вычисляется максимальная допустимая гидравлическая нагрузка в зависимости от интенсивности циркуляции:

$$q_{г\ \max} = 0{,}377 \cdot \frac{C_{ex}^{вв\,1{,}19} \cdot a_i^{\,0{,}451}}{1{,}0078^{1{,}19 \cdot I_ц}} \qquad (2)$$

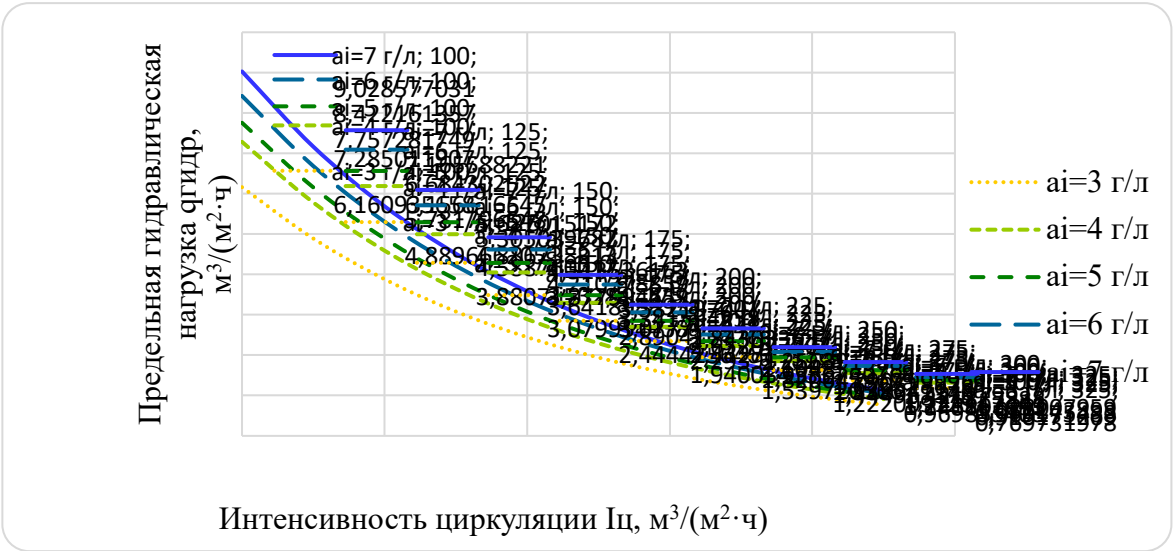


Рисунок 2. **Вычисленные по формуле 2 значения максимальной гидравлической нагрузки на зеркало отстойника, соответствующие $C_{ex}^{вв}$=15 мг/л**

Данные таблицы 1 и рисунка 2 свидетельствуют о том, что лучшего эффекта осветления можно достичь посредством снижения гидравлической нагрузки и уменьшения интенсивности циркуляции, а также за счет увеличения концентрации активного ила в аэротенке-осветлителе.

Чем больше концентрация активного ила, тем меньше пористость взвешенного слоя, что приводит к более глубокой фильтрации через слой ила. Вертикальная составляющая скорости потока в верхней части зоны осветления пропорциональна гидравлической нагрузке, а горизонтальная – интенсивности циркуляции иловой смеси [4]. Таким образом, и интенсивность циркуляции, и гидравлическая нагрузка противодействуют стесненному осаждению иловых частиц. Кроме того, движение потока во взвешенном слое, обуславливаемое интенсивностью циркуляции, затрудняет агломерацию активного ила в более крупные хлопья. Это препятствует росту гидравлической крупности частиц во взвешенном слое, в особенности для концентрированных иловых смесей.

В то же время, недостаточная интенсивность циркуляции в аэротенке не обеспечивает обмен иловыми частицами между зонами осветления и аэрации. Чем больше концентрация активного ила в зоне осветления, тем большая интенсивность циркуляции смеси в аэротенке необходима для предотвращения его застаивания и последующего всплытия. Выявление минимальных для обновления взвешенного слоя значений интенсивности циркуляции является предметом дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

Для поддержания требуемой концентрации взвешенных веществ на выходе из аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации необходимо обеспечивать гидравлическую нагрузку на отстойник

и интенсивность циркуляции не выше допустимых взаимозависимых значений. На основании экспериментальных исследований установлено, что повышение концентрации активного ила оказывает положительное влияние на эффективность осветления во взвешенном слое ила.

ЛИТЕРАТУРА

1. Research of processes of a deep aerobic mineralization of activated sludge [Электронный ресурс] / V Nezdoiminov, V Ziatina, V Rozhkov, D Nemova // Procedia Engineering. 2015. Т. 117. С. 1027–1032.
2. Заворотный Д.В. Обеспечение циркуляции иловой смеси в аэротенках-отстойниках со взвешенным слоем [Электронный ресурс] / Д.В. Заворотный, А.В. Жибоедов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. 2016. № 3 (119).
3. Нездойминов В.И. Гидродинамическая модель работы аэротенка с затопленной эрлифтной системой аэрации / В.И. Нездойминов, В.С. Рожков // Коммунальное хозяйство городов. 2010. № 93. С. 353–358.
4. Нездойминов В.И. Аэротенк-отстойник с обновляющимся взвешенным слоем [Электронный ресурс] / В.И. Нездойминов, Д.В. Заворотный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. 2016. № 5 (121). С. 16–20.

УДК 52-17:[54.058:628.169.3]

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ ВОДЫ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫМ ВЫМОРАЖИВАНИЕМ

И.А. Короткий, Е.В. Короткая, А.В. Учайкин
Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (Университет), г. Кемерово, Россия

Разработана математическая модель, позволяющая рассчитать толщину слоя льда при разделительном вымораживании воды в зависимости от продолжительности и температуры процесса кристаллизации.

Одним из перспективных направлений в разработке способов очистки и опреснения воды, а также обессоливания стоков промышленных предприятий является применение разделительного вымораживания [1–3]. При разработке высокоэффективных энергосберегающих технологий водоочистки возникает необходимость в использовании методов математического моделирования. В случае разделительного вымораживания математическое моделирование позволяет рассчитать

эффективные параметры, обеспечивающие получение очищенной воды в заданном количестве при минимальных энергозатратах – продолжительность кристаллизации, температуры охлаждающей поверхности.

В емкостном кристаллизаторе кристаллическая фаза при льдообразовании формируется в виде полого цилиндра (рис. 1), толщина стенки которого зависит от температуры и продолжительности процесса.

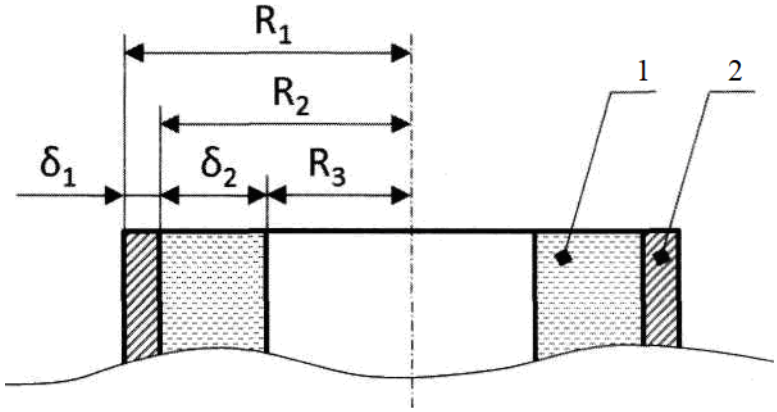


Рисунок 1. **Схема льдообразования в емкостном кристаллизаторе:**
1 – кристаллическая фаза; 2 – стенка рабочей емкости δ_1 – толщина стенки рабочей емкости (порядка 0,0005 м); δ_2 – толщина слоя льда на данный момент времени; R_1 – внешний радиус рабочей емкости; R_2 – внутренний радиус рабочей емкости; R_3 – внутренний радиус цилиндрического слоя льда на данный момент времени

При проведении расчетов будем исходить из предположения о том, что вся теплота, отводимая от воды, расходуется на льдообразование на теплообменной поверхности рабочей емкости. Весь период кристаллизации можно условно разделить на равные промежутки времени $\Delta\tau$, в течение которого не происходит движения кристаллического фронта. Для определения толщины слоя льда при вымораживании, необходимо рассчитать количество теплоты, отведенной от воды за данный единичный промежуток времени при заданной разности температур между теплообменной поверхностью и образовавшимся слоем льда. Затем по полученному значению количества теплоты проводится расчет количества льда, образовавшегося за данный промежуток времени. Количество образовавшегося льда прибавляется к значению толщины слоя льда, рассчитанного за предыдущие интервалы времени.

Для термодинамических расчетов процесса вымораживания воспользуемся классическими уравнениями тепломассопереноса.

Удельный тепловой поток через стенку радиусом R_3 рассчитывали по формуле:

$$q = \frac{t_3 - t_1}{\left(\frac{1}{\lambda_1}\ln\frac{R_1}{R_2} + \frac{1}{\lambda_2}\ln\frac{R_3 + \delta_2}{R_3}\right)\cdot R_3}, \quad (1)$$

где t_1, t_3 – температура на радиусах R_1 и R_3; λ_1, λ_2 – коэффициенты теплопроводности нержавеющей стали и льда соответственно.

Удельный тепловой поток от льдообразования через поверхность R_3 будет равен:

$$q = \frac{r_{пл} \cdot \Delta R \cdot (2R_3 - \Delta R) \cdot \rho}{2R_3 \cdot \Delta\tau}, \quad (2)$$

где $r_{пл}$ – удельная теплота кристаллизации воды; ΔR – изменение радиуса за единичный интервал времени; ρ – плотность водного льда на радиусах R_1 и R_3.

Со стороны охлаждающей рубашки с испарителем через слои цилиндрической стенки рабочей емкости и льда отводится удельный тепловой поток, рассчитываемый по (1). При этом образующийся лед выделяет теплоту, рассчитываемую по (2). Таким образом, система из двух вышеуказанных уравнений в каждом следующем друг за другом единичном интервале времени $\Delta\tau$ позволяет определить величину ΔR, которая прибавляется к R_3 по истечении каждого единичного интервала времени.

Для расчетов использовали реальные размеры рабочей емкости криоконцентратора [4], температуры теплообменной поверхности –2, –4, –6, –8 и –10 °С, криоскопическая температура воды 0 °С, величина единичного интервала $\Delta\tau$ = 10 с.

Для проверки адекватности предложенной модели было проведено сравнение расчетных и экспериментальных данных и определены величины абсолютной и относительной погрешности. Наибольшая относительная погрешность составила 4 %, что свидетельствует о высокой степени достоверности предложенной математической модели. Было отмечено некоторое снижение степени отклонений теоретических и расчетных данных по мере увеличения продолжительности кристаллизации.

Таким образом, была разработана математическая модель, позволяющая рассчитать толщину слоя льда при разделительном вымораживании воды в зависимости от продолжительности и температуры процесса кристаллизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филаткин В.Н. Общие закономерности тепло-массобмена между частицами воды (жидкими и твердыми) и движущимся насыщенным влажным воздухом / В.Н. Филаткин, Д.Ф. Васильев // депонированная рукопись № 1421-В2004 23.082004.
2. Шаов А.Х. Технологии очистки природных и сточных вод / А.Х. Шаов, А.М. Хараев. Нальчик: Каб-Балк. ун-т, 2005. 103 с.
3. Шамаров М.В. Низкотемпературное концентрирование / М.В. Шамаров, М.И. Лунгин // Пищевая индустрия. 2011. № 4. С. 65–66.
4. Учайкин А.В. Исследование процессов работы промышленного кристаллизатора для очистки воды вымораживанием / А.В. Учайкин // Вестник КрасГАУ. 2017. № 4. С. 107–112.

УДК 628.31 (35)

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОДЕРНИЗАЦИРОВАННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА «ЛОГОПАРК ДОН»

Е.А. Красильников, В.Л. Макаров
ООО «Премиум Сервис», г. Москва, Россия
Н.С. Серпокрылов
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
Марам Саийд
г. Латакия, Сирийская Арабская Республика
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Изложены особенности систем водоотведения логистических центров на примере очистных сооружений сточных вод «Логопарк Дон». Дано обоснование и выполнена ретехнологизация, что позволила вести работу в автоматизированном режиме и обеспечить нормативные требования по сбросу загрязнений очищенных сточных вод в водоем рыбохозяйственного значения, по выбросу в атмосферу газов. Очищенная вода используется для мойки автотранспорта, полива проездов, для орошения.

Система водоотведения логистических центров в силу недостаточной исходной статической информации и опыта эксплуатации чаще всего выполнена согласно нормам проектирования по полной раздельной схеме с очисткой хозяйственно-бытовых, атмосферных и поливочно-моечных вод до рыбохозяйственных норм, с сезонным использованием очищенных вод на технические и сельскохозяйственные нужды.

Однако четырехлетний опыт эксплуатации показал, что имеет место собственная, характерная для логистических центров неравномерность поступления расходов и концентраций загрязнений сточных вод в течение

суток и времени года, что прогнозируемо и фактически приводит к невыполнению установленных нормативов в очищенной воде и, соответственно, к повышенным тарифам за сбросы. Это, в свою очередь, потребовало проведения ретехнологизации режимов и отдельных узлов очистки сточных вод.

Локальные очистные сооружения (ЛОС) включают четыре технологические линии, производительностью каждая 50 м^3/сут; в настоящее время поступающий расход сточных вод не превышает 68 – 70 м^3/сут, поэтому рабочими являются две технологические линии. В состав технологических линий входят: 1 – канализационная насосная станция КНС-1; 2 – усреднитель; 3 – распределительная камера с поворотной решеткой; 4 – первичный отстойник (двухъярусный); 5 – вращающиеся биофильтры 1-й и 2-й ступеней, 6 – блок вторичный отстойник с камерой аэрации и биореактором; 7 – биореактор доочистки; 8 – бункер для твердой фазы.

После биореактора доочистки очищенные хозяйственно-бытовые сточные воды направляются в канализационную насосную станцию № 2 (КНС-2), откуда подаются в аккумулирующий резервуар дождевых сточных вод, смешиваются в нем с дождевыми сточными водами (при наличии таковых) и с помощью насосов поступают в станцию фильтрования, где проходят очистку в контактном префильтре (фильтр с ершовой загрузкой), а затем в сорбционном фильтре (адсорбере с гранулированной загрузкой) совместно с дождевыми сточными водами.

При отсутствии дождевых хозяйственно-бытовые сточные воды накапливаются в аккумулирующем резервуаре до его наполнения, а затем подаются на фильтрование, после которого проходят установку ультрафиолетового обеззараживания и направляются в резервуар очищенной воды, откуда отводятся на выпуск в р. Темерник.

Таблица 1. **Среднемесячные показатели исходных и очищенных сточных вод (июль, 2015 г.) до ретехнологизации**

№ п/п	Наименование показателя, мг/л	Точка отбора пробы	
		Исходная (усреднитель)	Очищенная (выход из 2-ой ступени биореактора)
1	$БПК_5$	330,0	6,2
2	ХПК	808,0	59,0
3	Нитраты	–	40,0
4	Азот аммонийный	30,16	2,82
5	Фосфаты	11,4	9,3

В очищенных хозяйственно-бытовых сточных водах наблюдаются превышения концентраций загрязняющих веществ над нормами сброса в водоем рыбохозяйственного значения по следующим показателям: $БПК_5$,

нитраты, азот аммонийный, фосфаты.

Данные таблицы 1 указывают на неполное протекание процессов нитрификации и денитрификации в ЛОС, что, в свою очередь, свидетельствует о недостаточном времени пребывания в аэробных или анаэробных зонах, о недостатке органических веществ для питания микроорганизмов при процессе денитрификации, о неправильном распределении аэробных и анаэробных зон по площади очистных сооружений, об отсутствии рециркуляции твердой фазы между зонами.

Аппаратурное и аналитическое обследование отдельных узлов и технологических показателей режима ЛОС в целом позволило сформулировать принципиальную «дорожную карту» ретехнологизации:

1. Произвести замеры габаритов технологических сооружений, расчет их рабочего объема и сравнение с требуемыми параметрами. На основе полученных данных сделать вывод о достаточности или недостаточности 2-х рабочих технологических линий.
2. Обеспечить равномерный расход сточной воды, поступающей на очистку, путем установки 2-х погружных насосов (для каждой технологической линии свой насос) с расходом не более 1,5 $м^3$/ч. Для контроля расхода предусмотреть на напорной линии насоса установку расходомера.
3. Предусмотреть установку решетки тонкой очистки для исключения попадания крупных включений в очистные сооружения.
4. Переоборудовать первичный отстойник в денитрификатор-ацидофикатор. Предусмотреть в денитрификаторе установку погружной низкооборотной мешалки.
5. Переоборудовать биофильтры первой и второй ступени, камеру аэрации, часть биореактора в аэротенк-нитрификатор (в случае достаточного их совместного объема для процесса нитрификации).
6. Установить в биофильтрах первой и второй ступени, биореакторе систему аэрации. После наблюдения за режимом работы, в случае удовлетворительной работы всего комплекса очистных сооружений после переоборудования, сделать вывод о необходимости демонтажа барабанных конструкций.
7. Организовать систему рециркуляции нитратсодержащей жидкости из аэротенка-нитрификатора в денитрификатор путем установки погружного насоса с расходом 8 $м^3$/ч (для одной технологической линии; при расходе сточных вод, поступающем на технологическую линию − 1,5 $м^3$/ч). Для контроля расхода предусмотреть на напорной линии насоса установку расходомера.
8. Организовать систему рециркуляции возвратного активного ила из вторичного отстойника в денитрификатор с помощью погружного насоса.

9. Организовать вывод избыточного активного ила с помощью насоса из конусов вторичного отстойника, подачу его в денитрификатор и вывод за пределы сооружений на дальнейшую утилизацию с периодичностью не реже 1 раза в 2 ч в дневное время суток в течение 10 мин (будет уточено по расходу насоса, при выводе на режим).
10. Организовать вывод ацидофицированного осадка из конуса денитрификатора за пределы очистных сооружений на дальнейшую утилизацию с периодичностью не реже 1 раза в 2-е суток в течение 10 – 15 мин (будет уточено по расходу насоса, при выводе на режим).
11. Исключить попадание и накопление хозяйственно-бытовых сточных вод в аккумулирующую емкость путем разделения ливневых и хоз.бытовых очистных сооружений и линий сброса очищенной воды.
12. Очищенные хозяйственно-бытовые сточные воды после биореакторов доочистки направить в блок доочистки, модульного типа, который необходимо спроектировать, изготовить, установить и вывести на рабочий режим.

    В блоке доочистки предусмотреть следующее оборудование для доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод производительностью 70 м^3/сут:

    - фильтр напорный осветлительный;
    - фильтр напорный сорбционный;
    - приемный резервуар;
    - резервуар чистой воды для промывки фильтров;
    - насосы подачи воды на фильтрование;
    - насосы промывки фильтров;
    - установка ультрафиолетового обеззараживания;
    - установка реагентного хозяйства для удаления фосфора.
13. Производить очистку аккумулирующей емкости от осадка 1 раз в 6 месяцев.
14. Производить очистку резервуара чистой воды от осадка 1 раз в 6 месяцев.
15. Выполнить укрепление земляной поверхности вокруг трубы выпуска. Установить защитную решетку на сечение трубы выпуска, спроектировать и установить оголовок.
16. Обеспечить постоянный отвод осадка (ориентировочно 1 раз в сутки в количестве 0,9 м^3 от вторичного отстойника, при режиме работы ацидофикатора 1 раз в двое суток в количестве 1,8 м^3 от ацидофикатора) от сооружений очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Итого: 1 раз в двое суток в количестве 1,8 м^3
17. Обеспечить внутризонную рециркуляцию в биореакторах с помощью погружного насоса.

18. В станции фильтрования для очистки дождевых сточных вод реагентным методом необходимо перенести точку ввода флокулянта от точки ввода коагулянта на расстояние, обеспечивающее время пребывания коагулянта в трубопроводе в течение 3-х мин, т.е. запроектировать, изготовить, смонтировать и запустить флокулятор.
19. Обеспечить автоматическое управление запорно-регулирующей арматурой по показателям режима очистки вод.

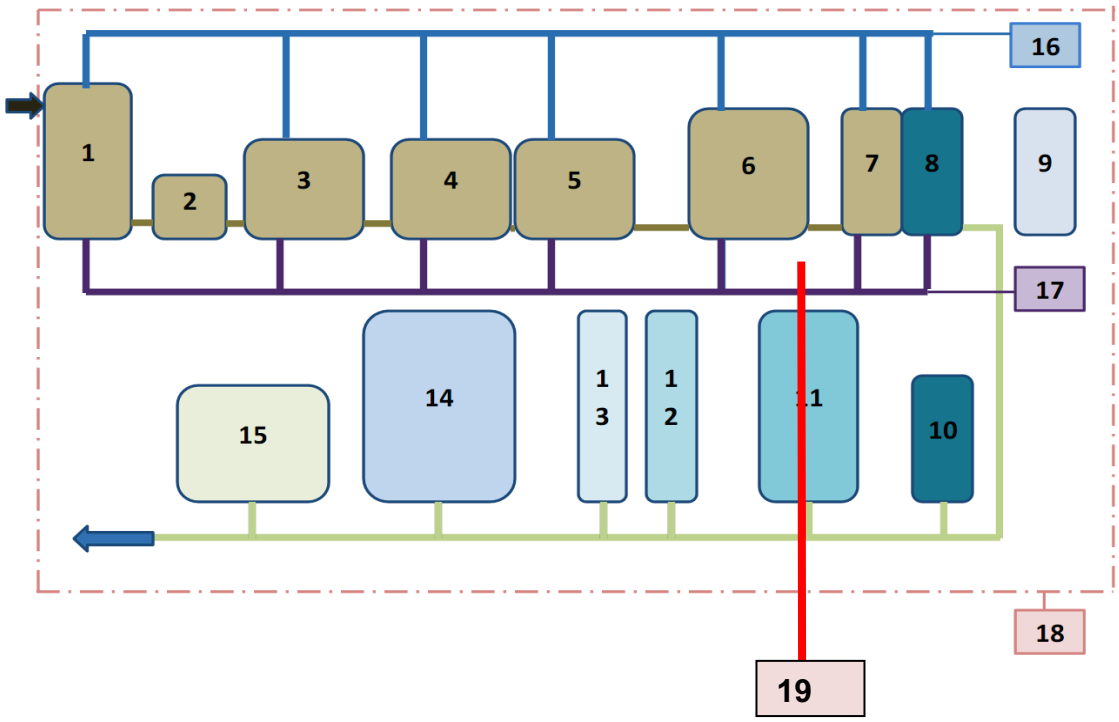


Рисунок. **Принципиальная технологическая схема ЛОС до и после модернизации**: А – до *модернизации:* 1 – КНС; 2 – система удаления осадка; 3 – первичный отстойник; 4 – биобарабан 1-й ступени; 5 – биобарабан 2-й ступени; 6 – вторичный отстойник; 7 – блок с «Ершовой» загрузкой; Б – *после модернизации:* 8 – блок с «Плавающей» загрузкой; 9 – УФ установка обеззараживания воздуха на ЛОС; 10 – УФ установка обеззараживания очищенных сточных вод; 11 – песочный фильтр; 12 – сорбционный фильтр 1-й ступени; 13 – сорбционный фильтр 2-й ступени; 14 – емкость промывной воды; 15 – микросетчатый фильтр; 16 – система аэрации; 17 – система рециркуляции и удаления осадка; 18 – система управления. 19 – хим. станция

Устранение указанных недостатков проведено с дополнительным внесением некоторых технологических узлов (рис.), с заменой существующего «ручного» запорно-регулирующего оборудования на автоматическое, с установкой датчиков контроля и компьютерного регулирования процесса эксплуатации технологического оборудования (табл. 2).

Проведенная ретехнологизации ЛОС (табл. 3) позволила вести работу в автоматизированном режиме и обеспечить нормативные

требования по сбросу загрязнений очищенных сточных вод в водоем рыбохозяйственного значения, по выбросу в атмосферу газов. Очищенная вода используется для мойки автотранспорта, полива проездов, для орошения.

Таблица 2. **Таблица настройки и автоматического управления режимами работы оборудования ЛОС**

Время включения	Время выключения	№№ задвижки
16-00	16-01	5
20-00	20-01	
00-00	00-01	
04-00	04-01	
08-00	08-01	
12-00	12-01	
16-10	16-11	14
20-10	20-11	
00-10	00-11	
04-10	04-11	
08-10	08-11	
12-10	12-11	
06-00	06-03	6–7
18-00	18-03	
06-10	06-13	15–11
18-10	18-13	
02-00	02-03	3–4
02-10	02-13	12–13
22-00	22-03	8–9
22-10	22-13	17–18

Таблица 3. **Выборочные показатели очищенных сточных вод (2017 г.) после ретехнологизации**.

Наименование	Размерность	Дата анализа, 2017 г.			
		25.01	23.05	14.06	11.07
$БПК_{полн}$	мгO_2/л	< 0,5	0,5	0,5	3,46
ХПК	мгО/л	< 4	< 4	< 4	< 4
Азот аммонийный	мг/л	0,19	4,1	0,05	0,5
Фосфаты	мг/л	< 0,05	0,1	0,05	0,05
Нитриты	мг/л	0,06	0,02	0,02	0,32
Нитраты	мг/л	3,55	4,8	4,62	15,1
Хлориды	мг/л	–	30,0	10,0	32
Сульфаты	мг/л		30,0	30,0	64
Сухой остаток	мг/л	850	50,0	50,0	116
Температура	°С	12	13	17	25
pH	–	6,7	6,5	5,5	7,08

УДК 628.3:628.316.12

КОНТЕЙНЕРНАЯ СТАНЦИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ПЕРЕРАБОТКИ ВОДНЫХ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Е.М. Буллыжев
Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия
Э.Е. Булыжев, Г.А. Джавахия
ЗАО «Системы водоочистки», г. Ульяновск, Россия

Изложены принципиальные решения и результаты опытно-промышленной эксплуатации контейнерной станции локальной очистки и обеззараживания сточных вод переработки водных смазочно-охлаждающих и технологических жидкостей. Показатели состава очищенной воды: механические примеси 0,2 – 0,5 мг/дм^3; цветность не менее 5 – 6 град.; остаточный алюминий < 0,04 мг/дм^3. Производительность контейнерной станции в процессе опытной эксплуатации варьировалась в переделах 45 – 50 м^3/ч в зависимости от времени года и загрязненности исходной воды. Конструктивно-технологическое решение – контейнерная станция двухступенчатой очистки водных жидкостей позволяет резко снизить потери на ее создание, уменьшить сроки изготовления и монтажа, перенеся их на специализированное производство.

В настоящее время водные стоки от переработки водных смазочно-охлаждающих (СОЖ) и технологических жидкостей (ВТЖ) направляются на очистку совместно с прочими сточными водами, затрудняя и удорожая процесс из-за высокого содержания механических примесей до 1000 г/м^3 и более и нефтепродуктов до 100 и более г/м^3 [1].

Весьма привлекательна с точки зрения локализации переработки водных стоков СОЖ и ВТЖ контейнерная технология, которая уверенно используется в различных областях производства. В большинстве случаев при этом решаются задачи периодической очистки и обеззараживания достаточно значимых объемов (до 1000 и более м).

Время очистки всего объема при этом, как правило, достигает 24 – 48 ч, то есть производительность подобных станций может не превышать 50 – 100 м^3/ч, что вполне достижимо при контейнерной технологии.

В настоящей статье рассматривается Контейнерная станция (КС) очистки и обеззараживания воды Финского залива в производстве питьевой воды. Производительность контейнерной станции составляет 1200 м^3/сут. Мутность (содержание механических примесей) очищенной воды не превышает 0,5 мг/дм, содержание остаточного алюминия 0,04 мг/дм, цветность не более 10 град. В технологическом процессе предусматривается двухступенчатое осветление (очистка) отстаиванием и фильтрованием, переработка стоков и обезвоживание осадков.

Габаритные размеры станции 12 000 × 6000 × 11 000 мм (рис. 1). В составе станции 12 транспортно совместимых контейнеров. Длительность монтажа не превышает одной – двух недель. Цикл изготовления не более 4 – 5 месяцев с учетом поставок комплектующих изделий. Годовой объем перерабатываемой воды достигает 430 000 м^3.

Станция автоматизирована и может работать в режиме удаленного доступа, вписываясь в АСУ ТП более высокого уровня.



Рисунок 1. **Контейнерная станция очистки и обеззараживания воды *Q* = 1200 м^3 /сутки (г. Кронштадт)**

В состав типовой КС включены (рис. 2):

- блок первичной обработки А1;
- блок дозирования и дополнительного разбавления раствора коагулянта А2;
- блок приготовления и дозирования раствора флокулянта А3;
- блок резервирования чистой воды А4;
- блок приготовления и дозирования растворов сульфата аммония и гипохлорита натрия А5

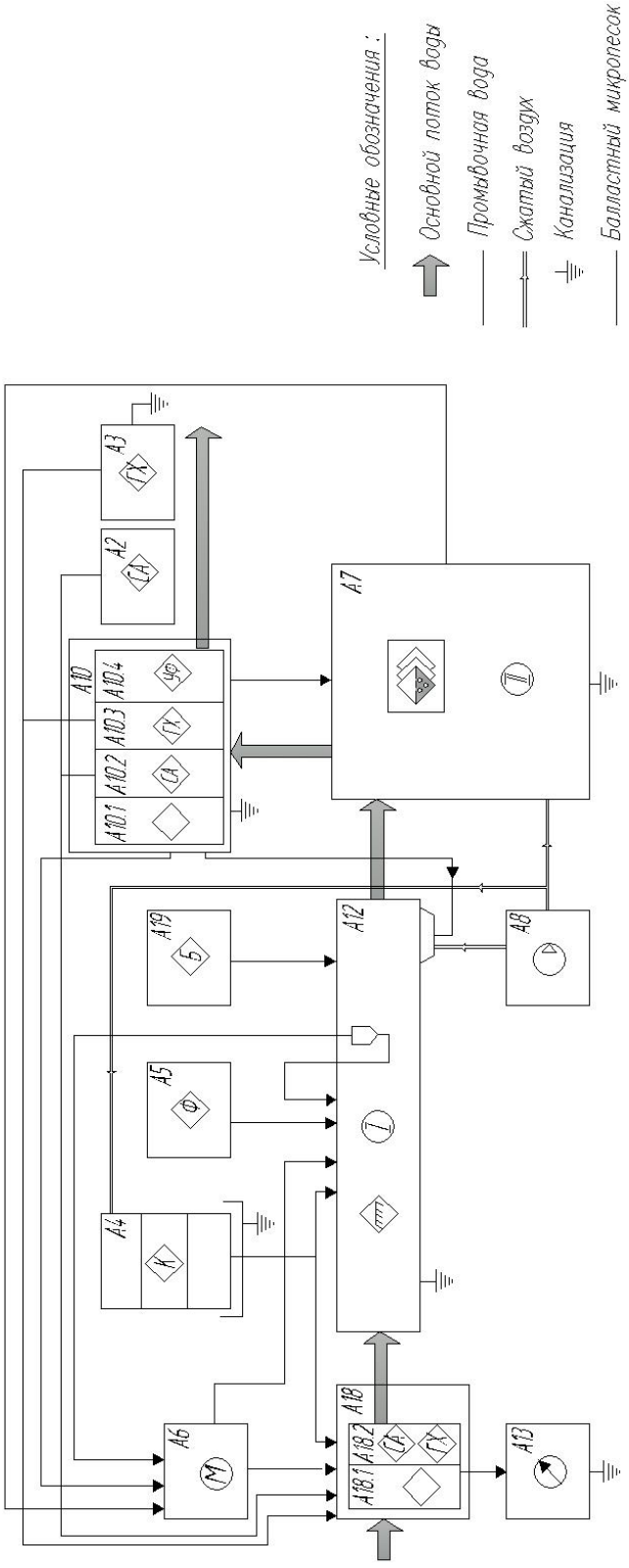


Рисунок 2. **Блок-схема двухступенчатой осадительно-фильтровальной системы очистки и обеззараживания водных жидкостей**

- блок обработки воды реагентами и осветления отстаиванием А6;
- блок осветления фильтрованием А7;
- блок производства сжатого воздуха А8 ;
- блок анализа и состава и свойств воды.

КС работает следующим образом.

Основной поток очищаемой воды (*I-II)* проходит через блоки Аl, А6, А7, А 4 и далее направляется к потребителю. Реагенты (раствор коагулянта и флокулянта) и микропесок подаются в технологический модуль А6. После реагентной обработки и утяжеления флокул микропеском в модуле А6 суспензия осветляется отстаиванием в тонкослойном отстойнике модуле А6. Осветленная вода подается в блок фильтровальных модулей А7, где доочищается от остаточных механических примесей. Затем доочищенная вода подается в блок А4. Сжатый воздух из блока А8 подается в блок А2, блок модулей А7 и блок А8.

Модуль А6 состоит из следующих элемент (рис. 3):

- корпус из шести отсеков (А6.1 – А6.2);
- комплект электромешалок (ЭМ6.1 и ЭМ.6.4) с регулируемыми частотными преобразователями окружной и угловой скоростями;
- пакет осадительных ламелей ПЛ6.1;
- шламовый центробежный насос НС 1;
- гидроциклон ГЦ6.1;
- шнековый дозатор Д6.1.

Модуль А6 является проточным. Вода подается в отсек А6.1, где подвергается обработке коагулянтом. В результате уменьшается ξ-потенциал частиц и упрощается их сближение в агрегаты до контакта.

Спадающая каскадом вода в отсеке А6.2 подвергается одновременной обработке флокулянтом и микропеском из шнекового дозатора 6.1, благодаря чему создаются утяжеленные микропеском флокулы. Обработка коагулянтом и флокулянтом производится в течение 2 – 3 мин при перемешивании с помощью электромешалок ЭМ6.1 и ЭМ6.2 с регулируемыми окружной и угловой скоростями с помощью частотного преобразователя. В отсеке А6.3 флокулы уплотняются и калибруются (размер флокул 0,4 – 1,5 мм) при непрерывном перемешивании в течение 5 мин с помощью электромешалок ЭМ 6.3. Затем водная суспензия флокул перетекает в отсек А6.4, где из потока выпадает на дно 95 % флокул. Скорость падения флокул составляет 100 – 200 м/ч, благодаря этому обеспечивается высокая удельная производительность модуля А6. Затем водный поток меняет направление движения с вертикального на горизонтальное над дном отсека А6.5, упирается в переднюю стенку отсека, поворачивает наверх и затем меняет направление движения на горизонтальное непосредственно под пакетом осадительных ламелей. Затем поток поворачивает вниз и сливается с входящим в отсек потоком

(входящий поток подкручивает образующийся вихрь). Часть воды из верхнего горизонтального потока отходит через зазоры между ламелями и перетекает дальше в лоток А6.6. Осевшие частицы и агрегаты скатываются по ламелям вниз и дрейфуют до момента выпадения на дно отсека А6.6. Вращающиеся (n = 0,2 об/мин) скребки электромешалок ЭМ 6.4 ворошат осадок, не давая ему слежаться и сгребают его к центральному углублению, из которого шламовым насосом Н6.1 ожижженный осадок подается в гидроциклон ГЦ 6.1, смонтированный над отсеком А6.2.

Отмытый микропесок с небольшим количеством воды из нижнего сопла ГЦ6.1 в виде полого конуса падает в воду отсека А6.2. Отделенные от песка механические примеси вместе с водой уносятся на последующее сгущение и обезвоживание. Осветленная вода из отсека А6.6. подается центробежными фильтровальными насосами в модули А7.1. – А7.3 блока А7.

Основные технические характеристики модуля А6 следующие:

– производительность – 50 м^3/ч;

– степень очистки – 0,85;

– тонкость очистки – 1 мкм;

– объем очищаемой воды – 20 м;

– энергозатраты – 6 кВт.

Габаритные размеры: 6,1 х 6 х 2,4 м. Масса модуля - 6 т.

Технологическая схема фильтровального модуля А7.Х показана на рисунке 4.

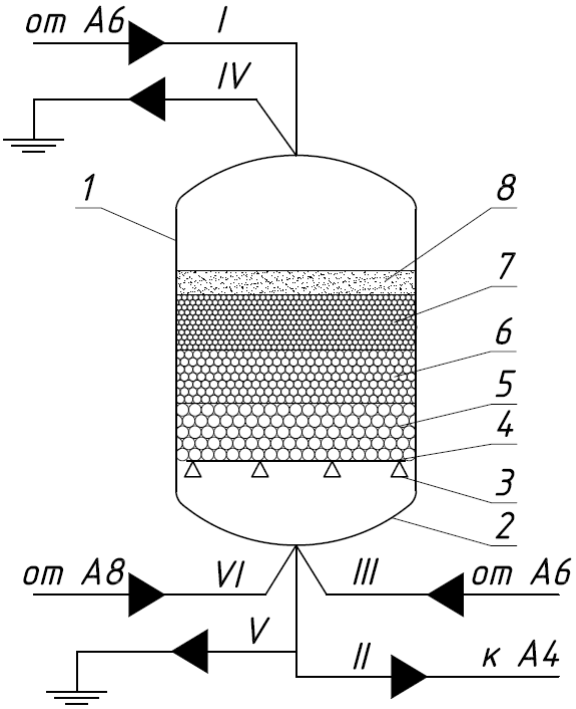


Рисунок 4. **Упрощенная технологическая схема модуля скорого напорного фильтра**

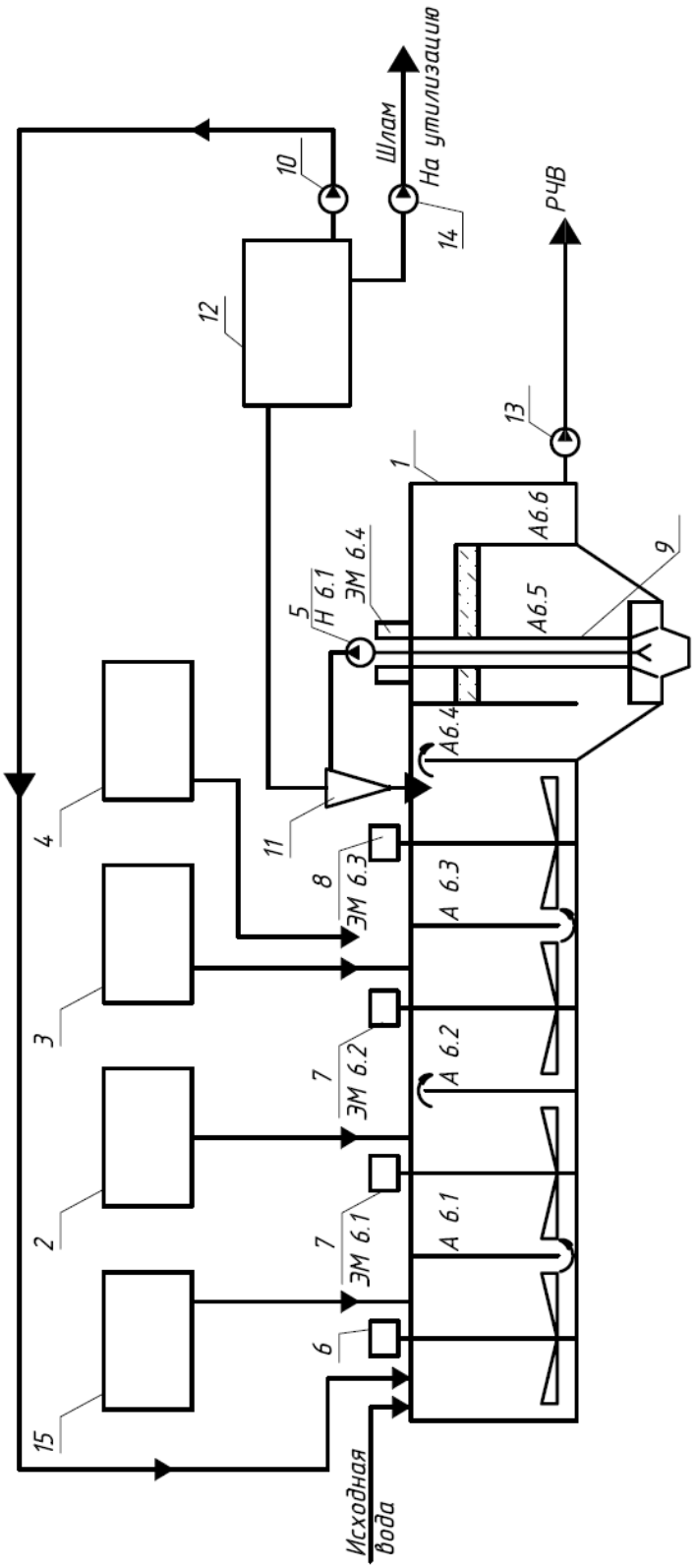


Рисунок. 3. **Упрощенная технологическая схема модуля реагентной подготовки и осветления природной воды**:

1 – корпус; 2 – блок подготовки и дозирования коагулянта;
3 – блок подготовки и дозирования флокулянта; 4 – блок дозирования микропеска;
5 – самовсасывающийся насос; 6, 7, 8 , 9 – перемешивающиеся устройства;
10, 13 – насос; 11 – гидроциклон; 12 – установка сгущения осадка;
14 – насос шламовый; 15 – подача адсорбента

Основным технологическим элементом любого из трех модулей А7.Х является скорый напорный фильтр типа ФОБ 1,5-0,6. Фильтр представляет собой цилиндрический корпус, закрытый с обоих торцов эллиптическими днищами. На высоте 300 мм от дна смонтирована система коллекторов 4, с установленными на них конусными фильтровальными элементами 3 вершиной вниз с диаметром основания 60 – 70 м. Основание представляет собой сферическую поверхность из металлической сетки. В полость фильтра помещали несколько слоев загрузки: кварцевые дробленные пески с размером частиц 2 – 3 (нижний 5) и 1 – 2 мм (промежуточный 6*)* и 0,2 – 0,5 мм (верхний 7). Нижние слои загрузки обеспечивают распределение потоков воды на всей площади внутренней полости. Верхний слой обеспечивает доочистку воды фильтрованием. При непрерывном фильтровании на поверхности в первую очередь загрязнялся верхний слой. В результате диффузии частицы механических примесей оседали на поверхность зерен загрузки; осадок постепенно продвигался вниз в толщу верхнего слоя. Это явление получило название суффозии. Вклад суффозии в очистку в десятки раз меньше вклада диффузии. На поверхности верхнего слоя загрузки в процессе фильтрования образуется тонкий слой осадка. При этом увеличивается в несколько раз сопротивление слоя осадка и уменьшается размер. Фильтруемая вода подается через ввод *I*, а фильтрат выходит через выход *II* и под остаточным давлением подается в модуль резервирования чистой воды А4.

Промывка водой фильтровальной загрузки после окончания фильтроцикла осуществляется с помощью ввода *III* и выхода *IV*. Для подвода сжатого воздуха предусмотрен ввод *V*. При необходимости вода из полости сливается через выход в канализацию. Рекомендуемая длительность фильтроцикла в 24 часа обусловлена необходимостью предотвращения вторичного поражения фильтрата микрофлорой. Для предотвращения входящая вода периодически подвергается обработки гипохлоритом натрия. Первый фильтрат сливается в канализацию (10 – 15 мин). Технико-экономические характеристики фильтровального модуля:

- производительность 20 $м^3$/ч;
- степень очистки 0,85;
- тонкость очистки 0,2 – 0,5 мкм;
- перепад давления при фильтровании 0,5 – 1,5 бара;
- условный диаметр фильтра 1,5 м;
- высота фильтра 2,5 м.

Управляются фильтры от одного шкафа управления.

Управление автоматизированное согласованное по показаниям расходомера с помощью электрозадвижек.

Фильтрат при остаточном давлении подается в трубопровод в блок

А4. По пути в фильтрат помощью лучевых смесителей вводят растворы сульфата аммония и гипохлорита натрия от блока А5. Из блока А4 вода насосом забирается и подается потребителю.

Промывка фильтров осуществляется со смещением во времени 1 – 2 ч. Двухступенчатая технологическая схема, реализованная на КС обеспечит во все времени года требуемое качество.

ВЫВОДЫ

1. Апробированная контейнерная станция обеспечивает требуемые СаНиПиН показатели чистоты воды: мутность (механические примеси) на уровне 0,2 – 0,5 мг/дм^3; цветность не хуже 5 – 6 град.; остаточный алюминий < 0,04 мг/дм^3. Производительность контейнерной станции в процессе опытной эксплуатации варьировалась в переделах 45 –50 м^3/ч в зависимости от времени года и загрязненности исходной воды.
2. Конструктивно-технологическое решение – контейнерная станция двухступенчатой очистки водных жидкостей позволяет резко снизить потери на ее создание, уменьшить сроки изготовления и монтажа, перенеся их на специализированное производство. Сами контейнеры транспортно совместимы.


НОВЫЕ РЕАГЕНТЫ
ДЛЯ ОЧИСТКИ
ПИТЬЕВЫХ
И СТОЧНЫХ ВОД
АУРАТ
• ФерАква - Аурат
• ПАКС
• Гран ЭКО
• Алюмохлорид
• Эпоха
• ЭРЧВ
• Унико
• ВодАлс
• ГРАЛС
• ГранПАКС
• Эфлок
ГК «Аурат»
WWW.AURAT.RU

Общество с ограниченной ответственностью
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ЭКОФЕС»
346421, Россия, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 200 В
Тел.: +7 (8635) 26-05-07
Тел./факс: +7 (8635) 26-05-46, 26-02-17, 26-56-13
E-mail: 65613@mail.ru; web site: http://ecofes.ru

ПРЕДЛАГАЕТ
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВЫХ, ТЕХНИЧЕСКИХ И СТОЧНЫХ ВОД НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫМ ГИПОХЛОРИТОМ НАТРИЯ

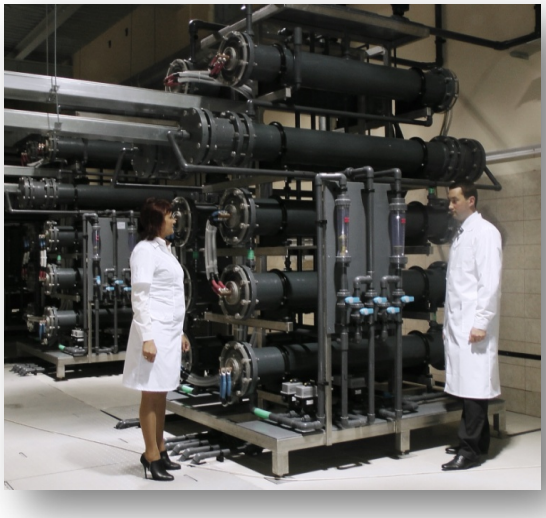
В качестве исходного сырья для электролизных установок могут быть использованы водные растворы пищевой поваренной соли, подземные минерализованные хлоридно-натриевые воды, морская вода

- ❖ 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 и монтаж установок «под ключ», пусконаладочные работы и обучение персонала
- ❖ Гарантийное и послегарантийное обслуживание, поставка расходных материалов

«ЭКОФЕС» - 25 лет успешной эксплуатации установок **«Хлорэфс»** на водных объектах России и странах СНГ

Самая крупная в России электролизная станция с установками «Хлорэфс» производительностью 7 т/сут эквивалентного хлора на





Александровских водопроводных очистных сооружениях г. Ростова-на-Дону



Проектный научно-исследовательский институт водоснабжения и водоотведения
Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова

действует в рамках научной школы «Технологии очистки природных и сточных вод» и кафедры «Водное хозяйство, инженерные сети и защита окружающей среды».

Специалисты ПНИИВиВ выполняли проектную документацию для объектов: ОАО «Башкирия сода», ОАО «Газпром», ОАО «Норильский никель», ОАО «Новотэк». Научный потенциал и лабораторная база ПНИИВиВ и кафедры ВХИСЗОС позволяют решать особо сложные задачи коммунального и производственного водоснабжения и водоотведения.

Контакты: 346428. Россия. Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения 132, ПНИИВиВ ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова
Тел./факс 88635255171
E-mail: vhiszos@yandex.ru

АРМАТУРА И ФИТИНГИ ИЗ ПОЛИМЕРОВ **ДЛЯ РАБОТЫ С АГРЕССИВНЫМИ СРЕДАМИ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

Успешная работа завода FIP с 1954 способствовала становлению концерна Aliaxis Utilities & Industry как крупнейшего европейского поставщика запорно-регулирующей арматуры.

Внедрение уникальных технологий, основанных на полувековых разработках, обеспечивает качественно новый уровень решаемых задач для арматуры и фитингов из полимерных материалов производства FIP.

Наша приверженность качеству обеспечивает производство современной продукции, предназначенной для использования в самых сложных условиях, где высокая температура и агрессивные среды требуют безотказной работы.

НАПОРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

СИСТЕМЫ ВОДОПОДГОТОВКИ

ХИМИЧЕСКИ АГРЕССИВНЫЕ СРЕДЫ

ТЕКСТИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ФАРМАЦЕВТИКА

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

БАССЕЙНЫ

ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

МЕТАЛЛУРГИЯ

ПЕРЕРАБОТКА РУДЫ

ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ



Решение:
DUAL BLOCK® — система блокировки шаровых кранов промышленного применения.

- безопасная и удобная конструкция крана;
- запатентованная система DUAL BLOCK®, предотвращающая самопроизвольное ослабление гаек, предназначена для наиболее требовательных и сложных промышленных применений;
- идеально подходит для тяжелых рабочих условий, при которых вибрации или температурные расширения могу повлиять на нормальную работу шарового крана;
- безотказная работа.



Инновация:
Система Easyfit® на шаровых кранах Шаровые краны VEE и VXE общего применения.

- инновационная конструкция для легкой и безопасной затяжки;
- запатентованная система Easyfit® обеспечивает безотказную долгосрочную работу без перенапряжения резьбовых соединений и фитингов;
- концепция оперативного решения проблем в узких пространствах между трубопроводами: шток клапана является валом конической зубчатой передачи;
- ручка крана может быть маркирована специальной этикеткой для идентификации среды или всей системы;
- надежное и экономически эффективное решение.



ПРИМЕР ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ МОРСКОЙ ВОДЫ ГИПОХЛОРИТОМ НАТРИЯ, ИТАЛИЯ

Задача: обработка морской воды дезинфицирующим раствором гипохлорита натрия (эквивалент хлора).

Решение: специалисты Aliaxis Utilities & Industry предложили технологическое решение — трубы, соединительная и запорно-регулирующая арматура с приводом марки FIP из ХПВХ.

Результат: надежная система, обеспечивающая экономическую эффективность, безопасность процесса обеззараживания, исключающая хранение, транспортировку и воздействие химически опасных веществ.

КАФЕДРА ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО, ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
приглашает *в*
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова

Забота о чистой воде - это первостепенная проблема наступившего века!

Для решения этой проблемы на кафедре ВХИСЗОС ведётся подготовка бакалавров по направлениям:

08.03.01 – Строительство:
направленность «Водоснабжение и водоотведение»
20.03.01 – Техносферная безопасность:
направленность «Инженерная защита окружающей среды»

Имеется заочная форма обучения по направленности «Водоснабжение и водоотведение».

После окончания программ бакалавриата ведётся подготовка магистров по направлениям:

08.04.01 – Строительство:
«Водоснабжение и водоотведение городов и промышленных предприятий»
20.04.01 – Техносферная безопасность:
«Защита окружающей среды»

ЮРГПУ(НПИ) имеет военную кафедру, где Вы можете получить одновременно с гражданской военную специальность и воинское звание

После окончания университета Вы можете решать следующие профессиональные задачи

по направленности *«Водоснабжение и водоотведение»*

- *работа в цехах водоподготовки и очистки сточных вод различных промышленных предприятий, в городских и районных производственных управлениях водопроводно-канализационного хозяйства, в государственных и частных учреждениях, занимающихся проектированием, строительством, монтажом, пуском, наладкой и эксплуатацией систем и сооружений водоснабжения и водоотведения;*
- *участие в инженерных изысканиях и проектировании строительных объектов;*
- *выполнение технологических процессов при строительстве, эксплуатации и реконструкции строительных объектов;*
- *организация и выполнение строительно-монтажных работ, работ по эксплуатации, ремонту и реконструкции зданий и сооружений;*
- *организация рабочих мест, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования;*
- *обслуживание технологического оборудования и машин;*
- *реализация мер экологической безопасности;*
- *составление технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам;*
- *разработка оперативных планов работы первичного производственного подразделения;*
- *проведение анализа затрат и результатов деятельности производственного подразделения.*

по направленности *«Инженерная защита окружающей среды»*

- *обеспечение безопасности человека в современном мире,*
- *формирование комфортной для жизни и деятельности человека техносферы,*
- *минимизацию техногенного воздействия на окружающую среду,*
- *сохранение жизни и здоровья человека за счет использования современных технических средств, методов контроля и прогнозирования*



Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова

Институт дополнительного образования

Кафедра «Водное хозяйство, инженерные сети и защита окружающей среды»

ПРЕДЛАГАЮТ:

Диплом по профессиональной переподготовке

по направлениям

«Водоснабжение и водоотведение»
Срок обучения – 10 месяцев
«Теплогазоснабжение и вентиляция»
Срок обучения – 10 месяцев
«Инженерная защита окружающей среды»
Срок обучения – 3 месяца

Диплом повышения квалификации

по направлениям

«Водоснабжение и водоотведение» 72 часа
«Теплогазоснабжение и вентиляция» 72 часа
«Обращение с опасными отходами» 72 часа

По окончании выдается диплом, позволяющий вести новый вид профессиональной деятельности

Занятия проводятся ведущими специалистами кафедры ВХИСЗОС и смежных кафедр университета, сотрудниками центров госсанэпиднадзора, предприятий города и области.

Условия поступления и порядок зачисления

Профессиональная переподготовка – для лиц, имеющих высшее образование и студентов.

Для отправки договора необходимы Ваши реквизиты
При оплате от организации – ИНН, КПП
После оплаты необходимо явиться для оформления документов

Для зачисления необходимо:

- **2 фотографии 3х4 с уголком;**
- **копия диплома;**
- **копия трудовой книжки;**
- **для студентов – справка из учебного заведения.**

При необходимости предоставляется жилье

Контакты:

346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132,
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова,
кафедра «Водное хозяйство, инженерные сети и защита окружающей среды»,
главный корпус, аудитория 136;
Тел. (86352) 55-3-34, 55-1-71; Тел./факс (86352) 55-1-71.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абуова Г.Б.	196
Бабичев А.Л.	160
Баев О.А.	38
Башкиров А.В.	265
Бессарабов С.Ю.	54, 129, 246
Бодня М.С.	14, 236
Бондаренко А.А.	256
Борисова В.Ю.	205, 259
Боронина Л.В.	11, 196
Булыжев Е.М.	81, 281
Булыжев Э.Е.	81, 281
Вильсон Е.В.	209, 231
Волосухин В.А.	30
Гетманцев С.В.	49
Гетманцев В.С.	49
Гостева Ю.В.	95
Голубева Н.С.	202, 243
Гора Н.В.	202
Горин В.Н.	11
Гутарова М.Ю.	62
Давыдова Е.В.	178
Дербасова Е.М.	14, 236
Джавахия Г.А.	81, 281
Долженко Л.А.	209, 231
Дрововозова Т.И.	119
Евлахов В.И.	112
Заворотный Д.В.	268
Заплохова Т.Р.	265
Зеленая К.В.	243
Иванкова Т.В.	21, 43
Иващенко В.В.	101
Игнатенко С.И.	54, 73,155, 170, 246, 252
Игнаткина Д.О.	214
Картузова Т.Д.	119
Кашарин Д.В.	129, 253
Киреев С.А.	184
Ким А.Н.	178
Князев А.В.	160
Кондакова Н.В.	205, 259
Костюков В.П.	219, 265
Костюков П.В.	219
Косиченко Ю.М.	38
Короткий И.А.	272
Короткая Е.В.	272
Красильников Е.А.	275
Краснова Т.А.	92, 202, 243

Кузнецов Ю.В. 265
Ларин Д.С. 108
Макаров В.Л. 275
Марам Саийд 190, 275
Матвиенко М.П. 78
Маркин В.В. 225
Марьяш С.А. 119
Михайлов А.В. 178
Михеева И.В. 145
Москвичева А.В. 214
Москвичева Е.В. 214
Муканов Р.В. 14, 236
Мурлин А.А. 101
Найманов А.Я. 62, 95, 135
Насонкина Н.Г. 225
Нездойминов В.И. 268
Онкаев В.А. 78
Плотникова В.А. 253
Поповьян Г.В. 140
Продоус О.А. 101
Пурусова И.Ю. 68
Пчельников И.В. 73, 125, 219, 246
Пятибратова А.С. 256
Рахметова М.К. 196
Самойлова Н.А. 92
Серпокрылов Н.С. 165, 184, 190, 205, 209, 231, 259, 275
Ситников С.Г. 196
Скрябин А.Ю. 140
Смоляниченко А.С. 209, 231
Сомин В.А. 256
Сотников В.А. 11
Сычев А.В. 49
Тажиева С.З. 165
Териков А.С. 73, 125
Терикова И.А. 125
Тимощук И.В. 92
Рожков В.С. 268
Тронь И.А. 140
Трякина А.С. 135
Турчина Г.С. 95
Учайкин А.В. 272
Угроватова Е.Г. 219
Федотов Р.В. 155, 219
Фесенко А.Л. 78
Фесенко Л.Н. 54, 73,155,170, 246, 262
Ченский И.А. 190
Чепкасова Н.И. 155
Черкесов А.Ю. 78, 170, 262

Чигаев И.Г. 105
Халил А. 205, 259
Хецуриани Е.Д. 108
Хецуриани Т.Е. 49
Шкуракова Е.А. 108
Шульженко Ю.С. 92
Щербаков В.И. 68
Щукин С.А. 54, 170

Научное издание

Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2017»

Материалы X-юбилейной Международной научно-практической конференции

Издается в авторской правке

Подписано в печать 28.09.2016.
Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная. Печать оперативная.
Усл. печ.л.18,8. Уч.-изд. л. 18,5. Тираж 200 экз. Заказ

Издательство Лик
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский, 82 Е,
тел: 8(8635)226-442. 8-952-603-0-609

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе «Колорит»
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский, 82Е,
тел. 8(8635)226-442, 8-952-603-0-609, e-mail: center-op@mail.ru