

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 628.316

ГРУЗИНОВА
Валерия Леонидовна

**ОЧИСТКА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД
ЛОКОМОТИВНЫХ ДЕПО С ПРИМЕНЕНИЕМ КОАГУЛЯНТОВ
И ОТХОДОВ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.23.04 – Водоснабжение, канализация,
строительные системы охраны водных ресурсов

Минск, 2014

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете.

Научный руководитель – **Романовский Валентин Иванович**, кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения Белорусского национального технического университета

Официальные оппоненты: **Байков Валентин Иванович**, доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией мембранного массопереноса института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси

Житнев Борис Николаевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» учреждения образования «Брестский государственный технический университет»

Оппонирующая организация – Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

Защита состоится 17 июня в 15⁰⁰ часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.05.10 при Белорусском национальном техническом университете: 220027, г. Минск, проспект Независимости, 65, корп. 1, а. 202, телефон ученого секретаря (017)265-97-29.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан мая 2014 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
к. т. н., доцент



Нестеров Л.В.

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь функционируют 16 локомотивных депо, в результате производственной деятельности которых образуются нефтесодержащие сточные воды, особенностью которых является наличие компонентов дизельного топлива, моторных и трансмиссионных минеральных масел, топочного мазута, смазочно-охлаждающих жидкостей. Попадая в воду, они образуют эмульсии и коллоидные растворы, наиболее эффективным методом удаления которых является физико-химический, в связи с чем в составе очистных сооружений локомотивных депо в качестве основных элементов присутствуют коагуляционная обработка и фильтрование. Но использование при этом низкоактивных по отношению к нефтепродуктам материалов, в частности сульфата алюминия и древесной стружки, является причиной низкого качества очистки и повышенного содержания нефтепродуктов в очищенной сточной воде.

Одним из важнейших направлений ресурсосберегающей деятельности является эффективное использование отходов производства, что даёт возможность более рационально использовать материальные ресурсы, сократить объёмы отходов производства, значительно снизить расход сырья и материалов. Поиск и внедрение в технологию очистки воды материалов на основе отходов производств, обладающих высокой активностью по отношению к извлекаемым нефтепродуктам, определяет необходимость и актуальность проведения исследований, результаты которых позволят научно обосновать возможность и подтвердить эффективность их использования.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами. Тема диссертации включена в утверждённые научные планы Белорусского национального технического университета и соответствует приоритетному направлению фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь в области экологической безопасности и охраны окружающей среды (Приоритетные направления фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2006–2010 и 2011–2015 годы: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17.05.2005 № 512), а также государственным программам:

– государственной программе по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода» на 2011–2015 г., утвержденной Советом Министров Республики Беларусь от 15 сентября 2011 г. № 1234;

– постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 19 июня 1998 г. № 965 «О мерах по усилению работы по реализации энергосберегающей политики в республике»;

– государственной комплексной программе модернизации основных производственных фондов Белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличении доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов в 2006–2010 годах, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь от 25 августа 2005 г. № 399.

Работа выполнена на кафедре «Водоснабжение и водоотведение» Белорусского национального технического университета в рамках госбюджетных, хозяйственно-договорных и научно-исследовательских работ: ГБ 06–237 «Совершенствование систем городского водного хозяйства», 2010 г.; ХДТ № 2429 «Исследование методов очистки и способов утилизации отходов нефтесодержащих сточных вод предприятий железнодорожного транспорта», 2001 г.; ХДТ № 5063 «Исследование эффективности применения оксихлорида алюминия и полимерного сорбента для очистки нефтесодержащих сточных вод локомотивного депо Лунинец», 2007 г.; НИР № 2945 «Исследование состояния экологической безопасности на железнодорожном транспорте и разработка нормативных документов и рекомендаций по сокращению выбросов вредных веществ», 2003 г., номер госрегистрации 2003854; НИР № 3311 «Разработка нормативной базы по проведению энергоаудита и расчету эффективности энергосберегающих мероприятий на предприятиях локомотивного хозяйства Белорусской железной дороги», 2004 г., номер госрегистрации 20042209; НИР № 3939 «Исследование состояния экологической безопасности на железнодорожном транспорте и разработка рекомендаций по сокращению выбросов вредных веществ», 2005 г., номер госрегистрации 20053422.

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы является повышение эффективности очистки нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо с применением коагулянтов и отходов синтетических материалов.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- обследовать очистные сооружения локомотивных депо Республики Беларусь и выявить причины их неудовлетворительной работы;
- проанализировать работу узла физико-химической очистки сточных вод локомотивных депо с применением коагулянтов и фильтрующих материалов;
- проанализировать закономерности обработки воды алюминий содержащими коагулянтами;
- установить свойства агрегата, полученного путем смешения диспергированных отработанных ионообменных смол, для оценки возможности его использования в качестве реагента при удалении нефтепродуктов;

– установить характеристики обрезков нити полипропиленовой для обоснования возможности их применения в качестве фильтрующего материала при извлечении нефтепродуктов из сточных вод;

– определить эффективность использования гидроксохлорида алюминия, агрегата из отработанных ионообменных смол и обрезков нити полипропиленовой в системах очистки нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо и установить параметры технологического режима очистки воды с их применением;

– на основании результатов экспериментальных исследований установить зависимости, которые позволят определять технологические параметры коагуляционной очистки и фильтрования нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо.

Объектом исследования являются очистные сооружения нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо.

Предмет исследования – технологический процесс реагентной обработки и фильтрования нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо.

Положения, выносимые на защиту.

1. Результаты исследований применения отходов отработанных ионообменных смол в качестве реагента для удаления нефтепродуктов из сточных вод.

2. Результаты экспериментальных исследований характеристик обрезков полипропиленовой нити и технологические параметры процесса фильтрования при использовании их в качестве фильтрующего материала для очистки нефтесодержащих сточных вод.

3. Экспериментально установленный технологический режим коагуляционной очистки нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо с использованием гидроксохлорида алюминия.

4. Закономерности, позволяющие определить технологические параметры коагуляционной очистки сточных вод с использованием гидроксохлорида алюминия и фильтрования с применением обрезков нити полипропиленовой.

Личный вклад соискателя. Под руководством научного руководителя диссертантом обосновано научно-практическое направление исследований, поставлена цель, сформулированы задачи и определены методы проведения исследований. Выводы по диссертационной работе базируются на результатах теоретических и экспериментальных исследований, проведенных автором лично. При непосредственном участии автора на основе комплексного подхода разработаны рекомендации по применению гидроксохлорида алюминия и обрезков нити полипропиленовой в системах очистки нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо, осуществлено внедрение в производство предлагаемой технологии очистки и проведены опытно-промышленные испытания использова-

ния образующихся в процессе очистки воды отходов при производстве строительной поризованной керамики.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса», г. Гомель, 2003; VIII-ой Республиканской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Архитектура, строительство, транспортные коммуникации. Аграрно-технические и аграрно-инженерные науки», г. Минск, 2003; 65-ой международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта», г. Днепропетровск, 2006; международной научно-практической конференции «Экологическая безопасность и энергосбережение на транспорте», г. Гомель, 2006; 3-ей международной научно-практической конференции «Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура», г. Мозырь, 2007; 7-ой международной научно-технической конференции «Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии», г. Гродно, 2007; международной научно-практической конференции «Техника и технологии: инновации и качество», г. Барановичи, 2007; 4-ой международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности», г. Санкт-Петербург, 2007; 4-ой международной научно-практической конференции «Проблемы безопасности на транспорте», г. Гомель, 2007; 4-ой международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития транспортных систем в условиях реформирования железнодорожного транспорта: управление, экономика и технологии», г. Киев, 2008; 1-ой международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и охраны труда», г. Курск, 2009; 2-ой Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и охраны труда», г. Курск, 2010; международной научно-практической технической конференции «Инновационные факторы развития Транссиба на современном этапе», г. Новосибирск, 2012; II международной научно-практической конференции «Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды», г. Гомель, 2012; III конференции молодых ученых по общей и неорганической химии, г. Москва, 2013; II международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы экономики строительства и городского хозяйства», г. Минск, 2013, а также на научном собрании факультета энергетического строительства Белорусского национального технического университета.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано:

- 8 статей в рецензируемых научных изданиях и журналах, включенных в перечень ВАК Беларуси, что соответствует 3,79 авторского листа;
- 11 статей в материалах и сборниках научных конференций, что соответствует 1,77 авторского листа;
- 7 – в сборниках тезисов докладов, что соответствует 0,75 авторского листа;
- рекомендации по применению гидроксохлорида алюминия и полимерного сорбента в системах очистки нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо, утвержденные приказом Управления Белорусской железной дороги № 322НЗ от 02.05.2007. Объем материалов соответствует 0,5 авторского листа;
- акт внедрения результатов исследований по применению гидроксохлорида алюминия и нити полипропиленовой в систему очистки нефтесодержащих сточных вод локомотивного депо Лунинец;
- акт промышленных испытаний формования образцов кирпича с использованием осадка, образующегося при очистке сточных вод локомотивных депо от нефтепродуктов предварительно измельченными отработанными ионообменными смолами АВ-17 и КУ-2;
- акт внедрения результатов исследований в учебный процесс;
- патент на изобретение способа очистки сточных вод от нефтепродуктов;
- заявка на изобретение способа разложения смазочно-охлаждающих жидкостей.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из перечня условных обозначений, введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 205 страницах машинописного текста и включает 37 иллюстраций на 18 страницах, 31 таблицу на 11 страницах, 4 приложения на 45 страницах, 242 источника использованной литературы и перечень из 29 опубликованных работ соискателя.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассмотрены особенности состава нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо и основные факторы, влияющие на извлечение нефтепродуктов из сточных вод. Выполнен анализ состава нефтесодержащих сточных вод десяти локомотивных депо Республики Беларусь, анализ методов очистки сточных вод от нефтепродуктов, оценка эффективности работы очистных сооружений локомотивных депо.

В результате выполненного литературного обзора установлено, что наиболее эффективные коагулянты – основные соли, в частности, гидроксохлорид алюминия (ГОХА). Исследования по его применению для очистки сточных вод

локомотивных депо до настоящего времени не проводились, в связи с чем необходимым является теоретическое обоснование преимуществ использования ГОХА по сравнению с сульфатом алюминия, применяемым в настоящее время в системах очистки нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо, и установление параметров коагуляционной обработки с его использованием.

Основными факторами, влияющими на скорость коагуляции, являются степень диссоциации и гидролиза реагента, ионная сила раствора I , активная концентрация a и коэффициент активности раствора γ . При диссоциации сульфата алюминия образуется ион алюминия, а формирование нерастворимого гидроксида алюминия происходит после трех ступеней гидролиза. Гидроксохлорид алюминия при диссоциации распадается на ионы с образованием ядра $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, способного адсорбировать загрязняющие вещества, а формирование нерастворимого гидроксида алюминия протекает по одной ступени.

Степень диссоциации зависит от энергии взаимодействия ионов электролита между собой E , величина которой может быть вычислена по основному закону электростатики. Поскольку взаимодействие между ионами ГОХА ($E = 0,08 \cdot 10^{-29}$ Дж) почти в 7 раз меньше аналогичной величины для сульфата алюминия ($E = 0,53 \cdot 10^{-29}$ Дж), диссоциация ГОХА протекает полнее, его доза будет значительно меньше по сравнению с дозой сульфата алюминия, а эффективность очистки воды выше.

С понижением ионной силы раствора диссоциация электролита протекает полнее, активная концентрация и коэффициент активности возрастают, что объясняет повышенную коагулирующую способность электролита. К тому же известно, что меньшие коэффициенты активности наблюдаются при сильно гидратированных ионах, что отрицательно влияет на коагуляцию. По результатам расчетов установлены следующие параметры: $I_{\text{СА}}=0,0022$ моль/л, $I_{\text{ГОХА}}=0,00022$ моль/л, $a_{\text{СА}}=0,6 \cdot 10^{-4}$ моль/л, $a_{\text{ГОХА}}=2,1 \cdot 10^{-4}$ моль/л, $\gamma_{\text{СА}}=0,41$, $\gamma_{\text{ГОХА}}=0,957$. Меньшая ионная сила и значительная активная концентрация ГОХА подтверждают более полную диссоциацию соли и ее высокую коагулирующую способность.

Кроме этого, на основании результатов теоретических исследований установлено, что ГОХА обладает более высокой коагулирующей способностью по следующим причинам:

- за счет сокращения ступеней гидролиза увеличивается скорость коагуляции, снижается концентрация ионов водорода и уменьшается влияние величины pH на процесс коагуляции;
- образование полимерных гидроксокомплексов повышает эффективность хлопьеобразования;
- коагулирующий ион $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, обладающий большим радиусом и меньшим зарядом, гидратируется в меньшей степени.

Отдельный интерес представляет использование реагентов, полученных из промышленных отходов, содержащих синтетические полимеры, значительное количество которых в настоящее время подвергается захоронению на полигонах промышленных и твердых коммунальных отходов. К таким отходам относятся отработанные синтетические ионообменные материалы, продолжительность использования которых ограничивается снижением обменной емкости и потерей формы (износ, растрескивание и др.). По составу и свойствам отработанные иониты подобны водорастворимым полиэлектролитам, используемым при очистке сточных вод, поэтому при условии получения на их основе материалов с определенными коллоидно-химическими свойствами они могут рассматриваться в качестве перспективного сырья для получения продуктов, обладающих свойствами реагентов. В диссертационной работе предложено использовать отработанные ионообменные смолы станций водоподготовки ТЭЦ, в частности катионит КУ-2-8 и анионит АВ-17-8. Предварительно проведено их отдельное диспергирование и последующее смешение, в результате которого образуется агрегат, свойства которого на сегодняшний день не изучены.

В качестве фильтрующих материалов, обеспечивающих эффективное удаление нефтепродуктов из сточных вод, используют синтетические волокна, чаще на основе полипропилена. Республика Беларусь является крупнейшим производителем полимерных волокон, поэтому актуальным является расширение области применения выпускаемых материалов, что по сравнению с запуском нового производства может стать экономически выгодным решением. Кроме того, в технологическом процессе образуются обрезки, которые при наличии схожих свойств также могут использоваться в качестве фильтрующей загрузки. При этом решается актуальная на сегодняшний день проблема утилизации накопившихся отходов. В связи с этим в представленной работе впервые оценена возможность использования обрезков, образующихся при производстве нити полипропиленовой (ТУ РБ 00204056-078-94) на ОАО «СветлогорскХимволокно», для очистки нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо.

Во второй главе описаны методики экспериментальных исследований, позволившие определить состав и свойства агрегата из отработанных ионообменных смол, качественный состав сточных вод, характеристики фильтрующих материалов, свойства коагуляционного осадка, установить параметры процесса коагуляции и фильтрования с использованием предлагаемых материалов. Также приведено описание пакетов, с помощью которых выполнена статистическая обработка результатов исследований.

В третьей главе приводятся результаты исследований характеристик агрегата из отработанных ионообменных смол и обрезков нити полипропиленовой.

Для получения исследуемых агрегатов использовали несколько методов:

- непосредственное смешение диспергированных сухих ионитов, взятых в различных соотношениях, перед вводом в сточную воду;
- ввод в сточную воду предварительно подготовленной суспензии ионита с дистиллированной водой.

Установлено, что наиболее рыхлые хлопья образуются при вводе сухого агрегата при величине рН раствора равной 6,5–7,0. Эта величина наиболее характерна для нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо, что положительно отразится на эффективности их очистки. Максимальное уплотнение наблюдается у агрегата, взятого при соотношении компонентов 1:1 и образованного частицами с размерами: анионита – 50–250 мкм, катионита – менее 150 мкм. В связи с этим дальнейшие исследования проводились с фракцией ионитов менее 150 мкм при соотношении ионитов 1:1.

При увеличении соледержания раствора для агрегата в соотношении компонентов 1:1 рыхлость образующихся хлопьев уменьшается. Однако, поскольку нефтесодержащие сточные воды локомотивных депо отличаются незначительным соледержанием, это никак не отразится на эффективности их очистки.

Важной характеристикой скоагулированных хлопьев является удельная поверхность, величину которой можно использовать для установления структуры и свойств вещества. Методом БЭТ (Брунауэра, Эммета и Тейлора) установлено, что удельная поверхность агрегата составляет 28–40 м²/г и зависит от соотношения анионита и катионита при приготовлении агрегата. Величина удельной поверхности агрегата существенно выше, чем для исходных ионообменных смол (0,1–0,2 м²/г), следовательно, полученные частицы обладают развитой поверхностью.

Значимой характеристикой коагулянтов является величина заряда частицы в водной среде (дзета-потенциала). При измельчении ионитов для получения агрегатов происходит активация, и абсолютное значение дзета-потенциала увеличивается до 100 мВ (например, значение дзета-потенциала для частиц Fe(OH)₃, получаемых в результате гидролиза коагулянта FeCl₃, составляет около минус 50 мВ).

Для определения сорбционной емкости находили величину полной статической обменной емкости агрегатов по ионам меди и хлора, а также по ионам органических красителей. Методом потенциометрического титрования установлено, что полная статическая обменная емкость (ПСОЕ) измельченного отработанного катионита по Cu²⁺ составляет 2,53 ммоль-экв/г, отработанного анионита АВ-17-8 по Cl⁻ – 0,87 ммоль-экв/г.

Полученные величины сорбционной емкости отработанных измельченных ионитов для красителей весьма значительны, что позволяет использовать их для очистки окрашенных сточных вод. ПСОЕ агрегата по красителям (604 мг/г) на 18% превышает значение для измельченного анионита АВ-17-8 (513 мг/г). Это

обусловлено механическим связыванием частиц красителя в структуру агрегата. По сравнению с сорбционной емкостью исходных ионитов (18 мг/г) сорбционная емкость агрегата по красителям повышается до 34 раз, что обусловлено увеличением доступности функциональных групп ионитов в процессе диспергирования. Изотерма сорбции по красителю, на примере красителя цибакона суперчерного R, макромолекула которого имеет отрицательный заряд, представлена на рисунке 1. На рисунке 2 представлены кривые кинетики сорбции красителя.

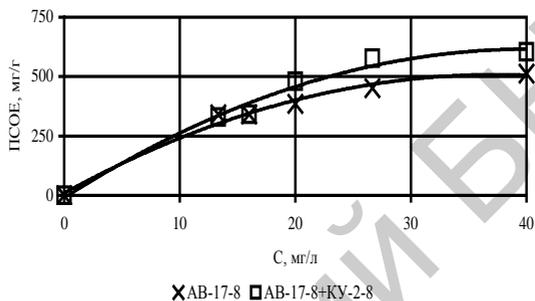


Рисунок 1 – Изотерма сорбции красителя цибакона суперчерного R

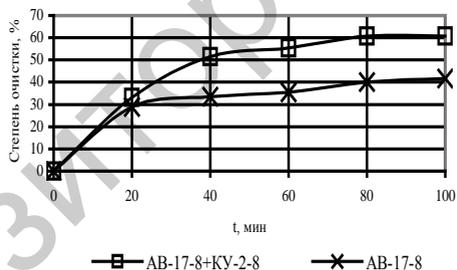


Рисунок 2 – Кинетика сорбции красителя цибакона суперчерного R

Термодеструкция агрегата представляет сложный многостадийный процесс. На кривых ТГА агрегата прослеживаются следующие стадии потери массы: удаление связанной влаги и сорбированных газов (до 160 °С), удаление азотсодержащих соединений (в интервале 50–210 °С и 210–320 °С), удаление углеводов в результате деструкции углеводородной матрицы (320–620 °С).

По данным элементного анализа в исследуемом агрегате содержание азота составляет 2,1%, серы – 6,4%. При термодеструкции исследуемого агрегата до 8 мас.% азота от исходного содержания остается в твердом остатке. Сера из отработанного катионита удаляется до 60% от исходного содержания во всем исследуемом диапазоне температур. Общая потеря массы составляет 89% при

температуре не менее 710 °С. В процессе термообработки наблюдается спекание и разрушение гранул, что свидетельствует о деструкции полимерной матрицы и уменьшении степени ее сшивки.

Диспергированные ионообменные смолы могут использоваться для разложения отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). При дозе агрегата 1 г/л эффективность разделения СОЖ составляет 98%.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что исследуемый агрегат представляет перспективный материал для использования в качестве реагента в процессах очистки сточных вод от растворенных и взвешенных минеральных и органических соединений.

Далее экспериментально установлены характеристики исследуемых фильтрующих материалов и технологические параметры фильтрования нефтесодержащих сточных вод. В диссертационной работе для возможности проведения сравнительного анализа изучены четыре полипропиленовых образца. Образцы № 1, 2 и 3 являются промышленно выпускаемыми неткаными фильтрующими материалами для извлечения нефтепродуктов. Образец № 4 – обрезки, образующиеся при производстве нити полипропиленовой (ТУ РБ 00204056–078–94). Установленные характеристики образцов представлены в таблице 1. Анализ полученных данных показал, что обрезки нити полипропиленовой обладают схожими характеристиками с промышленно выпускаемыми фильтрующими материалами, что позволило обосновать возможность их использования в качестве загрузки фильтров.

Таблица 1 – Характеристики исследуемых образцов

| Свойства материала | Образец №1 | Образец №2 | Образец №3 | Образец №4 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Объемная плотность, кг/м ³ | 50–100 | 100–150 | 100–200 | 100–200 |
| Общая пористость, % | 89–94 | 83–89 | 78–89 | 78–89 |
| Средний диаметр волокон, мкм | 5–25 | 10–25 | 25–100 | 10–120 |
| Отношение к воде | Гидрофобен | Гидрофобен | Гидрофобен | Гидрофобен |
| Удельная поверхность волокон, м ² /кг | 96 | 93 | 76 | 75 |

Дальнейшие исследования проводились в лабораторных условиях на производственных сточных водах локомотивного депо Гомель. На основании полученных результатов установлены основные фильтрующие свойства обрезков нити полипропиленовой:

– максимальный удельный объем сточной воды, при котором обеспечивается эффективное извлечение нефтепродуктов (на уровне 70%), составляет 8 л/г.

Полученная зависимость описывается функцией полинома третьей степени с достоверностью 99%;

– грязеемкость материала по нефтепродуктам составляет 51 мг/г.

Установлена возможность регенерации отработанной фильтрующей загрузки (обрезков нити полипропиленовой) путем ее промывки водой с температурой 70 °С в объеме 1,5% от объема очищенной воды. Грязеемкость материала по нефтепродуктам после регенерации снижается на 30% и составляет 36 мг/г.

В четвертой главе проведены экспериментальные исследования по очистке нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо с применением коагулянтов и отходов синтетических материалов. Для подтверждения эффективности замены сульфата алюминия на ГОХА, а также эффективности применения агрегата из диспергированных отработанных ионообменных смол в лабораторных условиях установлены свойства образующегося осадка (таблица 2), технологические параметры коагуляции (для сульфата алюминия и ГОХА) (таблица 3), режимы реагентной обработки сточных вод (таблица 4).

Таблица 2 – Структура и свойства образовавшегося осадка

| Характеристики осадка | Сульфат алюминия | Гидроксохлорид алюминия | Агрегат |
|--|---------------------|-------------------------|-----------------------|
| Время начала хлопьеобразования, мин | 0,25–0,33 | 0,08–0,17 | – |
| Размер хлопьев, мм | 0,5–1,5 | 1–4 | 2–4 |
| Гидравлическая крупность хлопьев, мм/с | 0,6–0,9 | 1,5–4 | 4–6 |
| Продолжительность полного осаждения хлопьев, мин | 125–230 | 67–72 | 15 |
| Объем осадка после полного осаждения хлопьев, % | 6–18 | 3–15 | 6–8 |
| Уменьшение объема осадка после суточного уплотнения, % | 10–15 | 15–20 | 30 |
| Влажность осадка, % | 99,6 | 99,3 | 99,6 |
| Плотность осадка, кг/м ³ | 944 | 981 | 912 |
| Зольность осадка, % | 54,2 | 48,0 | 11,0 |
| Концентрация осадка, кг/м ³ | 3,8 | 5,7 | 3,7 |
| Удельное сопротивление осадка фильтрованию, см/г | 33·10 ¹⁰ | 35·10 ¹⁰ | 0,68·10 ¹⁰ |

При использовании механического перемешивания агрегата со сточной водой наблюдается разрушение образовавшихся при вводе хлопьев. Их гидравлическая крупность составляет 0,1–0,5 мм/с, что не позволяет им оседать в течение длительного времени. Эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов при этом составила 3–18%. В связи с этим дальнейшие исследования проводили

с использованием мерных цилиндров вместимостью 250 мл. Сточную воду с определенной концентрацией нефтепродуктов помещали в цилиндры, а затем в каждый из них добавляли агрегат. Затем сточную воду перемешивали с реагентом опрокидыванием цилиндров. Отстаивание осуществлялось в течение времени от 0 до 24 часов, в течение которого отбирались пробы воды для определения остаточной концентрации нефтепродуктов.

Таблица 3 – Технологические параметры коагуляции

| Стадия коагуляции | Скорость вращения мешалки, n , мин ⁻¹ | Угловая скорость вращения, ω , с ⁻¹ | Линейная скорость движения, v , м/с | Продолжительность стадии t , мин | Градиент скорости, G , с ⁻¹ | Критерий Кэмпбелла, Gt |
|--------------------------|--|---|---------------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|
| молекулярно-кинетическая | 300 | 31,4 | 0,8 | 0,5 | 200 | 6 000 |
| градиентная | 60 | 6,3 | 0,2 | 5 | 20 | 6 000 |
| | | | | 10 | | 12 000 |
| | | | | 15 | | 18 000 |

Таблица 4 – Параметры реагентной обработки сточных вод

| Параметр | Сульфат алюминия | Гидроксохлорид алюминия | Агрегат |
|---|------------------|-------------------------|---------|
| Доза реагента, мг/л | 53 | 21 | 2000 |
| Время хлопьеобразования, мин | 10 | 10 | – |
| Время отстаивания, мин | 60 | 60 | 60 |
| Начальная концентрация нефтепродуктов, мг/л | 9,5 | 7,8 | 10,1 |
| Конечная концентрация нефтепродуктов, мг/л | 5,0 | 0,5 | 1,1 |
| Начальная концентрация взвешенных веществ, мг/л | 24,80 | 19,49 | – |
| Конечная концентрация взвешенных веществ, мг/л | 5,03 | 0,27 | – |
| Эффективность очистки от нефтепродуктов, % | 47 | 93 | 88 |
| Эффективность очистки от взвешенных веществ, % | 80 | 98 | – |
| Начальное содержание ионов алюминия, мг/л | 0,11 | 0,012 | – |
| Конечное содержание ионов алюминия, мг/л | 10,8 | 0,157 | – |
| Начальная величина рН | 7,35 | 8,90 | – |
| Конечная величина рН | 5,45 | 7,05 | – |

Для подтверждения эффективности применения обрезков нити полипропиленовой проведены экспериментальные исследования в производственных условиях на очистных сооружениях локомотивного депо Лунинец, в котором используются трехкассетные безнапорные фильтры с восходящим движением воды. При проведении эксперимента изменяли скорость фильтрования (3,5, 6 и 10 м/ч), плотность укладки материала (25, 50 и 65 кг/м³), высоту фильтрующей загрузки (0,5, 1, 1,5 м). В каждом случае определяли содержание нефтепродуктов и взвешенных веществ в фильтрате.

В результате установлено, что при совместной очистке сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ эффективными параметрами процесса фильтрования являются: плотность укладки материала 65 кг/м³; скорость фильтрования 3,5 м/ч; высота загрузки 1,5 м. Эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов при этом составляет 82%, от взвешенных веществ – 91%.

На рисунках 3–5 представлены графические зависимости, отражающие эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов.

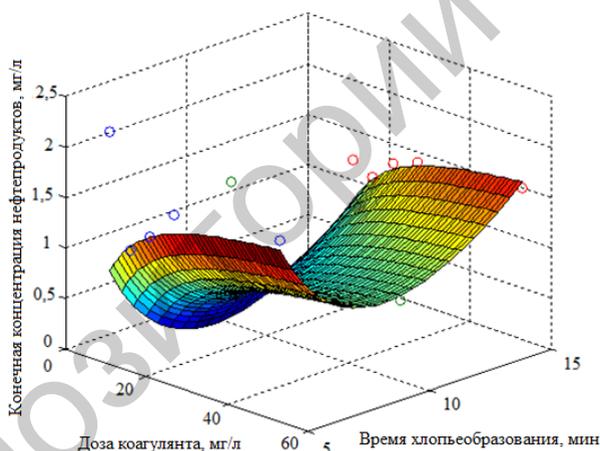


Рисунок 3 – Эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов гидроксохлоридом алюминия

На основании экспериментальных данных получены уравнения, описывающие процессы коагуляционной обработки воды гидроксохлоридом алюминия (1) и фильтрования (2) и являющиеся статистически значимыми на уровне 95%.

$$C_k = -10,97 \cdot D^{-1} + 16,13 \cdot T_x^{-1} + 0,01 \cdot T_x^2 + 4,93 \cdot T_o^{-1} - 1,67; \quad (1)$$

$$C_k = 13,4 - 3,8 \cdot H_3 - 0,15 \cdot C_n - 0,05 \cdot \rho_y + 0,4 \cdot v_{\phi}. \quad (2)$$

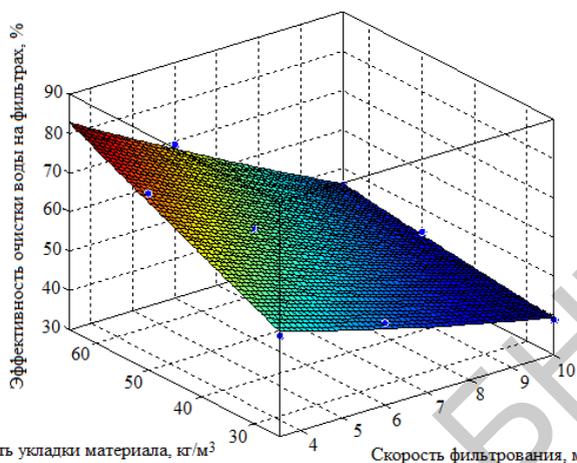


Рисунок 4 – Эффективность очистки сточной воды от нефтепродуктов при высоте слоя обрезков нити полипропиленовой 1,5 м

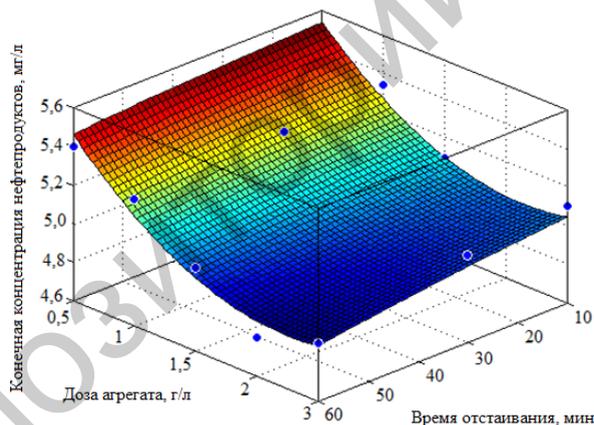
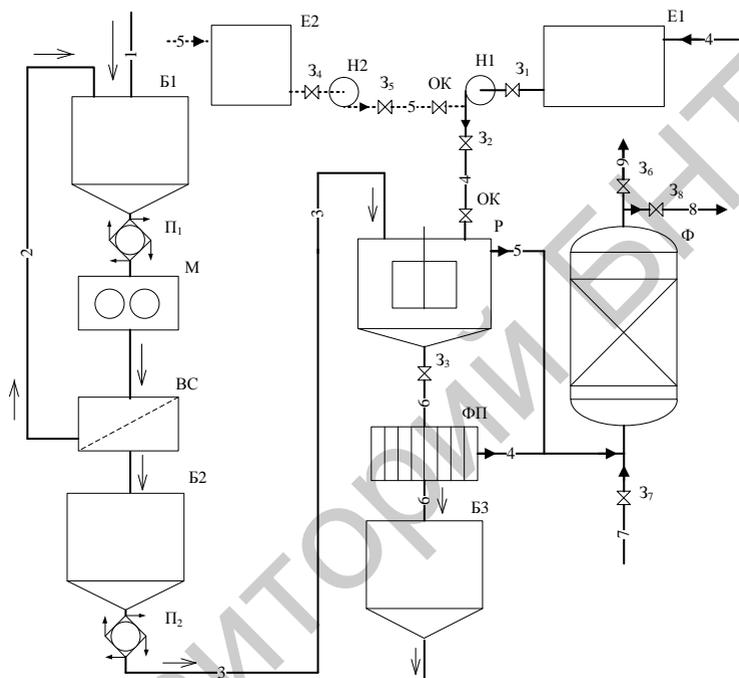


Рисунок 5 – Эффективность очистки сточной воды от нефтепродуктов при вводе агрегата в виде суспензии

В пятой главе разработана технология очистки нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо с использованием предлагаемых материалов (рисунок 6).

Выполнена оценка экономической эффективности внедрения технологии очистки сточных вод локомотивных депо от нефтепродуктов по двум вариантам: первый предполагает использование в качестве реагента предварительно

измельченных отработанных ионообменные смол, второй – гидроксохлорида алюминия. В качестве фильтрующего материала в обоих случаях использовали обрезки нити полипропиленовой. Сравнение технико-экономических показателей приведено в таблице 5 (в ценах на 01.02.2013 г.).



Б1 – бункер с отработанным иононом; П₁, П₂ – питатель; М – мельница планетарная; ВС – вибросито; Б2 – бункер с измельченными ионитами; Е1 – промежуточная емкость; Е2 – емкость с гидроксохлоридом алюминия; Б3 – бункер сбора осадка после реагентной обработки; Р – реактор смешения; Н1 – насос; Н2 – насос-дозатор; Ф – фильтр; ФП – фильтр-пресс; З₁₋₈ – задвижка; ОК – обратный клапан; 1 – отработанные иониты; 2 – возврат диспергированных ионитов на повторный помол; 3 – диспергированные иониты; 4 – сточная вода; 5 – гидроксохлорид алюминия; 6 – осадок после реагентной обработки; 7 – горячая вода на регенерацию; 8 – очищенная вода; 9 – отвод воды после регенерации фильтра

Рисунок 6 – Схема технологического процесса очистки сточных вод локомотивных депо от нефтепродуктов

Таблица 5 – Сравнение технико-экономических показателей

| Показатели | Вариант 1 | Вариант 2 |
|---|-----------|-----------|
| Обработано сточных вод, м ³ /год | 12500 | 12500 |
| Использовано отходов, т/год | 25,096 | 0,096 |
| Капитальные вложения, млн. руб | 270,5 | 193,2 |
| Текущие расходы, млн. руб/год | 60,5 | 51,5 |
| Снижение платежей, млн. руб/год | 11,4 | 11,4 |
| Экономический результат, млн. руб./год | 136,9 | 145,9 |
| Экономическая эффективность, руб./руб. | 0,5 | 0,8 |
| Чистый дисконтированный доход, млн. руб | 488,8 | 521,0 |
| Внутренняя норма доходности, % | 36,5 | 32,5 |
| Индекс прибыльности | 1,8 | 2,7 |
| Срок окупаемости, лет | | |
| простой | 2,0 | 1,3 |
| динамический | 3,0 | 1,8 |

Таким образом, можно сделать вывод, что внедрение предлагаемых технологий является экологически и экономически эффективным: ЧДД – больше нуля; внутренняя норма доходности – более нормативной ставки дисконтирования и индекс доходности – более 1.

Осуществлено внедрение результатов исследований (ГОХА и обрезков нити полипропиленовой) в систему очистки сточных вод локомотивного депо Лунинец, что позволило обеспечить концентрацию нефтепродуктов в очищенных сточных водах не выше допустимого значения при сбросе сточных вод локомотивного депо в городскую сеть водоотведения г. Лунинец (0,6 мг/л).

Предложены варианты использования отходов, образующихся при очистке сточных вод локомотивных депо от нефтепродуктов. Осадок, образующийся при реагентной обработке сточных вод агрегатом, предлагается направлять на утилизацию в технологию производства поризованной строительной керамики в качестве выгорающей добавки взамен используемых в настоящее время древесных опилок. Прочность и морозостойкость образцов с осадком от реагентной обработки выше, чем образцов, изготовленных с применением исходной шихты, поскольку теплотворная способность осадка почти в 2 раза превышает таковую для опилок, что приводит к увеличению объема стекловидной фазы в образцах и положительно влияет на созревание черепка.

В качестве варианта утилизации отработанной фильтрующей загрузки предложен термический способ, так как при низкой стоимости материала целесообразно предусматривать дорогостоящие методы утилизации. Анализ результатов расчета показал, что при сжигании полипропилен является менее

опасным материалом по показателю удельного образования диоксида азота (в 6,5 раз) и оксида углерода (в 3,9 раза) в сравнении с каменным углем. При сжигании полипропилена не были обнаружены ни более токсичный формальдегид, ни уксусная кислота. Результаты расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе показали, что максимальные приземные концентрации по всем ингредиентам не превышают 1% от ПДК_{мр}, что удовлетворяет требованиям СанПиН № 11.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. На основании результатов анализа закономерностей коагуляционной обработки воды теоретически обоснованы существенные преимущества использования гидроксохлорида алюминия по сравнению с сульфатом алюминия. Установлены следующие характеристики электролитов, влияющие на эффективность коагуляционной очистки воды: энергия взаимодействия составных ионов, коэффициенты активности, ионная сила и активная концентрация растворов [2, 4, 5, 10–12, 14, 18].

2. Экспериментально установлены характеристики агрегата, полученного из диспергированных отработанных ионообменных смол, влияющие на эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов при использовании его в качестве реагента: оптимальное соотношении компонентов анионит : катионит 1:1; размер частиц агрегата менее 150 мкм; удельная поверхность образующихся хлопьев (28–40 м²/г); ПСОЕ по красителям (604 мг/г). Установлено, что наиболее рыхлые хлопья образуются при величине рН раствора равной 6,5–7,0 при увеличении соледержания раствора для агрегата 1:1 рыхлость образующихся хлопьев уменьшается. Использование агрегата для разделения СОЖ дало высокий эффект на уровне 98%. При термодеструкции агрегата до 8 мас.% азота от исходного содержания остается в твёрдом остатке. Сера из отработанного катионита удаляется до 60% от исходного содержания во всем исследуемом диапазоне температур. Общая потеря массы составляет 89% при температуре не менее 710 °С [7, 8].

3. Экспериментально установлены характеристики обрезков нити полипропиленовой, которые оказались сопоставимы с характеристиками промышленно выпускаемых фильтрующих материалов: диаметр волокон (10–120 мкм), общая пористость (78–89%), удельная поверхность волокон (75 м²/кг), объемная плотность (100–200 кг/м³), грязеемкость по нефтепродуктам (51 мг/г), гидрофобность. Это позволило обосновать возможность их использования в качестве за-

грузки фильтров при извлечении нефтепродуктов из сточных вод [5, 6, 15, 21, 22].

4. На основании результатов лабораторных исследований установлены параметры реагентной очистки нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо с использованием агрегата, полученного из диспергированных отработанных ионообменных смол, при которых обеспечивается удаление нефтепродуктов до 88%: доза реагента 2 г/л, время отстаивания 10 минут [7, 8, 28].

5. Установлены технологические параметры процесса коагуляционной обработки нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо с использованием гидроксохлорида алюминия, при которых обеспечивается максимальная эффективность очистки: градиент скорости при смешении коагулянта с водой 200 с^{-1} , градиент скорости на стадии хлопьеобразования 20 с^{-1} , время хлопьеобразования 10 минут, время отстаивания 60 минут, доза коагулянта 21 мг/л. Эффективность очистки сточных вод при этом составляет для взвешенных веществ 98%, для нефтепродуктов 93% [10, 11, 12, 27, 29].

6. Экспериментально установлены технологические параметры фильтрования нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо через слой обрезков нити полипропиленовой, при которых эффективность извлечения нефтепродуктов повышается до 82%, а взвешенных веществ до 91%: высота загрузки 1,5 м, плотность укладки материала 65 кг/м^3 , скорость фильтрования 3,5 м/ч [3, 4, 24, 27, 29].

7. На основании результатов экспериментальных исследований установлены закономерности, представленные в виде уравнений, позволяющие в зависимости от требований к качеству очищенных сточных вод определить параметры технологического режима реагентной обработки и фильтрования по предлагаемой технологии [13].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Предложенная технологическая схема очистки нефтесодержащих сточных вод с заменой сульфата алюминия на гидроксохлорид алюминия, а также древесной стружки на обрезки нити полипропиленовой внедрена на очистных сооружениях производственных сточных вод Транспортного РУП «Локомотивное депо Лунинец», что обеспечило снижение нагрузки на фильтры по нефтепродуктам на 34% и на выпуске в городскую сеть водоотведения на 24%.

2. Разработанные автором «Рекомендации по применению оксихлорида алюминия и полимерного сорбента в системах очистки нефтесодержащих сточных вод» утверждены приказом Управления Белорусской железной дороги № 322НЗ от 02.05.2007 и предназначены для проектирования и эксплуатации

систем очистки нефтесодержащих сточных вод на предприятиях железнодорожного транспорта Республики Беларусь.

3. Проведенные экспериментальные исследования показали возможность утилизации осадка от реагентной обработки сточных вод диспергированными ионитами в технологии производства поризованной строительной керамики на ОАО «Керамика».

4. Результаты экспериментальных исследований, отражающие технологические параметры режима коагуляционной обработки и фильтрования, могут быть использованы для интенсификации очистки нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо, что позволит использовать очищенную воду повторно и тем самым сэкономить значительные объемы воды.

5. Результаты исследований внедрены в учебный процесс студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов».

6. Результаты расчета эколого-экономических показателей эффективности двух вариантов очистки сточных вод локомотивных депо от нефтепродуктов (первый вариант – использование в качестве коагулянта предварительно измельченных отработанных ионообменные смол, второй вариант – гидроксохлорида алюминия), показали, что внедрение предлагаемых технологий является экологически и экономически эффективным: простой срок окупаемости составляет 2,0 и 1,3 года соответственно; динамический срок окупаемости – 3,0 и 1,8 года соответственно; ЧДД – больше нуля; внутренняя норма доходности – более нормативной ставки дисконтирования и индекс доходности – более 1.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в рецензируемых журналах

1. Воронин, А.Г. Применение синтетических нетканых материалов для очистки нефтесодержащих сточных вод / А.Г. Воронин, В.Л. Грузинова // Изв. Бел. инж. акад. – 2005. – №1(19). – С. 71–75.

2. Грузинова, В.Л. Исследование оптимальных режимов очистки нефтесодержащих сточных вод / В.Л. Грузинова // Строительная наука и техника. – 2007. – № 4(13). – С. 76–81.

3. Грузинова, В.Л. Вторичное использование отходов химической промышленности в системах очистки нефтесодержащих сточных вод / В.Л. Грузинова // Вест. Полоц. гос. ун-та. Серия F – Прикладные науки. Строительство. – 2007. – № 12. – С. 151–155.

4. Грузинова, В.Л. Интенсификация работы очистных сооружений нефтесодержащих сточных вод железнодорожных предприятий / В.Л. Грузинова // Вест. Брестского гос. ун-та – Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – 2008. – № 2(50). – С. 81–86.

5. Грузинова, В.Л. Энергоэкономическая эффективность способа очистки нефтесодержащих сточных вод / В.Л. Грузинова // Энергоэффективность. – 2011. – № 4. – С. 19–22.

6. Грузинова, В.Л. Оценка экологической опасности утилизации отработанных фильтрующих материалов очистных сооружений / В.Л. Грузинова // Строительная наука и техника. – 2011. – № 2 (35). – С. 73–76.

7. Романовский, В.И. Вододерживающие свойства агрегатов, полученных из отходов отработанных ионообменных смол / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2013. – №2. – С. 101–103.

8. Романовский, В.И. Поверхностные свойства агрегатов, полученных из отходов отработанных ионообменных смол / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2013. – №2. – С. 103–106.

Материалы конференций

9. Грузинова, В.Л. Использование сорбционных материалов при очистке сточных вод от нефтепродуктов / В.Л. Грузинова // Проблемы безопасности на транспорте: материалы III-ей междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 11–13 нояб., 2005 / Белорусский гос. ун-т тр-та; редкол.: В.И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2005. – С. 177–178.

10. Грузинова, В.Л. Повышение эффективности очистки нефтесодержащих сточных вод транспортных предприятий / В.Л. Грузинова // Техника и технологии: инновации и качество: материалы междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 23–24 нояб. 2007 г. / Барановичский гос. ун-т; редкол.: В.И. Кочурко [и др.]. – Барановичи, 2007. – С. 387–390.

11. Грузинова, В.Л. Удаление взвеси из сточных вод железнодорожных предприятий оксихлоридом алюминия / В.Л. Грузинова, Е.Л. Чирик // Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура: материалы III междунар. науч.-практ. конф., Мозырь, 26–27 сент. 2007 г. / Мозырский гос. пед. ун-т им. И.П. Шамякина; редкол.: В.В. Валетов [и др.]. – Мозырь, 2007. – С. 43–45.

12. Гаевская, Е.А. Совершенствование технологии очистки нефтесодержащих сточных вод железнодорожных предприятий / Е.А. Гаевская, Н.В. Тамкова, В.Л. Грузинова // Проблемы безопасности на транспорте: материалы IV между-

нар. науч.-практ. конф., Гомель, 15–16 нояб. 2007 г. / Белорусский гос. ун-т тр-та; редкол.: В.И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2007. – С. 188–190.

13. Серегина, В.С. Теоретические основы удаления нефтепродуктов оксихлоридом алюминия из производственных сточных вод локомотивных депо / В.С. Серегина, В.Л. Грузинова // Проблемы и перспективы развития транспортных систем в условиях реформирования железнодорожного транспорта: управление, экономика и технологии: материалы 4-ой междунар. науч.-практ. конф., Киев, 26–27 февр., 2008 / Гос. экон.-технол. ун-т тр-та; редкол.: В.К. Мироненко [и др.]. – Киев, 2008. – С. 254–255.

14. Грузинова, В.Л. Сравнительная оценка применения оксихлорида алюминия и сульфата алюминия при удалении нефтепродуктов из производственных сточных вод / В.Л. Грузинова, Т.Н. Волчкова // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: материалы I междунар. науч.-практ. конф., Курск, 15 мая 2009 г. / ГОУВПО «Курский гос. техн. ун-т»; редкол.: Л.В. Шульга [и др.]. – Курск, 2009. – С. 46–48.

15. Грузинова, В.Л. Изучение возможности применения отходов волокнистого полипропилена в качестве сорбента нефтепродуктов / В.Л. Грузинова, Е.С. Голодед // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: материалы I междунар. науч.-практ. конф., Курск, 15 мая 2009 г. / ГОУВПО «Курский гос. техн. ун-т»; редкол.: Л.В. Шульга [и др.]. – Курск, 2009. – С. 43–46.

16. Грузинова, В.Л. Повышение эффективности работы узла фильтрации нефтесодержащих сточных вод / В.Л. Грузинова, Е.И. Кондратьева // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды: материалы II междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 23 нояб., 2012 / Гомельский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды; редкол.: О.А. Акушко [и др.]. – Гомель, 2012. – С. 160–163.

17. Романовский, В.И. Оценка экономической эффективности применения промышленных отходов в технологии очистки сточных вод локомотивных депо от нефтепродуктов / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Актуальные вопросы экономики строительства и городского хозяйства: материалы II междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 апр., 2013 / Белорусский национальный технический университет; редкол.: С.А. Пелих, В.К. Липский. – Минск, 2014. – С. 307–313.

Статьи в сборниках

18. Грузинова, В.Л. Сравнительная оценка применения оксихлорида и сульфата алюминия при удалении взвешенных веществ из производственных сточных вод / В.Л. Грузинова // Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности: сборник трудов 4-ой междунар. науч.-практ.

конф., Санкт-Петербург, 2–5 окт. 2007 / СПб. гос. политехн. ун-т; под ред. А.П. Кудинова. – СПб., 2007. – С. 322–323.

19. Грузинова, В.Л. Оценка эффективности очистки нефтесодержащих сточных вод ремонтно-транспортных предприятий / В.Л. Грузинова, Т.Н. Волчкова // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сборник статей 2-ой междунар. науч.-практ. конф., Курск, 29–30 апреля 2010 г. / ГОУВПО «Курский гос. техн. ун-т»; редкол.: Л.В. Шульга [и др.]. – Курск, 2010. – С. 71–75.

Тезисы докладов

20. Тамкова, Н.В. Эффективность очистки нефтесодержащих сточных вод как результат применения качественной фильтрующей загрузки / Н.В. Тамкова, В.Л. Грузинова // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса: тезисы докладов междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 1–2 окт. 2003 г. / Белорусский гос. ун-т тр-та; редкол.: В.И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2003. – С. 209–211.

21. Воронин, А.Г. Некоторые особенности очистки нефтесодержащих сточных вод ремонтно-транспортных предприятий / А.Г. Воронин, В.Л. Грузинова // Архитектура, строительство, транспортные коммуникации. Аграрно-технические и аграрно-инженерные науки: тезисы докладов VIII Республ. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Минск, 9–10 дек. 2003 г. / Белорусский нац. техн. ун-т; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2003. – С. 105.

22. Грузинова, В.Л. Эффективность применения полимерных материалов в системе очистки нефтесодержащих сточных вод железнодорожных предприятий / В.Л. Грузинова // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: тезисы докладов 65-ой междунар. науч.-техн. конф., Днепропетровск, 11–12 мая 2006 г. / Днепропетровский нац. ун-т ж-д тр-та им. академика В. Лазаряна (ДИИТ); редкол.: С.В. Мямлин [и др.]. – Днепропетровск, 2006. – С. 239–240.

23. Тамкова, Н.В. Использование отходов химической промышленности в качестве сорбентов в системах очистки сточных вод / Н.В. Тамкова, В.Л. Грузинова // Экологическая безопасность и энергосбережение на транспорте: тезисы докладов междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 15–17 нояб., 2006 / Белорусский гос. ун-т тр-та; редкол.: В.М. Овчинников [и др.]. – Гомель, 2006. – С. 41–43.

24. Грузинова, В.Л. Сорбционная очистка сточных вод транспортных предприятий с применением отходов волокнистого полипропилена / В.Л. Грузинова // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: тезисы 7-ой междунар. науч.-техн. конф., Гродно, 27–28 сент., 2007 / ГНУ НИЦПР НАНБ; редкол.: А.И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 2007. – С. 144–145.

25. Грузинова, В.Л. Анализ работы узла фильтрования нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо Республики Беларусь / В.Л. Грузинова, Е.И. Кондратьева // Инновационные факторы развития Транссиба на современном этапе: тезисы докладов междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 29 нояб., 2012 / Сибирский государственный университет путей сообщения. – Новосибирск, 2012. – С. 77–79.

26. Грузинова, В.Л. Очистка сточных вод локомотивных депо от нефтепродуктов с использованием промышленных отходов / В.Л. Грузинова, В.И. Романовский // Тезисы докладов III конференции молодых ученых по общей и неорганической химии, Москва, 16 апр., 2013 / Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН. – Москва, 2013. – С. 27–28.

Патенты

27. Способ очистки сточных вод от нефтепродуктов: пат. 17387 Респ. Беларусь / Д.П. Комаровский, В.Л. Грузинова ; заявитель УО «Полоц. гос. ун-т». – № а 20111818 ; заявл. 26.12.11 ; регистр. 26.09.13.

28. Заяв. Способ разложения смазочно-охлаждающих жидкостей: Беларусь, МПК (2013) C10M 175/04 / В.И. Романовский, В.Н. Марцуль, В.Л. Грузинова; – № а20130927, заявл. 01.08.2013.

Работы, подтверждающие практическую значимость результатов

29. Рекомендации по применению оксихлорида алюминия и полимерного сорбента в системах очистки нефтесодержащих сточных вод: утв. приказом Управления Белорусской железной дороги Республики Беларусь № 322НЗ от 02.05.2007. – Минск, Упр. Бел. ж. д. РБ, 2007. – 11 с.

РЭЗІЮМЭ

Грузінава Валерыя Леанідаўна

Ачыстка нафтазмяшчальных сцёкавых вод лакаматыўных дэпо з ужываннем каагулянтаў і адходаў сінтэтычных матэрыялаў

Ключавыя словы: нафтапрадукты, сцёкавыя воды, эфектыўнасць ачысткі, рэагентная апрацоўка, гідроксахарыдаў алюмінія, агрэгат з адпрацаваных іонаабменных смол, фільтраванне, палімерныя фільтруючыя матэрыялы, рэгенерацыя фільтраў, утылізацыя адходаў.

Аб'ект даследавання – ачышчальныя збудаванні нафтазмяшчальных сцёкавых вод лакаматыўных дэпо.

Прадмет даследавання – тэналагічны працэс рэагентнай апрацоўкі і фільтравання нафтазмяшчальных сцёкавых вод лакаматыўных дэпо.

Мэта работы – павышэнне эфектыўнасці ачысткі нафтазмяшчальных сцёкавых вод лакаматыўных дэпо з ужываннем каагулянтаў і адходаў сінтэтычных матэрыялаў.

Метады даследавання: фізіка-хімічныя, эксперыментальныя, тэхналагічныя, статыстычныя.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Упершыню выкананы аналіз работы ачышчальных збудаванняў лакаматыўных дэпо Беларускай чыгункі. Упершыню ўсталяваны ўласцівасці абрэзкаў ніткі поліпрапіленавай, якія супастаўны з характарыстыкамі прамыслова выпускаемых фільтравальных матэрыялаў. Упершыню ўсталяваны ўласцівасці агрэгата з дыспергаваных адпрацаваных іонаабменных смол. Упершыню эксперыментальна ўстаноўлены параметры рэагентнай апрацоўкі нафтазмяшчальных сцёкавых вод лакаматыўных дэпо гідроксахарыдаў алюмінія і агрэгатаў з дыспергаваных іонаабменных смол і фільтравання праз пласт абрэзкаў ніткі поліпрапіленавай. Распрацаваны і зацверджаны «Рэкамендацыі па ўжыванні аксіхарыдаў алюмінія і палімернага сарбенту ў сістэмах ачысткі нафтазмяшчальных сцёкавых вод».

Ступень выкарыстання: прапанаваная тэхналогія ачысткі сцёкавых вод ўкаранена ў Транспартным РУП «Лакаматыўнае дэпо Лунінец».

Вобласць прымянення – сістэмы ачысткі нафтазмяшчальных сцёкавых вод.

РЕЗЮМЕ

Грузинова Валерия Леонидовна

Очистка нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо с применением коагулянтов и отходов синтетических материалов

Ключевые слова: нефтепродукты, сточные воды, эффективность очистки, реагентная обработка, гидроксохлорид алюминия, агрегат из отработанных ионообменных смол, фильтрование, полимерные фильтрующие материалы, регенерация фильтров, утилизация отходов.

Объект исследования – очистные сооружения нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо.

Предмет исследования – технологический процесс реагентной обработки и фильтрования нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо.

Цель работы – повышение эффективности очистки нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо с применением коагулянтов и отходов синтетических материалов.

Методы исследования: физико-химические, экспериментальные, технологические, статистические.

Полученные результаты и их новизна. Впервые выполнен анализ работы очистных сооружений локомотивных депо Белорусской железной дороги. Впервые установлены свойства обрезков нити полипропиленовой, которые сопоставимы с характеристиками промышленно выпускаемых фильтрующих материалов. Впервые установлены свойства агрегата из диспергированных отработанных ионообменных смол. Впервые экспериментально установлены параметры реагентной обработки нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо гидроксохлоридом алюминия, агрегатом из диспергированных ионообменных смол и фильтрования через слой обрезков нити полипропиленовой. Разработаны и утверждены «Рекомендации по применению оксихлорида алюминия и полимерного сорбента в системах очистки нефтесодержащих сточных вод».

Степень использования: предложенная технология очистки сточных вод внедрена в Транспортном РУП «Локомотивное депо Лунинец».

Область применения – системы очистки нефтесодержащих сточных вод.

SUMMARY

Valery Gruzinova

Increase of treatment efficiency of the petrocontaining sewage of the locomotive depots

Keywords: oil products, sewage, efficiency of treatment, reagent processing, aluminium gidroxychloride, unit of spent ion-exchange resins, filtering, polymeric filtering materials, regeneration of filters, recycling.

The object of the research is the treatment plants of the petrocontaining sewage of the locomotive depots.

The subject of the research is the technological process of the reagent and filtration of the petrocontaining sewage of the locomotive depots.

The work purpose is to increase the treatment efficiency of the petrocontaining sewage of the locomotive depots using coagulants and synthetic waste materials.

The research methods: physical and chemical, experimental, technological, statistical.

The obtained results and their novelty. For the first time the analysis of wastewater treatment systems locomotive depot of the Belarusian Railways is made. For the first time the polypropylene thread properties which are comparable to the characteristics of industrially made filtering materials are established. For the first time the properties of the dispersed units of spent ion-exchange resins are established. For the first time the parameters of reagent treatment petrocontaining sewage of the locomotive depot using hydroxychloride aluminum and unit of dispersed ion-exchange resins, and filtration through a polypropylene yarn scraps are established. The recommendations on the application of aluminum oxychloride and the polymeric sorbent in the systems of petrocontaining sewage treatment are worked out and confirmed.

The scale of usage: the offered technology of sewage treatment is introduced on the transport republican unitary enterprise «Luninets Locomotive depot».

The application sphere is in the systems of petrocontaining sewage treatment.



Научное издание

ГРУЗИНОВА Валерия Леонидовна

**ОЧИСТКА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД
ЛОКОМОТИВНЫХ ДЕПО С ПРИМЕНЕНИЕМ КОАГУЛЯНТОВ
И ОТХОДОВ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.23.04 – Водоснабжение, канализация,
строительные системы охраны водных ресурсов

Подписано в печать 21.12.2011 г. Формат 60×84^{1/16}.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 1,45. Тираж 100 экз.
Зак. № 3495.

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:
ЛИ № 02330/0552508 от 09.07.2009 г.
ЛП № 02330/0494150 от 30.04.2009 г.
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.