

*В печать
01.08.2019г.
Степаненко*

На правах рукописи

Степаненко

Степаненко Татьяна Ивановна

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ
ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД**

05.23.19 – экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Макеевка – 2019

Работа выполнена на кафедре техносферной безопасности Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка.

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор
Высоцкий Сергей Павлович,
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры»

Официальные оппоненты:

Москвичева Елена Викторовна
доктор технических наук, профессор,
заведующая кафедрой «Водоснабжение и
водоотведение» Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Волгоградский государственный
технический университет»

Подлипенская Лидия Евгеньевна,
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Экология и безопасность
жизнедеятельности» Государственного
образовательного учреждения высшего
профессионального образования Луганской
Народной Республики «Донбасский
государственный технический университет»

Ведущая организация:

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Донецкий национальный университет»

Защита состоится «10» октября 2019 года в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 01.023.03 при ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» по адресу: 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2, зал заседаний ученого совета. Тел. факс.: +38 (0623) 22-77-19, e-mail: d01.023.03@donnasa.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» по адресу: 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2 (<http://donnasa.ru>).

Автореферат разослан «__» _____ 20__ г.

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 01.023.03



Башева Татьяна Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В Донбассе существует острая проблема загрязнения водных ресурсов и связанный с этим дефицит воды соответствующего качества для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и технических нужд промышленности. Проведенный анализ свидетельствует, что причинами ухудшения состояния поверхностных водных объектов региона являются: недостаточное количество очистных сооружений и оборотных систем водоснабжения, низкий уровень эффективности эксплуатации существующих очистных сооружений; аварийное состояние значительной части водопроводных и канализационных сетей и др.

По данным государственной статистической отчетности за 2017-2018 гг. в пределах региона объем воды, получаемой из поверхностных водных объектов (в бассейне р. Северский Донец) составляет 95-99 %. При этом в поверхностные водные объекты бассейна р. Северский Донец поступает 7,6 % возвратных вод без очистки, 80,8 % недостаточно очищенных, 11,6 % нормативно-очищенных на очистных сооружениях возвратных вод.

Структура водопользования имеет выраженную функциональную специфику, что обуславливает распределение основных загрязнителей по отраслям, а именно основной объем сброса загрязнённых возвратных вод приходится на предприятия угольной промышленности (51 % от общего сброса) и жилищно-коммунального хозяйства (26 %).

Актуальной проблемой является сброс в водные объекты высокоминерализованных шахтных вод. Из общего объема сброса шахтных вод 44 % подвергаются механической очистке, которая не позволяет очистить возвратные воды от тяжёлых металлов до показателей – нормативно-очищенных – и только 2,5 % – физико-химической. Также значительное влияние на водные объекты оказывают городские сточные воды.

С возвратными водами в поверхностные водоемы поступает большое количество загрязняющих веществ, таких как биогенные элементы, соли тяжёлых металлов, нефтепродукты, ПАВ и др. Наибольшую опасность для региона представляют соединения железа и алюминия, загрязнение которыми чаще носит устойчивый характер, а уровень загрязнения – высокий.

Процесс коагуляционной очистки природных и возвратных вод сопровождается проблемами ухудшения качества очищенной воды, причины которых не установлены вследствие многообразия явлений, происходящих в водных системах.

При современном уровне развития технологий отказаться от очистки воды с применением в качестве коагулянта сульфата алюминия экономически и технически невозможно. Поэтому необходимо решать вопрос уменьшения воздействия на окружающую среду и здоровье человека остаточных концентраций алюминия в воде после обработки.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Основные исследования теоретического и прикладного характера выполнены в соответствии с государственными научно-исследовательскими темами: К-3-05-11 «Повышение уровня безопасности в строительстве, жилищной и производственной сфере»; К-3-05-16 «Снижение рисков возникновения опасных ситуаций на промышленных объектах» (номер государственного учета НИОКТР 0117 D 000277 от 02.05.2017 г.).

Степень разработанности темы исследования. Теоретической основой для выполнения исследований в области коагуляционной очистки природных и возвратных вод от соединений металлов и алюминия являются работы Бабенкова Е.Д., Высоцкого С.П., Драгинского В.Л., Алексеевой Л.П., Строкача П.П., Кульского Л.А.,

Гетманцева С.В., Герасимова Г.Н., Говоровой Ж.М., Клячко В.А., Апельцина И.Э., Гришина Б.М., Lester G.D, Grunwald E., Thomas A.W., Steinert W., Meissner D. и др. Данные, представленные в литературе, посвящены вопросам изучения и применения способов ускорения процесса коагулирования воды с использованием добавок-утяжелителей, а также с применением безреагентных методов интенсификации процесса. Применение концентрированного коагулирования для снижения остаточного содержания соединений металлов в очищенной воде комплексно не изучено, отдельные имеющиеся сведения относятся к конкретному водному источнику. Опыт применения этого способа интенсификации процесса коагулирования при очистке природных и возвратных вод практически отсутствует. Вопросам повышения экологической безопасности систем питьевого водоснабжения посвящена работа Насонкиной Н.Г., однако в работе не затрагивается проблема увеличения концентрации алюминия в обработанной воде.

Целью исследования является повышение экологической безопасности за счет усовершенствования технологических процессов очистки природных и сточных вод от соединений металлов.

Объект исследования – процессы очистки воды на основе метода коагулирования с применением реагентов.

Предмет исследования – влияние основных факторов на остаточные концентрации соединений металлов в обработанной воде.

Задачи исследования:

1. Проанализировать основные загрязняющие вещества, содержащиеся в воде поверхностных водных объектов, представляющие опасность для окружающей среды.

2. Исследовать влияние факторов (рН, доза коагулянта, гидродинамический режим работы осветлителей) на эффективность технологического процесса подготовки воды методом коагулирования.

3. Обосновать целесообразность применения концентрированного коагулирования через введение коагулянта в байпасный поток параллельно основному потоку обрабатываемой воды для снижения остаточного содержания алюминия в обработанной воде.

4. Обосновать рациональное соотношение распределения потоков обрабатываемой воды между основным и байпасным каналом для достижения снижения остаточных концентраций соединений металлов с целью обеспечения экологической безопасности.

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

1. Экспериментально установлены новые зависимости влияния времени седиментации и температуры обрабатываемой воды на соотношение степени удаленных и подлежащих удалению концентраций соединений железа.

2. Установлено влияние концентрационного напора на скорость седиментации соединений железа в сточных водах.

3. Уточнено влияние значения рН, типа коагулянта и гидродинамического режима работы очистного оборудования на процессы коагуляции загрязняющих веществ.

4. Обоснована целесообразность применения концентрированного коагулирования способом введения коагулянта в байпасный поток параллельно основному потоку обрабатываемой воды для повышения экологической безопасности.

5. Обосновано рациональное соотношение распределения потоков обрабатываемой воды между основным и байпасным каналом для снижения остаточных концентраций соединений алюминия в обрабатываемой воде.

Практическое значение полученных результатов:

– обеспечение населения городов Донбасса водой требуемого качества является одной из ключевых проблем региона. Это обусловлено потенциальной опасностью, которую несет ухудшение качества как поверхностных, так и подземных вод. Поэтому результаты исследования являются значимыми с позиции развития отечественной науки и направлены на обеспечение экологической безопасности;

– обоснованные научные положения и инженерные решения диссертационного исследования приняты в качестве составляющих мероприятий, формирующих модернизационный потенциал мощностей предприятия КП «Компания «Вода Донбасса»;

– результаты настоящей работы внедрены в учебный процесс ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» при подготовке бакалавров по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность» по профилю «Инженерная защита окружающей среды» и при подготовке магистров по направлению 20.04.01 «Техносферная безопасность» по программе «Инженерная защита окружающей среды» в дисциплинах: «Технология очистки сточных вод», «Защита водных ресурсов от техногенных воздействий».

Положения, выносимые на защиту:

1. Результаты исследований влияния эксплуатационных факторов (активность водородных ионов, температура, концентрационный напор, эффект Паллмана) на эффективность очистки природных вод от соединений алюминия и железа, что позволит повысить экологическую безопасность водных объектов.

2. Результаты исследований влияния конструкционных параметров оборудования (эффект проскальзывания) на эффективность очистки природных вод от соединений алюминия и железа

3. Повышение экологической безопасности водных объектов вследствие изменения в существующей схеме очистки природных вод – применение концентрированного коагулирования с целью снижения остаточного содержания алюминия в обрабатываемой воде.

Личный вклад соискателя. Определены цели и поставлены задачи исследования совместно с научным руководителем; проведен обзор публикаций по современному состоянию методов снижения воздействия на окружающую среду и человека остаточных концентраций соединений алюминия в обработанной воде; проведены экспериментальные исследования, обработаны, интерпретированы и обобщены полученные результаты, а также сформулированы выводы.

Апробация результатов. Основные положения диссертационной работы докладывались автором на Международной студенческой научно-практической конференции «Строительство и архитектура – 2015: Современное состояние и перспективы развития инженерно-экологических систем» (Ростов-на-Дону, 2015 г.); IV Международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию строительного факультета и 85-летию БГИТУ «Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах» (Брянск, 2015 г.); VII Международном молодежном форуме «Образование, наука, производство» (Белгород, 2015 г.); Международной научно-практической конференции «Экологическая ситуация в Донбассе: проблемы безопасности и рекультивации повреждённых территорий для их экономического возрождения» (Донецк, 2016 г.); Второй Международной научно-практической конференции «Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса» (Горловка, 2016 г.); II Брянском международном инновационном форуме

«Строительство-2016» (Брянск, 2016 г.); XI Международной конференции аспирантов и студентов «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» (Донецк, 2017 г.); 13-ой Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» (Тула, 2017 г.); VII научно-практической конференции «Донбасс-2020: перспективы развития глазами молодых ученых» (Донецк, 2014 г.); II Международной научно-практической конференции «Возрождение, экология, ресурсосбережение и энергоэффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий Донбасса: традиции и инновации» (Луганск, 2017 г.); IX Международной конференции аспирантов и студентов «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» (Донецк, 2015 г.); I Региональной научно-практической конференции «Возрождение, экология, ресурсосбережение и энергоэффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий Донбасса: традиции и инновации» (Луганск, 2016 г.); XXXIX Всеукраинской студенческой научно-технической конференции «Научно-технические достижения студентов архитектурно-строительной отрасли» (Макеевка, 2013 г.); на научных семинарах кафедры «Техносферная безопасность» (Макеевка, 2014-2019 гг.).

Публикации. Основные научные результаты диссертации опубликованы автором самостоятельно и в соавторстве в 20 научных изданиях, в том числе 5 работ в специализированных научных изданиях, рекомендованных МОН Украины, 1 работа – в специализированных научных изданиях, рекомендованных МОН РФ, 14 работ в сборниках трудов Международных и региональных научно-практических конференций и в других изданиях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести разделов, выводов и рекомендаций, списка использованных источников из 123 наименований. Содержит 153 страницы, в том числе 138 страниц основного текста, 12 страниц списка использованной литературы, приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, показана связь с научными программами, темами, приведены научная новизна, практическое значение полученных результатов, положения, выносимые на защиту.

В первом разделе проанализировано экологическое состояние водных ресурсов Донбасса, в частности определены показатели качества воды в канале Северский Донец-Донбасс.

Оценка состояния поверхностных вод имеет два аспекта: качественный и количественный. И тот, и другой аспекты составляют одно из важнейших условий существования живых существ, в том числе и человека.

При выполнении данного исследования рассчитывались два показателя для поверхностных вод: индекс загрязнения воды и индекс качества воды. Показатели определены на основе данных контроля за качеством исходной воды в канале Северский Донец-Донбасс (рисунок 1, 2).

Как следует из данных, приведенных на рисунке 1 и рисунке 2, с 2007 г. по 2012 г. наблюдается рост индекса загрязнения воды, что говорит об увеличении содержания таких загрязняющих веществ как: азот аммонийный, нитриты, нитраты, нефтепродукты, фенолы

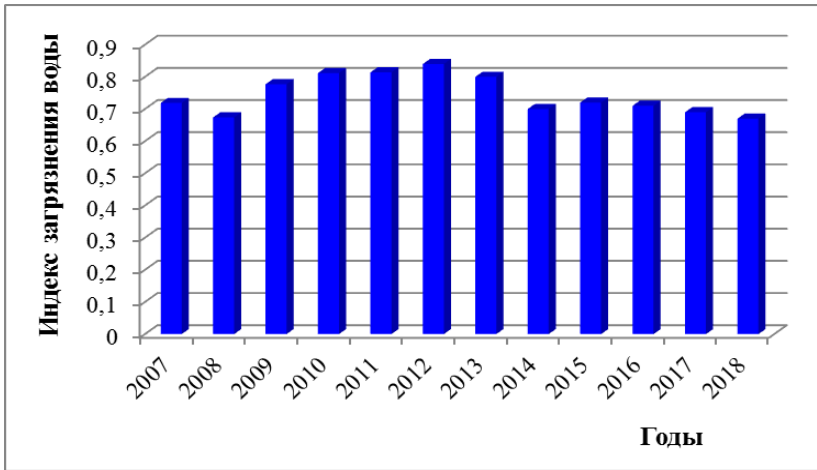


Рисунок 1 – Изменение индекса загрязнения воды в канале Северский Донец-Донбасс за 2007-2018 гг.

поверхностно-активных веществ), по сравнению с 2012 г. снизился на 21 %. Вероятно это связано со снижением количества сбрасываемых предприятий в бассейн р. Северский Донец.

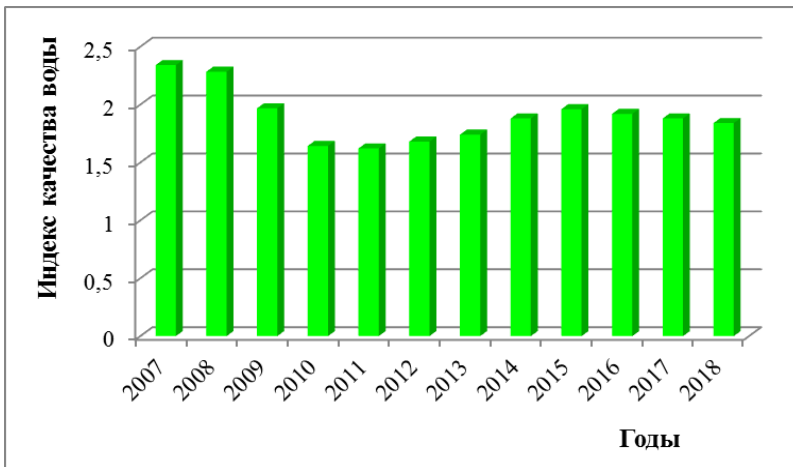


Рисунок 2 – Изменение индекса качества воды в канале Северский Донец-Донбасс за 2007-2018 гг.

концентрацией металлургических производств. Особенностью таких предприятий являются большие объемы использования воды и высокие концентрации загрязняющих веществ в стоках (в основном соединений железа).

Попадание больших объемов недостаточно очищенных шахтных вод в поверхностные водоемы значительно ухудшает экологическое состояние водоемов. Металлы являются одним из составных частей компонентов шахтных вод. Содержание микроэлементов обусловлено их количеством в подземных водах угленосных отложений и процессами, связанными с миграцией элементов из горных пород в шахтные воды. Содержание микроэлементов в шахтных водах обусловлено их количеством в подземных водах угленосных отложений и процессами, связанными с миграцией элементов из горных пород в шахтные воды.

Содержание отдельных микроэлементов в шахтных водах превышает предельно-допустимые концентрации (например, по соединениям алюминия 3,2 дПДК – 30,0 дПДК, по железу 4,0 дПДК – 50,0 дПДК), что вызывает необходимость проводить оценку

в канале Северский Донец-Донбасс. Дальнейший рост индекса в 2014-2018 гг. вероятно связан с осложнением социально-экономической ситуации в регионе.

Индекс изменения качества воды, в свою очередь, имеет тенденцию к снижению с 2007 по 2011 г. В 2018 г. индекс качества воды, учитывающий солевой состав, а также содержание специфических загрязнителей (соединений железа, меди, цинка, хрома, марганца, нефтепродуктов, возвратных вод промышленных предприятий в бассейн р. Северский Донец.

В разделе рассмотрены основные загрязняющие вещества, поступающие в поверхностные водоемы Донбасса определена величина ущерба, наносимого окружающей среде, вследствие загрязнения водных объектов соединениями металлов.

Наиболее существенным фактором, влияющим на чистоту воды в поверхностных водоемах региона, является количество и качество поступающих в них возвратных вод. Донецкий регион отличается высокой

возможности отвода возвратных вод в водоемы с учетом их разбавляющей способности или предварительной очистки перед сбросом в водоемы.

На рисунке 3 приведены объемы поступления соединений металлов в реку Северский Донец с возвратными водами по официальным данным государственного комитета статистики.

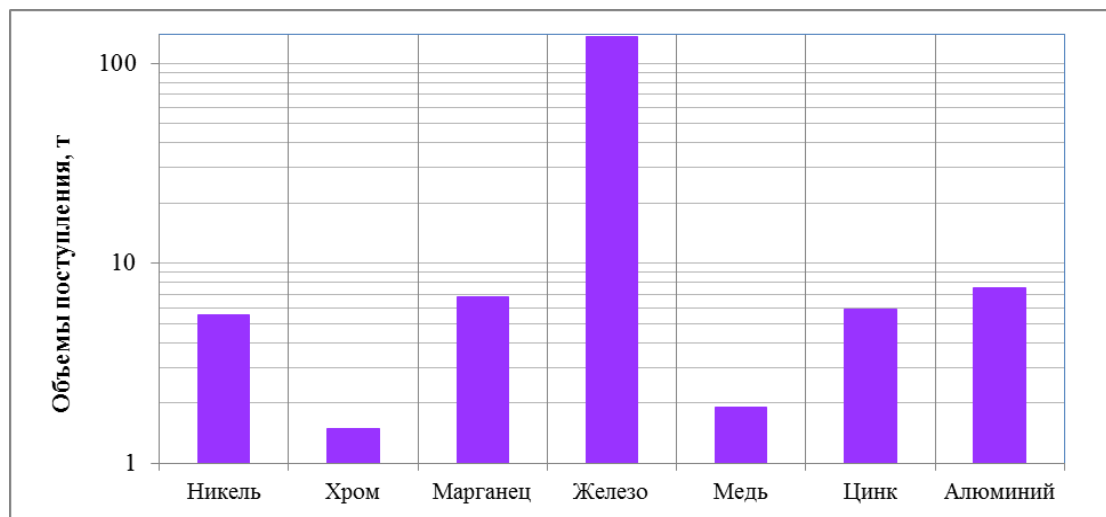


Рисунок 3 – Объемы поступления соединений металлов в р. Северский Донец

Недостаточно очищенные возвратные воды в конечном итоге через притоки рек могут попасть в водный объект, который служит источником централизованного водоснабжения.

Состояние поверхностных водных объектов, являющихся источником водоснабжения для питьевых нужд населения, оказывает непосредственное влияние на здоровье человека.

При этом согласно статистических данных рост уровня распространенности заболеваний среди населения ежегодно растет на 3-4 % (на 10 тыс. населения), что говорит об ухудшении здоровья населения Донецкого региона (рисунок 4).

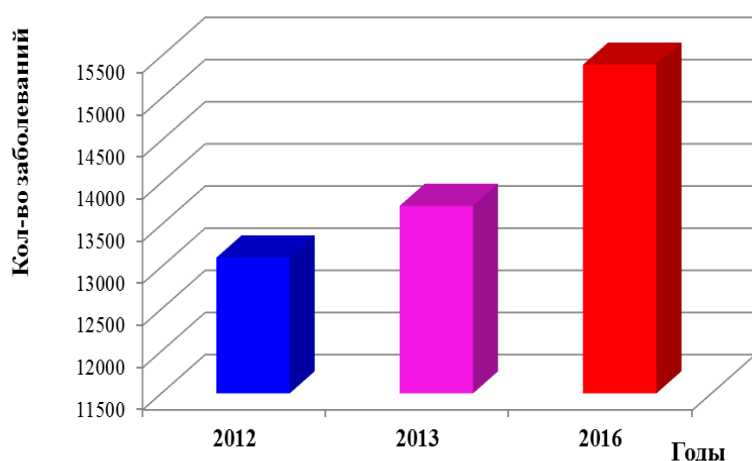


Рисунок 4 – Динамика изменения уровня распространенности заболеваний среди населения Донбасса с 2012 по 2016 г.

Вредное действие на организм человека оказывают многие неорганические соединения, в том числе и соединения металлов. Наличие в питьевой воде соединений алюминия, применяемых на городских установках очистки природной воды в качестве коагулянта, представляет опасность для здоровья человека. Учитывая, что алюминий один из наиболее распространенных элементов в земной коре, то этот элемент содержится практически во всех водных объектах, его содержание колеблется в широких

пределах от 2,5 до 121,0 мг/дм³. При этом существует вероятность вторичного загрязнения соединениями алюминия поверхностных водных объектов вследствие попадания в них городских сточных вод, содержащих указанные загрязняющие вещества.

Во втором разделе рассмотрена существующая схема очистки воды от соединений металлов (рисунок 5).

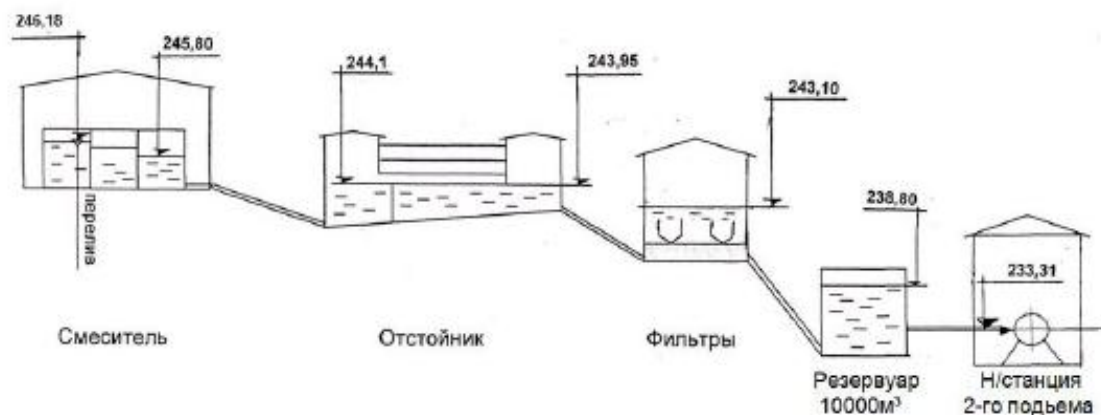


Рисунок 5 – Существующая схема технологического процесса подготовки воды

В процессе подготовки воды питьевого качества используются коагулянты на основе алюминия (сульфат алюминия, гидроксохлорид алюминия, композитный коагулянт на основе сернокислого алюминия и др.). Достоинствами применения таких коагулянтов является их невысокая стоимость, доступность, изученность, промышленный опыт применения. Однако при высоких уровнях загрязнения водных источников, алюминиевые коагулянты требуют больших дозировок, что приводит к увеличению уже в очищенной воде концентрации ионов алюминия или его соединений.

Анализ теоретических исследований показывает, что на станциях водоподготовки при применении в качестве коагулянта сульфата железа в летний период концентрация железа в очищенной воде по сравнению с показателями в исходной воде возрастает в 4,5 раза. При использовании в качестве коагулянта полиоксихлорида алюминия концентрация железа снижается в 5 раз, при этом концентрация остаточного алюминия по сравнению с концентрацией в исходной воде увеличивается в 5,25 раз (рисунок 6).

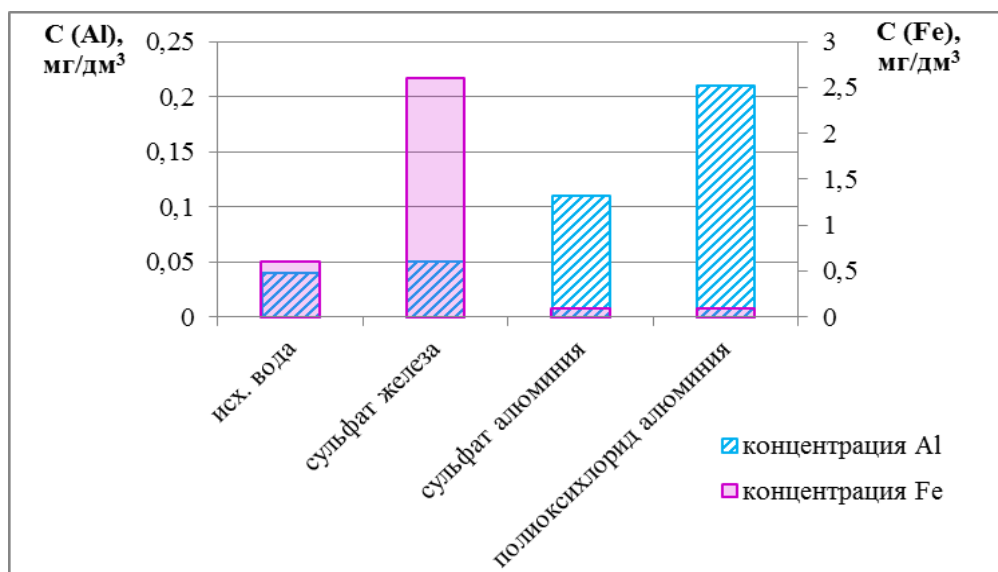


Рисунок 6 – Зависимость концентрации железа и алюминия от выбранного типа коагулянта

На рисунке 7 схематически показано влияние значений основных параметров процесса коагуляции на остаточные концентрации металлов (на примере алюминия) в очищенной воде при постоянных значениях дозы реагента и температуры.

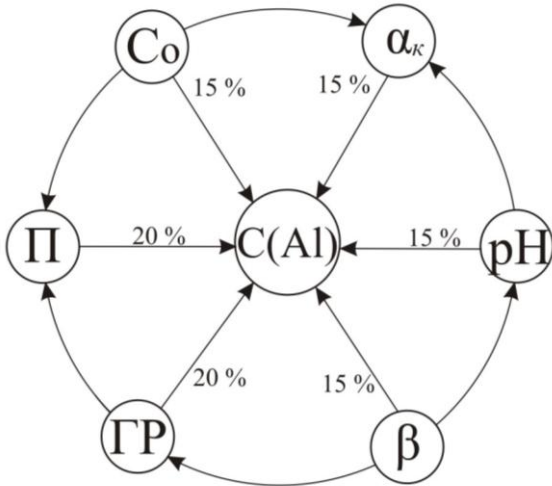


Рисунок 7 – Диаграмма влияния отдельных параметров на остаточную концентрацию алюминия в очищенной воде: $C(Al)$ – концентрация алюминия, мкг/кг; C_0 – исходная концентрация коагулянта, мг/кг; α_k – степень гидролиза коагулянта; pH – показатель водородных ионов; Π – эффект «проскальзывания»; β – концентрация взвешенных частиц в зоне образования шлама, мг/кг; $ГР$ – гидродинамический режим идеального вытеснения / идеального смешения.

в межмицеллярном пространстве взвешенного осадка в осветлителях.

Увеличение концентрации взвешенных частиц в зоне реакции приводит к снижению уровня pH за счет эффекта Паллмана и, соответственно, к уменьшению степени гидролиза и ухудшению качества воды по указанной выше причине.

Последний фактор – гидродинамический режим работы осветлителей или отстойников. Этот показатель оказывает существенное влияние на остаточную концентрацию алюминия.

Повышение содержание соединений алюминия особенно актуально для аппаратов большой производительности при высоких значениях критерия Рейнольдса (Re). Увеличение Re приводит к повышению критерия Пекле, характеризующего продольное перемешивание, и, как следствие, отклонение режима работы очистного сооружения от режима идеального вытеснения.

Определено, что большое значение имеет критическая или оптимальная величина активности водородных ионов (или, соответственно, pH_{opt}), так как даже незначительное изменение pH приводит к резкому увеличению содержания металла в растворе. Важным с практической точки зрения является определение более точного влияния изменения pH вблизи области оптимальных значений этого показателя. Для отдельных металлов оптимальные значения показателя pH , при которых равновесное содержание этих металлов

Увеличение концентрации исходного раствора коагулянта повышает степень гидролиза, при этом происходит уменьшение проскальзывания раствора реагента в выходную зону. В то же время увеличение концентрации реагента приводит к ухудшению условий его перемешивания с обрабатываемой водой, неэффективному использованию и увеличению остаточных концентраций алюминия в очищенной воде. Уменьшение степени гидролиза коагулянта α_k происходит как за счет уменьшения концентрации реагента, так и за счет отклонения уровня pH от оптимального значения, и приводит к увеличению проскока непрореагировавшего реагента в выходную зону.

Зависимость остаточных концентраций алюминия от уровня pH имеет экстремальный характер вследствие амфотерных свойств гидроксида алюминия. При понижении уровня pH уменьшается степень гидролиза коагулянта, а при повышении pH увеличивается проскок алюминия за счет образования алюминатов.

На увеличение остаточной концентрации алюминия оказывает также влияние повышенное содержание взвешенных веществ в воде из-за снижения величины pH в

принимает минимальное значение, изменяется в очень широких пределах от 6,0 для алюминия до 11,2 для кадмия и 11,7 для двухвалентного железа. Если для отдельных металлов среда в растворе является достаточно кислой для нахождения металла в виде моноиона, то для других этот уровень рН соответствует образованию в растворе соответствующих гидроксильных комплексов.

Обработка полученных авторами, а также из литературных источников, экспериментальных данных показала, что зависимость с высокой степенью корреляции (коэффициент регрессии на уровне 0,95–0,99) описывается уравнением (1):

$$\lg \frac{C}{C_0} = a(pH - pH_{opt})^2 + b = a(\Delta pH)^2 + b \quad (1)$$

где C , C_0 – соответственно, текущее значение равновесной концентрации металла и минимальное значение при оптимальном значении рН, моль/дм³;

pH , pH_{opt} – соответственно, текущее и оптимальное значение рН;

ΔpH – разница текущего и оптимального значений рН.

При этом для соединений алюминия (Al^{3+}) уравнение (1) приобретает вид:

$$\lg \frac{C}{C_0} = 2,13(\Delta pH)^{1,04} \quad (2)$$

- для соединений железа (Fe^{3+}):

$$\lg \frac{C}{C_0} = 0,52(\Delta pH)^{1,5} \quad (3)$$

- для соединений меди (Cu^{2+}):

$$\lg \frac{C}{C_0} = 0,66(\Delta pH)^{1,5} \quad (4)$$

- для соединений никеля (Ni^{2+}):

$$\lg \frac{C}{C_0} = 1,33(\Delta pH)^{1,5} \quad (5)$$

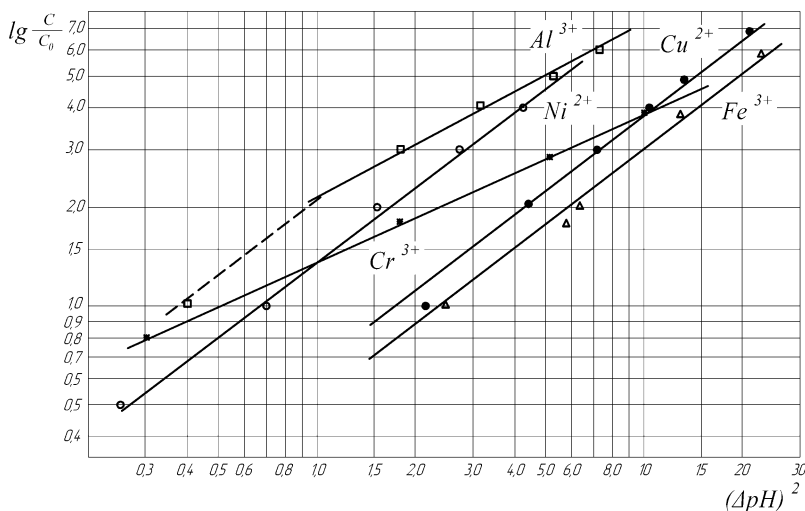


Рисунок 8 – Зависимость показателя, характеризующего растворимость металлов от разницы текущего и оптимального значений рН

Приведенные на рисунке 8 данные показывают, что диапазоны оптимальных значений рН для удаления металлов существенно отличаются. Разница уровней рН соответствует определенной активности водородных ионов. Значения C_0 для отдельных металлов следующие:
 $Al^{3+} = 8,91 \cdot 10^{-7}$ моль/дм³;
 $Fe^{3+} = 1,51 \cdot 10^{-6}$ моль/дм³;
 $Cu^{2+} = 1 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³;
 $Ni^{2+} = 1 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³.

Отличие характера прямых для алюминия и хрома

обусловлено более высокими амфотерными свойствами этих металлов. Учитывая то, что при повышении рН гидроксиды металлов могут снова переходить в растворенное состояние, возникает необходимость ступенчатого осаждения металлов.

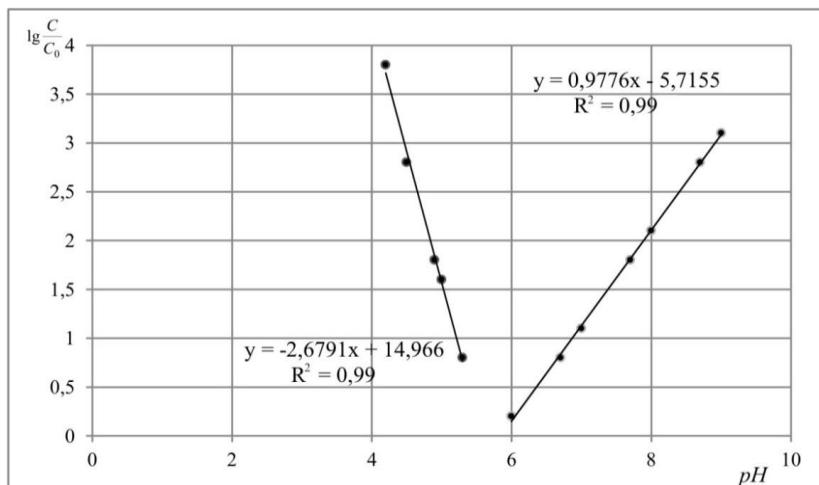


Рисунок 9 – Зависимость логарифма отношения текущей концентрации алюминия к ее минимальному значению от различных значений рН

время осаждения. Согласно предложенной модели процесс осветления описывается показательной функцией величины обратной времени осаждения:

$$\frac{1-\alpha}{\alpha} = K \cdot \frac{1}{\tau} + b \quad (6)$$

где α – степень осаждения загрязнителя.

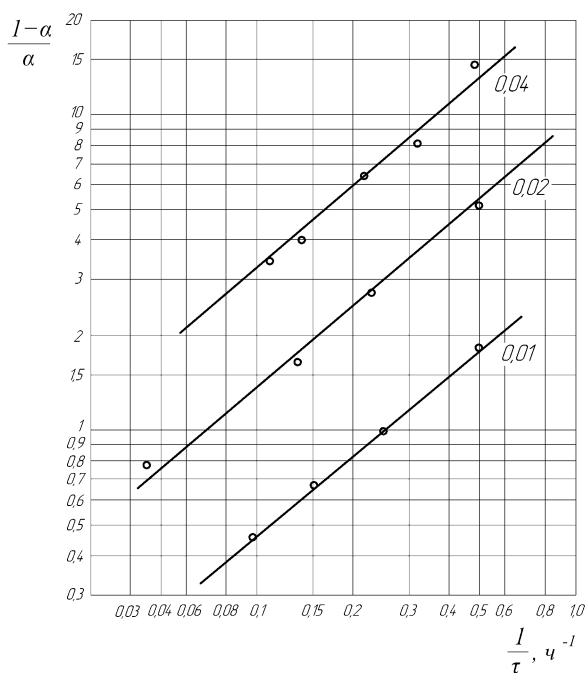


Рисунок 10 – Зависимость параметра, характеризующего степень осаждения взвешенных веществ от величины, обратной времени процесса (числа на прямых соответствуют (активности) водородных ионов)

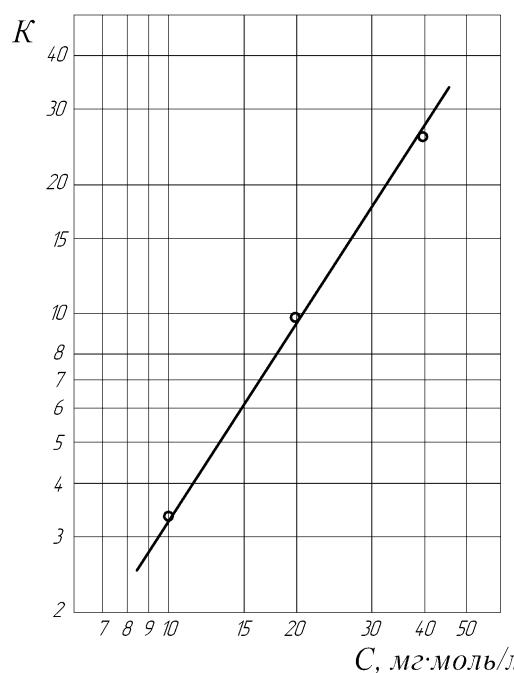


Рисунок 11 – Зависимость показателя «К» от концентрации кислоты

Растворимость алюминия в воде при значениях рН, близких к оптимальной величине, как для более низких, так и более высоких значений рН имеет разные причины и описывается разными уравнениями. На рисунке 9 показана зависимость логарифма соотношения текущей концентрации алюминия к её минимальному значению от значения показателя рН.

На процесс очистки влияют активность водородных ионов, температура раствора и процесс осветления описывается

Показатель $\frac{1-\alpha}{\alpha}$ характеризует «концентрационный напор» загрязнителя. На рисунке 10 приведена зависимость указанного показателя при изменении в качестве параметра концентрации кислоты 0,01 моль/дм³, 0,02 и 0,04 моль/дм³ (соответственно, 10, 20 и 40 мг·экв/дм³ соляной кислоты).

На рисунке 11 показано влияние концентрации кислоты на предэкспоненциальный множитель при величине соответствующей обратному времени осаждения.

Влияние концентрации раствора и времени осаждения на показатель, характеризующий степень осаждения соединений железа, описывается следующей аналитической зависимостью:

$$\frac{1-\alpha}{\alpha} = 3,165 \cdot 10^3 \left(\frac{1}{\tau} \right)^{0,86} \cdot C^{1,50} \quad (7)$$

где τ – время осаждения, ч;

C – концентрация кислоты, моль/дм³.

Влияние времени на изменение параметра $\frac{\alpha}{1-\alpha}$ при разной температуре процесса показано на рисунке 12. Эта зависимость со степенью корреляции $\geq 0,97$ также описывается показательной функцией величины, обратной времени процесса. Показатель «В», учитывающий влияние температуры традиционно для химических процессов является экспоненциальной функцией величины обратной абсолютной температуры процесса (рисунок 13).

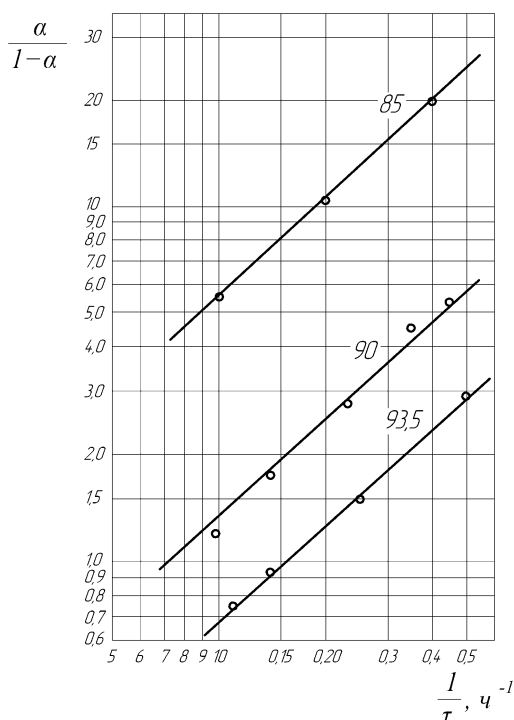


Рисунок 12 – Зависимость параметра, характеризующего скорость седиментации взвешенных частиц $\frac{\alpha}{1-\alpha}$ от величины, обратной времени процесса (числа на кривых соответствуют температуре раствора в °С)

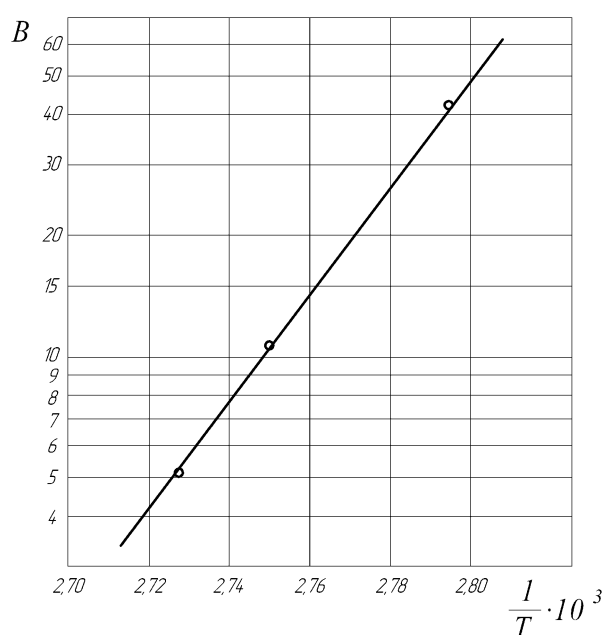


Рисунок 13 – Зависимость показателя «В» от параметра $\frac{1}{T}$, обратной абсолютной температуры

Влияние температуры раствора и времени осаждения на показатель, характеризующий степень осаждения соединений железа, описывается зависимостью (8):

$$\frac{1-\alpha}{\alpha} = 2,04 \cdot 10^{-36} \exp\left(3,073 \cdot 10^4 \frac{1}{T}\right) \cdot \left(\frac{1}{\tau}\right)^{0,86} \quad (8)$$

Изменение качества исходной воды по сезонам года требует оперативного и в ряде случаев радикального изменения режима обработки воды, особенно при использовании коагулянтов, имеющих узкий диапазон значений некоторых параметров процесса и малую эффективность при низкой температуре осветляемой воды. В результате во многих случаях качество очищенной на водопроводных станциях воды не отвечает нормативным требованиям по ряду показателей.

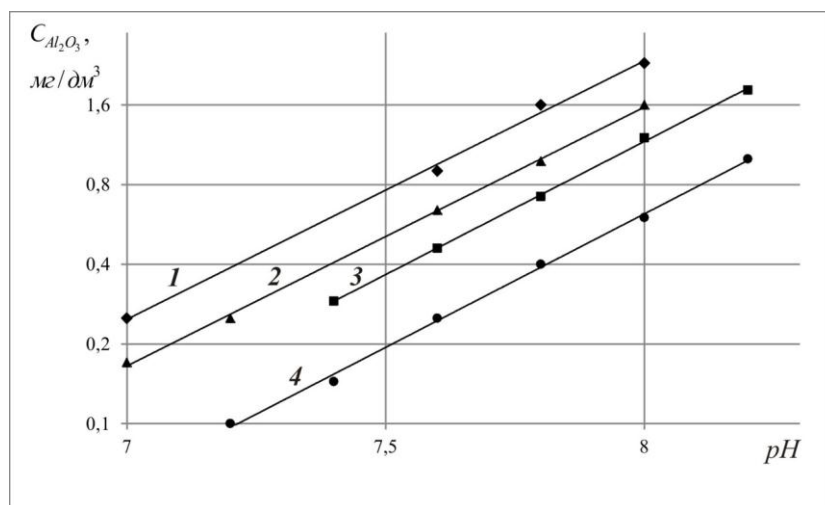


Рисунок 14 – Зависимость растворимости соединений алюминия C (Al_2O_3) от температуры при разных значениях pH: температура воды: 1 – 10 °C; 2 – 20 °C; 3 – 26 °C; 4 – 30 °C

Зависимость растворимости соединений алюминия в воде при разных температурах описывается следующими уравнениями (9)-(12):

- при температуре 10 °C:

$$C(Al_2O_3) = 4,01 \times 10^{-8} [\exp(2,248 pH)] \quad (9)$$

- при температуре 20 °C:

$$C(Al_2O_3) = 2,01 \times 10^{-8} [\exp(2,252 pH)] \quad (10)$$

- при температуре 26 °C:

$$C(Al_2O_3) = 1,01 \times 10^{-8} [\exp(2,312 pH)] \quad (11)$$

- при температуре 30 °C:

$$C(Al_2O_3) = 5,01 \times 10^{-9} [\exp(2,324 pH)] \quad (12)$$

В четвертом разделе приведены и описана схема лабораторной установки, а также рассмотрены стандартные методики определения соединений металлов в воде, общей и свободной щелочности.

На рисунке 14 представлена зависимость растворимости соединений алюминия в воде (в пересчете на Al_2O_3) от значения pH при разных температурах.

В зимнее время при низких температурах очистка воды сульфатом алюминия происходит неудовлетворительно: процессы хлопьеобразования и седиментации замедляются, хлопья образуются очень мелкие, в очищенной воде появляется остаточный алюминий.

На рисунке 15 представлена схема лабораторной установки для выбора рационального процесса очистки поверхностных вод от соединений металлов и алюминия.

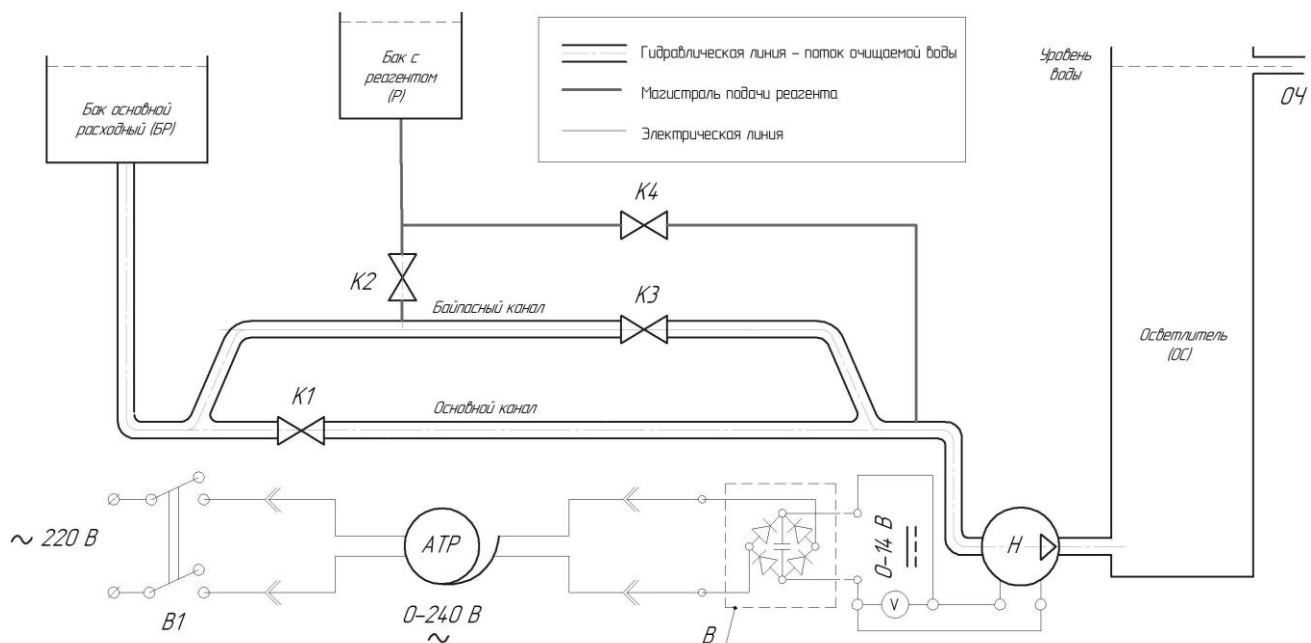


Рисунок 15 – Структурная схема установки для выбора рациональной схемы очистки поверхностных вод: БР – бак основной расходный (вода, подлежащая очистке); Р – бак с реагентом; ОС – осветлитель; К1 – клапан распределительный – предназначен для смещения баланса расхода очищаемой воды между основным каналом и байпасным; К2 – клапан регулировки подачи реагента в байпасный канал; К3 – клапан перекрытия байпасного канала; К4 – клапан прямой подачи реагента в основной канал; Н – насос; В1 – включатель насоса; АТР – автотрансформатор; В – выпрямитель КВРС-35; ОЧ – патрубок выхода очищенной воды.

Клапаны К1, К2, К3, К4 применяются для отключения прямой подачи реагента в поток воды (путем запираания клапана К4), а также для изменения соотношения расходов между основным каналом и байпасным (путем выбора положений клапанов К1 и К2).

В пятом разделе приводятся результаты полученных экспериментальных данных по установлению влияния концентрированного коагулирования и дозы коагулянта на остаточные концентрации соединений алюминия в обработанной воде.

Распределение потоков между основным и байпасным каналами позволяет улучшить условия перемешивания реагента с водой без увеличения дозы применяемого коагулянта.

В лабораторных условиях определено, что применение метода концентрированного коагулирования (а именно при рациональном соотношении потоков обрабатываемой воды 80 : 20) позволяет снизить остаточные концентрации металлов (на примере соединений алюминия) на 18-22 % в обработанной воде.

Данные проведенного ряда экспериментальных исследований позволили установить, что на очистных сооружениях ряда предприятий Донецкого региона имеет место эффект «проскальзывания». Предлагаемое изменение способа подачи воды позволит устранить данный фактор, при обработке воды методом концентрированного коагулирования, что является важным условием обеспечения экологической безопасности.

Результаты проведенных исследований по влиянию гидродинамических режимов работы различного очистного оборудования представлены на рисунке 16.

В общем случае установлено, что с достаточной для практики точностью зависимость концентрации трассера (NaCl) на выходе из осветлителя от времени процесса осветления может быть представлена эмпирической функцией (13), в основе которой лежит функция принадлежности:

$$C = f(t) = \frac{C_{\max}}{1 + \left(\left| \frac{t - 0,5T}{a} \right| \right)^b} \quad (13)$$

где C_{\max} – максимальная концентрация в режиме идеального вытеснения;

T – время процесса осветления, $T = 3$ ч;

a , b – коэффициенты аппроксимирующего уравнения (13), которые определяют качество смешения трассера в аппарате.

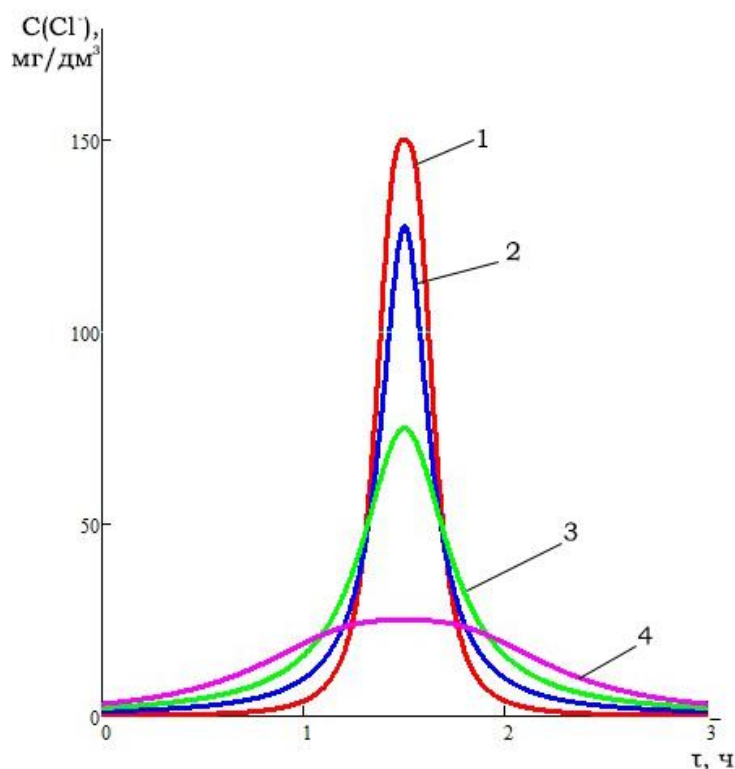


Рисунок 16 – Зависимость концентрация хлоридов на выходе из осветлителя от времени технологического процесса: 1 – режим идеального вытеснения; 2 – лабораторная установка (кафедра техносферной безопасности ГОУ ВПО «ДОННАСА»); 3 – осветлитель ВТИ (Горловский коксохимический завод; 4 – осветлитель ЦНИИ МПС (Зуевская ТЭС)

котором снижается значение остаточной концентрации алюминия в очищенной воде на 18-22 %.

Как следует из данных, представленных на рисунке 16, увеличение остаточных концентраций алюминия характерно для аппаратов большей производительности, в частности, за счет высоких значений критерия Рейнольдса. Увеличение числа Рейнольдса приводит к повышению критерия Пекле, характеризующего продольное перемешивание и отклонение режима работы отстойников от режима идеального вытеснения и, соответственно, к увеличению проскока алюминия в очищенную воду.

Полученные в ходе экспериментальных исследований данные по установлению рационального соотношения распределения потоков между основным и байпасным каналом приведены на рисунках 17, 18. Установлено, что распределение потоков в соотношении 80 :20 между основным и байпасным потоком соответственно, является наиболее рациональным, при

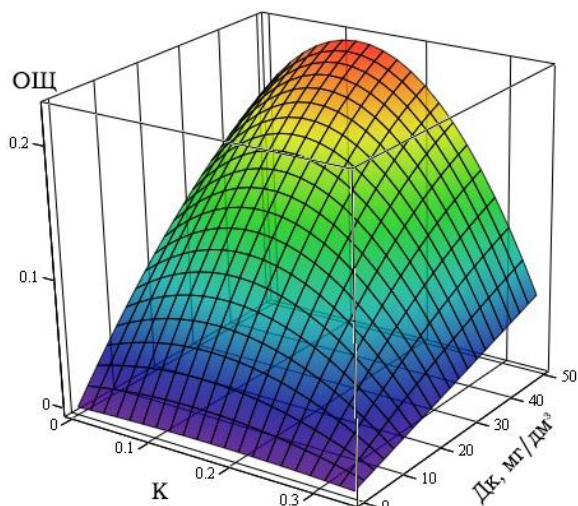


Рисунок 17 – График зависимости относительной щелочности от дозы коагулянта и соотношения потоков

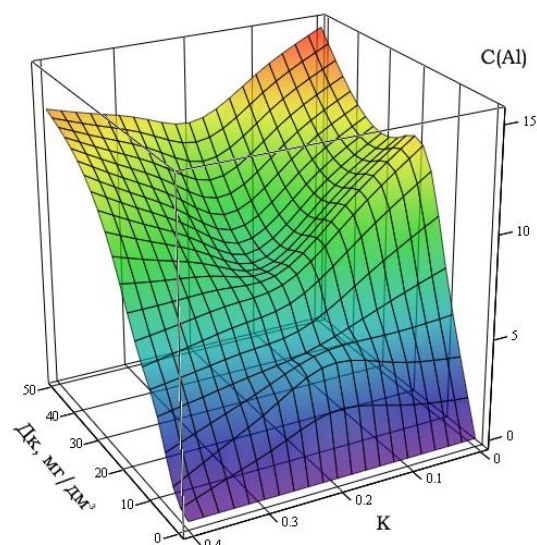


Рисунок 18 – График зависимости относительного значения алюминия от дозы коагулянта и соотношения потоков

Обоснована целесообразность изменения применяемого в настоящее время технологического процесса подготовки питьевой воды – применение концентрированного коагулирования путем введения его в байпасный поток параллельно основному потоку обрабатываемой воды (рисунок 19).

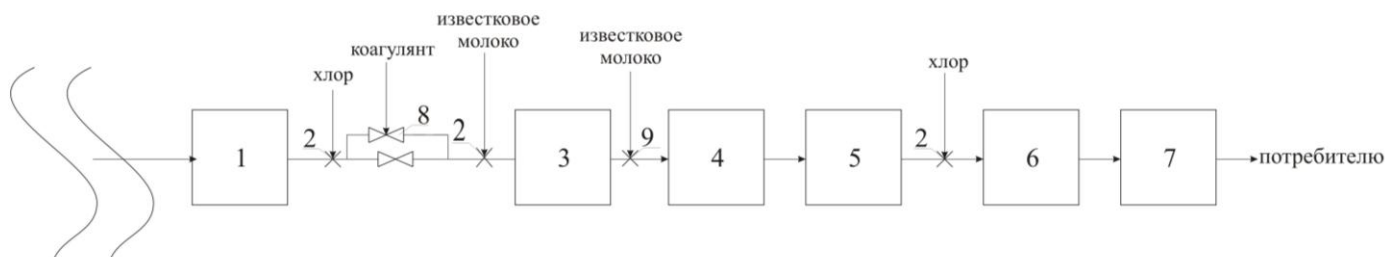


Рисунок 19 – Предлагаемая схема процесса подготовки воды: 1 – насосная станция 1-го подъема, 2 – узел ввода реагента, 3 – смеситель с камерой реакции, 4 – горизонтальный отстойник, 5 – скорый фильтр, 6 – резервуар чистой воды, 7 – насосная станция 2-го подъема, 8 – эжектор-смеситель, 9 – узел ввода реагента (на период паводков)

Для увеличения скорости гидролиза необходимо подавать коагулянт в эжектор-смеситель (рисунок 19). Увеличение концентрации коагулянта в потоке приводит к повышению скорости гидролиза и уменьшает проскок алюминия в осветленную воду за счет указанных выше причин. Для увеличения рН в межмицеллярном пространстве и снижения эффекта Паллмана необходимо добавление известкового молока в периоды паводков в технологической цепи перед отстойниками.

В шестом разделе выполнена оценка предотвращенного ущерба, нанесенного водным объектам, при внедрении предлагаемого изменения в технологической схеме подготовки воды с применением концентрированного коагулирования. Оценена величина риска угрозы здоровью населения от употребления питьевой воды, содержащей соединения алюминия.

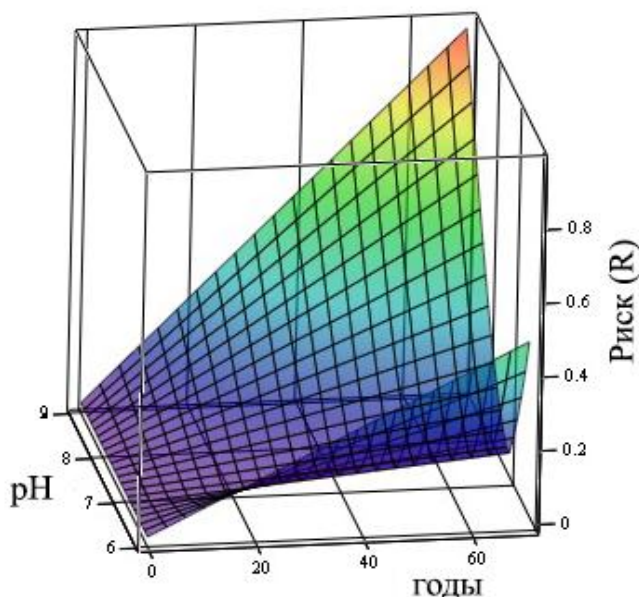


Рисунок 20 – Зависимость величины риска (R) для здоровья населения от употребления питьевой воды, содержащей соединения алюминия

отклонения величины рН от оптимального значения в пределах 0,2-0,4 ед.

Определена величина предотвращенного ущерба окружающей среде от загрязнения водных объектов соединениями алюминия. При снижении концентрации алюминия в очищенной воде на 18-22 % величина предотвращенного ущерба составит 10 рос. руб./1 тыс. м³ в год. Только на примере г. Макеевки при условии годового сброса сточных вод 16 млн м³ в год величина предотвращенного ущерба составит 160 тыс. рос. руб. в год.

ВЫВОДЫ

1. В работе решена задача повышения экологической безопасности за счет усовершенствования технологии очистки природных и сточных вод от соединений металлов.

2. Проанализированы основные загрязняющие вещества, содержащиеся в воде поверхностных водоемов, представляющие опасность для окружающей среды – соединения алюминия, превышение ПДК которого достигает в водоемах культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения в 3-30 раз, а также соединения железа превышение нормативных значений которых составляет в 4-50 раз.

3. В теоретической части обосновано влияние остаточных концентраций алюминия на окружающую среду и здоровье человека. Установлено, что повышенное содержание соединений алюминия в водоемах оказывает негативное влияние на высшую водную растительность, а также на животный мир водных объектов, нарушая ионный обмен и процесс дыхания у рыб, приводит к уменьшению популяции гидробионтов. Оказывает негативное влияние на здоровье человека, проявляясь в нарушении минерального обмена веществ, нарушении роста клеток, а также отрицательно сказываясь на функциях нервной системы, способствует возникновению таких заболеваний как, деменция или болезнь Альцгеймера.

На рисунке 20 приведен график зависимости величины риска для здоровья населения от употребления питьевой воды, содержащей соединения алюминия, от времени употребления воды при различных значениях рН. При отклонении значения рН от оптимальной величины содержание остаточного алюминия повышается, что увеличивает риск угрозы здоровью человека.

Вследствие того, что соединения алюминия имеют свойство накапливаться в организме человека, была определена величина риска для здоровья человека при постоянном употреблении воды в течение от 5 до 70 лет. Величина риска угрозы здоровью человека увеличивается в 6-12 раз при употреблении воды, содержащей соединения алюминия, в течение 30 лет, при условии даже незначительного

4. Уточнено взаимное влияние факторов, таких как: оптимальная величина рН, эффект «проскальзывания», концентрация взвешенных веществ (эффект Паллмана), исходная доза коагулянта, степень гидролиза коагулянта на остаточное содержание соединений алюминия в воде.

5. Установлена зависимость соотношения степени седиментации частиц к остаточной концентрации соединений металлов характеризующаяся параметром, обратно пропорциональным времени нахождения обрабатываемой воды в технологическом процессе.

6. Экспериментальным путем установлена зависимость скорости процесса очистки воды от соединений железа от температуры в диапазоне температур 80-93,5 °С, характерных для сточных вод предприятия.

7. Получена зависимость растворимости соединений алюминия в воде от значения рН при разных температурах от 10 °С до 30 °С. Увеличение концентрации соединений алюминия наблюдается при понижении температуры на 10 °С в 1,4 раза, при снижении на 20 °С – в 3,6 раза при одинаковом значении рН.

8. Обоснована целесообразность изменения применяемого в настоящее время технологического процесса подготовки питьевой воды – применение концентрированного коагулирования путем введения его в байпасный поток параллельно основному потоку обрабатываемой воды при минимальном изменении состава очистных сооружений, что позволит повысить экологическую безопасность с минимальными экономическими затратами. Это позволит снизить остаточные концентрации соединений алюминия на 18-22 %.

9. Обосновано рациональное соотношение распределения потоков обрабатываемой воды между основным и байпасным каналом, которое составляет соответственно, 80 : 20 .

10. Определена величина предотвращенного ущерба окружающей среде от загрязнения водных объектов соединениями алюминия, которая составила 10 рос. руб./1 тыс. м³ в год, а при условии годового сброса 16 млн м³ сточных вод – 160 тыс. рос. руб. в год (на примере г. Макеевки).

11. Определена величина риска для здоровья населения при употреблении воды, содержащей соединений алюминия, в течение жизни. Установлено, что величина риска угрозы здоровью человека увеличивается в 6-12 раз при употреблении воды в течение 30 лет, при условии даже незначительного отклонения величины рН (0,5-1,0 ед.) от оптимального значения.

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

- публикации в специализированных научных изданиях, рекомендованных МОН Украины:

1. Высоцкий, С.П. Особенности поведения тяжелых металлов в водных растворах и удаления соединений железа из сточных вод [Текст] / С.П. Высоцкий, **Т.И. Степаненко** // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. Вып. 84. ГВУЗ «Приднепр. гос. академии стр-ва и архитектуры». – Днепропетровск: ЧМП «Экономика», 2015. – С. 61-66. *(Исследовано влияние оптимального значения рН на растворимость тяжелых металлов при очистке воды)*

2. Высоцкий, С.П. Осаждение металлов из сточных вод [Текст] / С.П. Высоцкий, **Т.И. Степаненко** // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури: зб.

наук. пр. / Донбас. нац. акад.. буд-ва і архіт. – Макіївка: ДонНАБА, 2015. – Вип. 2015-5(115). – С. 75-81. (*Определены условия седиментации соединений железа из растворов в зависимости от концентрации кислоты и температуры раствора для снижения их концентрации в сточных водах*)

3. **Степаненко, Т.И.** Проблемы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов в промышленных центрах [Текст] / Т.И. Степаненко, В.Г. Ленский, И.А. Демидов // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. Вып. 71. Т.1. – Дн-вск, ПГАСА, 2013. – С. 205-209. (*Установлены условия процесса реагентной обработки сточных вод при pH 10,0 с последующей корректировкой до pH 7,5-8,0*)

4. **Степаненко, Т.И.** Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов реагентным методом с применением в качестве реагента извести [Текст] / Т.И. Степаненко // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: науково-виробничий збірник / ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ. – Горлівка, 2013. - № 1(16). – С. 165-171.

5. **Высоцкий, С.П.** Проблемы загрязнения питьевой воды соединениями алюминия, железа и меди [Текст] / С.П. Высоцкий, **Т.И. Степаненко** // Вестник Автомобильно-дорожного института Донецкого национального технического университета: международный научно-технический журнал / Автомобильно-дорожный институт ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет». – Горловка:, 2016. – Вып. № 1(18). – С. 96-104. (*Установлены зависимости влияния температуры обрабатываемой воды на остаточную концентрацию соединений алюминия в очищенной воде*)

- публикации в специализированных научных изданиях, рекомендованных МОН РФ:

1. **Степаненко, Т.И.** Усовершенствование схемы технологического процесса подготовки воды для снижения показателей риска угрозы здоровью человека [Текст] / Т.И. Степаненко // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии: научно-технический журнал / Юго-Западный государственный университет. – Курск, 2018. – № 4(24), 2018. – С. 64-70.

- публикации в других изданиях:

1. **Высоцкий, С.П.** Влияние различных факторов на растворимость металлов и степень удаления соединений железа из раствора [Электронный ресурс] / С.П. Высоцкий, **Т.И. Степаненко** // «Вестник Донецкого национального технического университета»: международный научно-технический журнал / ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет». – Донецк: Изд-во «Донецкая политехника», 2016. – Вып. № 1(1)'2016. – С. 21-26. Режим доступа: http://vestnik.donntu.org/dl/2016/01/vusotsky_1.pdf (*Получены зависимости влияния температуры раствора на условия осаждения соединений железа при очистке воды*)

2. **Степаненко, Т.И.** Влияние остаточного содержания алюминия в питьевой воде на безопасность жизнедеятельности населения [Текст] / Т.И. Степаненко // Вестник Луганского государственного университета им. Владимира Даля: научный журнал / Издательство Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – Луганск, 2016. – Вып. № 2 2016. – С. 128-131.

3. **Высоцкий, С.П.** Очистка сточных вод от тяжелых металлов [Текст] / С.П. Высоцкий, Д.И. Ермакова, **Т.И. Степаненко** // Научный вестник НИИГД «Респиратор»: науч.-техн. журн. – Донецк, 2017. - № 2(54). – С. 69-77. (*Получены*

зависимости остаточной концентрации железа, алюминия, меди, никеля от величины рН обрабатываемой воды)

4. **Высоцкий, С.П.** Проблемы очистки питьевой воды от соединений алюминия методом коагулирования [Текст] / С.П. Высоцкий, **Т.И. Степаненко** // Вестник Луганского национального университета им. Владимира Даля: научный журнал / Издательство Луганского национального университета имени Владимира Даля. – Луганск, 2017. – Вып. № 3 (5), Ч.2. 2017 – С. 165-168. *(Установлено влияние эффекта Паллмана на остаточную концентрацию алюминия в питьевой воде)*

5. **Высоцкий, С.П.** Удаление тяжелых металлов из сточных вод [Текст] / С.П. Высоцкий, **Т.И. Степаненко** // Донбас-2020: перспективи розвитку очима молодих вчених: Матеріали VII науково-практичної конференції Т.3. – Донецьк, ДонНТУ Міністерства освіти і науки України, 2014. – С. 95-98. *(Получены зависимости степени удаления железа, цинка, меди от их концентраций в сточных водах)*

6. **Степаненко, Т.И.** Анализ основных методов осаждения железа из сточных вод гидрометаллургических предприятий [Текст] / Т.И. Степаненко, С.П. Высоцкий // «Строительство и архитектура – 2015»: Современное состояние и перспективы развития инженерно-экологических систем: материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015. – С. 87-90. *(Проведен сравнительный анализ методов осаждения железа из сточных вод)*

7. **Степаненко, Т.И.** Анализ реагентных методов удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод [Текст] / Т.И. Степаненко, С.П. Высоцкий // «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»: сборник докладов IX Международной конференции аспирантов и студентов / ДонНТУ, ДонНУ. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2015. – С. 57-59. *(Проведен сравнительный анализ эффективности гидроксидного, сульфидного и фосфатного методов очистки сточных вод от ионов металлов)*

8. **Степаненко, Т.И.** Влияние условий обработки питьевой воды на состояние здоровья человека [Текст] / Т.И. Степаненко // «Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах»: материалы IV междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 1-2 дек. 2015 г.), посвящ. 55-летию строительного факультета и 85-летию БГИТУ. Т.1/Брян. гос. инженер.-технол. ун-т; ред. кол.: А.В. Городков, З.А. Мевлидинов, И.А. Кузовлева, Н.А. Самохова, М.А. Сенющенков. – Брянск, 2015. – С. 151-156.

9. **Степаненко, Т.И.** Особенности удаления ионов железа и меди из водных растворов [Электронный ресурс] / Т.И. Степаненко // «Образование, наука, производство»: материалы VII Международного молодежного форума. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. – С. 419-423. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25571455&>

10. **Степаненко, Т.И.** Влияние содержания соединений алюминия, железа и меди в питьевой воде на здоровье человека [Текст] / Т.И. Степаненко, С.П. Высоцкий // «Экологическая ситуация в Донбассе: проблемы безопасности и рекультивации повреждённых территорий для их экономического возрождения»: материалы Международной научно-практической конференции. – Т.1. – Москва: «Академия МНЭПУ», 2016. – С. 90-96. *(Проведен анализ влияния соединений алюминия в питьевой воде на безопасность населения)*

11. **Высоцкий, С.П.** Влияние показателя рН на растворимость соединений алюминия и меди в питьевой воде [Электронный ресурс] / С.П. Высоцкий, **Т.И. Степаненко** // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса: материалы второй

Межд. науч.-практ. конф., 26 мая 2016 г., Горловка. В 4т. – Т.4. – Горловка, АДИ ГОУВПО ДонНТУ, 2016. – С. 40-44. Режим доступа: <http://www.adidonntu.ru/node/1845> (*Получена зависимость влияния температуры обрабатываемой воды и pH на растворимость соединений алюминия*)

12. **Степаненко, Т.И.** Сравнительный анализ эффективности обработки воды с использованием различных коагулянтов [Текст] / Т.И. Степаненко, С.П. Высоцкий // «Строительство-2016»: материалы II Брянского междунар. инновац. форума (Брянск, 1 декабря 2016 г.). Т.2 / Брян. гос. инженер.-технол. ун-т и др.; ред. кол.: А.В. Городков, З.А. Мевлидинов, О.С. Потапенко, М.А. Сенющенков.– Брянск, 2016.– С. 118-121. (*Проведен сравнительный анализ эффективности обработки воды при использовании различных коагулянтов*)

13. **Степаненко, Т.И.** Проблемы очистки питьевой воды методом коагуляции [Текст] / Т.И. Степаненко, С.П. Высоцкий // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сборник докладов XI Международной конференции аспирантов и студентов / ДОННТУ, ДонНУ. – Донецк: ГОУ ВПО «ДОННТУ»; Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2017. – С. 11-14. (*Определены факторы, влияющие на повышение содержания алюминия в очищенной питьевой воде*)

14. **Степаненко, Т.И.** Проблемы улучшения экологического состояния поверхностных водоемов техногенных регионов [Текст] / Т.И. Степаненко // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: 13-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. В 2 т. Т.2: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – С. 49-55.

АННОТАЦИЯ

Степаненко Татьяна Ивановна. **Повышение экологической безопасности природных систем с использованием технологий очистки природных и сточных вод.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.19 – Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства. – Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». – Макеевка, 2019 г.

Диссертация посвящена повышению экологической безопасности водных объектов путем применения рациональной технологической схемы очистки природных и сточных вод.

В работе проанализированы факторы, оказывающие влияние на эффективность очистки воды методом коагулирования. Установлена причина повышения остаточных концентраций алюминия и железа в очищенной воде. Получены зависимости влияния времени седиментации и температуры обрабатываемой воды на эффективность удаления соединений железа. Обосновано влияние концентрационного напора на скорость седиментации соединений железа. Уточнено влияние таких факторов, как pH, тип коагулянта, гидродинамический режим работы очистных сооружений на процесс коагуляции загрязняющих веществ.

Предложена рациональная технологическая схема, позволяющая повысить экологическую безопасность водных объектов, основанная на применении

концентрированного коагулирования путем введения коагулянта в байпасный поток параллельно основному потоку обрабатываемой воды.

Экспериментально установлено рациональное соотношение распределения потоков обрабатываемой воды между основным и байпасным каналом для снижения остаточных концентраций соединений алюминия в обрабатываемой воде.

Результаты диссертационного исследования приняты предприятием КП «Компания «Вода Донбасса» в качестве составляющих комплекса мероприятий, формирующих модернизационный потенциал мощностей предприятия. Основные научные разработки автора используются в учебном процессе ГОУ ВПО «ДОННАСА» при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Техносферная безопасность».

Ключевые слова: экологическая безопасность, поверхностные водные объекты, возвратные воды, коагуляция, соединения алюминия, соединения железа, остаточная концентрация.

ANNOTATION

Stepanenko Tatyana. **Improving the environmental safety of natural systems using natural and wastewater treatment technologies.** – Manuscript.

Thesis for a Candidate of Technical Sciences degree. Specialty 05.23.19 – Ecological safety of construction and municipal facilities. – STATE EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION "DONBAS NATIONAL ACADEMY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE". – Makeyevka, 2019.

The thesis is devoted to improving the environmental safety of water resources through the use of a rational technological scheme for the treatment of natural and waste waters.

The paper analyzes the factors that influence the efficiency of water purification by the coagulation method. The reason of the increase in residual concentrations of aluminum and iron in purified water has been established. The dependences of the effect of sedimentation time and the temperature of the treated water on the removal efficiency of iron compounds are obtained. The effect of concentration v_{im} on the rate of sedimentation of iron compounds is substantiated. The influence of factors such as pH, type of coagulant, hydrodynamic mode of operation of sewage treatment plants on the process of coagulation of pollutants has been clarified.

A rational technological scheme has been proposed, which allows improving the environmental safety of water bodies based on the use of concentrated coagulation by introducing coagulant into the bypass stream parallel to the main stream of treated water.

A rational relationship of the treated water distribution flows between the main and bypass channels was experimentally established to reduce the residual concentrations of aluminum compounds in the treated water.

The results of the dissertation research are accepted by the enterprise KP "Company" Water of Donbass" as components of a set of activities that form the modernization potential of the enterprise. The main scientific developments of the author are used in the educational process of DONNACEA in the preparation of bachelors and masters (direction "Technosphere safety").

Keywords: environmental safety, surface water bodies, return water, coagulation, aluminum compounds, iron compounds, residual concentration.