

На правах рукописи



Байдарашвили Марина Михайловна

**МЕТОДЫ ГЕОЭКОЗАЩИТНЫХ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ
ГИДРОСИЛИКАТНЫХ СИСТЕМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология (в строительстве и ЖКХ)

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора
технических наук**

Санкт-Петербург – 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» на кафедре «Инженерная химия и естествознание»

Научный консультант доктор технических наук, профессор
СВАТОВСКАЯ Лариса Борисовна

**Официальные
оппоненты:** **Княтько Василий Михайлович,**
доктор технических наук, профессор, заместитель
генерального директора по научной работе ООО
«НТЦ «Технологии XXI века»

Решняк Валерий Иванович,
доктор технических наук, профессор,
Государственный университет морского и речного
флота им. адмирала С.О. Макарова, кафедра «Химия
и экология», заведующий кафедрой

Сольский Станислав Викторович,
доктор технических наук, старший научный
сотрудник, ОАО «Всероссийский научно-
исследовательский институт гидротехники им.
Б. Е. Веденеева», отдел «Основания, грунтовые и
подземные сооружения», заведующий отделом

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Самарский
государственный технический университет»

Защита состоится 23 декабря 2015 г. в 16 часов на заседании диссертационного совета Д 999.002.03 по адресу: 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 9, ауд. 3-237.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» и на сайте www.spbstu.ru

Автореферат разослан «22» сентября 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Каверзнева Татьяна Тимофеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью разработки научно-обоснованных геоэкозащитных технических и технологических решений, осуществление которых будет способствовать «сохранению для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды» (согласно формуле специальности 25.00.36 «Геоэкология»). В ряду глобальных проблем выживания человечества Земли в настоящее время важное место занимает геоэкологическая угроза, которую во многом формирует строительная отрасль. По статистическим данным на её долю приходится около 40% расходуемого природного сырья, здания всего мира используют около 67% всего потенциала электроэнергии, 40% всей потребляемой первичной энергии. В структуре строительной экономики преобладают ресурсодобывающие и ресурсоемкие сектора, что приводит к росту потребления природных ресурсов при сокращении их запасов.

В связи с геоэкологической ситуацией, которая для Земли названа близкой к критической, необходимы геоэкозащитные решения при осуществлении строительной деятельности. Такого рода решениям и посвящена данная работа.

Работа выполнена с учетом таких государственных документов как «Основные положения государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития» (1994), «Экологическая доктрина Российской Федерации», одобренная Правительством РФ от 31.08.2002 (№ 1225-р), Государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», Национальный стандарт по экологическим требованиям в строительстве ГОСТ Р 54694-2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости», концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденной Правительством РФ от 17.11.2008г. (№ 1662-р).

Область исследования соответствует требованиям паспорта специальности 25.00.36 – Геоэкология (в строительстве и ЖКХ) по пунктам: 5.6 «Теория, методы, технологии и средства оценки состояния, защиты, восстановления природно-техногенных систем и управления ими при осуществлении строительной деятельности и ЖКХ»; 5.7 «Технические средства, технологии и сооружения для локализации и ликвидации негативных природных и техногенных воздействий на окружающую среду при осуществлении строительной деятельности и ЖКХ»; 5.8 «Технические средства геоэкологического контроля и мониторинга состояния окружающей среды при строительстве и ЖКХ»; 5.10 «Методы и технические средства оперативного обнаружения чрезвычайных геоэкологических

ситуаций, анализа их причин и прогноза последствий, а так же их предотвращения и ликвидации строительными способами».

Степень разработанности темы исследования. Теоретическими основами работы стали труды отечественных ученых Петербургской, Московской, Самарской, Белгородской и других научных школ в области решения геоэкологических проблем строительной сферы (промышленное, гражданское, транспортное и специальное строительство), а также зарубежных авторов.

Цель диссертационной работы заключалась в разработке методов геоэкозащитных технических и технологических решений и их реализация в строительной деятельности на базе гидросиликатных систем.

Основная идея работы состояла в представлении о том, что возможно обеспечение геоэкозащиты в строительной деятельности путем разработки и применения соответствующих методов геоэкозащитных технических и технологических решений, основанных на использовании определенных процессов в гидросиликатных системах, представляющих собой конструкции, сооружения или их совокупность. При этом полагалось, что технические и технологические решения в строительной деятельности становятся геоэкозащитными, если соответствуют критериям геоэкозащиты, которые в работе обобщены как минимизация расхода невозобновляемой энергии, сохранение или (и) восстановление качества природно-техногенной среды, ресурсосохранность, а также минимизация образования отходов.

Выбор гидросиликатных систем обусловлен тем, что, во-первых, эти системы масштабные из применяемых в строительстве, и, во-вторых, эти системы обладают определенными свойствами, важными для осуществления геоэкозащитных решений, к которым относятся следующие.

1. Гидросиликатные системы, используемые в строительстве, являются капиллярно-пористыми телами, которые, как известно, способны к самопроизвольному поглощению растворов. В качестве таких растворов могут быть или растворы загрязнителей, которые за счет капиллярных свойств будут вытягиваться наземными или подземными строительными гидросиликатными системами из почвы, или растворы другой природы, капиллярный подъем которых может быть использован в строительной деятельности в геоэкозащитных целях; при этом отличие именно строительной гидросиликатной системы (в виде конструкций, сооружений или их дисперсий) состоит в том, что термодинамически возможно дальнейшее самопроизвольное взаимодействие системы с поглощенным раствором определенной природы.

2. Поглощенные строительной гидросиликатной системой растворы, способные к дальнейшему самопроизвольному (без затрат дополнительной энергии) термодинамически обусловленному взаимодействию с

составляющими системы, образуют новые устойчивые фазы. Например, в случае загрязнителей в виде ионов тяжелых металлов (ИТМ) такое взаимодействие путем самопроизвольного образования фаз с низкой растворимостью обезвреживает их, и тогда гидросиликатная система в виде конструкций, сооружений или дисперсий осуществляет функцию детоксикации, становясь минеральным геоантидотом (МГа). Способность поглощенных ионов тяжелых металлов, связанная с природой этих металлов, окрашивать гидросиликаты и гидроксиды при их обезвреживании в разные цвета может способствовать следующим двум новым геоэкозащитным технологическим решениям – созданию декоративных (окрашенных) архитектурных решений для конструкций и сооружений, во-первых, и технологиям обнаружения по цвету загрязнителя, во-вторых, что дает начало специальным геоэкоинформационным строительным технологиям, когда возникающий цвет наземного строительного элемента информирует о загрязнении литосферы, тогда такой элемент становится геоэкоиндикатором. В этом случае строительная система за счет присутствия геоэкоиндикатора может быть использована для мониторинга состояния геосреды.

3. Если строительная гидросиликатная система (в виде конструкций и сооружений) поглощает и взаимодействует с растворами, способными осуществлять ресурсосохранную функцию, например, с растворами кремнезоля (нанорастворами), то строительная система становится ресурсосохранной за счет дополнительных гидросиликатов, образующихся при минимуме затрат природного сырья и без дополнительной энергии.

4. Энергетической основой рассматриваемых процессов в строительной гидросиликатной системе, лежащих в основе геоэкозащитных решений, является полезная работа процессов взаимодействия, которую отражает изменение величины свободной энергии Гиббса (ΔG^0_{298}); таким образом, процессы поглощения и полезная работа взаимодействия гидросиликатной системы изначально соответствуют первому из обобщенных критериев геоэкозащиты - минимизация расхода энергии, так как осуществляются за счет понижения свободной энергии Гиббса системы.

5. Полагается, что, помимо соответствия первому критерию геоэкозащиты, предлагаемые решения соответствуют другим критериям, которые следует количественно оценить.

При сформулированной цели и основной идее следовало решить следующие **задачи**:

1. Разработать научно обоснованный метод обеспечения геоэкозащиты в строительной деятельности по обобщенным критериям на основе процессов поглощения и взаимодействия в гидросиликатных системах, включающий направления реализации этих процессов в геоэкозащитных технических и технологических решениях.

2. Разработать методы осуществления обозначенных направлений геоэкозащитных технических и технологических решений в строительной деятельности в соответствии с предложенными критериями.

3. Разработать соответствующие методам технологические параметры выполнения предложенных геоэкозащитных технических и технологических решений.

4. Опробовать опытно-промышленно и внедрить предложенные геоэкозащитные технические и технологические решения в строительной деятельности.

5. Произвести эколого-экономический анализ предложенных геоэкозащитных решений в строительстве.

Научная новизна:

1. Предложен научно обоснованный метод и обозначены критерии обеспечения геоэкозащиты в строительной деятельности на базе самопроизвольных процессов поглощения и взаимодействия в гидросиликатных системах; в соответствии с методом определены и реализованы новые геоэкозащитные технологические решения в виде детоксикационных (по ИТМ), решений по сохранению минеральных ресурсов, а также технологии обнаружения ИТМ; в качестве критериев названы и количественно оценены - минимизация расхода невозобновляемой энергии, сохранение или (и) восстановление качества природно-техногенной среды, ресурсосохранность и минимизация образования отходов.

2. Предложен метод детоксикационных (по ионам тяжелых металлов) технических и технологических решений, соответствующий критериям геоэкозащиты на базе свободной энергии процессов детоксикации, осуществляемых строительными гидросиликатными системами и принимающих значения ΔG^0_{298} от минус $30,9 \cdot 10^3$ кДж/т (приведенная величина). Обнаруженные детоксикационные свойства строительных гидросиликатных систем в виде конструкций, сооружений или дисперсий оценены по показателю геоэкозащитной по ИТМ активности до 2,5 г/кг. Определено, что качество природно-техногенной среды восстанавливается геоэкозащитными решениями при ее загрязнении ионами тяжелых металлов до 200 ПДК (по кадмию (II)) и 300 ПДК (по свинцу (II)), что дало основание отнести строительные гидросиликатные системы к минеральным геоантидотам; в дальнейшем детоксикационный метод использован в технологиях транспортного и гражданского строительства.

3. Предложен метод технических и технологических решений по сохранению минеральных ресурсов на базе свободной энергии самопроизвольного процесса поглощения строительной гидросиликатной системой кремнезоля, принимающего значения ΔG^0_{298} от минус $12,3 \cdot 10^4$

кДж/т (приведенная величина), при котором обеспечивается синтез свойств строительной системы вместо используемого ранее природного минерального сырья. Показано, что соответствие разработанных решений обозначенным критериям геоэкозащиты в строительной деятельности позволяет использовать предлагаемый метод в практике промышленно-гражданского, транспортного и специального строительства.

4. Предложен метод обнаружения загрязнения геосреды ионами тяжелых металлов, который соответствует критериям геоэкозащиты и предполагает считывание информации по изменению цвета строительной гидросиликатной системы при ее поглощении и взаимодействии с ИТМ, содержащихся в геосреде; при этом цвет соответствует природе и концентрации загрязнителя (ИТМ), выражаемой в количествах единиц ПДК и оцениваемой по предложенной в работе геоэкоиндикаторной шкале. Свободная энергия процесса, обеспечивающего геоэкоинформацию, составляет значения ΔG_{298}^0 от минус $30,9 \cdot 10^3$ кДж/т (приведенная величина). Показано, что метод применим при загрязнениях ИТМ, превышающих ПДК в 10 и более раз; в дальнейшем использован в технологиях транспортного и специального строительства.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Научное обоснование предложенных и внедренных методов геоэкозащитных решений в строительной деятельности на базе гидросиликатных систем позволило, во-первых, рассмотреть и использовать известные строительные гидросиликатные системы как имеющие одновременно геоэкозащитные детоксикационные функции, что прослежено на примере подземных строительных конструкций, наземных габионных конструкций, наземных и подземных сооружений земляного полотна, во-вторых, предложить геоэкозащитные решения по сохранению минеральных ресурсов для строительных объектов в гражданском, промышленном и специальном строительстве и, в-третьих, создать строительные системы обнаружения загрязнений ИТМ на основе использования геоэкоиндикаторов.

2. Предложены и количественно определены технологические параметры, которые определяют срок детоксикационной службы строительной гидросиликатной системы в виде конструкций, сооружений или их дисперсий, к которым относятся устраняемое количество загрязнителя УКЗ, г/кг (кг/т), и коэффициент геоэкоэксплуатации $k_{гээ}$ для транспортных строительных сооружений, учитывающий сроки между плановыми ремонтами; определена зависимость параметров от природы загрязнителя (ИТМ) и его исходной концентрации в геоэксплуатируемой среде, а также от степени дисперсности загрузки.

3. В условиях 10- и 100-кратного превышения ПДК по Fe(III), а также 10- и 100-кратного превышения ПДК по Cu(II) возможно снижение

концентрации катионов до нормативных значений при эксплуатации подземного строительного сооружения – колодца железобетонного, рассмотренного на примере его элементов: кольца доборного КС-7-1 (акт ОАО «Средне-Невский судостроительный завод»), кольца опорного КО-6 (акт опробования от «СУ №314» ФГУП «ГУССТ №3 при Спецстрое России»); показано, что в условиях 11-кратного превышения ПДК по Cu(II) возможно уменьшение концентрации до значений ниже допустимых при использовании габионной строительной конструкции как детоксикационной (акт об использовании при реконструкции моста через р. Тихая на участке 186 км линии Корсаков-Ноглики Дальневосточной железной дороги о. Сахалин); показано, что в условиях шестикратного превышения ПДК по Pb(II) возможно уменьшение концентрации до значений ниже допустимых, если использовать грунтовое сооружение земляного полотна как детоксикационное (акт ООО «Еврожелдорстрой»). Показано, что в условиях девятикратного превышения ПДК по Pb(II) возможно уменьшение концентрации до значений ниже допустимых, если использовать детоксикационную функцию подземного сооружения земляного полотна (акт реализации от ПЧ-10 пос. Петро-Славянка Колпинского района Ленинградской области). Для всех геоэкозащитных детоксикационных решений рассчитан предотвращенный экологический ущерб на примере протяженности земляного полотна, равной 1 км.

4. Сохранение минеральных ресурсов, достигаемое пропитыванием и поглощением раствора кремнезоля, составляет в среднем 450 т сэкономленного сырья, электроэнергии - $40,7 \cdot 10^4$ кВт/год, природного газа - $35 \cdot 10^4$ м³ (из расчета на 1000 м³ строительных систем средней плотности 2000 кг/м³ и с учетом расхода SiO_2 на получение кремнезоля); сохранение минеральных ресурсов осуществляется также за счет уменьшения количества смесей функционального назначения для ограждающих конструкций при использовании раствора кремнезоля и составляет 205 кг и более сэкономленного сырья, электроэнергии – $38,3 \cdot 10^3$ кВт/год, природного газа – 4,3 м³ (из расчета на 100 м² обрабатываемой поверхности); за счет замены ресурсозатратных смесей, содержащих в том числе органические вещества, для декорирования строительных конструкций на цветные растворы неорганической природы, при этом расход красящего минерального компонента, добываемого из природных руд, снижается с 8,7 кг/м³ до $2,5 \cdot 10^{-4}$ кг/м³ с исключением использования компонентов органической природы (акты реализации в ООО «Невская строительная компания» (г. Санкт-Петербург), Волховстроевской дистанции пути (ПЧ-31) (Ленинградская область) и войсковой части №25776 (г. Москва)).

5. Показано на опытном опробовании метода обнаружения загрязнения геосреды ИТМ, основанном на использовании геоэкоиндикаторов в виде белых гидросиликатных блоков (200x300x600

мм) средней плотности 500 кг/м^3 , что при соприкосновении с геосредой, содержащей ионы Cu(II) и Ni(II) в количествах, превышающих ПДК в 60 и более раз, происходит окрашивание геоэкоиндикаторов в цвета, соответствующие природе иона и его количеству по предложенной в работе шкале (акт опробования на участках Волховстроевской дистанции пути (ПЧ-31) (Ленинградская область)). Метод рекомендован для создания строительной конструкции геоэкоинформационного назначения на территории объектов строительства 1 Государственного испытательного космодрома Министерства обороны Российской Федерации, используемой при мониторинге и для получения оперативной информации о загрязнении почв ИТМ в местах повышенной геоэкоопасности на полигонах и окружающей геосреды, на что имеется соответствующий акт от филиала «СУ №314» ФГУП «ГУССТ №3 при Спецстрое России».

6. Материалы диссертационной работы использованы в учебном процессе кафедры «Инженерная химия и естествознание» ПГУПС для студентов, обучающихся по специальности «Инженерная защита окружающей среды», для аспирантов в курсе «Естественно-научные основы инновационных технологий»; реализация результатов при проведении текущего и капитального ремонта специальных сооружений в войсковой части 25776 позволила выработать обоснованные геоэкологические требования к специальным строительным сооружениям с учетом ГОСТ Р 54964-2012; кроме того, материалы использованы в системе повышения квалификации и профессионально-должностной подготовки работников Волховстроевской дистанции пути и личного состава войсковой части 25776; в учебных пособиях - «Информационное значение инженерно-химических параметров некоторых веществ и процессов для использования их в интересах устойчивого развития общества (детоксикации окружающей среды и сбережения энергии)», 2013 г., и «Естественно-научные основы инновационных технологий», 2015 г.; в постоянно действующей выставке научных достижений кафедры «Инженерная химия и естествознание» ПГУПС в виде макетов (с 2012 года); новизна диссертационной работы защищена пятью патентами Российской Федерации.

Методология и методы исследования. Методологической основой диссертационного исследования послужили современные положения теории и практики геоэкологии в области строительства. При решении поставленных в работе задач применялись методы атомно-абсорбционной спектроскопии, потенциометрии, инфракрасной спектроскопии, качественного химического анализа, индикаторный метод в спектрофотометрическом варианте, статистической обработки и компьютерного моделирования, а также оценочные методы эколого-экономического анализа.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Метод обеспечения геоэкозащиты по обобщенным критериям в строительной деятельности на базе гидросиликатных систем, включающий научное обоснование соответствующих технических и технологических решений, определение направлений и реализации этих решений в виде детоксикационных, ресурсосохранных и геоэкоинформационных.

2. Метод детоксикационных (по ИТМ) технических и технологических решений на базе гидросиликатных систем, включающий их реализацию в строительной деятельности, анализ решений на соответствие критериям геоэкозащиты и эколого-экономический расчет.

3. Метод технических и технологических решений по сохранению минеральных ресурсов на базе гидросиликатных систем, включающий реализацию этих решений в строительной деятельности, анализ решений на соответствие критериям геоэкозащиты и эколого-экономический расчет.

4. Метод обнаружения загрязнения геосреды ИТМ строительными способами с использованием гидросиликатных систем, включающий его реализацию и анализ на соответствие критериям геоэкозащиты и эколого-экономический расчет.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций обеспечена корректностью поставленных задач, использованием апробированных и законодательно рекомендованных методик и методов проведения исследований, подтверждается сходимостью экспериментальных данных с теоретическими исследованиями. Научные разработки основаны на результатах анализа экспериментов, проведенных в лабораторных и промышленных условиях с математической обработкой полученных данных.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были доложены и обсуждены на: The 3rd International Youth Environment Forum of Baltic Countries «ECOBALTICA-2000» (St. Petersburg, 2000), V Всероссийской конференции по проблемам науки в высшей школе «Фундаментальные исследования в технических университетах» (СПбГТИ (ТУ), Санкт-Петербург, 2001), II международной научно-практической конференции «Защитные композиционные материалы и технологии третьего тысячелетия» (Санкт-Петербург, 2001), международной конференции «Construction demolition waste» (Kingston University, London, 2004), международной конференции «Пенобетон-2007» (Санкт-Петербург, 2007), Всероссийской научно-практической конференции «Транспорт-2011» (Ростов-на-Дону, 2011), второй межвузовской научно-практической конференции «Транспортная инфраструктура Сибирского региона» (Иркутск, 2011), V Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные вопросы строительства» (Новосибирск, 2012), Международной заочной научно-технической конференции «Проблемы науки, техники и образования в современном мире» (Липецк, 2012), X

научно-технической конференции с международным участием «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути» (Москва, МГУПС, 2013), Международной научно-технической конференции «Применение геоматериалов при строительстве и реконструкции транспортных объектов» (Санкт-Петербург, ПГУПС, 2013), IX международной научно-практической конференции «Технические средства противодействия террористическим и криминальным взрывам» (Санкт-Петербург, СПбГУ ГПС МЧС, 2013), Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы обеспечения функционирования и развития наземной инфраструктуры комплексов систем вооружения» (Санкт-Петербург, ВКА им. А.Ф. Можайского, 2014 и 2015), IX Международном симпозиуме, посвященном 90-летию со дня рождения В.П. Макеева (Москва, 2014); The 14th International Conference of the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (Япония, 2014), IV Международной научно-практической конференции «Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2014)» (Санкт-Петербург, 2014), I и II Международных научно-практических конференциях «Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии» (2014 и 2015 гг.), International Scientific Conference - Urban Civil Engineering and Municipal Facilities, SPbUCEMF-2015 (Международной научной конференции по гражданскому строительству и городскому хозяйству) (2015 г.).

Личный вклад автора заключается в постановке цели, формулировке идеи и задач исследования, разработке и научном обосновании критериев геоэкозащиты в строительной деятельности и на их основе методов геоэкозащитных решений, все геоэкозащитные решения, представленные в работе, теоретически обоснованы, разработаны и опробованы под руководством автора и при его непосредственном участии; автором проведены статистическая обработка экспериментальных данных и эколого-экономический анализ предлагаемых решений.

Публикации. Основные положения диссертационного исследования достаточно полно отражены в 77 печатных работах, в том числе 22 в изданиях по списку, рекомендованному ВАК РФ, 5 патентов и 5 монографий (в соавторстве).

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы. Диссертация изложена на 310 страницах машинописного текста, содержит 111 рисунков, 80 таблиц и 17 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность темы диссертационной работы, определена цель исследований, сформулированы задачи по их достижению. Показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость достигнутых результатов геоэкозащиты в строительстве, а

также степень разработанности, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация работы.

В первой главе приведен критический обзор существующих способов обеспечения геоэкозащиты в строительной деятельности, который показал, что для этих целей недостаточно используются некоторые фундаментальные свойства строительных систем, в частности систем на гидросиликатной основе.

Во второй главе приведено естественнонаучное обоснование возможности использования определенных процессов в строительных гидросиликатных системах в геоэкозащитных решениях; обобщены критерии геоэкозащиты, которые предложено выражать через соответствующие индексы. Разработан научно-обоснованный метод обеспечения геоэкозащиты по обобщенным критериям в строительной деятельности, основанный на самопроизвольных процессах поглощения и взаимодействия в строительных гидросиликатных системах; просчитаны интервалы значений изменения свободной энергии Гиббса в гидросиликатных системах, которые обеспечивают предлагаемые технологические решения геоэкозащиты. В рамках метода определены направления геоэкозащиты в виде детоксикационных, ресурсосохранных и геоэкоинформационных.

Третья глава посвящена разработке метода детоксикационных по ИТМ технических и технологических решений и его реализации в строительной деятельности на базе гидросиликатных систем. Приведены количественные значения детоксикационной по ИТМ активности, параметры строительных технологий, определяющих геоэкозащиту, с использованием габионных конструкций, подземных и наземных сооружений транспортного строительства, опытно-промышленное опробование предложенных решений и их эколого-экономический анализ.

В четвертой главе представлен метод технических и технологических решений по сохранению минеральных ресурсов и его реализацию в строительной деятельности на базе гидросиликатных систем. Показано, что, используя процессы поглощения и взаимодействия строительных гидросиликатных систем с раствором кремнезоля, можно предложить альтернативные процессы геоэкозащитных решений, приводящих к экономии природных минеральных ресурсов. Приведены количественные параметры геоэкозащитных решений в дорожном, а также гражданском и специальном строительстве, их опытно-промышленное опробование и эколого-экономический анализ.

В пятой главе представлен метод обнаружения загрязнения геосреды ИТМ с помощью строительной гидросиликатной системы по изменению цвета, возникающего при взаимодействии составляющих системы с ИТМ. Представлены технологические параметры и границы применимости метода в транспортном и специальном строительстве;

проведены опытно-промышленное опробование данного метода и эколого-экономический анализ.

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Метод обеспечения геоэкозащиты по обобщенным критериям в строительной деятельности на базе гидросиликатных систем, включающий научное обоснование соответствующих технических и технологических решений, определение направлений и реализации этих решений в виде детоксикационных, ресурсосохранных и геоэкоинформационных.

При разработке технических и технологических решений геоэкозащиты в строительной деятельности с учетом современного уровня ее развития была учтена необходимость двух обстоятельств – определение критериев геоэкозащиты и определение научно-обоснованных позиций, которые помогли бы формулировать решения, отвечающие обозначенным критериям. В качестве критериев нами обобщены следующие – минимизация расхода невозобновляемой энергии, сохранение или (и) восстановление качества природно-техногенной среды, ресурсосохранность, а также минимизация образования отходов.

Эти критерии нам кажутся объективными для современной цивилизации, так как вопросы сохранения энергии и природного сырья связаны с ее существованием и развитием, в то время как сохранение качества природной среды, включая и минимизацию образования отходов, необходимы «сохранению для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды».

Поскольку, как уже отмечалось, объектом исследования в данной работе являются строительные гидросиликатные системы, то для соответствия критерию геоэкозащиты по минимизации расхода невозобновляемой энергии могут быть выбраны такие процессы в гидросиликатных системах, которые идут с понижением свободной энергии Гиббса, и, следовательно, без дополнительных энергозатрат. В таком случае рассматриваемые в дальнейшем в работе решения будут соответствовать первому критерию геоэкозащиты.

Критерий геоэкозащиты по сохранению и восстановлению качества природно-техногенной среды предложено количественно выражать через индекс I_k , рассматриваемый как отношение содержания загрязнителя (З) в геосреде после внедрения геоэкозащитных технологий в строительстве C_3 , мг/г, к предельно допустимой концентрации ПДК₃, мг/г. Тогда, разработанные технические и технологические решения обеспечивают геоэкозащиту по критерию качества природной среды, если $I_k \leq 1$: $I_k = C_3 / \text{ПДК}_3 \leq 1$.

Следует отметить, что I_k принимает значение, равное единице, также при условии, что разработанные геоэкозащитные решения не

сопровождаются привнесением в окружающую среду загрязняющих веществ.

Критерий геоэкозащиты по ресурсосохранности, подразумевающей рациональное использование невозобновляемых природных ресурсов, количественно может быть выражен через индекс I_p , рассчитываемый как: $I_p = R_1 - R_2 / R_1$, где R_1 – количество невозобновляемого природного сырья, используемого в определенном процессе традиционной строительной технологии, кг/м³ строительной системы; R_2 – количество невозобновляемого природного сырья, используемого в аналогичном процессе строительной деятельности с применением ресурсосохранной технологии, кг/м³; обеспечение геоэкозащиты по критерию ресурсосохранности выполняется при значении I_p от 0 до 1. В данной работе рассматриваются минеральные ресурсы.

Критерий геоэкозащиты по минимизации образования отходов рассмотрен с точки зрения «необразования» дополнительных отходов строительной деятельности при применении геоэкозащитных решений в строительстве. При этом для оценки мало- или безотходности процессов геоэкозащитного строительства также предложен индекс I_6 , рассчитываемый как: $I_6 = W_1 - W_2 / W_1$, где W_1 – количество отходов, образуемых при осуществлении определенного процесса строительной деятельности, кг; W_2 – количество отходов, образуемых при осуществлении аналогичного процесса строительной деятельности с использованием геоэкозащитной технологии, кг; обеспечение геоэкозащиты по данному критерию выполняется при значении I_6 от 0 до 1.

Научно-обоснованные позиции, послужившие основой для разработки метода обеспечения геоэкозащиты в строительной деятельности, базируются в работе на фундаментальных свойствах строительных систем гидросиликатной основы. К таким фундаментальным свойствам относятся, в том числе, во-первых, способность к самопроизвольному поглощению, основанная на том факте, что гидросиликатные системы представляют собой капиллярно-пористые тела и, следовательно, способны к такому поглощению, и, во-вторых, составляющие гидросиликатных систем способны к самопроизвольным (термодинамически оправданным) взаимодействиям, сопровождающимся понижением системой свободной энергии (энергии Гиббса - ΔG_{298}^0 , кДж) и образованием термодинамически устойчивых фаз, что отражает образование фаз с более низким уровнем значения энергии Гиббса, более прочной химической связью, более низкой растворимостью.

Изменение энергии самопроизвольных процессов было определено в работе как изменение энергии Гиббса в строительных гидросиликатных системах, имеющих, как известно, $pH > 7$, при их взаимодействии с ИТМ или кремнеземом, сопровождающимся образованием труднорастворимых

веществ в виде гидроксидов и гидросиликатов тяжелых металлов или дополнительных количеств гидросиликатов кальция (при поглощении кремнезоля), произведения растворимости образующихся продуктов, согласно справочным данным, соответствуют значениям от 10^{-14} до 10^{-38} . На рисунке 1 приведены схемы самопроизвольных процессов взаимодействия строительных гидросиликатных систем при поглощении ИТМ (схема А) и кремнезоля (схема Б).

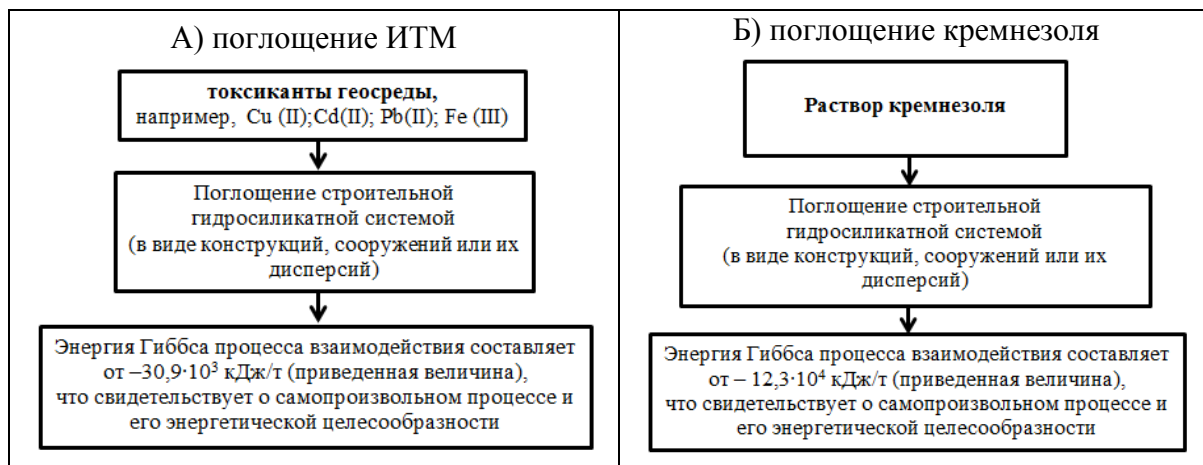


Рисунок 1 – Схемы самопроизвольных процессов геоэкозащиты

Если высказанные выше положения о способности гидросиликатных систем к самопроизвольному поглощению и взаимодействию справедливы, то гидросиликатные системы в виде наземных и подземных строительных конструкций и сооружений могут быть рассмотрены как имеющие одновременно детоксикационные функции, как способные к ресурсозамещению и как способные к применению для обнаружения загрязнений, и использованы в технологиях обезвреживания, декорирования (окрашивания) и обнаружения ИТМ в геосреде, а также в технологиях сохранения минеральных ресурсов.

С учетом фундаментальных процессов в гидросиликатных системах, в соответствии с обозначенными критериями геоэкозащиты, а также в соответствии с проведенным анализом эксплуатации подземных и наземных строительных гидросиликатных конструкций и сооружений был разработан метод (рис. 2), рассматриваемый нами как совокупность последовательных действий, приводящих к достижению поставленной цели, и предлагающий в итоге в качестве примера три направления геоэкозащитных технических и технологических решений. В соответствии с выбранными направлениями в последующем в работе разрабатывались, анализировались и внедрялись детоксикационные, ресурсосохраняющие и геоэкоинформационные решения, осуществляемые в строительной деятельности.

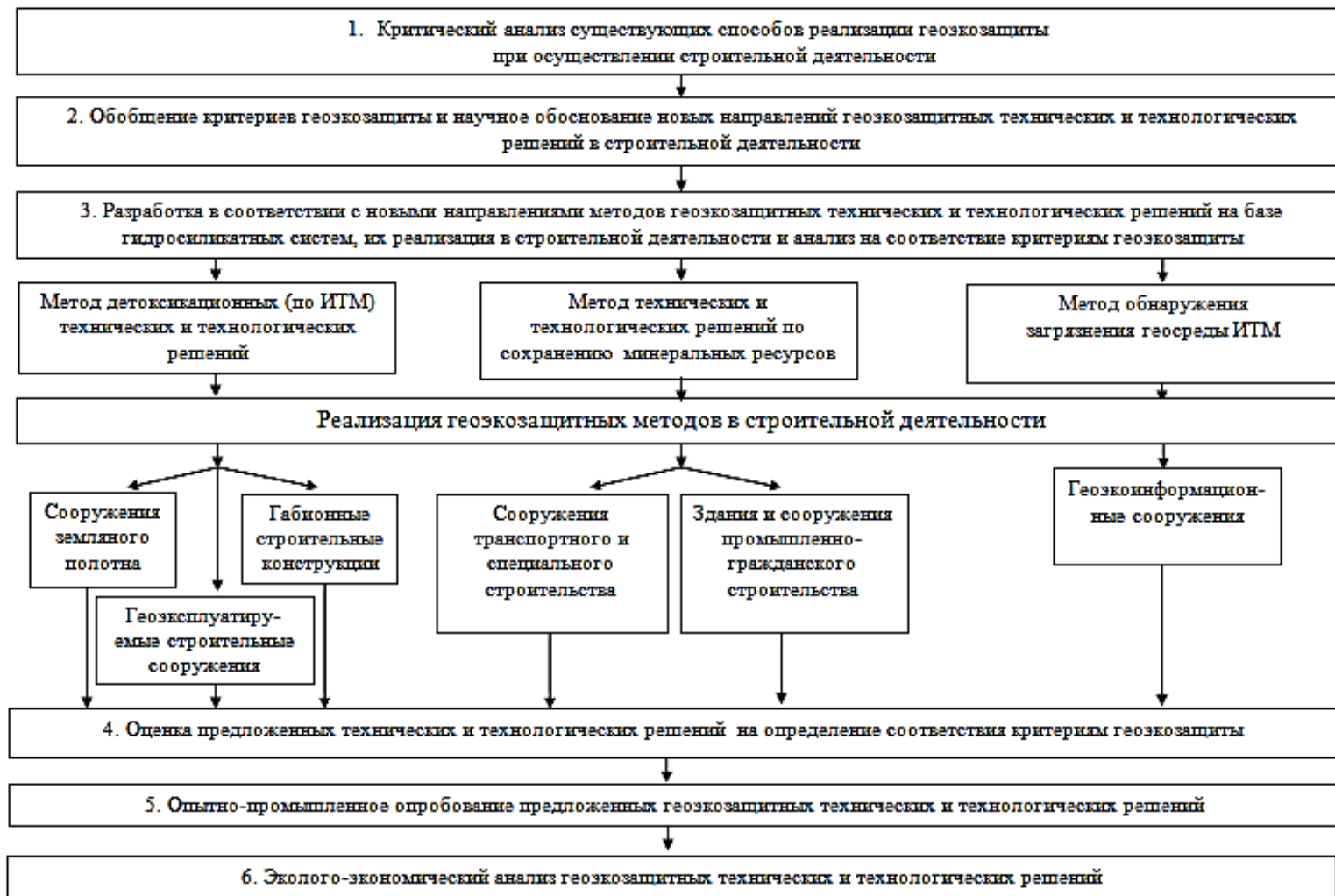


Рисунок 2 – Метод обеспечения геозащиты в строительной деятельности на базе гидросиликатных систем

2. Метод детоксикационных (по ИТМ) технических и технологических решений на базе гидросиликатных систем, включающий их реализацию в строительной деятельности, анализ решений на соответствие критериям геоэкозащиты и эколого-экономический расчет.

Научное обоснование новых геоэкозащитных технических и технологических решений в строительной деятельности послужило основой для разработки детоксикационного (по ИТМ) метода (рис. 3).

Строительные гидросиликатные системы с функцией детоксикации рассматриваются в данном методе в виде строительных конструкций – подземных и наземных, а также в виде дисперсий как различного вида загрузки в строительные системы.

Были проведены исследования по определению детоксикационных свойств образцов элементов строительных конструкций разной средней плотности. Для этого были приготовлены растворы кадмия (II), свинца (II) и меди (II) с содержанием катиона, превышающим ПДК в 2000 и более раз. Как показали эксперименты (рис. 4), произошла полная детоксикация водной среды образцами строительных гидросиликатных конструкций.

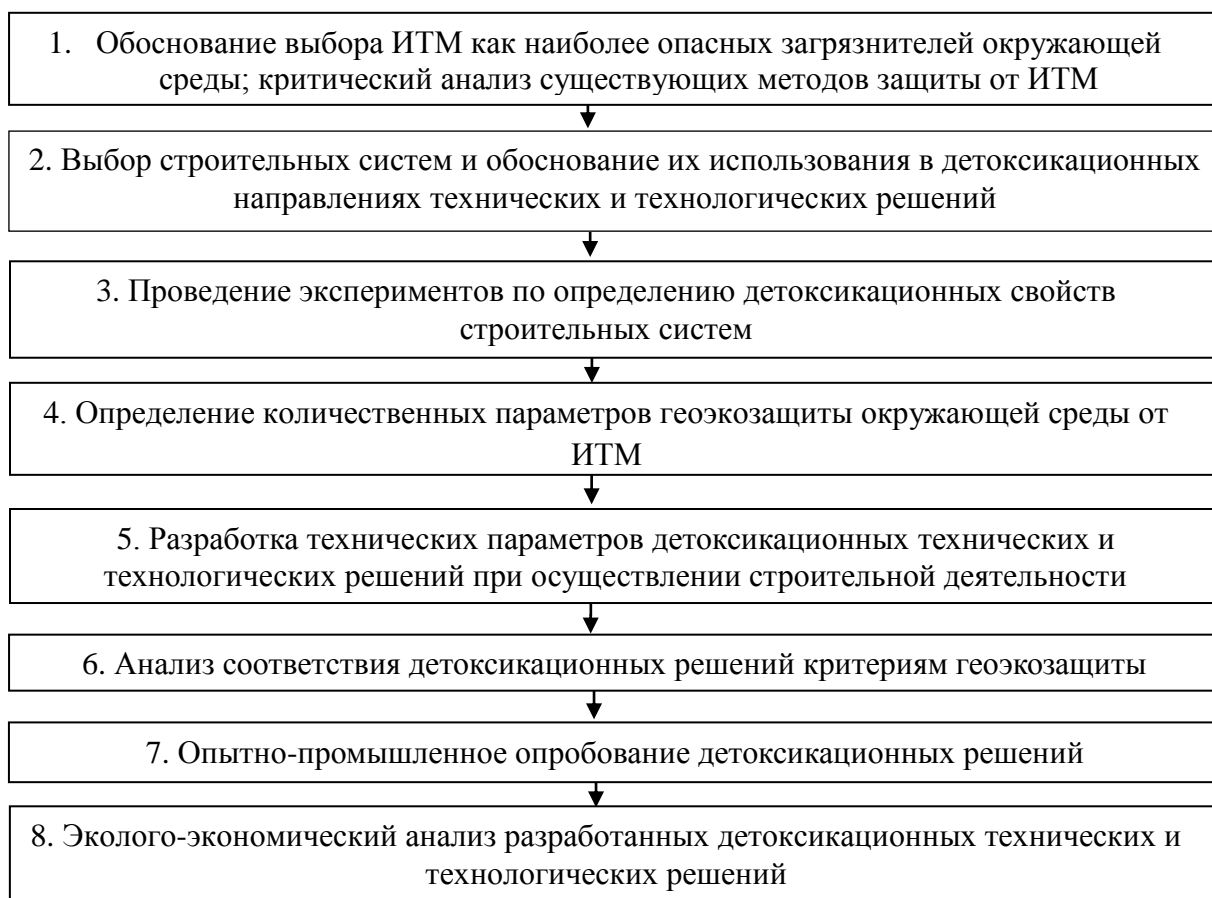


Рисунок 3 – Метод детоксикационных (по ИТМ) технических и технологических решений на гидросиликатной основе

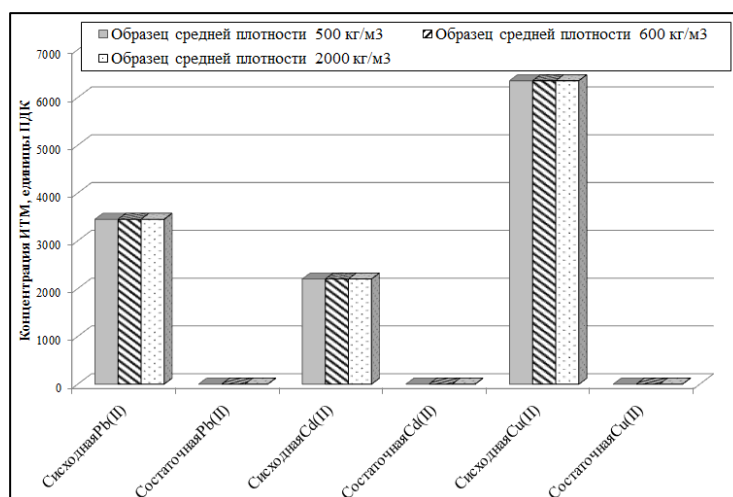


Рисунок 4 – Определение детоксикационных по ИТМ свойств образцов строительных конструкций разной средней плотности

Данный факт позволяет отнести гидросиликатные системы в соответствии с представлениями геоэкохимии к минеральным геоантидотам (МГа), то есть минеральным системам, способным к самопроизвольному обезвреживанию загрязнителей с образованием термодинамически устойчивой фазы низкой растворимости.

Для характеристики детоксикационной способности строительных гидросиликатных систем в виде элементов конструкций было предложено понятие устраняемого количества загрязнителя УКЗ, определяющего то количество загрязнителя в г или кг, которое может быть устранено 1 т данной строительной системы. В таблице 1 представлены значения УКЗ для образцов строительных систем гидросиликатной природы различной плотности.

Таблица 1 – Значения УКЗ образцов строительных гидросиликатных систем в виде сооружений различной исходной плотности

Средняя исходная плотность образцов, кг/м ³	УКЗ, г/т		
	Cd (II)	Pb (II)	Cu (II)
500	138,68	163,31	60,79
600	107,63	126,74	48,34
2000	7,92	15,05	4,98

Полученные данные показывают, что значение УКЗ зависит от плотности образца – чем меньше плотность, тем выше УКЗ (отличие в значениях составляет более чем на порядок) и от природы загрязнителя.

В качестве строительной гидросиликатной системы было выбрано подземное сооружение в виде колодца, детоксикационные свойства

которого исследовались на примере кольца доборного марки КС-7-1 (рис. 5а). На рисунке 5б представлены результаты, показавшие снижение концентрации катионов тяжелого металла до значения ниже нормативных, что доказывает наличие у рассматриваемой строительной конструкции детоксикационных по ИТМ свойств.

Данные испытания доказали (акт от ОАО «СНСЗ»), что строительные гидросиликатные системы в виде подземных сооружений и конструкций могут проявлять детоксикационные по ИТМ свойства, то есть являются геоэкозащитными.

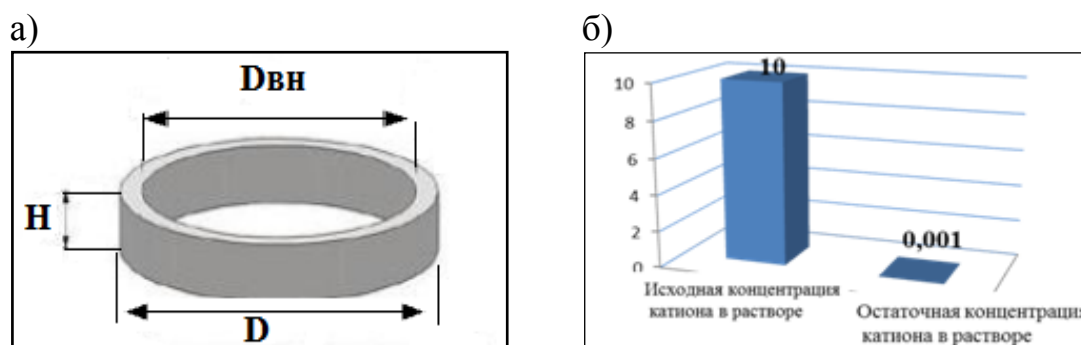


Рисунок 5 – Опытно-промышленное опробование детоксикационных свойств подземной строительной системы в виде колодца

а) – схема кольца доборного марки КС-7-1 для колодцев ($H=10$ см, $D=86$ см, $D_{вн}=70$ см); б) результаты испытаний

Помимо детоксикационных свойств, обнаруженных у строительных систем в виде конструкции или ее элемента, в развитие работ, проводимых на кафедре «Инженерная химия и естествознание» ПГУПС под руководством д.т.н., проф. Сватовской Л.Б. с 90-х годов XX века были продолжены исследования по определению детоксикационных свойств образцов техногенных и искусственно полученных строительных систем в диспергированном состоянии. Идея такого выбора объясняется тем, что в строительной деятельности широко используются дисперсии различного размера и происхождения в виде загрузок - габионные конструкции, водоотводные подземные и наземные сооружения, тело земляного полотна и др. (анализ проведен совместно с к.т.н. А.С. Сахаровой и А.В. Петряевым). Во всех случаях используются загрузки из минерального материала – щебня, камня и т.п. Возможность полной или частичной замены природного материала на техногенный продукт, выполняющий детоксикационные функции, позволяет придать данным строительным конструкциям и сооружениям геоэкозащитные детоксикационные свойства, во-первых, и сократить потребление природных минеральных ресурсов, во-вторых.

Результаты исследований (в развитие работ кафедры «Инженерная химия и естествознание» (1997 – 2015 гг.)) показали высокую степень очистки от ИТМ на примере катионов Cd (II) и Pb (II) искусственно полученными силикатными и техногенными гидросиликатными продуктами в виде дисперсий с размерами зерен от 0,14 до 2,5 мм, практически не зависящей от природы ИТМ и степени дисперсности в рассматриваемом диапазоне, что позволяет рассматривать гидросиликатные дисперсии как минеральные геоантидоты. Значения УКЗ гидросиликатных дисперсий приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Устраняемое количество загрязнителя дисперсиями МГа

Дисперсии МГа в виде искусственно полученных веществ и техногенных продуктов после жизненного цикла гидросиликатной конструкции или сооружения	УКЗ по отношению к ИТМ, кг/т	
	Cd(II)	Pb(II)
гидратационно-активных силикатов кальция (клинкер)	1,08	2,42
гидросиликатов кальция (автоклавный синтез ячеистого материала)	1,02	2,41
гидросиликатов кальция (автоклавный синтез силикатного материала)	0,64	2,21

В дальнейшем, гидросиликатные дисперсии были использованы как геоэкозащитная детоксикационная загрузка в строительных системах (рис. б). При этом имелось ввиду, что замена минеральной загрузки из природного сырья на МГа в виде дисперсии придаст данным объектам транспортного строительства геоэкозащитные свойства за счет их детоксикационной способности обезвреживать от ИТМ проходящие через такую загрузку поверхностные, внутрпочвенные и грунтовые стоки.

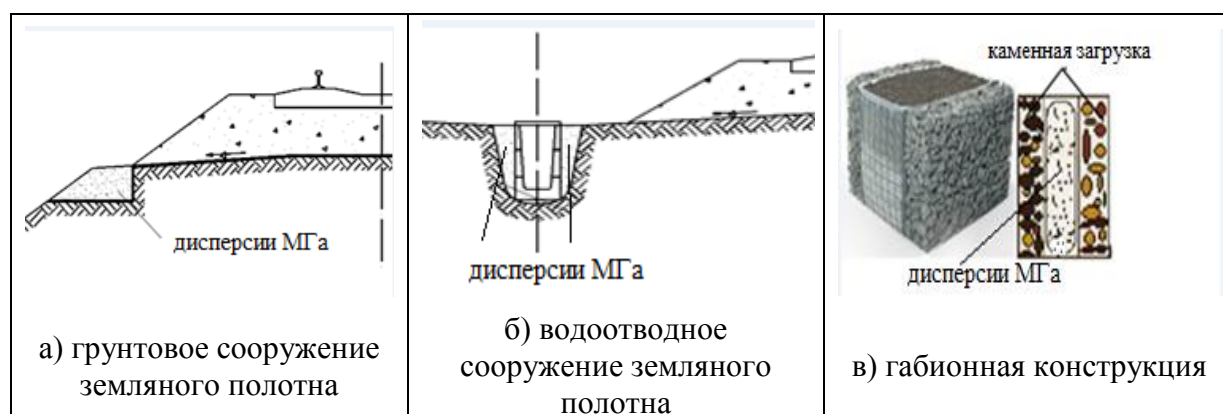


Рисунок 6 – Замена минеральной загрузки в подземном и наземном сооружениях на дисперсии МГа

Для придания геоэкозащитных свойств земляному полотну было предложено погружать МГа в виде дисперсии вместо минеральной загрузки в тело земляного полотна под его бровкой (рис. ба). При этом геомембрана, укладываемая при производстве работ по ремонту пути для гидроизоляции, отводит загрязненную воду с поверхности в сторону бровки, где и происходит ее очистка от ИТМ.

Для придания геоэкозащитных детоксикационных свойств подземному строительному сооружению в виде водоотводного лотка (рис. бб) необходимо произвести замену минерального дренирующего материала, укладываемого в пазухи за стенками лотка, на дисперсии МГа. Проходя через техногенную загрузку, загрязненные поверхностные и внутрипочвенные стоки обезвреживаются от ИТМ перед попаданием в лоток, что также не препятствует бесперебойному течению воды внутри лотка в направлении водостока.

Придание геоэкозащитных свойств габионной конструкции, загружаемой различными каменными заполнителями, предполагает использование вместо части стандартной загрузки габионов дисперсий МГа (рис. бв).

При этом габионная конструкция состоит из трех секций. Две наружные секции заполняются стандартной каменной загрузкой, а внутренняя секция заполняется загрузкой из минерального геоантидота, обладающего геоэкозащитными свойствами по отношению к ИТМ. Внутренняя поверхность секции покрывается нетканым геотекстилем, обладающим высокими фильтрационными свойствами и позволяющим беспрепятственно проходить воде, и заполняется минеральным геоантидотом.

Для определения эффективности работы объектов строительства, в том числе транспортного, с геоэкозащитными свойствами был предложен коэффициент геоэкоэксплуатации $k_{гээ}$, который учитывает уровень реального загрязнения поверхностных стоков ИТМ, УКЗ, время между ремонтами объектов строительства и другие параметры и рассчитывается как отношение времени работы МГа ко времени между ремонтами объектов транспортного строительства (5-15 лет).

Например, $k_{гээ}=3$ означает, что замену МГа необходимо произвести при третьем после установки загрузки из МГа ремонте объектов транспортного строительства. В таблице 3 приведены значения коэффициентов геоэкоэксплуатации для рассматриваемых объектов при одинаковых параметрах на примере таких ИТМ, как кадмий (II) и свинец (II) при их исходной концентрации 10 ПДК, что соответствует, согласно литературным данным, реальному среднему уровню загрязнения поверхностных сточных вод вблизи земляного полотна.

Разработанные детоксикационные решения были опытно промышленно опробованы, на что имеются соответствующие акты испытаний.

Метод детоксикационных(по ИТМ) технических и технологических решений с использованием строительных гидросиликатных систем обеспечит геоэкозащиту в строительной деятельности, так как предложенные на его основе решения отвечают критериям геоэкозащиты (табл. 4).

Таблица 3 – Коэффициент геоэкоэксплуатации $k_{ГЭЭ}$ как показатель эффективности и времени работы объектов транспортного строительства как геоэкозащитных

Объект транспортного строительства	Дисперсии МГа, используемые в качестве загрузки в строительных сооружениях в виде продуктов разрушения после жизненного цикла	Cd (II)		Pb (II)	
		УКЗ, кг/т	$k_{ГЭЭ}$	УКЗ, кг/т	$k_{ГЭЭ}$
Грунтовое сооружение земляного полотна	гидросиликатов кальция (автоклавный синтез ячеистого материала)	1,02	3,86	2,41	7,56
	гидросиликатов кальция (автоклавный синтез силикатного материала)	0,64	2,42	2,21	6,93
Подземное водоотводное сооружение земляного полотна	гидросиликатов кальция (автоклавный синтез ячеистого материала)	1,02	6,22	2,41	12,25
	гидросиликатов кальция (автоклавный синтез силикатного материала)	0,64	3,90	2,21	11,23

Таблица 4 – Обеспечение геоэкозащиты в строительной деятельности при применении детоксикационного метода

Строительные гидросиликатные сооружения с геоэкозащитными детоксикационными свойствами	Критерии геоэкозащиты		
	Сохранение или (и) восстановление качества природно-техногенной среды (при $I_k \leq 1$)	Ресурсо-сохранность (при $0 \leq I_p \leq 1$)	Минимизация образования отходов (при $0 \leq I_6 \leq 1$)
подземные строительные сооружения гражданского строительства	0,01	0	0
габионные строительные конструкции	1	0,33	0
наземные сооружения транспортного строительства	0,13	0,25	0
подземные сооружения транспортного строительства	0,017	0,5	0

Проведен эколого–экономический анализ разработанных геоэкозащитных детоксикационных решений на примере протяженности

земляного полотна, равной 1 км. Произведена математическая обработка экспериментальных данных.

3. Метод технических и технологических решений по сохранению минеральных ресурсов на базе гидросиликатных систем, включающий реализацию этих решений в строительной деятельности, анализ решений на соответствие критериям геоэкозащиты и эколого-экономический расчет.

Строительная деятельность, характеризующаяся большим потреблением невозобновимых минеральных природных ресурсов, требует внедрения таких строительных технологий, которые способствовали бы ресурсосохранению как критерию геоэкозащиты. В соответствии с методом обеспечения геоэкозащиты в строительной деятельности (рис. 2), был разработан метод геоэкозащитных решений по сохранению минеральных ресурсов (рис. 7).



Рисунок 7 – Метод геоэкозащитных решений по сохранению минеральных ресурсов

В качестве нанораствора был взят раствор кремнезоля, способного, согласно схеме Б рисунка 1, к взаимодействию с составляющими строительной гидросиликатной системы. Использование нанораствора кремниевой кислоты в геоэкозащитных целях заключается в

следующем. Мицеллы кремнезоля обладают избыточной поверхностной энергией и развитой поверхностью, что обеспечивает высокую реакционную способность.

В результате капиллярного подъема или поверхностной пропитки кремнезоль взаимодействует с составляющими строительной гидросиликатной системы, что энергетически выгодно и сопровождается образованием полезного продукта. Как показали исследования, поступление кремнезоля в тело строительного изделия на стадии твердения в возрасте трех суток способствует понижению коэффициента ресурсозатратности k_{pz} (рис. 10), связанного с коэффициентом конструктивного качества обратной зависимостью и определяющего эффективность использования природного сырья.

Рисунок 8 иллюстрирует представление о том, что поглощение нанораствора строительной гидросиликатной системой приводит к экономии ресурсозатрат за счет повышения уровня свойств строительной системы при прочих равных условиях.

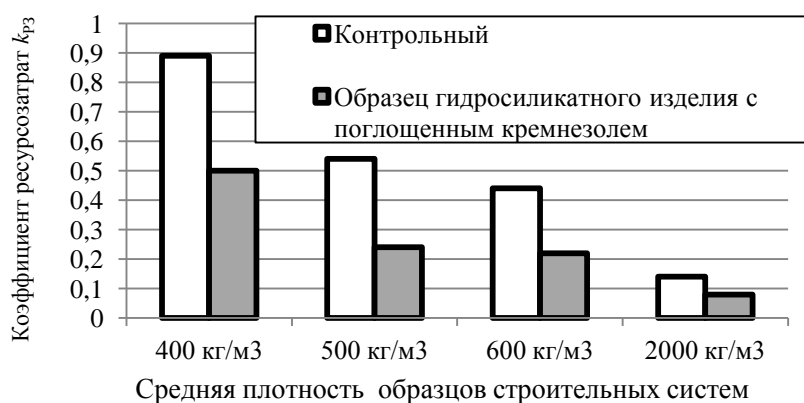


Рисунок 8 – Результаты исследований, определяющие возможность ресурсосбережения на основе использования процесса поглощения кремнезоля строительной системой, рассчитанного по k_{pz}

Способность строительных сооружений и конструкций к самопроизвольному взаимодействию с раствором кремнезоля, приводящему к снижению ресурсозатрат, была положена в основу следующих геоэкозащитных ресурсосохранных решений в гражданском, дорожном и специальном строительстве.

Первое решение было применено к подземным строительным системам, эксплуатируемым в условиях повышенной влажности - ленточные фундаменты, сваи, пастбищные столбики и т.п., когда важно для увеличения геоэкозащитности обеспечить пониженное водопоглощение подземной части. Проведенные исследования показали (рис. 9 и 10), что обработка гидросиликатных образцов как элементов строительной конструкции средней плотности 2000 кг/м³ в трехсуточном

возрасте 1,5%-ным раствором кремнезоля, попадающего в изделие в результате капиллярного подъема, приводит к понижению водопоглощения, а, следовательно, и к увеличению срока эксплуатационной безопасности таких изделий и конструкций из них.

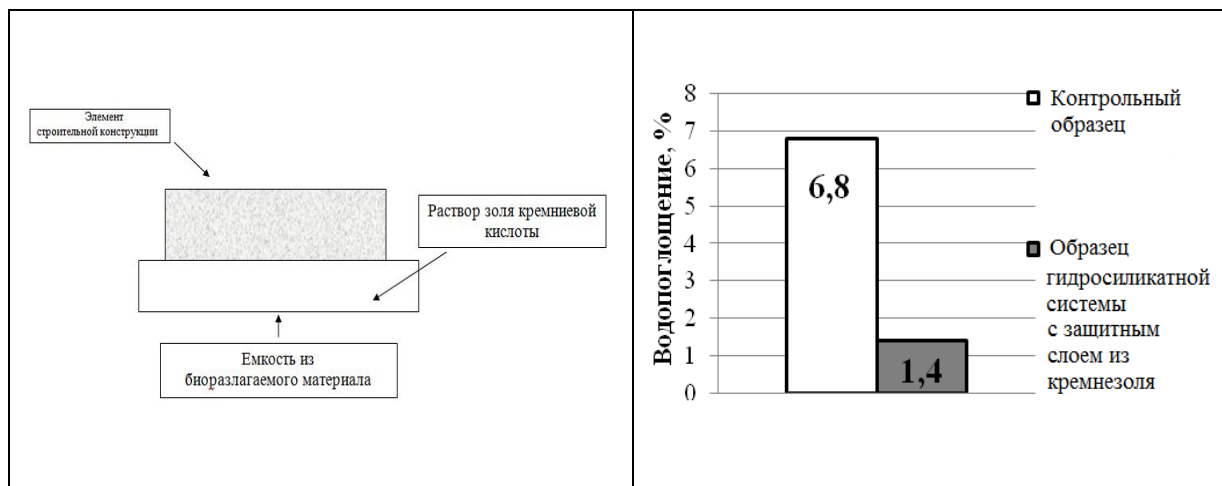


Рисунок 9 – Схема процесса поглощения раствора кремнезоля фрагментом строительной гидросиликатной конструкции

Рисунок 10 – Геоэкозащитные (по гидроизоляции) свойства, определяющие долговечность

В технологическом решении предусматривалось погружение строительных конструкций в раствор кремнезоля в местах их укладки с привлечением биоразлагаемых материалов для лучшего контакта с раствором кремнезоля и возможности их безопасной для окружающей среды утилизации. На рисунке 11 приведены расчетные данные по количеству природного сырья, которое будет сэкономлено при использовании ресурсосберегающего метода, предусматривающего увеличение срока службы строительной системы.

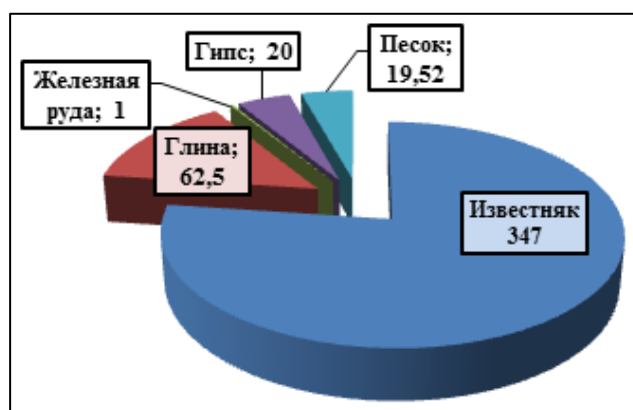


Рисунок 11 – Экономия природного сырья за счет повышения срока службы строительных систем, тонны (из расчета на 1000 м³ строительных объектов средней плотности 2000 кг/м³ и с учетом расхода SiO₂ на получение кремнезоля)

Второе геоэкозащитное решение, основанное на критерии ресурсосбережения, было применено к стеновой строительной системе при проведении отделочных работ. Так, для защиты стеновой ограждающей конструкции средней плотности 600 кг/м^3 проводится оштукатуривание поверхности. При этом обязательными компонентами штукатурных смесей являются песок, известь, цемент, относящиеся к невозобновимым минеральным природным ресурсам. В большинстве случаев для оштукатуривания 1 м^2 при толщине слоя в 10 мм требуется 8,5 кг сухой строительной смеси, тогда для 100 м^2 – 850 кг или 30 мешков сухой смеси.

Были проведены опытные испытания по поглощению твердеющих блоков стеновых конструкций средней плотности 600 кг/м^3 , рассматриваемых как фрагмент строительной конструкции, 1,5%-ного раствора кремнезоля для создания защитного слоя пониженного водопоглощения, определяющего возможность либо полного исключения дальнейшего оштукатуривания, либо снижения количества штукатурной смеси, что в обоих случаях подразумевает геоэкозащитность в результате экономии природного сырья. Проведенные испытания показали, что образующийся в процессе поглощения твердеющими пенобетонными изделиями раствора кремнезоля защитный слой, усиленный гидросиликатами кальция, снижает водопоглощение на 60% (рис. 12).

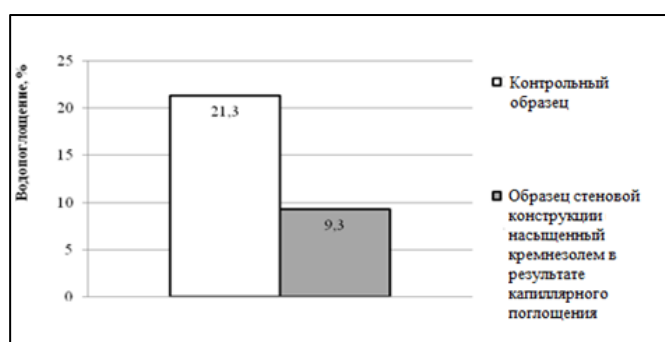


Рисунок 12 – Сравнение свойств фрагментов ограждающей строительной конструкции с плотностью 600 кг/м^3 для минимизации количества ресурсозатратных штукатурных смесей

На рисунке 13 приведен расчет экономии природного сырья в случае частичной замены цементно-песчаной штукатурной смеси на раствор кремнезоля для создания геоэкозащитного слоя пониженного водопоглощения.

Третье геоэкозащитное решение было применено к дорожной строительной системе. В этом случае ресурсосбережение возможно за счет увеличения срока службы строительных конструкций, используемых в дорожном строительстве.

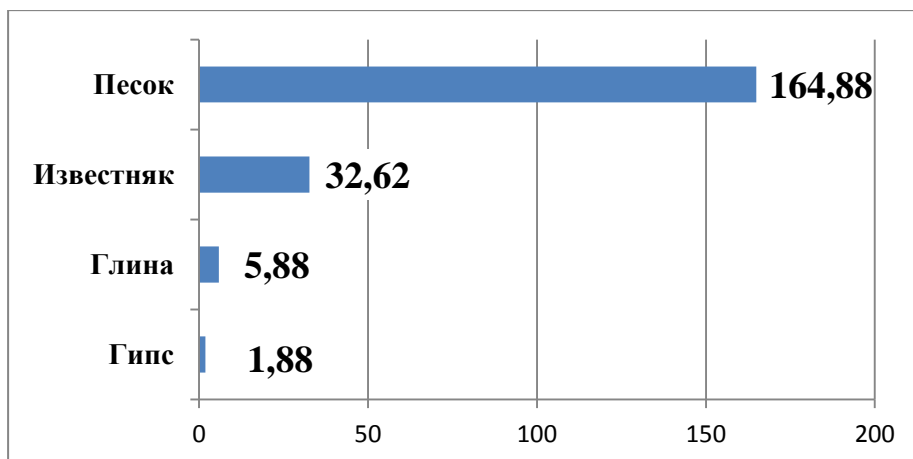


Рисунок 13 – Экономия природных ресурсов при замене 25% штукатурной смеси на раствор кремнезоля при использовании ресурсосберегающего метода, кг (из расчета на 100 м² обрабатываемой поверхности строительных сооружений)

В качестве объектов исследования были выбраны строительные системы, испытывающие поверхностную нагрузку: фрагмент конструкции П 7-14-10, предназначенной для покрытия трамвайных путей, и фрагмент плиты ПАГ-18, применяемой для обустройства аэродромных покрытий, строительных площадок и подъездных путей, где используется тяжелая техника. Увеличение твердости и уменьшение истираемости поверхности таких интенсивно эксплуатируемых изделий позволяет увеличить срок его службы и проведенные испытания, основанные на поверхностной пропитке изделий раствором кремнезоля, показали повышение твердости поверхности данных конструкций на 38% по сравнению с контрольными (рис. 14), что обеспечивает повышение срока службы, а, следовательно, геоэкозащитность за счет экономии природных ресурсов.

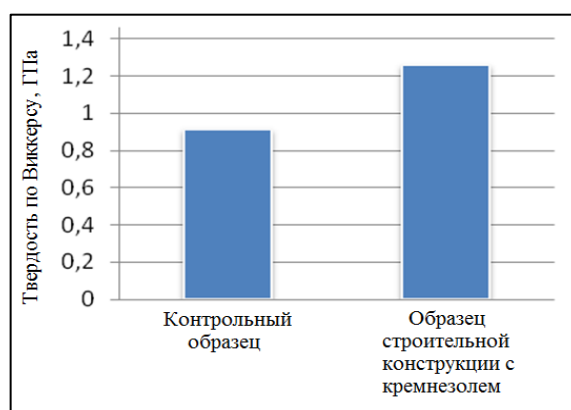


Рисунок 14 – Результаты исследования строительного объекта в виде наземных покрытий для трамвайных путей, определяющие увеличение срока службы

Термодинамически обоснованная способность строительных гидросиликатных систем к взаимодействию с ИТМ в результате капиллярного поглощения использована в технологии декорирования

готовых строительных конструкций белого цвета путем окрашивания поверхности вместо применения ресурсозатратных смесей для декорирования, что делает такую технологию геоэкозащитной.

В качестве объектов исследования были выбраны образцы средней плотности 600 и 1900 кг/м³. Окрашивание проводилось двумя методами: поглощения и пропитки цветных растворов металлов.

Технологические операции опытно-промышленного опробования технологии окрашивания представлены на рисунке 15.

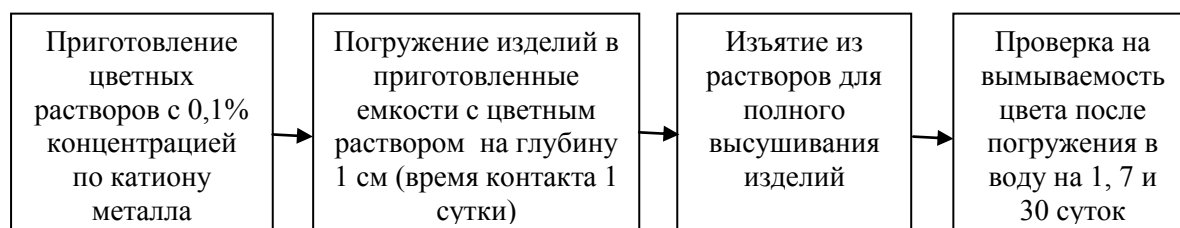


Рисунок 15 – Последовательность проведения окрашивания поверхности готовых строительных изделий и конструкций белого цвета

При этом исследования на вымываемость цветных металлов из окрашенных изделий показали отсутствие катионов металла во всех пробах, что говорит о сохранности цвета изделия, с одной стороны, и невымываемости катионов тяжелых металлов в окружающую среду, с другой.

Для контроля за полной устранимостью окрашивающих ионов в оставшемся цветном растворе производились две следующие операции:

1. добавление в цветной раствор силикат-анионов для осуществления реакции осаждения;
2. добавление в раствор крошки с размером зерен 1-5 мм, состоящей из гидросиликатного боя.

При этом происходит реакция связывания иона окрашивающего металла в труднорастворимые соединения.

Проведенные исследования показали возможность окрашивания готовых строительных изделий с помощью цветных растворов, содержащих ионы меди (II), никеля (II), железа (III), вместо ресурсозатратных минеральных и органических смесей для декорирования поверхности строительной конструкции. Ресурсосберегающие геоэкозащитные решения были опытно-промышленно опробованы, на что имеются соответствующие акты испытаний.

Разработанный метод реализации геоэкозащитных решений, основанный на ресурсосберегающих свойствах строительных гидросиликатных систем, соответствует обобщенным критериям в строительной деятельности (табл. 5).

Таблица 5 – Обеспечение геоэкозащиты в строительной деятельности при применении ресурсосохранного метода

Технические и технологические решения по сохранению минеральных ресурсов в строительной деятельности	Критерии геоэкозащиты		
	Сохранение или (и) восстановление качества природно-техногенной среды (при $I_k \leq 1$)	Ресурсосохранность (при $0 \leq I_p \leq 1$)	Минимизация образования отходов (при $0 \leq I_6 \leq 1$)
Ресурсосохранность за счет повышения долговечности строительных систем	1	1	0
Ресурсосохранность за счет замены ресурсозатратных штукатурных смесей	1	0,22 – 0,97	0
Ресурсосохранность за счет замены ресурсозатратных минеральных и органических смесей для декорирования поверхности строительных конструкций	1	1	0

Эколого–экономический анализ разработанных геоэкозащитных ресурсосохранных решений приведен в диссертации. Произведена математическая обработка экспериментальных данных.

4. Метод обнаружения загрязнения геосреды ИТМ строительными способами с использованием гидросиликатных систем, включающий его реализацию и анализ на соответствие критериям геоэкозащиты и эколого-экономический расчет.

Анализ литературы по оценке загрязнения геосреды ИТМ показал недостаточность существующих методов, которые, в основном, характеризуются сложностью, большой продолжительностью и высокой стоимостью их реализации. Вследствие этого был разработан метод обнаружения загрязнения геосреды ИТМ (рис. 16), основанный на использовании свойств строительных гидросиликатных систем.

На основании схемы А рисунка 1 процессы взаимодействия поглощенных ИТМ сопровождаются понижением свободной энергии Гиббса, следовательно, ИТМ способны к самопроизвольному термодинамически оправданному взаимодействию с составляющими строительной системы.

Появление цвета на поверхности строительной системы, возникающего в результате поглощения, взаимодействия и соответствующего данному иону, может служить информацией о загрязнении почв ИТМ. В таком случае строительные гидросиликатные

системы могут быть использованы в качестве геоэкоиндикаторов состояния почв при мониторинге окружающей среды.

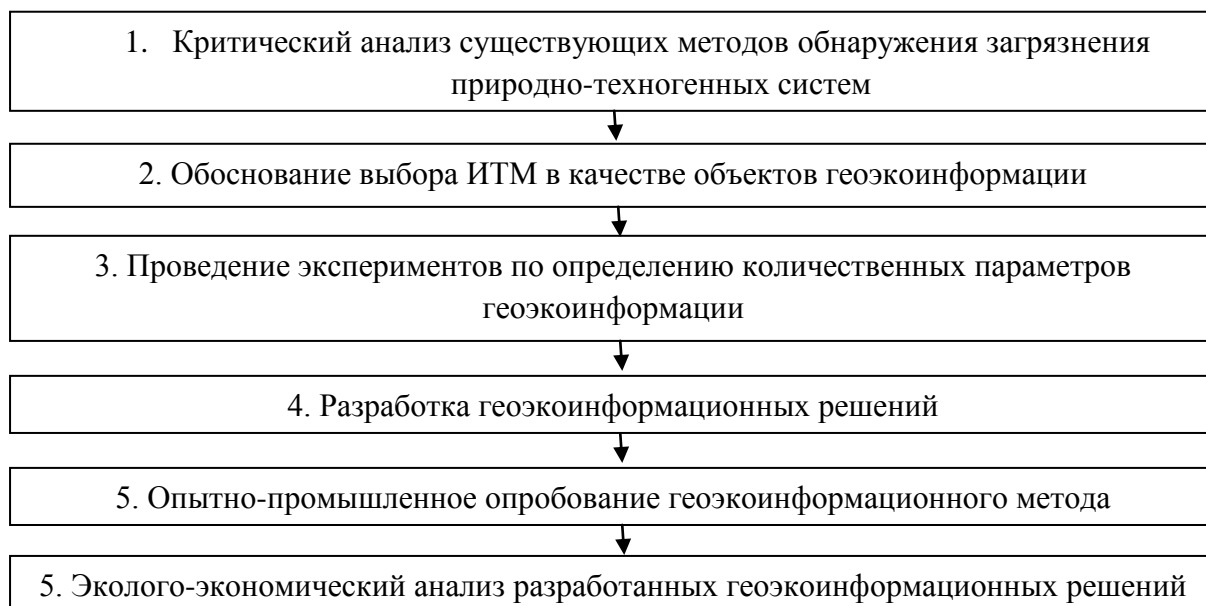


Рисунок 16 – Метод обнаружения загрязнения геосреды ионами тяжелых металлов

В качестве геоэкоиндикаторов были выбраны белые строительные гидросиликатные системы, одна сторона которых погружалась в растворы меди (II) и никеля (II) с концентрациями, выраженными через единицы ПДК, от 1 до 1000. По истечении одних суток образцы изымались из растворов, высушивались естественным способом и подвергались анализу. Как показали исследования, окрашивание поверхности пенобетона произошло при концентрации растворов в 10 ПДК и более, при этом интенсивность окрашивания усиливалась при увеличении концентрации ИТМ. На этом основании была разработана геоэкоиндикаторная шкала цветности, выражающая зависимость цвета геоэкоиндикатора от концентрации ИТМ, которая предложена для определения уровня загрязнения почв ИТМ.

Таким образом, смысл геоэкоиндикаторов состоит в том, что они обнаруживают загрязнения, изменяя цвет. Если на участок территории, характеризующейся повышенным риском загрязнения тяжелыми металлами, внести геоэкоиндикаторы, то благодаря капиллярному подъему ионов тяжелых металлов и их взаимодействию с составляющими геоэкоиндикатора возможно его окрашивание в цвета, соответствующие соединениям данных ионов. Тогда согласно геоэкоиндикаторной шкале можно, в первом приближении, получить информацию о степени загрязненности данной территории ионами тяжелых металлов. Предложенный метод является простым в реализации и не требующим

дополнительных энергозатрат, так как получение информации о загрязнении основано на самопроизвольных процессах.

Данный геоэкоинформационный метод, основанный на использовании строительных гидросиликатных систем в качестве геоэкоиндикаторов в ленточной наземной строительной конструкции геоэкоинформационного назначения был опробован на территории Волховстроевской дистанции пути (ПЧ-31), а также рекомендован для создания строительной конструкции такого рода назначения на территории объектов строительства 1 Государственного испытательного космодрома Министерства обороны Российской Федерации (1 ГИК МО РФ) и применен при мониторинге и для получения оперативной информации о загрязнении почв тяжелыми металлами в местах повышенной геоэкоопасности на полигонах и окружающей геосреды (имеются соответствующие акты).

Заключение

Представленная диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований предложен научно-обоснованный метод обеспечения геоэкозащиты по обобщенным критериям в строительной деятельности, включающий направления геоэкозащитных технических и технологических решений в строительстве, методы реализации обозначенных направлений геоэкозащитных решений, что может быть квалифицировано как разработка научно-обоснованных технических и технологических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Итоги выполненного исследования:

1. Предложен научно-обоснованный метод и обозначены критерии обеспечения геоэкозащиты в строительной деятельности на базе самопроизвольных процессов поглощения и взаимодействия в гидросиликатных системах; в соответствии с методом определены и реализованы новые геоэкозащитные технологические решения в виде детоксикационных (по ИТМ), решений по сохранению минеральных ресурсов, а также технологии обнаружения ИТМ.

2. Предложен метод детоксикационных (по ионам тяжелых металлов) технических и технологических решений, соответствующий критериям геоэкозащиты на базе свободной энергии процессов детоксикации, осуществляемых строительными гидросиликатными системами и принимающих значения ΔG_{298}^0 от минус $30,9 \cdot 10^3$ кДж/т (приведенная величина). Обнаруженные детоксикационные свойства строительных гидросиликатных систем в виде конструкций, сооружений или дисперсий оценены по показателю геоэкозащитной по ИТМ активности до 2,5 г/кг. Определено, что качество природно-техногенной среды восстанавливается геоэкозащитными решениями при ее загрязнении

ионами тяжелых металлов до 200ПДК (по кадмию (II)) и 300 ПДК (по свинцу (II)).

3. Предложен метод технических и технологических решений по сохранению минеральных ресурсов на базе свободной энергии самопроизвольного процесса поглощения строительной гидросиликатной системой кремнезоля, принимающего значения ΔG^0_{298} от минус $12,3 \cdot 10^4$ кДж/т (приведенная величина), при котором обеспечивается синтез свойств строительной системы вместо используемого ранее природного минерального сырья.

4. Предложен метод обнаружения загрязнения геосреды ионами тяжелых металлов, который соответствует критериям геоэкозащиты и предполагает считывание информации по изменению цвета строительной гидросиликатной системы при ее поглощении и взаимодействии с ИТМ, содержащихся в геосреде; при этом цвет соответствует природе и концентрации загрязнителя (ИТМ), выражаемой в количествах единиц ПДК и оцениваемой по предложенной в работе геоэкоиндикаторной шкале. Показано, что метод применим при загрязнениях ИТМ, превышающих ПДК в 10 и более раз.

5. Показано, что научное обоснование предложенных и внедренных методов геоэкозащитных решений в строительной деятельности на базе гидросиликатных систем позволило, во-первых, рассмотреть и использовать известные строительные гидросиликатные системы как имеющие одновременно геоэкозащитные детоксикационные функции, что прослежено на примере подземных строительных конструкций, наземных габионных конструкций, наземных и подземных сооружений земляного полотна, во-вторых, предложить геоэкозащитные решения по сохранению минеральных ресурсов для строительных объектов в гражданском, промышленном и специальном строительстве и, в-третьих, создать строительные системы обнаружения загрязнений ИТМ на основе использования геоэкоиндикаторов.

6. Предложены и количественно определены технологические параметры, которые определяют срок детоксикационной службы строительной гидросиликатной системы в виде конструкций, сооружений или их дисперсий.

7. В условиях 10- и 100-кратного превышения ПДК по Fe(III), а также 10- и 100-кратного превышения ПДК по Cu(II) возможно снижение концентрации катионов до нормативных значений при эксплуатации подземного строительного сооружения – колодца железобетонного, рассмотренного на примере его элементов: кольца доборного КС-7-1 и кольца опорного КО-6; показано, что в условиях 11-кратного превышения ПДК по Cu(II) возможно уменьшение концентрации до значений ниже допустимых при использовании габионной строительной конструкции как детоксикационной; показано, что в условиях шестикратного превышения

ПДК по Рb(II) возможно уменьшение концентрации до значений ниже допустимых, если использовать грунтовое сооружение земляного полотна как детоксикационное. Показано, что в условиях девятикратного превышения ПДК по Рb(II) возможно уменьшение концентрации до значений ниже допустимых, если использовать детоксикационную функцию подземного сооружения земляного полотна.

8. Сохранение минеральных ресурсов, достигаемое пропитыванием и поглощением раствора кремнезоля, составляет в среднем 450 т сэкономленного сырья, сохранение электроэнергии - $40,7 \cdot 10^4$ кВт/год, природного газа - $35 \cdot 10^4$ м³ (из расчета на 1000 м³ строительных систем средней плотности 2000 кг/м³ и с учетом расхода SiO₂ на получение кремнезоля); сохранение минеральных ресурсов осуществляется также за счет уменьшения количества смесей функционального назначения для ограждающих конструкций при использовании раствора кремнезоля и составляет 205 кг и более сэкономленного сырья, электроэнергии – $38,3 \cdot 10^3$ кВт/год, природного газа – 4,3 м³ (из расчета на 100 м² обрабатываемой поверхности); за счет замены ресурсозатратных смесей, содержащих в том числе органические вещества, для декорирования строительных конструкций на цветные растворы неорганической природы, при этом расход красящего минерального компонента, добываемого из природных руд, снижается с 8,7 кг/м³ до $2,5 \cdot 10^{-4}$ кг/м³ с исключением использования компонентов органической природы.

9. Показано на опытном опробовании метода обнаружения загрязнения геосреды ИТМ, основанном на использовании геоэкоиндикаторов в виде белых гидросиликатных блоков средней плотности 500 кг/м³, что при соприкосновении с геосредой, содержащей ионы Cu(II) и Ni(II) в количествах, превышающих ПДК в 60 и более раз, происходит окрашивание геоэкоиндикаторов в цвета, соответствующие природе и именно таким значениям по предложенной в работе шкале. Метод рекомендован для создания строительной конструкции геоэкоинформационного назначения на территории объектов строительства 1 ГИК МО РФ, используемой при мониторинге и для получения оперативной информации о загрязнении почв ИТМ в местах повышенной геоэкоопасности на полигонах и окружающей геосреды.

10. Материалы диссертационной работы использованы в учебном процессе кафедры «Инженерная химия и естествознание» ПГУПС для студентов специальности «Инженерная защита окружающей среды», для аспирантов в курсе «Естественно-научные основы инновационных технологий»; реализация результатов при проведении текущего и капитального ремонта специальных сооружений в войсковой части 25776 позволила выработать обоснованные геоэкологические требования к специальным строительным сооружениям с учетом ГОСТ Р 54964-2012; кроме того, материалы использованы в системе повышения квалификации

и профессионально-должностной подготовки работников Волховстроевской дистанции пути и личного состава войсковой части 25776; в учебных пособиях - «Информационное значение инженерно-химических параметров некоторых веществ и процессов для использования их в интересах устойчивого развития общества (детоксикации окружающей среды и сбережения энергии)», 2013 г., и «Естественно-научные основы инновационных технологий», 2015 г.; в постоянно действующей выставке научных достижений кафедры «Инженерная химия и естествознание» ПГУПС в виде макетов (с 2012 года).

Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы:

- Итоги научного исследования могут быть рекомендованы в области реализации геоэкологических требований к строительным конструкциям и сооружениям с учетом ГОСТ Р 54964-2012; при создании строительных конструкций геоэкоинформационного назначения; для мониторинга и получения оперативной информации о загрязнении геосреды тяжелыми металлами в местах повышенной геоэкоопасности.

- Разработанные методы геоэкозащитных технических и технологических решений могут послужить основой для разработки новых решений в области «устойчивого» строительства, при этом детоксикационный и геоэкоинформационный методы геоэкозащиты могут быть опробованы для детоксикации геосреды и получения информации о загрязнении другими видами загрязнителей; перспектива развития ресурсосберегающего метода может заключаться в поиске новых систем, обеспечивающих ресурсозамещение.

Положения диссертации опубликованы в 77 работах, в том числе в следующих основных работах:

Научные статьи в журналах, рекомендуемых перечнем ВАК Минобрнауки России

1. Байдарашвили, М.М. Применение индикаторного метода – новое перспективное направление для выбора компонентов экозащитных систем для транспорта [Текст] / Л.Б. Сватовская, Н.И. Якимова, М.В. Шершнева, М.М. Байдарашвили // Наука и техника транспорта. – 2004. – №2. – С.12-17.

2. Байдарашвили, М.М.. Защита природно-техногенных комплексов с учетом использования в строительной деятельности ресурсосберегающих технологий [Текст] /Л.Б. Сватовская, В.Д. Мартынова, М.М. Байдарашвили // Естественные и технические науки. – 2011. – №4 (54). – С. 372-374.

3. Байдарашвили, М.М.О геоэкозащитных свойствах автоклавных технологий получения материалов для строительства [Текст] / Л.Б. Сватовская, В.Д. Мартынова, М.М. Байдарашвили // Естественные и технические науки. – 2011. – №4 (54). – С. 375-376.

4. Байдарашвили, М.М. Информационное значение инженерно-химических параметров для эксплуатационных и геоэкозащитных свойств композиций в строительстве [Текст] / Л.Б. Сватовская, В.Д. Мартынова, М.М. Байдарашвили, А.В. Хитров // Естественные и технические науки. – 2011. – №4 (54). – С. 377-379.

5. Байдарашвили, М.М. Направления развития геоэкологии и материаловедения для строительной деятельности с учетом инженерно-химических знаний [Текст] / Л.Б.

Сватовская, А.В. Хитров, В.Д. Мартынова, М.М. Байдарашвили // Естественные и технические науки. – 2011. – №4 (54). – С. 380-382.

6. Байдарашвили, М.М. Геозащитность по ионам тяжелых металлов некоторых искусственно полученных минеральных веществ [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, А.С. Сахарова // Естественные и технические науки. – 2011. – №4 (54). – С. 512-514.

7. Байдарашвили, М.М. Защита природно-техногенных систем при строительстве железных дорог [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, А.С. Сахарова, А.В. Петряев // Транспортное строительство. – 2012. – №2. – С. 9-11.

8. Байдарашвили, М.М. Новое технологическое решение для защиты окружающей среды в пределах полосы отвода железных дорог [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, А.С. Сахарова, А.В. Петряев // Транспортное строительство. – 2012. – №7. – С. 12-13.

9. Байдарашвили, М.М. Применение геомембран в экозащитных целях [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, А.С. Сахарова, А.В. Петряев // Транспортное строительство. – 2012. – № 8. – С. 26-28.

10. Байдарашвили, М.М. Новый подход к исследованию инфракрасных спектров геоэкозащитных материалов и грунтов [Текст] / Е.К. Галанов, А.С. Сахарова, Е.Н. Бодунов, М.М. Байдарашвили // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012. – Выпуск 2 (31). – С. 74-78.

11. Байдарашвили, М.М. Исследование геоэкозащитной способности цементного клинкера и некоторых техногенных гидросиликатов [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, А.С. Сахарова // Естественные и технические науки. – 2012. – № 5(61). – С. 250-252.

12. Байдарашвили, М.М. Инженерно-химические подходы к детоксикации литосферы с помощью минеральных геоантидотов сульфато-кальциевой природы [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.В. Шершнева, М.М. Байдарашвили, А.М. Сычева, М.Ю. Савельева // Естественные и технические науки. – 2012. – № 5(61). – С. 253-254.

13. Байдарашвили, М.М. Естественнонаучный аспект природы минеральных геоантидотов [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.В. Шершнева, А.М. Сычева, Е.И. Макарова, М.М. Байдарашвили // Естественные и технические науки. – 2012. – №5(61). – С. 255-258.

14. Байдарашвили, М.М. Геоэкозащитная технология для изделий и материалов строительства, основанная на методе капиллярного подсоса [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, В.Н. Сурков // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (электронный вариант СМИ). – СПб.: СПбГУ ГПС МЧС. – 2013. – №3. – С.152-154.

15. Байдарашвили, М.М. Новое геоэкозащитное свойство строительных материалов и изделий [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, Е.И. Макарова, М.В. Шершнева, А.М. Сычева, А.А. Кабанов // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>). – 2014. – Выпуск №1 (53).

16. Байдарашвили, М.М. Энергетическое обоснование геоэкозащитных свойств минеральных строительных материалов [Текст] / Л.Б. Сватовская, А.М. Сычева, Е.И. Макарова, М.В. Шершнева, М.М. Байдарашвили, А.А. Кабанов // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>). – 2014. – Выпуск №1 (53).

17. Байдарашвили, М.М. Геоэкозащитные абсорбционные нефтепоглощающие свойства строительных материалов и изделий [Текст] / Л.Б. Сватовская, Е.И. Макарова, М.В. Шершнева, М.М. Байдарашвили, Н.Н. Ефимова, В.Н. Сурков // Интернет-журнал

«Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>). – 2014. – Выпуск №2 (54).

18. Байдарашвили, М.М. Оценка качества геоэкозащитных технологических решений на объектах железнодорожного транспорта [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.В. Шершнева, А.С. Сахарова, М.М. Байдарашвили, Н.Н. Ефимова, И.В. Степанова // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>). – 2014. – Выпуск №2 (54).

19. Байдарашвили, М.М. Экозащитные технологии в путевом хозяйстве [Текст] / А.В. Петряев, Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, А.С. Сахарова // Путь и путевое хозяйство. – 2014. – №7. – С. 28-30.

20. Байдарашвили, М.М. Геоэкологические условия и методы устойчивого развития строительной деятельности [Текст] / М.М. Байдарашвили // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>). – 2015. – Выпуск №1 (59).

21. Байдарашвили, М.М. Использование экологических свойств капиллярно-пористых тел в транспортном строительстве [Текст] / Л.Б. Сватовская, А.М. Сычева, М.В. Шершнева, М.М. Байдарашвили, Н.Н. Ефимова, А.В. Бородуля // Транспортное строительство. – 2015. – №1. – С. 23-25.

22. Байдарашвили, М.М. Геоэкозащитные свойства гидросиликатных строительных систем [Текст] / М.М. Байдарашвили // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>). – 2015. – Выпуск №1 (59).

Монографии

23. Байдарашвили, М.М. Новые геоэкозащитные технологии при строительстве и реконструкции железных дорог [Текст] / Л.Б. Сватовская, А.С. Сахарова, М.М. Байдарашвили, А.В. Петряев, М.В. Шершнева, В.В. Ганчиц – СПб.: ПГУПС, 2012. – 81 с.

24. Байдарашвили, М.М. Применение инженерно-химических знаний в геоэкозащитных строительных технологиях (включая нанотехнологии): монография [Текст] / Л.Б. Сватовская, А.М. Сычева, А.В. Хитров, М.В. Шершнева, М.М. Байдарашвили [и др.] – СПб.: ПГУПС, 2013. – 80 с.

25. Байдарашвили, М.М. Современные подходы к эко – и геоэкологической оценке состояния окружающей среды (с учетом воздействия на нее строительной деятельности и ЖКХ): монография [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, Н.А. Бабак, Л.Л. Масленникова, В.А. Чернаков. – СПб.: ПГУПС, 2012. – 76 с.

26. Байдарашвили, М.М. Введение в геоэкохимию детоксикации литосферы на базе особенностей процессов твердения вяжущих и искусственного камнеобразования: монография [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.В. Шершнева, А.М. Сычева, Е.И. Макарова, М.М. Байдарашвили – СПб.: ПГУПС, 2012. – 81 с.

27. Байдарашвили, М.М. Новые методы геоэкозащиты природно-техногенных систем строительной деятельности в интересах устойчивого развития [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, М.В. Шершнева, А.М. Сычева, А.В. Хитров, Н.А. Бабак, Е.И. Макарова и др. – СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. – 73 с.

Патенты на изобретения

28. Патент РФ №2205161. опубл. 27.05.2003.

29. Патент РФ № 2367611. опубл. 20.09.2009.

30. Патент РФ № 2455238. опубл. 10.07.2012.

31. Патент РФ № 2477708. опубл. 20.03.2013.

32. Патент РФ № 2497757. опубл. 10.11.2013.

Основные публикации в журналах и сборниках трудов

33. Байдарашвили, М.М. Foam concrete construction demolished waste [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.В. Шершнева, М.М. Байдарашвили, А.М. Сычева, Т.С. Титова, Н.И. Якимова // Construction demolition waste. Proceedings of the International Conference organized by the Concrete and Masonry Research Group and held at Kingston University – London. – 2004. – С. 201-203.
34. Байдарашвили, М.М. Возможности использования метода распределения центров адсорбции в строительстве и геоэкологии [Текст] / М.М. Байдарашвили, А.С. Сахарова, М.Ю. Савельева // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы (Неделя науки – 2011): сб. научн. статей под ред. В.В. Сапожникова, А.К. Канаева, Л.М. Минакова. – СПб.: ПГУПС, 2011. – С. 63-65.
35. Байдарашвили, М.М. Геозащитные свойства клинкера как промежуточного продукта получения цемента для строительства [Текст] / М.М. Байдарашвили, А.С. Сахарова // Новые исследования в материаловедении и экологии: Сб. научн. статей. – Выпуск 11. – СПб.: ПГУПС, 2011. – С. 36-41.
36. Байдарашвили, М.М. Поиск новых геозащитных материалов при решении проблемы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов [Текст] / М.М. Байдарашвили, А.С. Сахарова // Труды Всероссийской научно-практической конференции «Транспорт-2011» 11-13 мая 2011 г. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУПС, 2011. – С. 265-267.
37. Байдарашвили, М.М. Перспективы использования клинкера как нового геозащитного материала [Текст] / М.М. Байдарашвили, А.С. Сахарова // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы второй научно-практической конференции 16-18 мая 2011г., Иркутск: В 6 т. – Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2011. – т.1 – С.490-495.
38. Байдарашвили, М.М. Вещества техногенного и искусственного происхождения как средства защиты окружающей природной среды [Текст] / М.М. Байдарашвили, А.С. Сахарова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2012. – №3(158). – С. 18-19.
39. Байдарашвили, М.М. Новое в ресурсосберегающих технологиях с использованием строительных отходов на железнодорожном транспорте [Текст] / А.С. Сахарова, А.В. Петряев, М.М. Байдарашвили, М.Ю. Савельева // сборник «Актуальные вопросы строительства»: материалы V Всероссийской научно-технической конференции 10-12 апреля 2012г. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2012. – Т. 15, № 2 (54). – С. 60-67.
40. Байдарашвили, М.М. Геоэкозащитные технологии при строительстве и реконструкции железных дорог [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, А.В. Петряев, А.С. Сахарова // Новые исследования в материаловедении и экологии: Сб. научных статей / Под ред. Л.Б. Сватовской. Вып. 12 – СПб.: ПГУПС, 2012. – С. 30-34.
41. Байдарашвили, М.М. РЦА как современный метод определения активности поверхности твердых техногенных веществ с целью прогноза их экозащитной способности [Текст] / М.М. Байдарашвили // Проблемы науки, техники и образования в современном мире: сб.научн.тр. по материалам Международной заочной научно-технической конференции. 30 ноября 2012 г. – Липецк: Издательство ООО «Ника», 2012. – С. 145-147.
42. Байдарашвили, М.М. Подходы к созданию критериев оценки качества природной среды [Текст] / М.М. Байдарашвили // Новые исследования в материаловедении и экологии: сборник научных трудов. / Под ред. Л.Б. Сватовской. – СПб.: ПГУПС, 2012. – Вып. 12. – С. 26-28.
43. Байдарашвили, М.М. Применение геотекстиля в экозащитных целях при устройстве продольного водоотвода железнодорожного пути [Текст] / А.С. Сахарова, М.М.

Байдарашивили, А.В. Петряев // Применение геоматериалов при строительстве и реконструкции транспортных объектов: материалы III международной научно-технической конференции 15-16 мая 2013 г., СПб.: ПГУПС, 2013. – С. 96-100.

44. Байдарашивили, М.М. Применение геомембран при строительстве транспортных объектов для защиты почв прилегающих территорий от загрязнения [Текст] / М.М. Байдарашивили, А.С. Сахарова, А.В. Петряев // Применение геоматериалов при строительстве и реконструкции транспортных объектов: материалы III международной научно-технической конференции 15-16 мая 2013 г., СПб.: ПГУПС, 2013. – С. 146-149.

45. Байдарашивили, М.М. Новое в определении инженерно-химических параметров оценки геоэкозащитных технологий при строительстве транспортных объектов [Текст] / М.М. Байдарашивили // Новые исследования в материаловедении и экологии: Сб. научных статей. – 2013. – Вып. 13. – С. 16-18.

46. Байдарашивили, М.М. Критерии оценки геоэкологических процессов в строительной деятельности с учетом материальных и энергетических представлений и с точки зрения устойчивого развития [Текст] / М.М. Байдарашивили // Новые исследования в материаловедении и экологии: Сб. научных статей. – 2013. – Вып. 13. – С. 18-23.

47. Байдарашивили, М.М. Метод минимизации негативного воздействия ионов тяжелых металлов на окружающую природную среду в транспортном строительстве [Текст] / М.М. Байдарашивили, А.С. Сахарова // Новые исследования в материаловедении и экологии: Сб. научных статей. – 2013. – Вып. 13. – С. 23-25.

48. Байдарашивили, М.М. Придание земляному полотну экозащитных свойств [Текст] / А.В. Петряев, М.М. Байдарашивили, А.С. Сахарова, В.В. Ганчиц // Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути: труды X научно-технической конференции с международным участием 4-5 апреля 2013г. Чтения, посвященные 109-летию профессора Г.М. Шахунянца. М.: МГУПС (МИИТ), 2013. – С. 131 -133.

49. Байдарашивили, М.М. Метод поглощения твердеющими изделиями кремнезоля для повышения эксплуатационной безопасности строительных изделий [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашивили, М. Хаммади, О.В. Юров, А.А. Кабанов // Проблемы обеспечения функционирования и развития наземной инфраструктуры комплексов систем вооружения: материалы всероссийской научно-практической конференции. – СПб.: Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского. – 2014. – С.109-113.

50. Байдарашивили, М.М. Свойства цементных изделий при поглощении кремнезоля капиллярным подсосом [Текст] / Л.Б. Сватовская, М. Хаммади, Т.И. Бойкова, М.М. Байдарашивили // Новые исследования в материаловедении и экологии: Сб. научных статей. – 2013. – Вып. 13. – С. 12-16.

51. Байдарашивили, М.М. Научные основы геоэкозащитных решений в строительной и хозяйственной деятельности с учетом концепции устойчивого развития [Текст] / М.М. Байдарашивили // Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Том 4. – Материалы IX Международного симпозиума, посвященного 90-летию со дня рождения В.П. Макеева. – М.: РАН, 2014. – С. 5-11.

52. Baydarashvily, M.M. Building wastes and cement clinker using in the geocoprotective technologies in transport construction / L.B. Svatovskaya, M.M. Baidarashvilly, A.S. Sakharova, A.V. Petriaev // The 14th International Conference of the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (14 Международная конференция международной ассоциации по компьютерным методам и последним достижениям в геомеханике (секция «Геоэкологический инжиниринг»)), 22-25 september, 2014, CRC Press/Balkema, p. 152.

53. Байдарашвили, М.М. Инновационные решения геоэкозащитных технологий транспортного и гражданского строительства / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, Сахарова А.С., А.В. Петряев // Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии: Материалы I Международной научно-практической конференции (06.10.2014). – М.: Издательство «Спутник +», 2014. – С. 46-48.
54. Байдарашвили, М.М. Метод защиты природно-техногенных систем с учетом концепции устойчивого развития при осуществлении строительной деятельности транспорта / М.М. Байдарашвили // Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2014). Тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции. Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2014. – С. 22-23.
55. Байдарашвили, М.М. Учет требований экологической безопасности при строительстве и реконструкции объектов железнодорожного транспорта / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, Сахарова А.С., А.В. Петряев // Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2014). Тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции. Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2014. – С. 65-67.
56. Байдарашвили, М.М. Метод геоэкоинформационных решений / Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, Н.А. Шредник, С.В. Симонюк // Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии: Материалы I Международной научно-практической конференции (30.06.2015). – М.: Издательство «Спутник +», 2015. – С. 73-75.
57. Baydarashvily, M. Geoprotective Properties of Cement and Concrete Against Heavy Metal Ions / L. Svatovskaya, M. Shershneva, M. Baydarashvily, A. Sychova, M. Sychov, M. Gravit // International Scientific Conference - Urban Civil Engineering and Municipal Facilities, SPbUCEMF-2015 (Международная научная конференция по гражданскому строительству и городскому хозяйству), Procedia Engineering 117 (2015). – p. 350 – 354.

Учебные пособия по теме диссертации

58. Байдарашвили, М.М. Фундаментальные подходы к созданию новых комплексных природозащитных технологий очистки биосферы: учебное пособие [Текст] / Л.Б. Сватовская, Л.Л. Масленникова, В.Я. Соловьева, А.В. Панин, М.В. Шершнева, Н.И. Якимова, А.В. Смирнов, Н.Н. Шангина, М.М. Байдарашвили, О.Ю. Макарова, М.Н. Латугова, А.М. Сычева. – СПб.: ПГУПС, 2003 – 50 с.
59. Байдарашвили, М.М. Естественно-научные основы геоэкозащитных свойств искусственно полученных гидратных и гидратационно-активных фаз: учебное пособие [Текст] / Л.Б. Сватовская, М.В. Шершнева, А.М. Сычева, Е.И. Макарова, А.В. Хитров, М.М. Байдарашвили. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2012. – 20 с.
60. Байдарашвили, М.М. Информационное значение инженерно-химических параметров некоторых веществ и процессов для использования их в интересах устойчивого развития общества (детоксикации окружающей среды и сбережения энергии) [Текст] / Л.Б. Сватовская, А.М. Сычева, М.В. Шершнева, Е.И. Макарова, М.М. Байдарашвили. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2013. – 82 с.

Подписано к печати 18.09.2015 г. Печ.л. 2,3 Печать – ризография. Бумага офсетная
Формат 60x84 1/16 Тираж 100 экз.

ФГБОУ ВПО ПГУПС 190031, г. С-Петербург, Московский пр.,9, Типография ФГБОУ ВПО ПГУПС