

На правах рукописи

КОНДРАШОВ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ОТ НЕГАТИВНОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Специальность: 25.00.36 – Геоэкология (в строительстве и ЖКХ)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2011

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВПО ПГУПС) на кафедре «Инженерная химия и естествознание»

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Латутова Марина Николаевна

Официальные оппоненты: Заслуженный деятель науки РФ,
академик РААСН,
доктор технических наук, профессор
Комохов Павел Григорьевич

кандидат технических наук,
Бухарина Дарья Николаевна

Ведущая организация Военно-транспортный институт
Железнодорожных войск и военных
сообщений (филиал) федерального
государственного военного
образовательного учреждения высшего
профессионального образования
«Военная академия тыла и транспорта
имени генерала армии А.В. Хрулёва»

Защита состоится 29 декабря 2011 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.229.30 при ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» по адресу: 190031 г. Санкт-Петербург, Московский пр., 9, ауд. 3-237.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет».

Автореферат разослан «28» ноября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

В.Н. Уманец

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы и направленность исследований. В связи с тем, что в настоящее время в транспортном строительстве используются большие земельные участки, проблема загрязнения территорий приобретает все более острый характер.

Поскольку масштабы строительства не снижаются, а, наоборот, увеличиваются, следует ожидать еще большего загрязнения окружающей среды различными органическими и неорганическими веществами. Так, например, еще недавно при производстве строительных транспортных работ, связанных с укреплением грунтов, применяли токсичные смолы, которые при строительстве и реконструкции железных дорог, проникают в почву из пропитанных деревянных шпал, загрязняя ее. Замена отработанных деревянных шпал (ОДШ) на железобетонные, приводит, в свою очередь, к скоплению вдоль трасс большого количества отработанных деревянных шпал, что еще больше увеличивает концентрацию загрязнений в почве.

Решить проблему защиты окружающей среды от негативного воздействия транспортного строительства призваны проводимые в настоящее время многочисленные исследования. Это и определяет актуальность данной работы.

Анализируя возникающие при ведении строительных работ геоэкологические проблемы, можно сделать вывод о том, что в их решение, безусловно, большой вклад могли бы внести знания о новых геоэкозащитных свойствах веществ, используемых в строительстве. При открытии таких свойств материалы, применяемые для строительства, могут быть использованы не только для решения технических задач. Одновременно они будут выполнять и функцию геоэкозащиты, снижая негативное воздействие строительной деятельности на окружающую среду.

Такие работы по защите природно-техногенных систем на основе использования новых геоэкозащитных свойств веществ минеральных материалов, начиная с 90-х годов XX века, проводит в ПГУПС кафедра «Инженерная химия и естествознание».

В работах профессоров Л.Б. Сватовской, В.Я. Соловьевой, А.В. Панина, М.В. Шершневой, к.т.н. Е.И. Макаровой, Н.А. Бабак впервые были обнаружены и количественно определены геоэкозащитные свойства уже известных материалов – гидросиликатов кальция и магния (по нефтезагрязнениям и ионам тяжелых металлов). Введение этих продуктов в строительные технологии позволило использовать их в качестве средств для защиты природно-техногенных систем от различных загрязнений.

Данная работа проводилась в развитие этих исследований и посвящена рассмотрению веществ и материалов другой группы, также обладающих геоэкозащитными свойствами, которые могут быть использованы в различных строительных технологиях.

Тема выполненной работы соответствует п.п. 5.6 и 5.7 паспорта специальности «Геоэкология» (в строительстве и ЖКХ).

Цель диссертационной работы – повышение геоэкологической защиты от негативного воздействия транспортного строительства на окружающую среду путем создания специальных геоэкозащитных площадок и оснований.

Идея работы: защита природно-техногенных систем транспортного строительства путем использования в них геоэкозащитных средств, выполняющих одновременно со строительной и геоэкозащитную функцию.

Основные задачи работы:

- выявление новых геоэкозащитных средств, способных обезвреживать ионы тяжелых металлов, нефтезагрязнения и другие органические вещества, количественная оценка снижения негативного воздействия на природно-техногенную систему при транспортном строительстве;
- разработка технологии обезвреживания грунта, загрязненного нефтепродуктами и ионами тяжелых металлов в процессе его укрепления;
- опытно-промышленная апробация предложенных решений и оценка предотвращенного экологического ущерба при использовании новых геоэкозащитных средств.

Научная новизна работы:

- разработаны новые геоэкозащитные средства для природно-техногенных систем транспортного строительства с использованием:
 - алюминатных цементов, образующих гидроалюминаты;
 - нефелиновых техногенных продуктов, образующих гидросиликаты;
 - искусственно полученных окисленных ПАН-волокон;
 - гашеной извести,способные поглощать ионы тяжелых металлов, нефте- и другие органические загрязнения. Эти средства, в дальнейшем использованные в технологии строительства специальных площадок и оснований для складирования ОДШ, позволили снизить негативное воздействие на окружающую среду транспортного строительства;
- впервые определены и количественно исследованы геоэкозащитные свойства по поглощению ионов кадмия, меди, свинца и бария:
 - для нефелинового техногенного продукта оно составляет соответственно, мг/г: 8,23, 8,43, 14,5, 11,5;
 - для гидроалюминаткальциевых веществ оно составляет соответственно, мг/г: 8,24-9,22, 8,42-8,43, 14,50-18,77, 7,32-7,72;по обезвреживанию:
 - нефтезагрязнений – искусственно полученным окисленным ПАН-волокном – 10,3 мг/г;
 - фенола – гашеной известью – 14,3 мг/г;
- разработан новый способ снижения негативного влияния на природно-

техногенные системы при строительстве транспортной инфраструктуры, основанный на одновременном обезвреживании нефтезагрязнений, ионов тяжелых металлов и упрочнении грунта фосфатными вяжущими.

На защиту выносятся:

- 1) новые геоэкозащитные средства – гидроалюминаты и нефелиновые техногенные продукты, способные поглощать ионы тяжелых металлов и количественная оценка снижения негативного воздействия при строительстве оснований и площадок для малой авиации. Результаты исследования статической емкости геоэкозащитных средств;
- 2) обезвреживающий органо-минеральный комплекс и новые геоэкозащитные технологические решения на его основе. Количественная оценка снижения негативного воздействия при реконструкции железнодорожных путей. Результаты исследования статической емкости геоэкозащитных средств этого комплекса;
- 3) технология обезвреживания грунта, загрязненного нефтепродуктами и ионами тяжелых металлов путем укрепления его фосфатными цементами.

Методы исследований

В качестве основных методов исследования применялись:

- экспериментальные исследования в лабораторных и полевых условиях;
- современные физико-химические методы анализа: рентгенофазовый, дериватографический, ИК-спектрометрия и рН-метрия;
- физико-механические методы испытаний обезвреженных систем.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечена использованием общепринятых, апробированных и законодательно рекомендованных методик и методов проведения исследований, подтверждена сходимостью экспериментальных данных с теоретическими исследованиями и результатами исследования других авторов.

Практическая значимость работы:

- научно-практические результаты работы могут быть использованы при проектировании, строительстве и реконструкции объектов транспортного строительства в различных регионах страны. Их внедрение способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду;
- разработанные геоэкозащитные средства для транспортного строительства защищены патентами РФ № 2394002, № 2396230, № 2396229, № 2378219 и положительным решением о выдаче патента № 2010119879/05;
- величина предотвращенного экологического ущерба при использовании предложенных геоэкозащитных средств и решений для природно-техногенных систем транспортного строительства и реконструкции составила 27,245 млн руб/год;
- материалы диссертационной работы вошли в практическое пособие

(Кондрашов А.А. и др. Обезвреживание ионов тяжелых металлов из стоков, образующихся при транспортном и промышленном строительстве. – ПГУПС, 2011).

Личный вклад автора работы заключается в постановке цели, формулировке задач и разработке методики исследований; выполнении теоретических и экспериментальных исследований по определению поглотительной способности строительных техногенных образований; разработке технологических решений для защиты почв и грунтовых вод от нефтезагрязнений и ионов тяжелых металлов при строительстве временных геозащитных строений специального назначения; эколого-экономической оценке предлагаемых технологических решений.

Реализация результатов работы:

- геозащитные решения с использованием новых геозащитных средств внедрены в ВЧ-14276, ВЧ-83533, ТЧ-10 и ООО «Ламор-Югра» и подтвердили предотвращение негативных последствий для окружающей среды при транспортном строительстве и реконструкции;
- научные и практические результаты работы нашли свое применение при создании специальных геозащитных площадок и оснований, где использовались средства разной природы и технологий, защищающие почву от попадания в нее ионов тяжелых металлов и нефтезагрязнений.

По результатам опытно-промышленной апробации получены соответствующие акты.

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались: на научно-технических конференциях в ПГУПС: «Неделя науки–2009», «Неделя науки–2010», «Неделя науки–2011»; на Международной научно-практической конференции «Техносфера и экологическая безопасность на транспорте» (СПб.: ПГУПС, 2008 и 2010), на Первой Международной научно-технической конференции «Нанотехнологии в строительном материаловедении» (СПб., 2009), на 17-й Международной конференции «IBAUSIL» (Германия, Веймар, сентябрь 2009), на XI Окружной конференции молодых ученых «Наука и инновации XXI века» (г. Сургут, ноябрь 2010).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 18 научных работ в международных и отраслевых журналах и изданиях, в том числе 3 в изданиях по списку, рекомендованному ВАК РФ; одно практическое пособие по материалам диссертации. Получено 11 патентов РФ и одно положительное решение на изобретение.

Структура и объем работы

Диссертационная работа изложена на 120 страницах, состоит из введения, 5 глав, общих выводов, списка литературы и приложений, 26 рисунков, 31 таблицы. В списке литературы приведено 132 источника.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Новые геоэкозащитные средства – гидроалюминаты и нефелиновые техногенные продукты, способные поглощать ионы тяжелых металлов и количественная оценка снижения негативного воздействия при строительстве оснований и площадок для малой авиации.

В соответствии с высказанной идеей о том, что природно-техногенные системы транспортного строительства можно защищать путем использования в строительных сооружениях средств с геоэкозащитными функциями, нами рассмотрено, в качестве примера, строительство площадок для специальных целей (малая авиация). Эти площадки в силу протяженности территории Российской Федерации строятся на грунтах разной природы – песчаных и глиносодержащих.

При такой постановке работы нами прослеживался вещественный (не инженерный) аспект строительства, когда наиболее востребованными материалами являются силикатные цементы и бетоны общестроительного назначения, а также для специального использования – фосфатные цементы.

Геоэкозащитные свойства цементов и процессы их твердения начали изучать только с 90-х годов XX-века. Проводились эти работы и на кафедре «Инженерная химия и естествознание» ПГУПС профессорами Л.Б. Сватовской, А.В. Панина, М.В. Шершневой, к.т.н. Е.И. Макаровой, М.М. Байдарашвили и др., которые, в свою очередь, опирались на более ранние фундаментальные исследования силикатов (работы профессоров М.М. Сычева, В.Б. Алесковского, А.И. Алексева, А.П. Душиной и др.). Благодаря этим работам известно, что продукты разрушения, например, цементных силикатных бетонов в виде гидросиликатов кальция, могут обезвреживать ионы тяжелых металлов, то есть, помимо основного строительного назначения эти продукты разрушения могут одновременно являться и средствами защиты природно-техногенных систем. Следует отметить, что при ведении земляных работ, например, укреплении грунта, еще совсем недавно использовались органические высокотоксичные смолы, то есть ни о каком геоэкозащитном аспекте используемой технологии речь не шла.

В развитие работ, проводимых на кафедре «Инженерная химия и естествознание» ПГУПС по изучению геоэкозащитных свойств веществ, нами рассмотрены силикаты в виде нефелиновых техногенных продуктов, а также гидроалюминаты как основа твердения алюминатных цементов. Использовались техногенные силикаты и цементы на их основе (нефелиновые), которые не являются природными продуктами (то есть обеспечивается природосохранность) и алюминатные – как быстротвердеющие цементы. На момент начала данной работы геоэкозащитные свойства гидроалюминатов еще не были известны.

Последовательность разработки и использования геоэкозащитного средства, базирующегося на основе техногенных и быстротвердеющих цементов, состояла в количественной оценке защитных по ионам тяжелых металлов свойств нефелиновых силикатных образований, а также гидроалюминатов кальция и в создании и исследовании геоэкозащитных строительных объектов.

Нами были установлены количественные значения поглотительных свойств геоэкозащитного средства в виде нефелиновых силикатов, время рационального контакта его с раствором, содержащим ионы тяжелых металлов, и необходимая масса для обезвреживания. Для проведения экспериментов были приготовлены модельные растворы, содержащие ионы тяжелых металлов и нефелиновый техногенный продукт, рассеянный на фракции (таблица 1).

Таблица 1 – Фракции нефелинового техногенного продукта после просеивания

Фракция, №	1	2	3	4	5
Размер частиц, мм	1,25	1,00	0,63	0,315	0,14

Было установлено, что эффективность поглощения зависит от размера частиц нефелинового техногенного продукта и времени контакта: чем мельче дисперсионный состав фракции и дольше время контакта с раствором, тем эффективнее проходит процесс. На рисунке 1 показано, что эффективность очистки нефелиновым техногенным продуктом раствора, содержащего 10^{-3} моль/л ионов меди, зависит от использования разных фракций техногенного продукта и разного времени контакта.

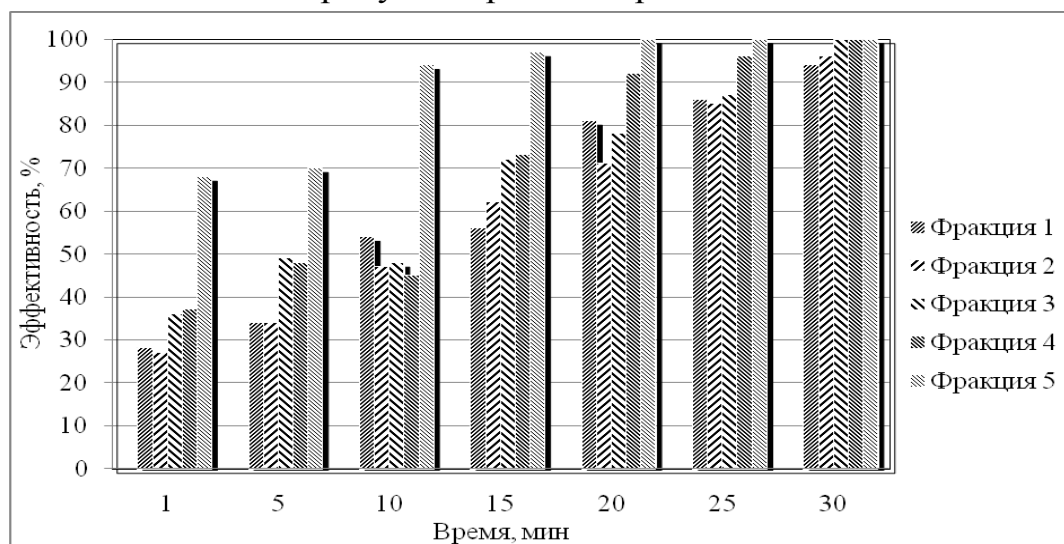


Рисунок 1 – Эффективность очистки от ионов меди нефелиновым техногенным продуктом в зависимости от фракции и времени перемешивания

Найдены предельные концентрации ионов бария, свинца, кадмия и меди в исследуемых растворах. На рисунке 2 представлена зависимость

концентраций анализируемых ионов от времени перемешивания с нефелиновым техногенным продуктом.

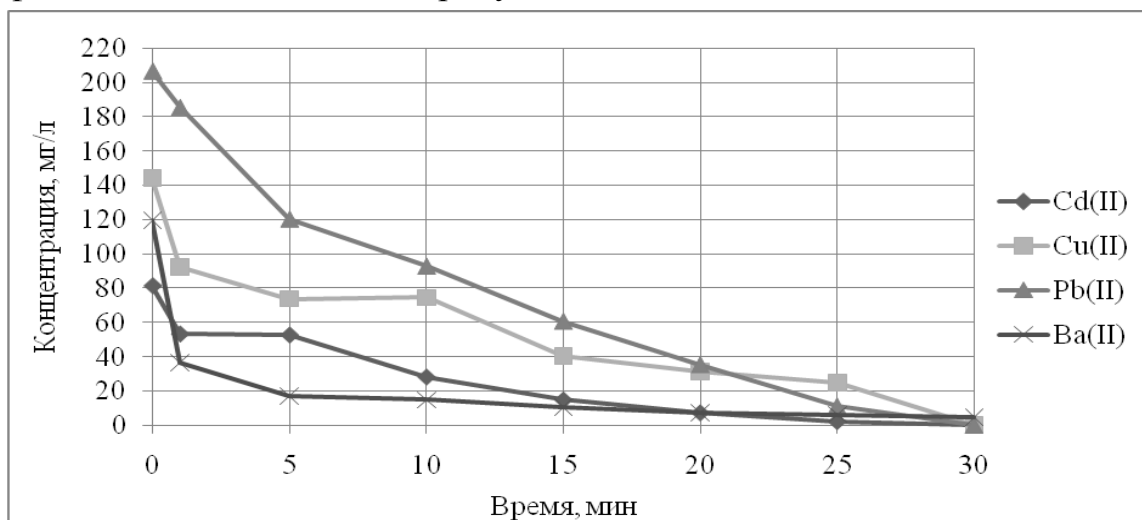


Рисунок 2 – Содержание ионов бария, свинца, кадмия и меди после контакта с фракцией (5) нефелинового техногенного продукта

В таблице 2 представлены результаты по определению статической ёмкости нефелинового техногенного продукта по ионам тяжелых металлов.

Таблица 2 – Статическая емкость нефелинового техногенного продукта по ионам тяжелых металлов

Ион	pH раствора	Ёмкость, в статических условиях, мг/г	Конечная концентрация раствора, мг/л	ПДК, мг/л
Cu(II)	10,14	8,43	Не обнаружено	1,0
Cd(II)	10,62	8,23	Не обнаружено	0,001
Pb(II)	11,26	14,50	Не обнаружено	0,03
Ba(II)	11,05	11,50	Снизилась со 119,62 до 4,56	0,1

Исследование водных вытяжек на содержание ионов тяжелых металлов после их обезвреживания нефелиновым техногенным продуктом показало, что, при прочих равных условиях, его можно использовать в качестве поглотителя ионов кадмия, свинца, меди и бария при их концентрации более 100 ПДК. На основании проведенных исследований было получено положительное решение о выдаче патента РФ на изобретение «Способ очистки сточных вод от ионов меди» № 2010119879/05.

Применение нефелинового техногенного продукта в качестве геоэкозащитного средства решает ряд экологических проблем. Однако медленное твердение вяжущего на его основе является большим недостатком при возведении строительных объектов. Для ускорения процесса твердения в случае песчаных грунтов могут быть использованы быстротвердеющие алюминатные цементы, о геоэкозащитных свойствах, которых, как уже говорилось, не было известно.

В работе были использованы алюминатные цементы Лафарж и

Фондю, в процессе твердения которых образуются гидроалюминаты кальция. Для выявления поглотительных свойств использовался бой гидроалюминатного камня с размерами зерен 0,14...0,315 мм, что соответствует требованиям, предъявляемым к фильтрующим средствам. На рисунках 3 и 4 представлены соответственно зависимости эффективности очистки боя гидроалюминатного камня от времени контакта его с раствором, содержащим 10^{-3} моль/л ионов тяжелых металлов.

В таблицах 3 и 4 представлены результаты определения ёмкости гидроалюминатов по ионам тяжелых металлов в статических условиях.

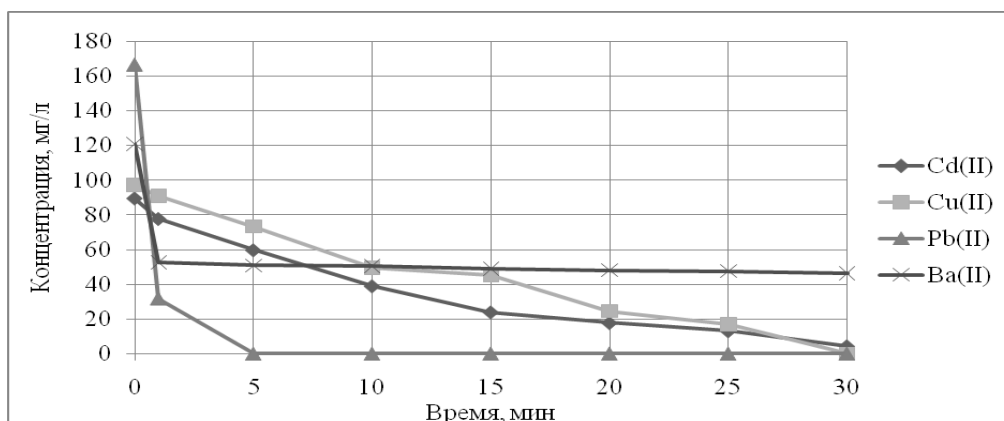


Рисунок 3 –Содержание ионов бария, свинца, кадмия и меди после контакта с измельченным боем гидроалюминатного камня (цемент Лафарж)

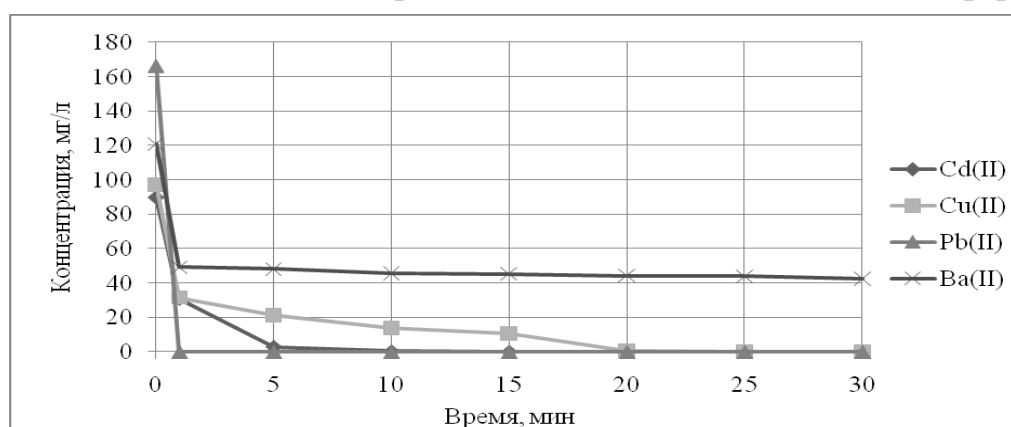


Рисунок 4 – Содержание ионов бария, свинца, кадмия и меди после контакта с измельченным боем гидроалюминатного камня (цемент Фондю)

Таблица 3 – Статическая емкость боя гидроалюминатного камня (цемент Лафарж) по ионам тяжелых металлов

Ион	pH раствора	Ёмкость, в статических условиях, мг/г	Конечная концентрация раствора, мг/л	ПДК, мг/л
Cu(II)	6,30	8,42	0,01	1,0
Cd(II)	7,50	9,22	Снизилась с 96,77 до 4,59	0,001
Pb(II)	8,64	18,77	Не обнаружено	0,03
Ba(II)	9,69	7,32	Снизилась со 119,62 до 46,41	0,1

Исследования водных вытяжек показало, что измельченный бой

гидроалюминатного камня можно использовать как геоэкозащитное средство в качестве поглотителя ионов тяжелых металлов: кадмия, свинца, меди и бария.

Проведенная статистическая обработка лабораторных экспериментов, подтвердила правильность полученных результатов с достоверностью 0,95.

Таблица 4 – Статическая емкость боя гидроалюминатного камня (цемент Фондю) по ионам тяжелых металлов

Ион	pH раствора	Емкость, в статических условиях, мг/г	Конечная концентрация раствора, мг/л	ПДК, мг/л
Cu(II)	10,33	8,43	0,001	1,0
Cd(II)	10,04	8,24	Не обнаружено	0,001
Pb(II)	10,50	14,50	Не обнаружено	0,03
Ba(II)	10,95	7,72	Снизилась со 119,62 до 42,41	0,1

Нефелиновые и гидроалюминатные средства были опробованы при строительстве специального объекта в Сибири (ВЧ-14276 г. Ангарск).

Строительство фрагмента площадки (2x3 м) с геоэкозащитными свойствами на песчаной основе проводилось на территории ВЧ-14276 по разработанной методике. Снимался верхний слой дерна (гумусовый слой) на глубину 0,25 м. В поперечном сечении площадка представляла собой песчаный грунт, перемешанный с нефелиновым вяжущим, полученным по технологии, разработанной кафедрой «Инженерная химия и естествознание» ПГУПС. Смесь затворялась водой при жидко-твердом (Ж/Т) отношении, равном 0,3, а затем укладывалась на прежнее место. Для создания скрытой площадки, что требовалось по условию эксперимента, сверху укладывался слой ранее снятого дерна. При осмотре площадки через 28 суток было обнаружено, что растительный покров полностью сохранялся и закрывал закрепленную площадку, видимые изменения отсутствовали. Испытания натуральных образцов (выломка из площадки) показали, что происходит поглощение ионов тяжелых металлов, при этом осуществляется функция геоэкозащиты как в процессе эксплуатации площадки, так и после ее разрушения во времени. На технологическое решение по строительству геоэкозащитной площадки получен акт внедрения в ВЧ-14276.

При опытном строительстве фрагмента геоэкозащитной площадки (2x3 м) на основе песчаного грунта ячеистым (сотовым) методом на территории ВЧ-14276 использовался быстротвердеющий алюминатный цемент. Фрагмент площадки изображен на рисунке 5.

Для сотовых структур глубина укрепления ячеек составляла 0,3–0,35 м. Растительный покров при создании сотовых структур не снимался, рассечение почвы и выемка песчаного грунта проводились ручным методом. Приготовленная смесь из песчаного грунта и алюминатного цемента в соотношении 4:1 перемешивалась, затворялась водой при жидко-твердом отношении, равном 0,45–0,55, и укладывалась в

щелевые отверстия, сделанные в гумусовом слое почвы, шириной 5 см. Консистенция смеси была свободнотекучей (литой). При осмотре площадки через 28 суток растительный покров полностью закрывал ячеистую структуру площадки, видимые изменения отсутствовали.

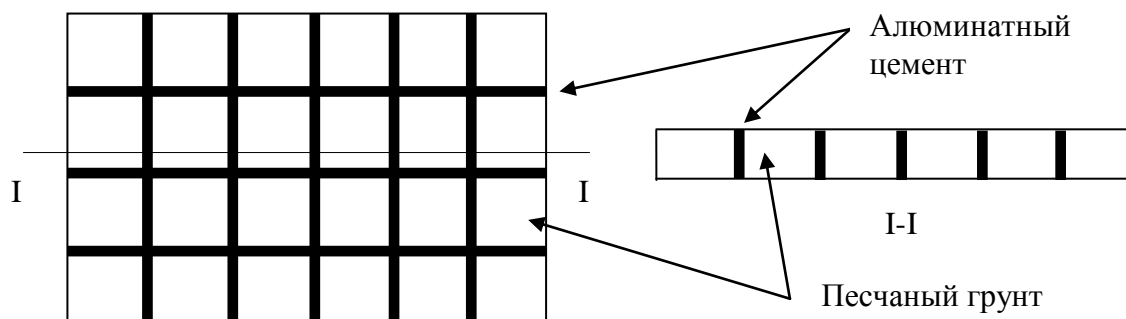


Рисунок 5 – Фрагмент геоэкозащитной площадки на основе песчаного грунта с применением ячеистого (сотового) способа

Образцы из площадки были проверены на способность поглощать ионы тяжелых металлов. Испытания показали, что гидроалюминатное геоэкозащитное средство так же, как нефелиновое, способно обезвреживать ионы тяжелых металлов, при этом продукты разрушения могут оставаться в литосфере. На геоэкозащитное технологическое решение по строительству специальной площадки получен акт внедрения в ВЧ-14276.

Нефелиновые и гидроалюминатные техногенные средства наиболее эффективно могут использоваться на песчаном грунте. Для глинодержащих грунтов, для большего геоэкозащитного эффекта целесообразно применять фосфатные связующие. Укрепление глинодержащих грунтов фосфатами происходит за счет взаимодействия фосфат-ионов с глинистой алюмосиликатной составляющей частью грунтов с образованием при этом фосфатного цемента, который представляет собой полиминеральный комплекс водостойких соединений. Этому методу посвящены работы профессоров П.П. Будникова, В.М. Кнатько, ученых Технологического института под руководством профессора М.М. Сычева, а также работы кафедры «Инженерная химия и естествознание» ПГУПС. Эти составы нами доработаны с целью повышения их геоэкозащитных свойств. Получены патенты РФ № 2394002, 2396230.

При опытном строительстве в той же ВЧ-14276 на основе глинодержащего грунта (размером 2x3 м) снимался верхний слой дерна на глубину 0,25 м. Был использован местный глинистый грунт, который перемешивался культиватором с Fe(II)-компонентом, затворялся фосфорной кислотой плотностью 1,25 г/см³ при Ж/Т отношении, равном 0,35. Для создания скрытой площадки сверху укладывался слой ранее снятого дерна.

Через 28 суток растительный покров полностью закрывал закрепленную площадку. Испытания натуральных образцов из площадки показали, что фосфатный материал не выделяет в окружающую среду ионы тяжелых металлов. На геоэкозащитное технологическое решение по

строительству площадки получен акт внедрения в ВЧ-14276.

Таким образом, при использовании фосфатных связующих и глинодержащего грунта, а также нефелиновых техногенных продуктов, алюминатных цементов и песчаного грунта, строительные объекты выполняют геоэкозащитную функцию, то есть, во-первых, они препятствуют попаданию ионов тяжелых металлов в почву, во-вторых, после разрушения площадки фосфаты не загрязняют почву, так как образуются труднорастворимые соединения, а продукты гидратации нефелинового техногенного продукта и алюминатных цементов продолжают поглощать ионы тяжелых металлов.

2. Обезвреживающий органо-минеральный комплекс и новые геоэкозащитные технологические решения на его основе. Количественная оценка снижения негативного воздействия при реконструкции железнодорожных путей.

Как уже отмечалось, в настоящее время при реконструкции железнодорожных линий происходит замена старых деревянных шпал на железобетонные, в результате чего образуется большое количество (сотни тысяч) отработанных деревянных шпал (рисунок б), выделения из которых загрязняют почву. Вытяжки из них были исследованы в 2003–2005 гг. в ПГУПС на кафедре «Инженерная химия и естествознание». Для борьбы с такими загрязнениями литосферы было предложено использовать могильники, однако и они не решили эту проблему. По данным исследований Е.В. Русановой, за один год одна ОДШ выделяет в среднем 472 мг фенола при ПДК на фенольный индекс 0,25 мг/л и 1424 мг нефтепродуктов при ПДК 0,1 мг/л. Кроме того, придорожная полоса существенно загрязнена ионами тяжелых металлов.



Рисунок б – Скопление отработанных деревянных шпал вдоль железнодорожного полотна

Нами предложено технологическое решение, которое включает в себя варианты геоэкозащиты, с использованием органо-минерального комплекса, который позволяет обезвредить загрязнения от ОДШ на срок, необходимый для изъятия шпал на переработку (до 10 лет).

Рекомендуемые варианты геоэкозащиты:

- 1) геоэкозащитное сооружение, изолирующее литосферу от

попадания в нее загрязнителей, в виде площадки, сливные воды с которой, попадают в водоотводный лоток с комплексом обезвреживающих средств (рис. 7);

2) многослойная обезвреживающая подсыпка (рис. 8), при которой поверхность площадки последовательно покрывается слоями из нефелинового техногенного продукта, ПАН-волокна и гашеной извести.

Основная задача при создании геоэкозащиты состояла в подборе геоэкозащитных средств, нейтрализующих загрязнение фенолом, нефтепродуктами и ионами тяжелых металлов. Для обезвреживания последних возможно использование гидросиликатов нефелинового техногенного продукта, свойства которого количественно оценены в данной работе. Для геоэкозащиты от нефтезагрязнений могут применяться природные вещества, например, асбестовые, которые используются в фильтрах на автозаправочных станциях, или искусственно полученные волокна, такие как ПАН-волокно.

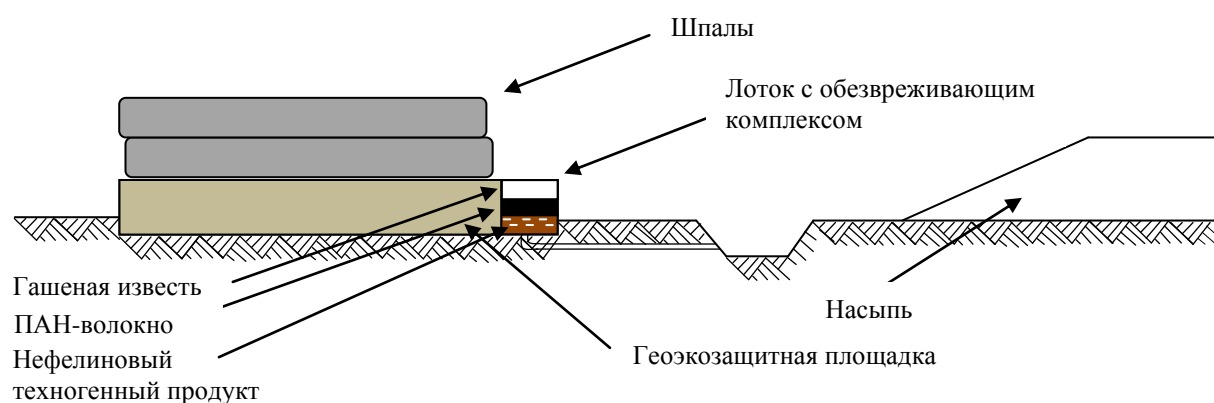


Рисунок 7 – Устройство геоэкозащитной площадки

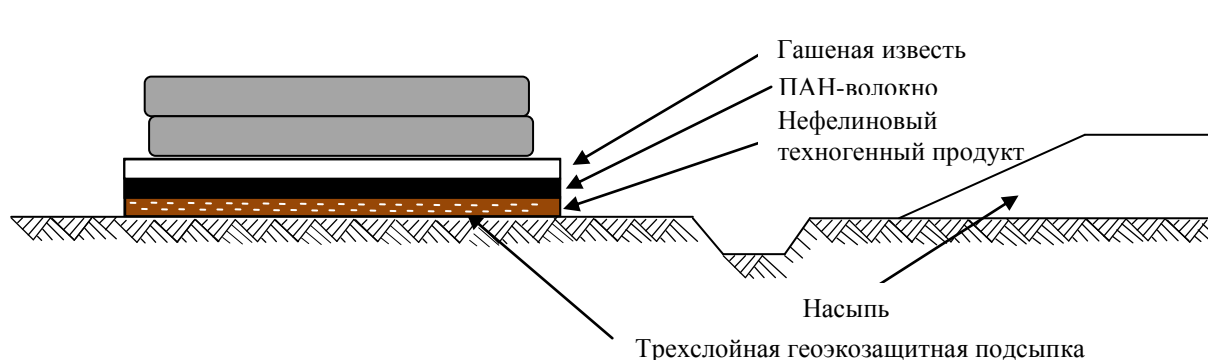


Рисунок 8 – Устройство геоэкозащитной подсыпки

Нами было предложено использовать термообработанное при 300 °С ПАН-волокно. В результате лабораторных испытаний определялась статическая емкость ПАН-волокна по нефтезагрязнениям – она составила 10,3 мг/г. Для очистки от фенола в работе была опробована в качестве поглощающего вещества гашеная известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с целью получения

фенолята кальция как менее опасного по сравнению с фенолом (класс опасности фенола 2) соединения.

Опыты, проведенные совместно с экоаналитической лабораторией центра сертификации производственных объектов ООО «ЭАЛ ЦСПО», позволили определить статическую емкость гашеной извести по фенолу, которая составила 14,3 мг/г. Предварительный расчет показал, что с учетом статической емкости по основным загрязнителям, выделяемым с одной шпалы в год, необходимо следующее количество геоэкозащитных средств (таблица 5).

Таблица 5 – Геоэкозащитные средства

Загрязняющее вещество	Среднее количество загрязнений при контакте одной шпалы с водой, мг	Геоэкозащитное средство	Статическая емкость, мг/г	Необходимое количество геоэкозащитного средства на одну шпалу, г	
				на 1 год	на 10 лет
Фенольный индекс	472	Гашеная известь	14,3	33	330
Нефтепродукты	1424	ПАН-волокно	10,3	138,3	1380,3

От загрязнения ионами тяжелых металлов в органо-минеральный комплекс может быть добавлен нефелиновый техногенный продукт, состоящий из гидросиликатов кальция. Создание геоэкозащитного слоя не требует специальных затрат, поскольку минеральная часть, так же как и органическая составляющая, поставляется в мешках нужного развеса. В соответствии с данными таблицы 5 на каждые 100 шпал на один год необходимо не менее 3,3 кг гашеной извести и 13,8 кг ПАН-волокна. Составляющие компоненты органо-минерального комплекса равномерно распределяются в указанной последовательности от поверхности земли – гидросиликатный бой, ПАН-волокно, гашеная известь (см. рисунки 7 и 8).

Геоэкозащитная площадка (рисунки 7 и 9) размером 3х3 м рассчитана на шпалы длиной 2750 мм, шириной 250 мм и высотой 150 мм. Водоотводный лоток снабжен комплексным обезвреживающим средством, поглощающим фенол, нефтепродукты и ионы тяжелых металлов и состоящим из следующих слоев: гашеная известь, искусственно полученное ПАН-волокно и строительные техногенные образования гидросиликатной природы (нефелиновый техногенный продукт). Из лотка сточная вода попадает в полосу отвода.

При анализе сливной воды, взятой из лотка геоэкозащитной площадки, нефтепродукты, фенол и ионы тяжелых металлов отсутствовали (в пределах обнаружения прибора). На технологическое решение по строительству геоэкозащитной площадки получен акт внедрения в моторвагонном депо ТЧ-10.

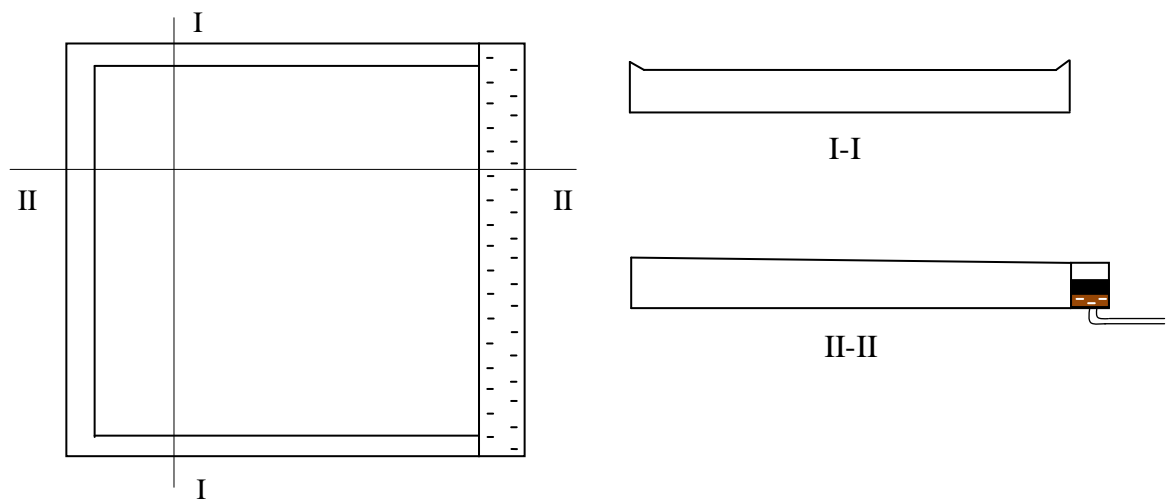


Рисунок 9 – Фрагмент геозокозащитной площадки из глиносодержащего грунта с водоотводным лотком

Также было опробовано второе сооружение – трехслойная геозокозащитная подсыпка размером 3х3 м. Анализ водных вытяжек из почвы под геозокозащитной подсыпкой показал отсутствие нефтепродуктов, фенола и ионов тяжелых металлов. На технологическое решение по строительству геозокозащитной подсыпки получен акт внедрения в моторвагонном депо ТЧ-10.

В результате проведенных работ предложена утилизация отработанных геозокозащитных средств: нефелинового техногенного продукта – в производстве вяжущих на его основе, а ПАН-волокна – при получении графитовых волокон. Загрязненную гашеную известь предлагается вывозить на полигон.

3. Технология обезвреживания грунта, загрязненного нефтепродуктами и ионами тяжелых металлов путем укрепления его фосфатными цементами.

Следующим геозокозащитным решением в соответствии с основной идеей работы было использование процесса твердения фосфатных цементов для одновременного обезвреживания нефтезагрязнений и ионов тяжелых металлов в глиносодержащем грунте. Это направление является развитием работ профессором Л.Б. Сватовской, М.Н. Латутовой, к.т.н. Е.И. Макаровой и О.Ю. Макаровой по укреплению грунтов при железнодорожном строительстве и реконструкции.

Возможность обезвреживания глиносодержащих грунтов, загрязненных нефтепродуктами и ионами тяжелых металлов фосфорной кислотой с одновременным упрочнением основано на процессах образования гидратных фосфатных фаз и кремнегеля. При этом гель, с одной стороны, обеспечивает прочность, а, с другой стороны, способствует ад- и абсорбции нефтезагрязнений. Кроме того, содержащиеся в глинистом грунте ионы тяжелых металлов связываются в присутствии фосфат-иона в

труднорастворимые гидрофосфаты, одновременно способствуя укреплению грунта. Исследования показали, что присутствие нефтепродуктов в количестве не более 5% способствует повышению прочностных характеристик глинофосфатов. В таблице 6 представлены свойства модельных фосфатных систем на основе глиносодержащих грунтов, загрязненных нефтепродуктами и ионами тяжелых металлов.

Таблица 6 - Свойства модельных систем глинофосфатов

Содержание		Ж/Т	Прочность при сжатии, МПа, после				Загрязняющее вещество	
ионов тяжелых металлов, количество ПДК	нефти, масс. %		двухдневного водонасыщения в возрасте, сут.		замораживания-оттаивания, циклы		ионы тяжелых металлов, мг/л	нефть, мг/л
			7	28	25	30		
10	0	0,24	4,3	4,5	4,6	4	Не обнаружено	
	1	0,22	6	6,3	5,9	5,2	Не обнаружено	
	3,5	0,23	7,2	7,6	6,6	5,5	Не обнаружено	
	5	0,21	6,1	6,4	5,8	5,1	Не обнаружено	
	6	0,22	5,4	5,7	5,6	4,8	Не обнаружено	

Таким образом, продукты твердения фосфатных вяжущих, как следует из таблицы 6, выполняют упрочняющую и геоэкозащитную функцию.

В дальнейшем в войсковой части была построена и испытана геоэкозащитная строительная площадка размером 3х2,5 м для специальных целей, на основе глиносодержащих грунтов, загрязненных нефтепродуктами и ионами тяжелых металлов. Содержание нефтепродуктов в грунте составляло 5% масс., а ПДК ионов тяжелых металлов была выше в 10 раз. Через 1, 3, 7, 28 суток были произведены осмотры площадки, сделана выломка из площадки (для испытания). Осмотр показал, что за этот период образовалась плита толщиной 0,15–0,20 м с требуемыми специальными физико-механическими свойствами. При анализе водных вытяжек из образцов площадки нефтепродукты и ионы тяжелых металлов не были обнаружены. На технологическое решение в ВЧ-83533 получен акт о внедрения.

Геоэкозащитное технологическое решение обеспечивающее обезвреживание путем закрепления нефтезагрязненного глиносодержащего грунта, применено также для защиты строительных сооружений от разливов нефти. На объекте района куста № 37 Северо-Салымского месторождения нефти была построена и испытана геоэкозащитная площадка размером 3х2,5 м. Анализ водных вытяжек выломок из образцов площадки показал отсутствие нефтепродуктов, что позволяет делать вывод об их блокаде. Следует отметить, что быстрое твердение глинофосфатной смеси и выделение ею значительного количества тепла, может быть

использовано при работе в условиях низких температур. На технологическое решение при строительстве геоэкозащитной площадки получен акт о внедрении.

Результаты расчета предотвращенного экологического ущерба от ухудшения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных нагрузок (при складировании ОДШ), загрязнений при нефтедобыче и загрязнений нефтепродуктами и ионами тяжелых металлов от малой авиации представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Предотвращенный экологический ущерб от загрязнения земель ИТМ, фенолом, нефтью и нефтепродуктами

Показатель	Загрязнение земель		
	при складировании ОДШ	ионами тяжелых металлов	нефтепродуктами
Площадь, предотвращенная от загрязнения за год, га	6,3	2,0	3,0
Норматив стоимости земель, млн руб/га	81	188	177
Величина предотвращенного ущерба от деградации почв и земель, млн руб/год $U^{п}_{прд} = H_c \cdot S \cdot K_3 \cdot K_n$	9,603	1,996	2,818
Величина предотвращенного ущерба от загрязнения земель химическими веществами, млн руб/год $U^{п}_{прx} = \sum(H_c \cdot S_i \cdot K_3 \cdot K_n) \cdot K_{хп}$	3,200	3,991	5,637
Суммарный предотвращенный ущерб, млн руб/год ($U_{пр} = U^{п}_{прд} + U^{п}_{прx}$)	12,803	5,987	8,455
Общий предотвращенный ущерб, млн руб/год.	27,245		

Опытно-промышленное внедрение решений и их новизна представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Опытно-промышленное внедрение результатов работы по геоэкозащите природно-техногенных систем

№ пп.	Создаваемый строительный объект	Внедрение	Новизна
1	2	3	4
1	Геоэкозащитная площадка для специальных целей на основе глиносодержащих грунтов с обезвреживанием фосфатными цементами нефтезагрязненного и содержащего ионы тяжелых металлов слоя	Акт внедрения от 06.06.11 г. ВЧ-83533	Патенты РФ № 2394002, № 2396230

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
2	Геоэкозащитные строительные площадки на основе глинистых и песчаных грунтов	Акт внедрения от 02.07.10 г. ВЧ- 14276	Патент РФ № 2396229
3	Геоэкозащитные технологические решения на основе обезвреживающего органо-минерального комплекса, состоящего из гашеной извести, искусственно полученного окисленного ПАН-волокна, нефелинового техногенного продукта	Акт внедрения от 11.07.11 г. Моторвагонное депо Санкт-Петербург-Московское (ТЧ-10)	Патент РФ № 2378219 № 2403219
4	Геоэкозащитная строительная площадка для складирования отработанных деревянных шпал, созданная путем укрепления фосфатными цементами грунта, загрязненного нефтепродуктами и ионами тяжелых металлов	Акт внедрения от 25.07.11 г. Моторвагонное депо Санкт-Петербург-Московское	Патент РФ № 2378221 Положительное решение о выдаче патента на изобретение № 2010119879/05
5	Геоэкозащитная строительная площадка, предохраняющая от загрязнений разливами нефтепродуктов, созданная путем укрепления глиносодержащего грунта фосфатными вяжущими	Акт внедрения от 15.07.11 г. ООО «Ламор-Югра» Тюменской области	Патент РФ № 2396229

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу с научно обоснованными техническими, технологическими решениями и разработками в области геоэкологической защиты от загрязнения нефтепродуктами и другими органическими соединениями, а также тяжелыми металлами при осуществлении транспортной строительной деятельности, имеющими существенное значение для развития страны.

Основные научные и практические выводы.

1. Разработано новое комплексное геоэкозащитное средство для природно-техногенных систем на основе использования веществ техногенного (гидроалюминаты, нефелиновый продукт, гашеная известь) и искусственного (окисленные ПАН-волокна) происхождения для

одновременного устранения и предотвращения негативных воздействий загрязнений нефтепродуктами, фенолом и ионами тяжелых металлов.

2. Экспериментально определена и исследована поглотительная способность геоэкозащитных средств. Она составила у нефелинового техногенного продукта: по ионам кадмия – 8,23 мг/г, меди – 8,43 мг/г, свинца – 14,5 мг/г и бария – 11,5 мг/г; у гидроалюминатов кальция: по ионам кадмия, меди, свинца и бария: 9,22–8,24 мг/г; 8,42–8,43 мг/г; 18,77–14,50 мг/г; 7,32–7,72 мг/г соответственно; у гашеной извести по фенолу – 14,3 мг/г. Поглотительная способность окисленных ПАН-волокон по нефтезагрязнениям – 10,3 мг/г.

3. Установлено, что при использовании комплексного геоэкозащитного средства, одновременно происходит поглощение ионов тяжелых металлов с образованием труднорастворимых гидросиликатов и гидроалюминатов, обезвреживание нефтезагрязнений на окисленных ПАН-волоконках и поглощение фенола твердыми основаниями.

4. Предложено технологическое решение, использующее в качестве способа геоэкозащиты природно-техногенных систем процессы фосфатного твердения, обеспечивающие одновременное упрочнение грунта, загрязненного нефтепродуктами и ионами тяжелых металлов.

5. Разработанные геоэкозащитные технологические решения и средства внедрены: в ВЧ-14276 (г. Ангарск), ВЧ-83533, моторвагонном депо (ТЧ-10) Санкт-Петербург-Московское и на объекте района куста № 37 Северо-Салымского месторождения нефти ООО «Ламор-Югра». Их использование показало возможность предотвращения негативных последствий на окружающую среду при строительных работах и реконструкции на транспорте.

6. Рассчитана общая величина предотвращенного экологического ущерба от загрязнения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных нагрузок (в виде складирования ОДШ, в процессе нефтедобычи и загрязнений нефтепродуктами и ионами тяжелых металлов, вследствие деятельности малой авиации), составляющая 27,245 млн руб/год.

7. Материалы диссертации используются в учебном процессе ПГУПС, в практикуме кафедры «Инженерная химия и естествознание», а также в программе Института повышения квалификации и переподготовки специалистов, где используется практическое пособие (Кондрашов А.А. и др. Обезвреживание ионов тяжелых металлов из стоков, образующихся при транспортном и промышленном строительстве. – ПГУПС. 2011).

Основные положения диссертации опубликованы в 18 работах:

Статьи в журналах, рекомендуемых перечнем ВАК

1. Кондрашов, А.А. Технологические решения для защиты природно-технических систем при осуществлении транспортно-строительной деятельности [Текст] / А.А. Кондрашов // Научно-технические ведомости

СПбГПУ. – 2011. – № 3. – С. 172–176.

2. Кондрашов, А.А. Химические и термодинамические основы утилизации некоторых промышленных отходов [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.В. Шершнева, Ю.Е. Пузанова, А.А. Кондрашов // Естественные и технические науки. – 2009. – № 6 (44). – С. 255–260.

3. Кондрашов, А.А. Естественно-научные основы создания технологий защиты окружающей среды на транспорте [Текст] / Е.И. Макарова, А.А. Кондрашов // Естественные и технические науки. – 2011. – № 1(51). – С. 55–58.

Публикации в других изданиях

4. Кондрашов, А.А. Геозащитное технологическое решение для строительства площадок складирования на базе глинофосфатов [Текст] / А.А. Кондрашов // Новые исследования в материаловедении и экологии : сб. науч. тр. Вып. 11.–СПб.: ПГУПС, 2011.–С. 76.

5. Кондрашов, А.А. Геозащитные свойства β -C₂S и гидроалюминатсодержащих отходов в дорожном строительстве [Текст] / А.А. Кондрашов // Новые исследования в материаловедении и экологии : сб. науч. тр. Вып. 11.–СПб.: ПГУПС, 2011.–С. 75.

6. Кондрашов, А.А. Геозащитные свойства гидроалюминатов кальция [Текст] / М.Н. Латутова, А.А. Кондрашов, С.А. Осипов, П.Д. Кондратьев // Новые исследования в материаловедении и экологии : сб. науч. тр. Вып. 11.–СПб.: ПГУПС, 2011.–С. 31–35.

7. Кондрашов, А.А. Транспортная строительная деятельность, связанная с одновременным обезвреживанием загрязнений [Текст] / А.А. Кондрашов // Новые исследования в материаловедении и экологии : сб. науч. тр. Вып. 11.–СПб.: ПГУПС, 2011.–С. 75.

8. Кондрашов, А.А. Новые фосфатные материалы [Текст] / М.Н. Латутова, А.А. Кондрашов, М.В. Четчуев // Новые исследования в материаловедении и экологии : сб. науч. тр. Вып. 8.–СПб.: ПГУПС, 2008.–С.37–39.

9. Кондрашов, А.А. Новые защитные фосфатные технологии [Текст] / М.Н. Латутова, М.А. Смирнов, А.А. Кондрашов // Техносфера и экологическая безопасность на транспорте : Труды Международной научно-практической конференции. – СПб.: ПГУПС, – 2008. –С.83-85.

10. Кондрашов, А.А. Активирование поверхности твердых веществ [Текст] / А.А. Кондрашов, П.Д. Кондратьев // Новые исследования в материаловедении и экологии : сб. науч. тр. Вып. 9.–СПб.: ПГУПС, 2009.–С.57–58.

11. Кондрашов, А.А. Verfestigung und Unschädlichmachen von verschmutzten Alumosilikatböden [Текст] / М. Latutowa, А. Kondraschow, Р. Kondratjew // 17 Internationale Baustofftagung Bauhaus-Universität. Weimar Deutschland, 2009. S. 2-1249-1255.

12. Кондрашов, А.А. Связывание ионов тяжелых 3d металлов (ИТМ) в

труднорастворимые гидрофосфаты [Текст] / М.Н. Латутова, Е.И. Макарова, С.А. Осипов, М.А. Смирнов, А.А. Кондрашов // Периодический закон Д.И. Менделеева в современных трудах ученых транспортных вузов : сб. науч. тр. –СПб.: ПГУПС, 2009. –С.42–44.

13. Кондрашов, А.А. Геозащитные свойства процесса твердения строительных композитов с синтезом наноструктур [Текст] / Л.Б. Сватовская, Е.И. Макарова, М.В. Шершнева, А.А. Кондрашов // Нанотехнологии в строительном материаловедении : 1-я Международная Научно-техническая конференция, декабрь 2009. –СПб., 2009. –С. 32-35.

14. Кондрашов, А.А. Фосфатные технологии обезвреживания загрязнений [Текст] / П.Д. Кондратьев, А.А. Кондрашов // Наука и инновации XXI века : XI Окружная конференция молодых ученых, Сургут, ноябрь 2010. –С. 17–18.

15. Кондрашов, А.А. Экозащитные свойства силикатных отходов [Текст] / Ю.Е. Пузанова, А.А. Кондрашов, А.С. Сахарова, М.Ю. Савельева // Наука и инновации XXI века : XI Окружная конференция молодых ученых, Сургут, ноябрь 2010. –С. 23–24.

16. Кондрашов, А.А. Обезвреживание ионов свинца и кадмия нефелиновым техногенным продуктом [Текст] / А.А. Кондрашов // Новые исследования в материаловедении и экологии : сб. науч. тр. Вып. 10.–СПб.: ПГУПС, 2010.–С. 65–69.

17. Кондрашов, А.А. Силикатные материалы в проблеме защиты техносферы [Текст] / М.В. Шершнева, Ю.Е. Пузанова, А.А. Кондрашов, А.С. Сахарова, М.Ю. Савельева, Н.В. Мархель // Техносферная и экологическая безопасность на транспорте : Вторая международная научно-практическая конференция.–СПб., 2010. С. 244–246.

18. Кондрашов, А.А. Обезвреживание ионов тяжелых металлов из стоков, образующихся при транспортном и промышленном строительстве [Текст] : Практическое пособие / М.Н. Латутова, Л.Г. Лукина, А.А. Кондрашов, П.Д. Кондратьев. – СПб.:ПГУПС, 2011.–24 с.

КОНДРАШОВ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ОТ НЕГАТИВНОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

АВТОРЕФЕРАТ

Подписано в печать 24.11.11.
Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ.л. 1,0 Тираж 100 экз
Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета
Петербургский государственный университет путей сообщения
190031, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9
Типография ПГУПС. 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9