

На правах рукописи

ПУЗАНОВА ЮЛИЯ ЕВГЕНЬЕВНА

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛИТОСФЕРЫ
ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИОНАМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
ПРИ ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

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, доцент Шершнева Мария Владимировна
Официальные оппоненты:	доктор технических наук, профессор Кнатько Василий Михайлович кандидат технических наук, Бухарина Дарья Николаевна
Ведущая организация	ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (ТУ)»

Защита состоится 3 ноября 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., д. 9, ауд. 3-237.

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

Автореферат разослан 3 октября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Уманец В.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы и направленность исследований связана с развитием критических технологий, таких как «Технологии предотвращения загрязнения окружающей среды», которые развиваются в рамках одного из приоритетных направлений, утвержденных президентом РФ, и затрагивают также и строительную деятельность.

По данным Европейской ассоциации по сносу зданий ежегодно на планете образуется около 2,5 млрд. т строительных техногенных образований, не считая природных и техногенных катастроф. Ежегодно в России образуется 15-17 млн. т только строительных техногенных образований, в том числе гидросиликатной и гидросульфатной природы.

В настоящее время активно ведется деятельность по строительству и реконструкции в транспортной отрасли, которая всегда сопряжена с преобразованием ландшафта и изменением окружающей природной среды на территориях большой протяженности.

Транспортное строительство и последующая эксплуатация объектов приводит к загрязнению литосферы тяжелыми металлами, в том числе соединениями свинца, кадмия, меди, цинка, марганца, железа. Такие загрязнения называют супертоксикантами XXI века, поэтому разработка технологических решений для защиты литосферы от их воздействия является актуальной задачей геоэкологии.

В этом случае необходимы такие научно-обоснованные технологические решения при строительстве транспортных объектов, которые обеспечат не только минимальные затраты природных ресурсов и предотвратят нарушение экологического равновесия, но и при определенных условиях позволят достичь улучшения в целом экологической обстановки в регионе строительства.

Цель диссертационной работы – разработка и оценка качества технологических решений для защиты литосферы от загрязнения ионами тяжелых металлов (ИТМ) с использованием строительных и промышленных техногенных образований при транспортном строительстве.

Идея работы: минимизация негативного техногенного воздействия на окружающую среду при транспортном строительстве должна производиться с учетом способности строительных и промышленных техногенных образований поглощать ИТМ с их обезвреживанием путем образования труднорастворимых веществ.

Основные задачи работы:

- разработка технологических решений для защиты литосферы от ионов тяжелых металлов с использованием строительных и промышленных техногенных образований при транспортном строительстве;

- исследование и оценка способности техногенных образований гидросульфатной и гидросиликатной природы обезвреживать ионы тяжелых металлов;
- оценка качества предложенных технологических решений и осуществление их опытно-промышленной апробации.

Основные защищаемые положения:

1. Разработанные технологические решения для защиты литосферы от ИТМ, включающие создание экозащитного экрана и превентивную защиту почв и грунтовых вод путем очистки поверхностных стоков в водоотводном лотке и на территории автозаправки при строительстве и реконструкции транспортных магистралей, основаны на способности строительных и промышленных техногенных образований поглощать ИТМ.

2. Способность некоторых строительных и промышленных техногенных образований поглощать ИТМ проявляется в их самопроизвольном взаимодействии с образованием труднорастворимых веществ в виде солей и гидроксидов соответствующих тяжелых металлов и составляет для гидросульфатсодержащих кальциевых техногенных образований по ионам кадмия, меди, свинца и бария 0,66 - 1,26 мг/г, 0,88 - 1,34 мг/г, 0,85 - 1,52 мг/г, 1,29 - 1,33 мг/г соответственно, и для гидросиликатных техногенных образований кальция и магния по ионам свинца и бария – 1,26 - 1,52 мг/г и 0,47 - 0,88 мг/г соответственно.

3. Проведенная эколого-экономическая оценка для технологических решений по созданию экозащитного экрана из фосфогипса, тяжелого бетона и пенобетона и превентивной защите почв на автозаправочной станции (АЗС) составляет 157 тыс. руб./год, 158 тыс. руб./год, 159 тыс. руб./год на 1 га почвы и 451 тыс. руб./год на 1 АЗС соответственно. Оценка качества технологических решений методом PQ (property quality) показала, что превышение значений индексов PQ предлагаемых технологических решений по сравнению с известными может достигать 38%.

Научная новизна работы:

- предложены технологические решения для защиты литосферы при транспортном строительстве, основанные на способности строительных и промышленных техногенных образований, например, фосфогипса, тяжелого бетона и пенобетона поглощать ионы тяжелых металлов:
 - создание экозащитного экрана при строительстве автомобильных и железнодорожных магистралей для превентивной защиты придорожных земель от ИТМ;
 - превентивная защита почв и грунтовых вод путем очистки поверхностных стоков от ИТМ в водоотводном лотке при строительстве транспортной магистрали и на территории автозаправки при

реконструкции автомагистрали;

- определена поглотительная способность гидросульфатсодержащих кальциевых техногенных образований, которая соответствует значениям в интервалах: 0,66 - 1,26 мг/г для ионов кадмия; 0,88 - 1,34 мг/г для ионов меди; 0,85 - 1,52 мг/г для ионов свинца; 1,29 - 1,33 мг/г для ионов бария; поглотительная способность гидросиликатных техногенных образований кальция и магния соответствует значениям 1,26 - 1,52 мг/г для ионов свинца и 0,47 - 0,88 мг/г для ионов бария;

- установлено, что поглотительная способность гидросульфатсодержащих кальциевых техногенных образований по отношению к ионам Cd(II), Cu(II), Pb(II), Ba(II) и гидросиликатсодержащих техногенных образований кальция и магния по отношению к ионам Pb(II) и Ba(II) проявляется в их самопроизвольном взаимодействии с образованием труднорастворимых веществ в виде солей и гидроксидов соответствующих тяжелых металлов;

- установлены зависимости поглотительной способности кальциевых гидросульфатных, а также гидросиликатных систем от исходной концентрации раствора, содержащего ионы тяжелого металла, от времени взаимодействия с раствором и от размера фракции.

Методы исследования.

В качестве основных методов исследования применялись:

- экспериментальные исследования в лабораторных и полевых условиях;

- аналитические методы (потенциометрия, индикаторный метод распределения центров адсорбции);

- современные высокоточные методы анализа (атомно-абсорбционная фотометрия, ИК-Фурье-спектрометрия, рентгенофазовый анализ).

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечена использованием общепринятых методик и методов проведения исследований, подтверждается сходимостью экспериментальных данных с теоретическими исследованиями и исследованиями других авторов.

Практическая значимость работы:

- выполнена оценка качества предложенных технологических решений методом PQ;

- разработанные технологические решения защищены патентами РФ № 2327647, № 2360732, № 2360868, № 2401805;

- разработаны проекты технических условий ТУ 0330-007-07519745-2009, ТУ 0330-008-07519745-2009;

- рассчитан предотвращенный экологический ущерб по предложенным технологическим решениям для защиты литосферы при транспортном строительстве.

Личный вклад автора работы заключается в постановке цели, формулировке задач и разработке методики исследований, выполнении теоретических и экспериментальных исследований поглотительной способности строительных и промышленных техногенных образований, разработке технологических решений для защиты почв и грунтовых вод от ИТМ при строительстве транспортных магистралей, эколого-экономической оценке и оценке качества предлагаемых технологических решений.

Реализация результатов работы:

- научные и практические результаты работы использованы при опытно-промышленной апробации создания экозащитного экрана при строительстве автомобильных и железнодорожных магистралей и превентивной защиты почв и грунтовых вод путем очистки поверхностных стоков от ИТМ на территории автозаправки при реконструкции автомагистрали. По результатам апробации получены соответствующие акты.

- материалы диссертационной работы вошли в учебный практикум для слушателей ФПК ПГУПС в виде соответствующих методических указаний и учебных пособий, таких как «Свойства отходов и новые геоэкозащитные технологии с их использованием», 2008 год.

Апробация работы. Основные положения работы были доложены и обсуждены на международной научно-практической конференции «Пенобетон-2007», СПб, ПГУПС, (2007 г.), на межвузовской научно-технической конференции «Шаг в будущее (Неделя науки-2007)», СПб, ПГУПС, (2007 г.), на II Международной конференции «Популярное бетоноведение», (2008 г.), на XII Всероссийской конференции «Фундаментальные исследования и инновации в технических университетах», СПб, СПбГПУ, (2008 г.), на межвузовской научно-технической конференции «Шаг в будущее (Неделя науки-2008)», СПб, ПГУПС, (2008 г.), на международной научно-практической конференции «Периодический закон Д.И. Менделеева в современных трудах ученых транспортных ВУЗов», СПб, ПГУПС, (2009 г.), на всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы экологии», Тула, (2009 г.), на всероссийской научно-технической конференции «Энергия молодых – строительному комплексу», Братск, (2009 г.), на 17 международной конференции «Ibausil» в Германии, Веймар, (2009 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 30 печатных работ, в том числе 5 в изданиях, включенных в перечень ВАК.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, общих выводов, списка литературы. Диссертация изложена на 133 страницах основного текста, содержит 41 рисунок, 60 таблиц и 12 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ:

Строительная деятельность сопровождается активным изменением практически всех составляющих биосферы и характеризуется вовлечением больших объемов техногенных образований, отчуждением и загрязнением природных ландшафтов, в том числе ИТМ.

Большое внимание вопросам рационального использования природных ресурсов, внедрения ресурсосберегающих технологий и вопросам защиты литосферы от загрязнения ИТМ уделяли такие российские и зарубежные ученые как М.П. Федоров, Е.Г. Семин, Л.Б. Сватовская, А.В. Панин, М.В. Шершнева, В.П. Панов, Р. Шулин, Д. Лиск. Проблемы накопления техногенных образований нашли отражение в трудах таких ученых и специалистов как П.И. Боженков, В.М. Кнатько, М.М. Сычев, Н.А. Бабак. Вопросы разработки и оценки технологий минимизации негативного влияния строительной деятельности на окружающую среду освещены в трудах Т.С. Титовой, А.И. Потапова, Н.В. Маслова, А.Н. Тетиор, Л.В. Передельского.

Тем не менее, в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой на окружающую среду и повышением роста строительства транспортной сети РФ, до настоящего времени остаются актуальными вопросы снижения негативного техногенного воздействия при осуществлении строительной деятельности.

Основные защищаемые положения:

1. Разработанные технологические решения для защиты литосферы от ИТМ, включающие создание экозащитного экрана и превентивную защиту почв и грунтовых вод путем очистки поверхностных стоков в водоотводном лотке и на территории автозаправки при строительстве и реконструкции транспортных магистралей, основаны на способности строительных и промышленных техногенных образований поглощать ИТМ.

В настоящее время транспортное строительство в РФ ведется в направлении реконструкции или строительства новых транспортных магистралей. За период с 2002 года по 2010 год построено и реконструировано 17 железнодорожных станций, 2876 тыс. км автодорог, введено в эксплуатацию 1075 объектов придорожного сервиса.

Строительная деятельность, как правило, осуществляется на урбанизированных территориях со степенью загрязненности почв тяжелыми металлами в несколько раз превышающей значения ПДК.

Строительство железнодорожных- и автомагистралей сопровождается загрязнением придорожных земель такими тяжелыми металлами как свинец, железо, кадмий и др., и в процессе эксплуатации

транспортных магистралей степень загрязненности почв будет возрастать (рис. 1).

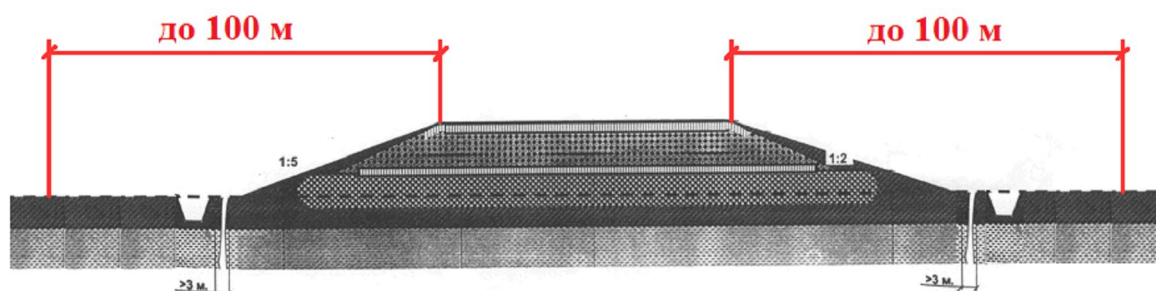


Рис. 1. Зона загрязнения тяжелыми металлами вдоль автодорог

Для ликвидации негативного техногенного воздействия на литосферу при осуществлении строительной деятельности и обеспечения ее геоэкологической устойчивости были разработаны технологические решения для защиты придорожных почв от ИТМ, находящихся в поверхностном стоке транспортных систем. В основе предложенных технологических решений лежит способность строительных и промышленных техногенных образований поглощать ИТМ.

Было предложено использовать некоторые строительные и промышленные техногенные образования в качестве дополнительной дренажной подсыпки в зонах загрязнения тяжелыми металлами для создания экозащитных экранов при строительстве и ремонте транспортных магистралей. На рисунке 2 представлена технологическая схема создания экозащитного дренирующего экрана при превентивной защите придорожных земель от ИТМ.

В модельном эксперименте на опытной площадке в качестве поллютанта были использованы ионы свинца как одного из наиболее распространенных загрязнителей почв вблизи транспортных магистралей.

Результаты исследований представлены в таблице 2. Эффект очистки составляет от 95% до 100%, что свидетельствует о том, что выбранные техногенные образования могут использоваться для экозащитного экрана.

Анализ водной вытяжки высушенных образцов загрязненных почв показал, что 99% поглощенных ионов свинца удерживается в техногенных образованиях и не вымывается. Результаты модельных экспериментов показали, что строительные и промышленные техногенные образования, обладающие поглотительной способностью по отношению к ИТМ, могут быть использованы в качестве экозащитных экранов.

По результатам проведенных опытных испытаний получены соответствующие акты.

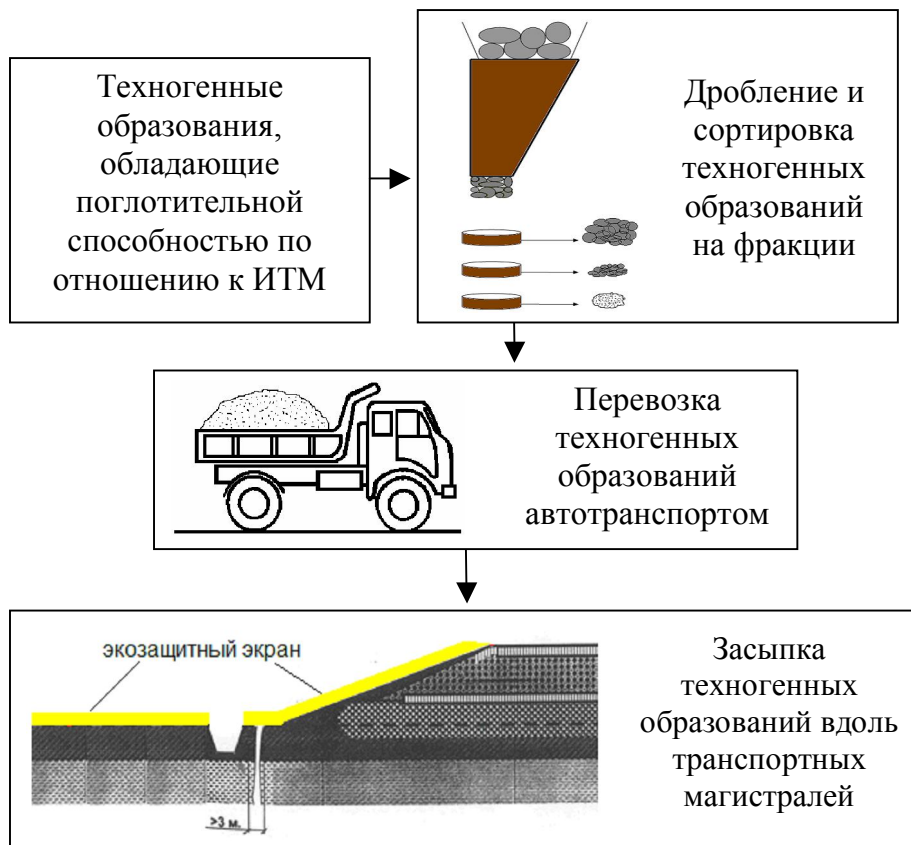


Рис. 2. Технологическая схема создания экозащитного дренирующего экрана для транспортных магистралей

Таблица 2. Результаты очистки почв от ионов свинца (II)

Тип почвы и вид техногенного образования	pH	Эффект очистки, %
Суглинок	6,29	81,58
Суглинок + фосфогипс	7,14	99,68
Суглинок + пенобетон	7,20	99,97
Суглинок + тяжелый бетон	7,21	99,99
Супесь	5,21	34,00
Супесь + фосфогипс	6,94	99,82
Супесь + пенобетон	7,23	99,81
Супесь + тяжелый бетон	7,13	99,97
Торф	5,05	35,40
Торф + фосфогипс	5,51	95,67
Торф + пенобетон	5,92	95,41
Торф + тяжелый бетон	6,45	99,75

При строительстве транспортных магистралей для предотвращения загрязнения почв поверхностными стоками, содержащими ИТМ, рассмотрено также использование строительных и промышленных

техногенных образований в качестве дренирующего материала непосредственно в водоотводных лотках. Схемы дренажных устройств с использованием техногенных образований представлены на рисунке 3.

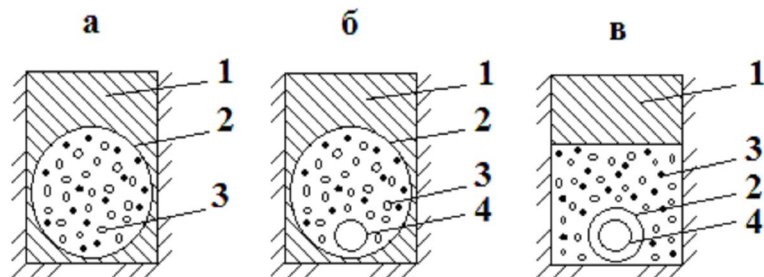


Рис. 3. Схемы дренажных устройств:

- а – «глухая» дрена; б – труба с дренирующей засыпкой; в – «труба в оболочке»
 1 – засыпка траншеи; 2 – геотекстиль; 3 – строительные и промышленные техногенные образования, обладающие поглотительной способностью по отношению к ИТМ;
 4 – перфорированная труба

Технологическая схема превентивной защиты почв и грунтовых вод путем использования строительных и промышленных техногенных образований в водоотводных лотках транспортных магистралей представлена на рисунке 4.

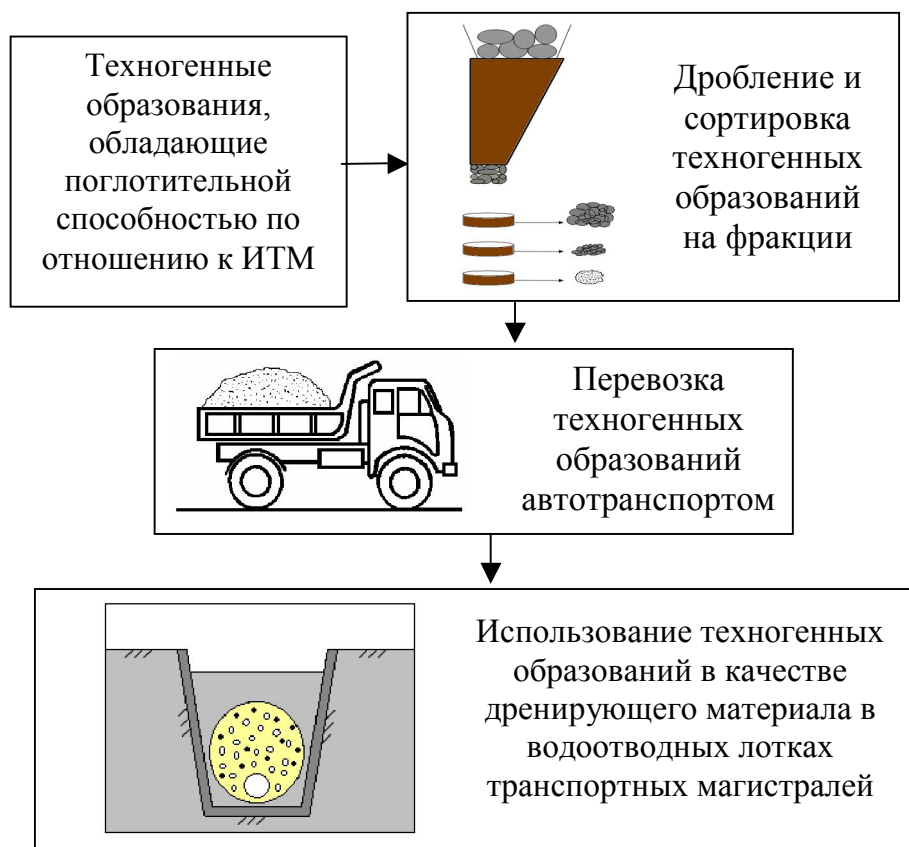


Рис. 4. Технологическая схема превентивной защиты почв и грунтовых вод с использованием техногенных образований, уложенных в геотекстиль

При плановом ремонте водоотводной системы изъятый отработанный геоэкозащитный материал рекомендуется использовать в дорожном строительстве, а также он может быть использован в качестве заполнителя при производстве строительных материалов для промышленного строительства.

В следующей части работы была проведена проверка возможности использования строительных и промышленных техногенных образований в качестве фильтрующего материала для превентивной защиты почв и грунтовых вод от загрязнения ИТМ. Для этого была осуществлена опытная апробация очистки поверхностных стоков на автозаправочной станции, находящейся в зоне реконструкции автомагистрали. При этом было предложено заполнить комбинированный фильтрующий патрон фосфогипсом вместо части нетканого полотна (рис. 5).

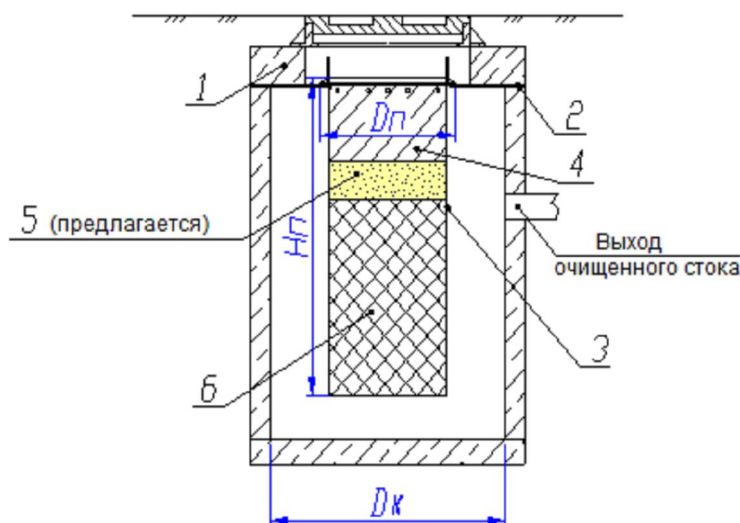


Рис. 5. Схема установки комбинированного фильтрующего патрона:
 1 – железобетонный колодец; 2 – опорное кольцо; 3 – комбинированный фильтрующий патрон; 4 – синтепон, лавсан; 5 – строительные и промышленные техногенные образования, обладающие поглотительной способностью по отношению к ИТМ; 6 – сорбент МАУ; D_k – диаметр колодца; D_p – диаметр фильтрующего патрона (по фланцам); H_p – высота фильтрующего патрона.

Технологическая схема превентивной защиты почв и грунтовых вод путем использования строительных и промышленных техногенных образований в качестве фильтрующих материалов представлена на рисунке 6.

На территории автозаправочной станции предприятия ЗАО «Холдинговая компания «ГРАНД» был очищен поверхностный сток от ионов свинца и нефтепродуктов. Концентрация ионов свинца в стоках от автозаправочной станции составляла 0,1 мг/л. За весь период испытаний в очищенных поверхностных стоках концентрация ионов свинца уменьшилась в 10 раз, обеспечив уровень очистки до ПДК_{хоз.-пит.}. По результатам испытаний получен соответствующий акт.



Рис. 6. Технологическая схема превентивной защиты почв и грунтовых вод с использованием техногенных образований в фильтрах

По предложенным технологическим решениям для защиты литосферы при транспортном строительстве разработаны проекты технических условий ТУ 0330-007-07519745-2009 и ТУ 0330-008-07519745-2009. Новизна технологических решений защищена патентами РФ № 2327647, № 2360732, № 2360868, № 2401805.

Перспективы использования результатов работы, а также их внедрение показаны на рисунке 7 и в таблице 3 соответственно.

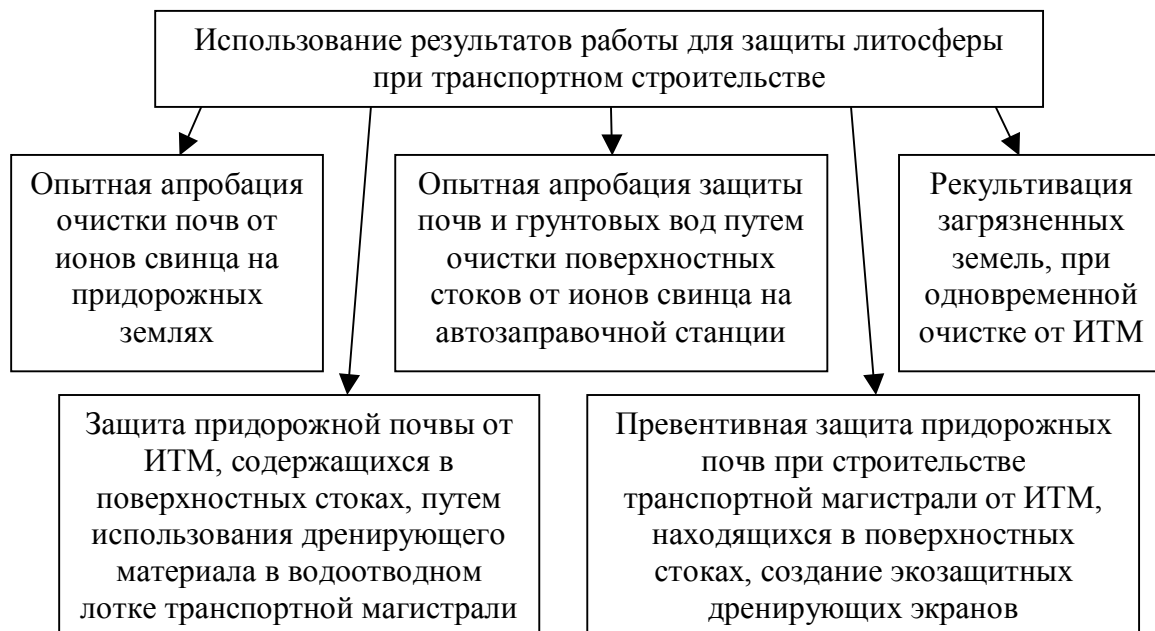


Рис. 7. Направления использования результатов работы

Таблица 3. Внедрение и рекомендации к использованию строительных и промышленных техногенных образований в технологических решениях для защиты литосферы

Техногенные образования	Внедренные и перспективные технологические решения для защиты литосферы при транспортном строительстве	Фактический результат	Доказательство новизны и документы для использования
Фосфогипс	Превентивная защита почв путем очистки поверхностных стоков от ИТМ Очистка придорожных почв от ИТМ	Установленное снижение концентрации ИТМ в почвах и стоках, утилизация фосфогипса	Патент РФ № 2327647 Патент РФ № 2360732 Патент РФ № 2360868 Патент РФ № 2401805 ТУ 0330-007-07519745-2009 ТУ 0330-008-07519745-2009 Акт внедрения на автозаправочной станции ЗАО «Холдинговая компания «ГРАНД» Акты внедрения в СНТ п. Красницы
Бой пенобетона	Очистка придорожных почв от ИТМ	Установленное снижение концентрации ИТМ в почвах, утилизация боя пенобетона	
Бой тяжелого бетона	Очистка придорожных почв от ИТМ	Установленное снижение концентрации ИТМ в почвах, утилизация боя тяжелого бетона	
Пеногипс	Превентивная защита почв путем очистки поверхностных стоков от ИТМ Очистка придорожных почв от ИТМ	Возможное снижение концентрации ИТМ в почвах, утилизация пеногипса	
Доменный гранулированный шлак	Превентивная защита почв путем очистки поверхностных стоков от ИТМ Очистка придорожных почв от ИТМ	Возможное снижение концентрации ИТМ в почвах, утилизация доменного гранулированного шлака	

2. Способность некоторых строительных и промышленных техногенных образований поглощать ИТМ проявляется в их самопроизвольном взаимодействии с образованием труднорастворимых веществ в виде солей и гидроксидов соответствующих тяжелых металлов и составляет для гидросульфатсодержащих кальциевых техногенных образований по ионам кадмия, меди, свинца и бария 0,66 – 1,26 мг/г, 0,88 – 1,34 мг/г, 0,85 – 1,52 мг/г, 1,29 – 1,33 мг/г соответственно, и для гидросиликатных техногенных образований кальция и магния по ионам свинца и бария - 1,26 – 1,52 мг/г и 0,47 – 0,88 мг/г соответственно.

Ранее научной школой кафедры «Инженерная химия и

естествознание» ПГУПС была обнаружена поглотительная способность некоторых техногенных образований (гидросиликатов кальция и магния) по отношению к ИТМ (d-металлы). В данной работе развиваются эти знания по отношению к s- и p- ИТМ для гидросиликатов кальция и магния, что было не известно на момент постановки работы, а также предполагается наличие поглотительной способности для гидросульфатов кальция по отношению к ионам s-, p-, d- тяжелых металлов.

Изучение спектров распределения центров адсорбции (метод РЦА) на поверхности строительных и промышленных техногенных образований показало наличие основных и кислотных центров, которые могут быть активными по отношению к ИТМ и обезвреживать их. Обезвреживание ИТМ осуществляется на этих центрах путем образования труднорастворимых веществ в виде солей и гидроксидов.

Обнаружение поглотительной способности по ИТМ строительных и промышленных техногенных образований лежит в основе развития предлагаемых технологических решений для защиты литосферы при транспортном строительстве.

Была исследована поглотительная способность таких техногенных образований как фосфогипс, пеногипс, сульфат кальция безводный, полуводный гипс, двуводный гипс, доменный гранулированный шлак, тяжелый бетон и пенобетон, клинкерные минералы, асбестсодержащий щебень, хлоритсодержащий щебень и тальк по ионам Cd(II), Cu(II), Pb(II) и Ba(II).

Эксперименты показали, что, во-первых, эти вещества обладают обезвреживающими свойствами по ИТМ, и, во-вторых, были обнаружены зависимости статической емкости материалов (при взаимодействии с модельным раствором, содержащим ионы кадмия) от исходной концентрации раствора, содержащего ионы тяжелого металла, от времени взаимодействия техногенных образований с раствором, от размера фракции техногенных образований.

Было определено, что наиболее оптимальная для исследований и практического применения исходная концентрация ИТМ в растворе составляет 10^{-4} моль/л. В таблице 4 приведены результаты экспериментов на примере фосфогипса, тяжелого бетона и асбестсодержащего щебня.

На рисунке 8 представлены результаты исследования оптимального времени взаимодействия материалов с раствором, содержащим ионы кадмия, при равной исходной концентрации и равной степени измельчения техногенных образований.

По результатам исследований было принято время взаимодействия 15 минут, которое обеспечивает наиболее полную реализацию поглотительной способности строительных и промышленных техногенных образований.

Таблица 4. Зависимость статической емкости техногенных образований от исходной концентрации раствора, содержащего ионы кадмия (II)

Исходная концентрация раствора Cd(NO ₃) ₂		Гидросульфатсодержащее вещество – фосфогипс		Гидросиликатсодержащее кальциевое вещество – тяжелый бетон		Гидросиликатсодержащее магниевое вещество – асбестсодержащий щебень	
		Конечная концентрация, мг/л	Емкость, мг/г	Конечная концентрация, мг/л	Емкость, мг/г	Конечная концентрация, мг/л	Емкость, мг/г
моль/л	мг/л						
10 ⁻⁶	0,042	0,011	0,003	0,000	0,004	0,000	0,004
10 ⁻⁵	1,620	1,367	0,025	0,000	0,162	0,072	0,155
10 ⁻⁴	12,786	2,195	1,059	0,000	1,279	1,488	1,130
10 ⁻³	162,817	57,102	10,570	93,704	6,911	142,066	2,075
10 ⁻²	1537,309	663,379	87,393	1341,988	19,532	1408,498	12,931

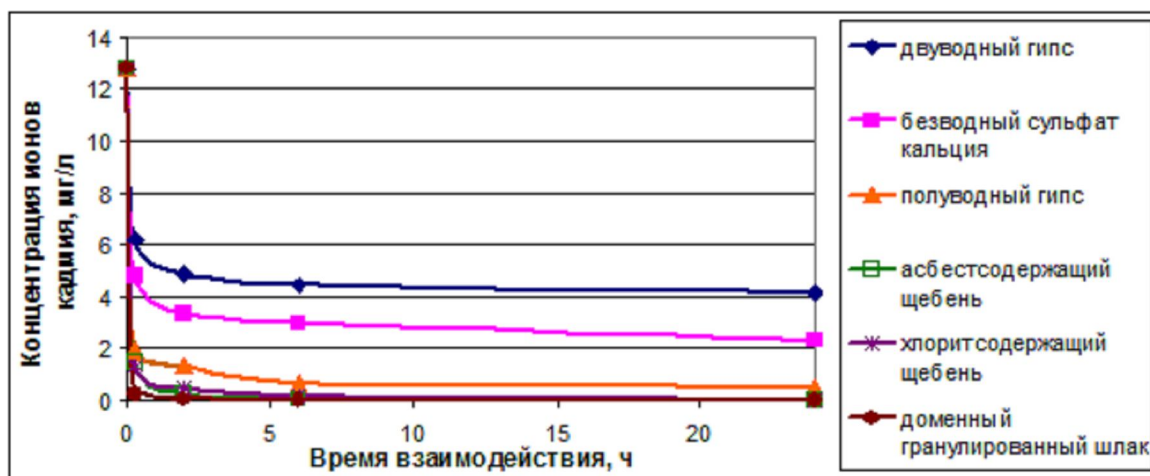


Рис. 8. Зависимости концентрации ионов кадмия (II) от времени взаимодействия с различными техногенными образованиями

На рисунке 9 представлены исследования по обнаружению зависимости статической емкости материала от размера фракции. Для дальнейших исследований была выбрана фракция 0,315-0,630 мм, что согласуется с литературными данными.

В выбранных условиях были проведены исследования для таких ионов тяжелых металлов как кадмий, медь, свинец и барий. Результаты представлены в таблицах 5 и 6.

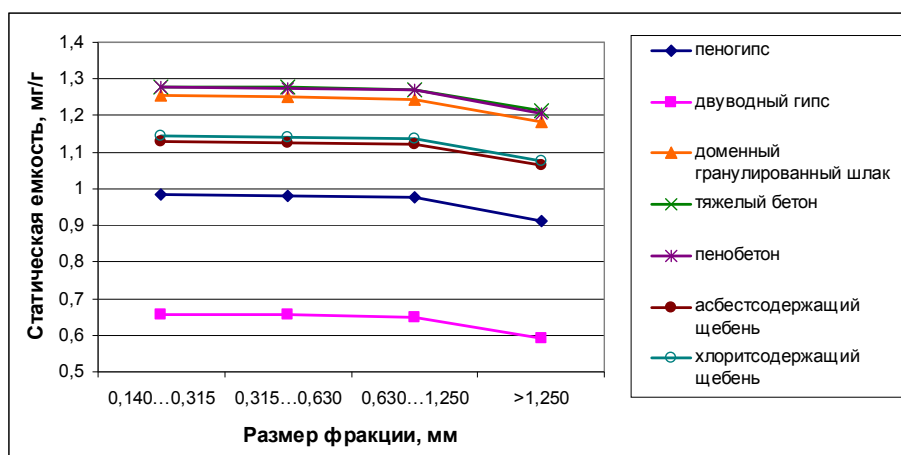


Рис. 9. Зависимость статической емкости строительных и промышленных техногенных образований от размеров фракции

Таблица 5. Поглонительная способность сульфатсодержащих техногенных образований

Исследуемые техногенные образования	Статическая емкость, мг/г			
	Cd(II)	Cu(II)	Pb(II)	Ba(II)
Фосфогипс	1,06	1,28	1,51	1,29
Пеногипс	0,99	1,21	0,85	1,33
Сульфат кальция безводный	0,80	1,09	1,17	1,30
Полуводный гипс	1,26	1,34	1,52	1,31
Двуводный гипс	0,66	0,88	0,86	1,33

Таблица 6. Поглонительная способность силикатсодержащих техногенных образований

Группа веществ	Исследуемые техногенные образования	Статическая емкость, мг/г	
		Pb(II)	Ba(II)
Силикаты кальция	доменный гранулированный шлак	~ 1,52	0,77 - 0,88
	тяжелый бетон		
	пенобетон		
Силикаты магния	асбестосодержащий щебень	1,26 - 1,51	0,47 - 0,50
	хлоритсодержащий щебень		
	тальк		
Клинкерные минералы	C ₃ S	~ 1,52	~ 0,81
	C ₃ A		
	C ₄ AF		
	β-C ₂ S		

Исследования показали, что полученные значения статической емкости строительных и промышленных техногенных образований не уступают некоторым природным и искусственно полученным сорбентам.

Характер взаимодействия техногенных образований с растворами ИТМ был исследован с помощью анализа на наличие обменных ионов кальция в растворе (рис. 10).

Данные диаграмм свидетельствуют о поступлении ионов кальция в раствор при взаимодействии дисперсий тяжелого бетона с ИТМ (рис. 10, а) и отсутствии обратного процесса замещения ИТМ в техногенном образовании ионами кальция (рис. 10, б).

Анализ обменных ионов кальция при взаимодействии полуводного гипса с кадмием показал их отсутствие (рис. 10, в, г).

Данные исследования подтверждают, что механизм поглощения ИТМ протекает на поверхности твердого техногенного образования и связан с наличием брэнстедовских основных центров, что подтверждает ИК-спектральный анализ исследуемых образцов.

Учитывая результаты проведенных исследований, можно говорить о том, что строительные и промышленные техногенные образования гидросульфатной и гидросиликатной природы, являясь отходами IV класса опасности, самопроизвольно взаимодействуют с ионами тяжелых металлов I и II классов опасности, связывая и обезвреживая их, в результате чего образуются труднорастворимые вещества в виде солей и гидроксидов соответствующих тяжелых металлов, имеющие IV класс опасности.

3. Проведенная эколого-экономическая оценка для технологических решений по созданию экозащитного экрана из фосфогипса, тяжелого бетона и пенобетона и превентивной защите почв на автозаправочной станции (АЗС) составляет 157 тыс. руб./год, 158 тыс. руб./год, 159 тыс. руб./год на 1 га почвы и 451 тыс. руб./год на 1 АЗС соответственно. Оценка качества технологических решений методом PQ (property quality) показала, что превышение значений индексов PQ предлагаемых технологических решений по сравнению с известными может достигать 38%.

В работе по стандартизированной методике был рассчитан предотвращенный экологический ущерб по предложенным технологическим решениям (табл. 7).

Была произведена оценка качества предложенных технологических решений для защиты литосферы на базе строительных и промышленных техногенных образований при транспортном строительстве путем расчета индекса PQ. Метод PQ, предложенный и развитый в работах кафедры ПГУПС «Инженерная химия и естествознание», предполагает, что чем выше значение индекса, тем выше качество деятельности или технологии, при этом максимальное значение индекса равно единице.

Проводилось сравнение каждого из разработанных технологических решений для защиты литосферы при транспортном строительстве с традиционной технологией. Результаты представлены в таблице 8.

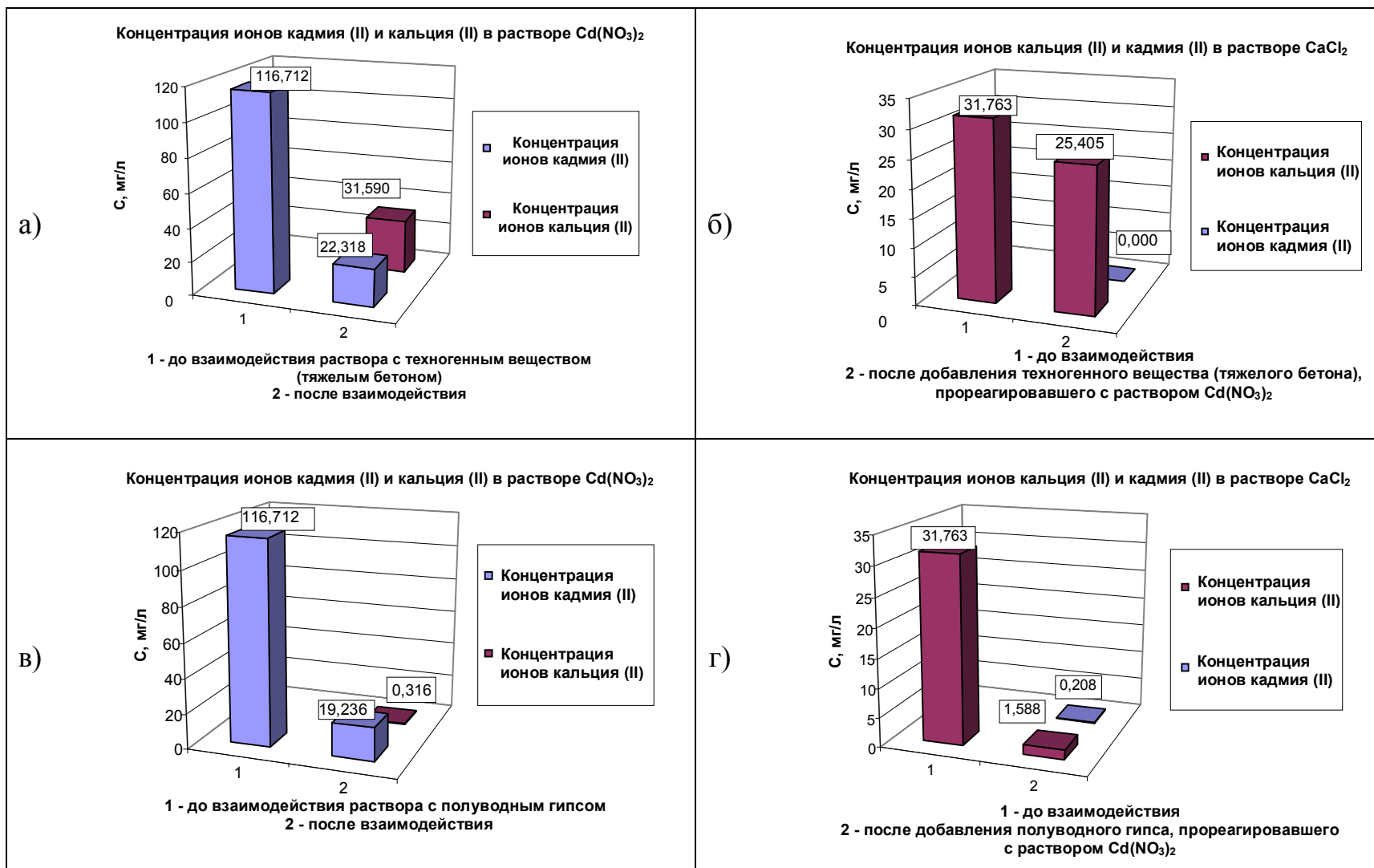


Рис. 10. Анализ модельного раствора на наличие обменных ионов кальция для строительных техногенных образований

Таблица 7. Эколого-экономическая оценка технологических решений для защиты литосферы при транспортном строительстве с использованием строительных и промышленных техногенных образований

Предлагаемое технологическое решение для защиты литосферы при транспортном строительстве	Предотвращенный экологический ущерб, тыс. руб/год	Размер опытной площадки	Фактический результат
Создание экозащитных экранов, предотвращающих загрязнение почв, из фосфогипса	157	1 га почвы	Очистка почв от ионов свинца, утилизация техногенных образований
Превентивная защита почв и грунтовых вод путем очистки поверхностных стоков с помощью фосфогипса	451	1 автозаправочная станция	Превентивная защита почв путем очистки поверхностных стоков от ионов свинца, утилизация техногенных образований
Создание экозащитных экранов, предотвращающих загрязнение почв, из боя тяжелого бетона	158	1 га почвы	Очистка почв от ионов свинца, утилизация техногенных образований
Создание экозащитных экранов, предотвращающих загрязнение почв, из боя пенобетона	159	1 га почвы	Очистка почв от ионов свинца, утилизация техногенных образований

Таблица 8. Оценка качества предложенных технологических решений

Внедренные технологические решения		Оценка качества по индексу PQ
известно	использование фосфогипса в качестве удобрения	0,69
предложено	использование фосфогипса для защиты придорожных почв от загрязнения ИТМ	0,90
известно	технология очистки поверхностных стоков углем марки МАУ	0,70
предложено	использование фосфогипса для превентивной защиты литосферы путем обезвреживания поверхностных стоков от загрязнения ИТМ	0,72
известно	использование техногенного пенобетона в качестве заполнителя	0,56
предложено	использование техногенного пенобетона для защиты почв от загрязнения ИТМ	0,90
известно	использование техногенного тяжелого бетона в качестве заполнителя	0,63
предложено	использование техногенного тяжелого бетона для защиты почв от загрязнения ИТМ	0,96

Индексы PQ предложенных геоэкозащитных технологических решений, приводящих к ликвидации негативного воздействия на литосферу при транспортном строительстве, превышают индексы PQ традиционных технологий использования техногенных образований, что свидетельствует о перспективности использования гидросульфатсодержащих и гидросиликатсодержащих строительных и промышленных техногенных образований в геоэкозащитных технологиях при строительной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная научная и практическая задача, имеющая существенное значение для геоэкологии в строительстве, заключающаяся в разработке технологических решений для защиты литосферы при транспортном строительстве, основанных на использовании поглотительной способности по отношению к ИТМ строительных и промышленных техногенных образований.

Основные научные и практические выводы:

1. Разработаны технологические решения для защиты литосферы с использованием строительных и промышленных техногенных образований, которые включают создание экозащитного экрана при строительстве автомобильных и железнодорожных магистралей и превентивную защиту почв и грунтовых вод путем очистки поверхностных стоков в водоотводном лотке при строительстве транспортной магистрали и на территории автозаправки при реконструкции автомагистрали. Для предложенных технологических решений разработаны проекты технических условий ТУ 0330-007-07519745-2009, ТУ 0330-008-07519745-2009, получены патенты РФ № 2327647, № 2360732, № 2360868, № 2401805.

2. Разработанные технологические решения основаны на способности строительных и промышленных техногенных образований поглощать ионы тяжелых металлов. Обнаружено, что такая способность гидратных кальциевых сульфатсодержащих техногенных образований по отношению к ионам Cd(II), Cu(II), Pb(II), Ba(II) и гидросиликатсодержащих техногенных образований кальция и магния по отношению к ионам Pb(II) и Ba(II) проявляется в их самопроизвольном взаимодействии с образованием труднорастворимых веществ в виде солей и гидроксидов соответствующих тяжелых металлов.

3. Выявлены зависимости поглотительной способности кальциевых сульфатных, а также гидросиликатных систем от исходной концентрации раствора, содержащего ионы тяжелого металла, от времени взаимодействия с раствором и от размера фракции.

4. Определена поглотительная способность гидросульфатсодержащих кальциевых техногенных образований, которая соответствует значениям в интервалах: 0,66 – 1,26 мг/г для ионов кадмия; 0,88 – 1,34 мг/г для ионов меди; 0,85 – 1,52 мг/г для ионов свинца; 1,29 – 1,33 мг/г для ионов бария; поглотительная способность гидросиликатных техногенных образований кальция и магния соответствует значениям 1,26 – 1,52 мг/г для ионов свинца и 0,47 – 0,88 мг/г для ионов бария.

5. Величина предотвращенного экологического ущерба для технологических решений по созданию экозащитного экрана из фосфогипса, тяжелого бетона и пенобетона и превентивной защите почв на АЗС составляет 157 тыс. руб./год, 158 тыс. руб./год, 159 тыс. руб./год на 1 га почвы и 451 тыс. руб./год на 1 АЗС соответственно.

6. Оценка качества предложенных технологических решений методом RQ показала, что превышение значений индексов RQ разработанных технологических решений по сравнению с известными может составлять 38%, что определяет более высокое качество этих технологических решений.

Основные положения диссертации опубликованы в 30 печатных работах, из них:

Публикации по перечню ВАК

1. Пузанова, Ю.Е. «Резательный автоклавный пенобетон – полифункциональный материал нового поколения для транспортного строительства и геозащиты» [Текст] / М.В. Шершнева, А.М. Сычева, В.Н. Сурков, Ю.Е. Пузанова // «Транспортное строительство». – 2008. – №4. – С. 24–25.

2. Пузанова, Ю.Е. «Геоэкологические решения обезвреживания ионов тяжелых металлов с помощью отходов строительной промышленности» [Текст] / А.В. Панин, Ю.Е. Пузанова // «Известия петербургского университета путей сообщения». – 2010. – Вып. 2 (23). – С. 230–239.

3. Пузанова, Ю.Е. «Геоэкологический аспект использования кальцийсодержащих строительных отходов» [Текст] / М.В. Шершнева, Ю.Е. Пузанова, В.Я. Соловьева // «Известия петербургского университета путей сообщения». – 2010. – Вып. 2 (23). – С. 261–267.

4. Пузанова, Ю.Е. «Геозащитные свойства гидратсодержащих твердых фаз» [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.В. Шершнева, Ю.Е. Пузанова // «Геохимия». – 2010. – №6. – С. 661–663.

5. Пузанова, Ю.Е. «Минимизации негативного воздействия транспортных систем на окружающую среду силикатными отходами» [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.В. Шершнева, Ю.Е. Пузанова, М.Ю. Савельева // «Транспортное строительство». – 2011. – №5. – С. 13–15.

Публикации в других изданиях

6. Пузанова, Ю.Е. «Использование фосфогипса для осаждения ионов тяжелых металлов» [Текст] / Ю.Е. Пузанова // «Новые исследования в материаловедении и экологии»: сб. науч. ст. – СПб. : ПГУПС, 2007. – Вып. 7. – С. 60–61.

7. Пузанова, Ю.Е. «Гезооащитные свойства пеногипса» [Текст] / Ю.Е. Пузанова // «Шаг в будущее (Неделя науки-2008)»: матер. межвузовской научно-техн. конф. – СПб. : ПГУПС, 2008. – С. 94–98.

8. Пузанова, Ю.Е. «Гезооащитные свойства пеногипса» [Текст] / Ю.Е. Пузанова // «Новые исследования в материаловедении и экологии»: сб. науч. ст. – СПб. : ПГУПС, 2008. – Вып. 8. – С. 48–50.

9. Пузанова, Ю.Е. «Использование сульфатсодержащих и силикатсодержащих отходов для очистки почв от тяжелых металлов» [Текст] / Ю.Е. Пузанова // «Новые исследования в материаловедении и экологии»: сб. науч. ст. – СПб. : ПГУПС, 2010. – Вып. 10. – С. 94–95.

10. Пузанова, Ю.Е. «Использование твердых промышленных отходов как эозащитных материалов» [Текст] / М.О. Переломова, Ю.Е. Пузанова, Т.А. Смирнова // «Новые исследования в материаловедении и экологии»: сб. науч. ст. – СПб. : ПГУПС, 2006. – Вып. 6. – С. 77–78.

11. Пузанова, Ю.Е. «Исследование свойств гидратсодержащих отходов для решения проблемы их утилизации» [Текст] / М.В. Шершнева, Ю.Е. Пузанова // «Пенобетон-2007»: материалы межд. научно-практ. конф. – СПб. : ПГУПС, 2007. – С. 159–162.

12. Пузанова, Ю.Е. «Применение пенобетонов для защиты окружающей среды» [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.В. Шершнева, Ю.Е. Пузанова // «Технологии бетонов». – 2008. – №12. – С. 12–13.

13. Пузанова, Ю.Е. «New Protective Properties of the Binding Mixes» [Текст] / Л.Б. Сватовская, Е.И. Макарова, М.В. Шершнева, Ю.Е. Пузанова, К.Ю. Соловьева // IBAUSIL. 17 Internationale baustofftagung. Band 2. – Weimar – 2009 – S. 1357–1363.

Подписано к печати
Печать – ризография.
Тираж 100 экз.

29.09.2011 г.
Бумага для множит. апп.

Печ.л. – 1,25
Формат 60x84 1\16
Заказ №