

На правах рукописи



Боденко Елена Михайловна

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПОЛОСТЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ
СТРОИТЕЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Специальность 1.6.21 Геоэкология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС)

Научный руководитель:	Шершнева Мария Владимировна доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Руш Елена Анатольевна доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения», кафедра «Техносферная безопасность», заведующий выпускающей кафедрой Чусов Александр Николаевич кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Высшая школа гидротехнического и энергетического строительства, доцент
Ведущая организация:	Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», факультет Инженерного и электромеханического обеспечения, кафедра Специальных сооружений ракетно-космических комплексов

Защита диссертации состоится « 28 » сентября 2023 г. в 15:00 (по местному времени) на заседании диссертационного совета 24.2.339.04, созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» по адресу: 129337 г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Зал Ученого Совета.

С диссертацией, авторефератом можно ознакомиться на сайте www.mgsu.ru

Автореферат разослан « ___ » _____ 202__ г.

Ученый секретарь диссертационного совета



Сысоева Е. В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Для крупных городов и городских агломераций одной из наиболее сложных проблем защиты окружающей среды и сохранения геоэкологического равновесия является проблема управления процессами утилизации и вывоза отходов к местам утилизации или переработки. Из всего объема образующихся отходов, значительную долю составляют отходы сноса зданий и сооружений, образующиеся в объемах, на порядок превышающих объемы образования твердых бытовых отходов. Так в Санкт-Петербурге ежегодно образуется ~30 – 40 млн. м³ отходов строительства и сноса, против ~5 млн. м³ ТБО. Одновременно с указанной проблемой, активное развитие строительной отрасли приводит к возникновению геоэкологической проблемы рекультивации нарушенных территорий, образующихся при исчерпании природных материалов, применяемых в строительстве, таких как песок, гранит или глина. Так, например, на сегодняшний день на территории Северо-Западного региона находится порядка 10 гранитных карьеров, занимающих площадь до 3 тысяч гектаров и требующих рекультивации. Строительные отходы, а в частности отходы сноса зданий и сооружений являются наиболее близкими по природе к гранитному камню и масштабно образующимися отходами, что позволяет прогнозировать их использование при рекультивации полостей на поверхности земли, в частности, гранитных карьеров.

Использование отходов сноса зданий и сооружений при рекультивации гранитных карьеров позволит решить несколько геоэкологических задач – восстановление природного ландшафта, утилизация, хранение и захоронение (безопасное размещение) отходов. Поэтому работа посвящена исследованию возможности рекультивации гранитных карьеров с использованием отходов сноса зданий и сооружений и учетом их химического состава и механических свойств.

Объект исследования – нарушенные территории в виде отработанных гранитных карьеров и техногенное воздействие на окружающую среду строительных отходов, на примере отходов сноса зданий и сооружений.

Область исследования соответствует направлению паспорта специальности 1.6.21 – Геоэкология – п. 17 «Ресурсосбережение, санация и рекультивация земель, утилизация отходов производства и потребления, в том числе возникающих в результате добычи, обогащения и переработки полезных ископаемых, строительной, хозяйственной деятельности и эксплуатации ЖКХ. Геоэкологическое обоснование безопасного размещения, хранения и захоронения токсичных, радиоактивных и других отходов».

Степень разработанности темы. Изучению проблем геоэкологической устойчивости при негативном воздействии строительной деятельности посвящены научные исследования и труды ученых Московской, Санкт-Петербургской, Самарской, Пермской и других научных школ.

В области исследований закономерностей и устойчивости геосферных оболочек Земли при осуществлении строительной деятельности большой вклад внесены учеными Слесаревым М.Ю. «Научные основы и инновационные методы формирования систем экологической безопасности строительства», Теличенко В.И. «Экологическая безопасность, использование и охрана водных объектов на урбанизированных территориях», Тупицыной О.В. «Оценка и восстановление природно-техногенных систем, нарушенных строительной хозяйственной деятельностью», Чертес К.Л. «Рекультивация отработанных карьеров с использованием коммунальных и промышленных отходов» и других ученых.

В области технологий и средств оценки состояния, защиты, восстановления и управления природно-техногенными системами на основе осуществления строительной, хозяйственной деятельности и эксплуатации ЖКХ следует отметить труды Свергузовой С.В. «Повышение уровня экологического благополучия населения как одна из задач управления городом», «Проблемы утилизации и захоронения отходов», Шершневой М.В. «Научные основы утилизации силикатсодержащих отходов», Осипова В. И. «Теория и методология оценки развития экстремальных геоэкологических ситуаций для урбанизированных территорий», Сватовской Л.Б. «Геоэкохимия», Бабак Н.А. «Геоэкологический аспект использования отходов в строительной керамике», Станис Е. В. «Оценка состояния и устойчивости окружающей среды в районах карьерной добычи полезных ископаемых», Трофимова В. Т. «Закономерности трансформации литосферы. Отложенные последствия сильных воздействий» и других ученых.

Рекультивация полостей на поверхности земли строительными отходами городской агломерации исследована на примере рекультивации гранитных карьеров с использованием отходов сноса зданий и сооружений с учетом их химического состава и механических свойств.

Цель работы – рекультивация отработанных гранитных карьеров с использованием отходов сноса зданий и сооружений и учетом их химического состава и механических свойств.

Задачи работы

В соответствии с целью были поставлены и решались следующие задачи:

1. Проанализировать химический состав и механические свойства структурных элементов рекультивируемого карьера и отходов сноса зданий и сооружений для принятия решения по рекультивации.

2. Исследовать возможность использования при рекультивации отходов сноса зданий и сооружений с объектов с помощью разработанной математической модели, учитывающей факторы негативного воздействия на окружающую среду при их транспортировке.

3. Исследовать динамику образования отходов сноса зданий и сооружений, определить расчётные объёмы работ по их вывозу и создать имитационные модели для принятия научно-обоснованных вариантов рекультивации гранитных карьеров.

4. Использование полученных результатов исследования при разработке практических рекомендаций по рекультивации отработанных гранитных карьеров с учетом утилизации, хранения или захоронения отходов сноса зданий и сооружений.

Предмет исследования – рекультивация гранитных карьеров с использованием отходов сноса зданий и сооружений и учетом их химического состава и механических свойств.

Научная новизна диссертационной работы:

1. Предложен критерий принятия решения о целесообразности рекультивации гранитных карьеров, заключающийся в установлении соответствия в результате анализа химического состава и механических свойств между размещаемыми отходами и заполняемыми структурными элементами рекультивируемого карьера.

2. Разработана математическая модель с заданным уровнем надежности для выбора гранитного карьера, требующего рекультивации с учетом вариантов рекультивационных решений, сроков сноса зданий и сооружений и объемов формирования отходов с объекта реновации.

3. Результаты имитационного моделирования позволяют снизить индекс загрязнения атмосферы с 11 до 4 за счет одновременного применения методик сноса/разбора зданий, способов заполнения строительных контейнеров и отдаленность объекта рекультивации.

4. Результаты применения разработанной математической модели по оптимальному выбору метода разбора и способа складирования отходов в зависимости от серии здания и инфраструктуры прилегающей территории, показывают снижение негативного воздействия на окружающую среду от сноса зданий.

Теоретическая значимость работы:

1. Предложенный критерий позволяет выбрать отходы сноса зданий и сооружений в качестве заполнителей отработанных гранитных карьеров для временного хранения, частичного или полного заполнения с последующей рекультивацией отработанных карьеров.

2. Разработанная комплексная математическая модель геоэкологической оценки потребности в мероприятиях по рекультивации нарушенных территорий с заданным уровнем надежности позволяет оперативно определять набор мероприятий по рекультивации.

3. Создана модель прогнозирования формирования транспортно-логистической цепи вывоза отходов сноса зданий и сооружений от места их образования до места использования в качестве заполнителя гранитных карьеров (рекультивация территорий).

5. Для определения оптимальных вариантов выбора транспортной составляющей были проведены исследования использования различных видов автомобильного грузового транспорта, с учетом городской плотной застройки и разрешения на перемещение в городской черте грузовых автомобилей.

Практическая значимость работы:

1. Результаты работы позволяют использовать отходы сноса зданий и сооружений в качестве заполнителей отработанных гранитных карьеров для временного хранения, частичного или полного заполнения с последующей рекультивацией отработанных карьеров. По результатам апробации получен соответствующий акт.

2. Разработанные мероприятия по рекультивации гранитных карьеров позволяют минимизировать экологический ущерб (до 26 млн. руб./год на 1 карьер) от размещения продуктов отходов сноса зданий и сооружений на полигонах.

3. Материалы диссертационного исследования используются в учебном процессе института Аэрокосмических приборов и систем ФГАОУ ВО СПб ГУАП на лабораторных и практических занятиях по дисциплине «Безопасность перевозки отходов», уровень образования - бакалавр.

Методология и методы диссертационного исследования Методология исследования включает теоретический и эмпирический научные методы. Используются стандартные методики исследований механических и химических характеристик отходов сноса зданий и сооружений. Для решения поставленных в диссертационной работе задач применялись также следующие методы исследования: методы математического моделирования, эмпирические методы сбора информации и данных, транспортная задача, методы машинной имитации.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Предложенный критерий принятия решения о целесообразности рекультивации гранитных карьеров, заключающийся в установлении соответствия в результате анализа химического состава и механических свойств между размещаемыми отходами и заполняемыми структурными элементами рекультивируемого карьера.

2. Разработанная математическая модель с заданным уровнем надежности для выбора гранитного карьера, требующего рекультивации с учетом вариантов рекультивационных решений, сроков сноса зданий и сооружений и объемов формирования отходов с объекта реновации.

3. Результаты имитационного моделирования, позволяющие снижение индекса загрязнения атмосферы с 11 до 4 за счет одновременного применения методик сноса/разбора зданий, способов заполнения строительных контейнеров и отдаленность объекта рекультивации.

4. Результаты применения разработанной математической модели по оптимальному выбору метода разбора и способа складирования отходов в зависимости от серии здания и инфраструктуры прилегающей территории, показывающие снижение негативного воздействия на окружающую среду от сноса зданий.

Личный вклад автора диссертационного исследования заключается в постановке цели, формулировке задач исследований, выполнении теоретических исследований, в создании имитационных моделей образования, вывоза и захоронения продуктов сноса и разработке практических рекомендаций по рекультивации отработанных гранитных карьеров. Все положения новизны, выносимые на защиту разработаны лично автором, в том числе:

1. Предложен критерий принятия решения о целесообразности рекультивации гранитных карьеров.

2. Разработана математическая модель с заданным уровнем надежности для выбора гранитного карьера.

Степень достоверности результатов диссертации подтверждается:

– детальной проработкой отечественных и зарубежных научно-технических публикаций, связанных с тематикой диссертации;

– системным анализом теоретических выводов и результатов исследования на основе применения современных апробированных методов, в том числе системного анализа, теории эффективности, а также необходимым объемом и объективностью информационных и статистических данных;

– анализом результатов эксперимента и сравнением их со статистическими данными, полученными в ходе проведения ряда вычислительных экспериментов с высокой степенью сходимости (расхождения между расчётными и опытными данными в целом не превышают 9,6%).

Апробация результатов. Основные положения диссертационной работы были изложены и обсуждены на конференциях: «Транспорт: проблемы, идеи, перспективы» (2015, 2016, 2017), «Инновационные технологии и вопросы обеспечения безопасности реальной экономики», (2018), Международная научно-практическая конференция «Геохимия защиты литосферы» (2018, 2019), Международная научно-практической конференции «Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии» (2018, 2019), «Безопасность в профессиональной деятельности» (2018, 2019).

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 23 печатных работ, из них 5 в научных журналах, включенных в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», 3 в журналах и изданиях, индексируемых наукометрическими базами цитирования Web of Science и Scopus.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы. Диссертационная работа изложена на 162 страницах машинописного текста, содержит 34 рисунка, 24 таблицы, список литературы содержит 247 наименований, 3 приложения составляют 10 листов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цели, основные идеи и задачи диссертационного исследования. Показаны научная новизна и практическая значимость достигнутых в ходе исследования результатов. Указаны основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности и обоснованности научных положений.

В главе 1 «Состояние вопроса утилизации строительных отходов и отходов сноса зданий и сооружений в городах и крупных агломерациях» проведен анализ литературных данных по вопросам утилизации отходов сноса в городах и крупных агломерациях, указаны источники возникновения отходов сноса, их химический и морфологический состав, выявлены принадлежность отходов сноса к различным классам опасности, методы обеззараживания, утилизации такого вида отходов. Указаны недостатки в системе управления отходами в

целом и в частности в сфере обращения со строительными отходами и отходами сноса. Показан недостаток разработанности решений в сфере превентивных и ликвидационных мер, предотвращающих и устраняющих загрязнение геосистем строительными отходами.

В главе 2 «Использование отходов сноса зданий и сооружений для рекультивации нарушенных территорий» описаны объекты и методы использования отходов сноса в качестве заполнителей гранитных отработанных или заброшенных карьеров. Рассмотрено обоснование прогнозирования и построения схемы заполнения выработанных гранитных карьеров строительными отходами в качестве заполнителя и снижения негативного воздействия деградированных земель на геосистему.

Среди твердых минеральных отходов, образующихся при осуществлении строительной и хозяйственной деятельности, наиболее близкими по химической природе к гранитному камню являются отходы сноса зданий и сооружений. На рис. 1 и 2 представлен химический состав отходов сноса и гранитных карьеров.

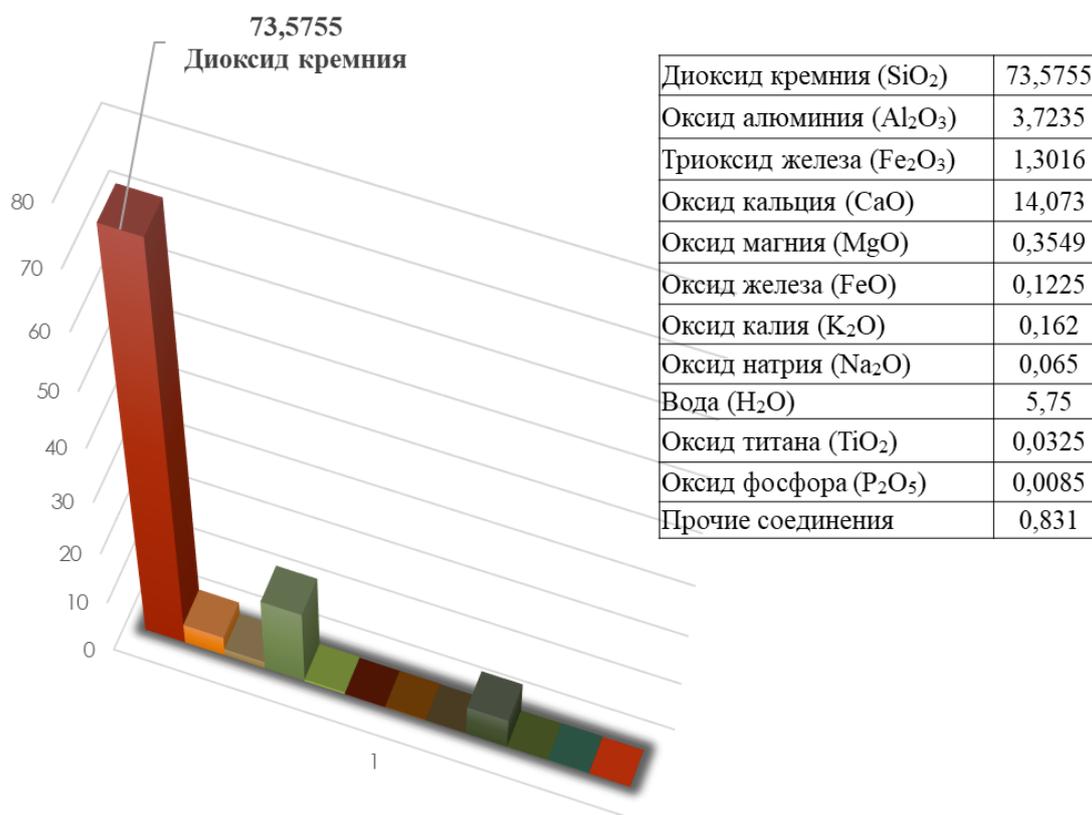


Рисунок 1 – Химический состав отходов сноса

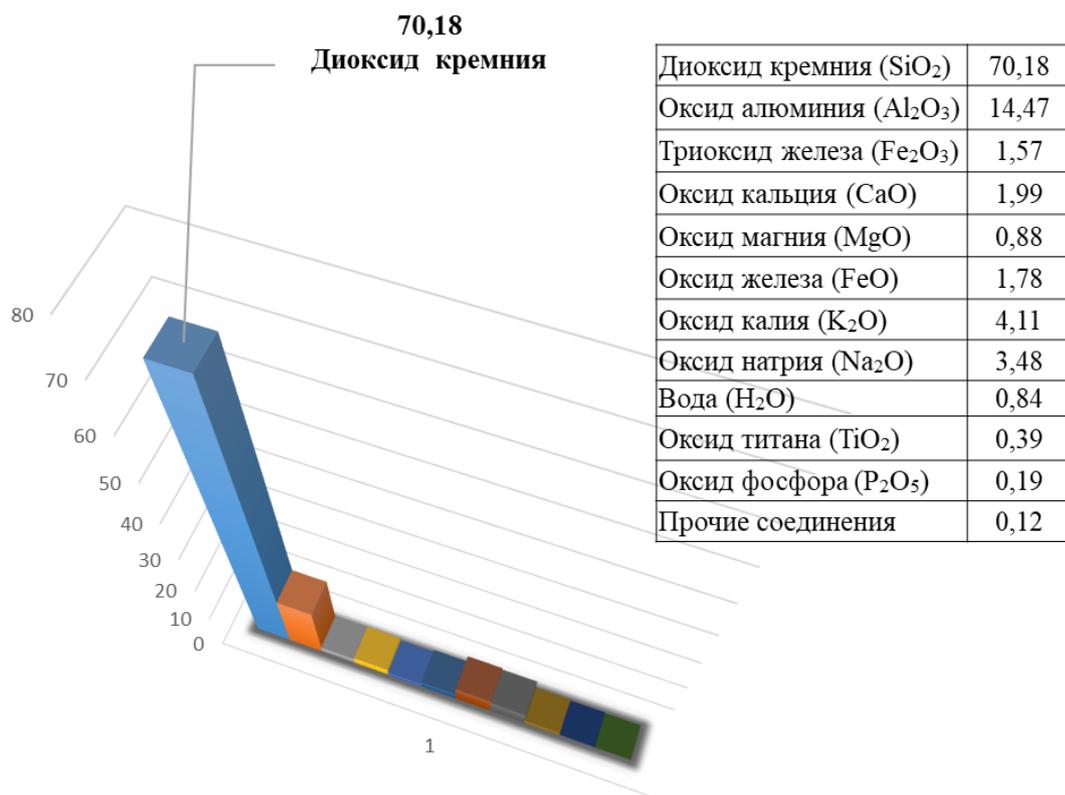


Рисунок 2 – Химический состав гранита

Таблица 1 – Механические свойства гранита и отходов сноса

Показатели	Материал		
	Гранит (усредненные данные)	Отходы сноса (дробленый бетон, фракции 5-40 мм)	Гранит карьера Возрождение (Северо-Западный регион)
Плотность, г/см ³	2,6 – 3,0	2,31 – 2,41	2,650
Прочность (потеря массы при испыта- нии), %	10-14	21,9 – 14,9	13,6
Морозостойкость, цикл	25 – 100	25 – 50	100
Водопоглощение, %	0,05-0,20	7,2 – 4,4	0,05
Марка по истираемо- сти (потеря массы при испытании), %	И1 не более 25	И4 – И2 45,9 – 28,3	И1 не более 25

Выбор направления использования полученных объектов определяется в соответствии с укрупненным алгоритмом поиска оптимального направления рекультивации, представленном на рис. 3.

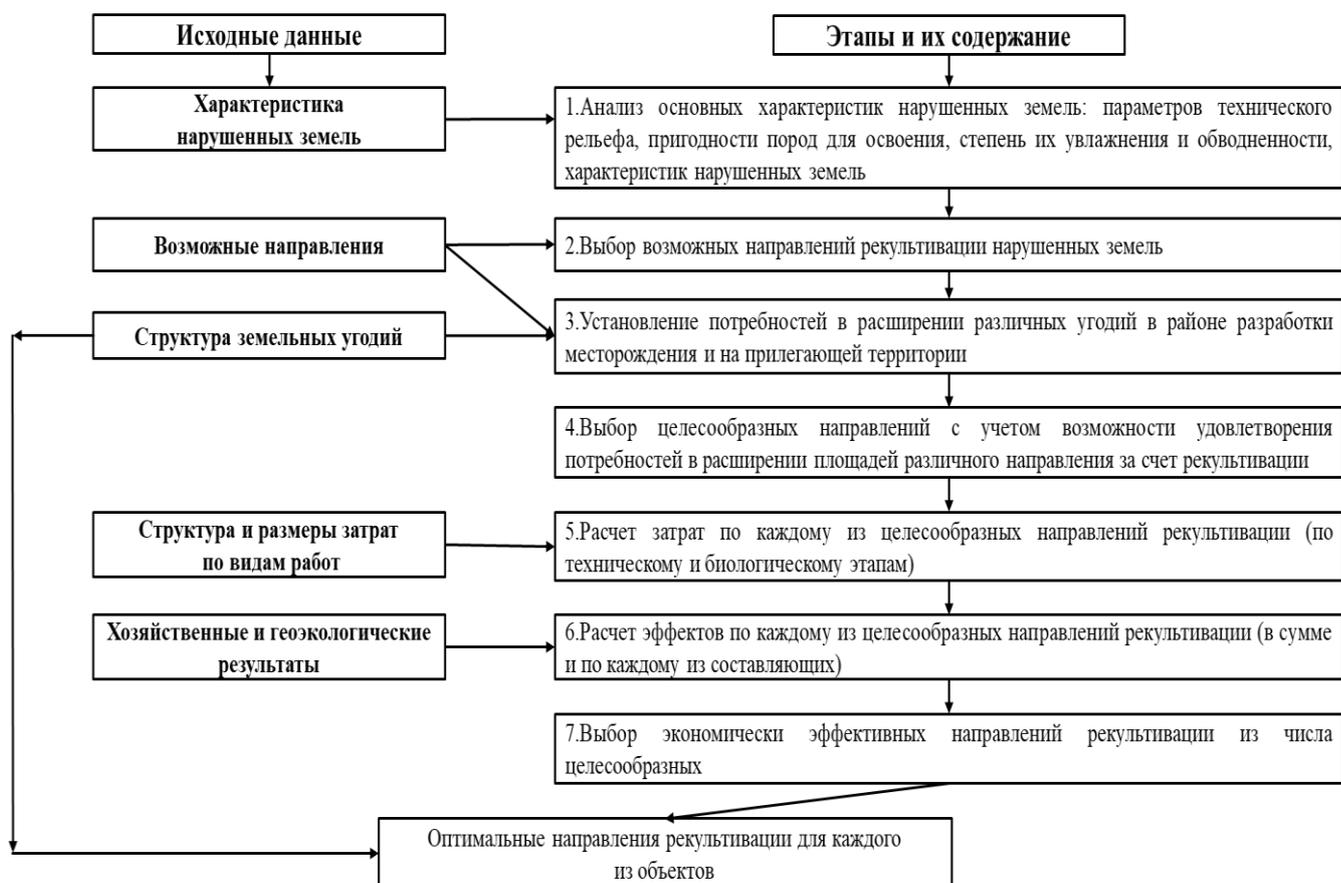


Рисунок 3 – Укрупненная схема алгоритма поиска оптимального направления рекультивации

Глава 3 «Моделирование процессов формирования отходов сноса зданий и сооружений с учетом факторов негативного воздействия на окружающую среду» посвящена исследованию динамики образования отходов сноса зданий и сооружений и процесса их вывоза на объект рекультивации. В качестве объекта рекультивации был выбран гранитный карьер (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристики карьера «Возрождение»

Объект – карьерная выработка	
Размер карьера, км (ширина, рабочая высота)	< 1,0×0,7
Площадь карьера, га	51
Рабочие расстояния, км	
От Санкт-Петербурга (объект Дачное 5), км	159 (ж/д сообщение)
	149 (автомагистрали)

Для исследования вопроса формирования объемов отходов сноса и обеспечения заполнения гранитных карьеров была построена расчётная схема формирования карты объектов формирования отходов сноса, учитывающая оценку вероятности надёжности вывоза отходов сноса с объектов их появления. Была сформирована аналоговая схема вывоза отходов сноса с объекта, в которой учитываются такие данные как объём и вес образовавшихся отходов сноса, а также дальность расположения объектов образования отходов сноса к месту их захоронения в гранитных карьерах.

На основании ранее полученных и смоделированных данных был создан укрупненный алгоритм выбора наилучшего варианта транспортной логистической цепи. На рис. 4 представлены основные технологические и экологические факторы, влияющие на формирование транспортно-логистической цепи вывоза отходов сноса.

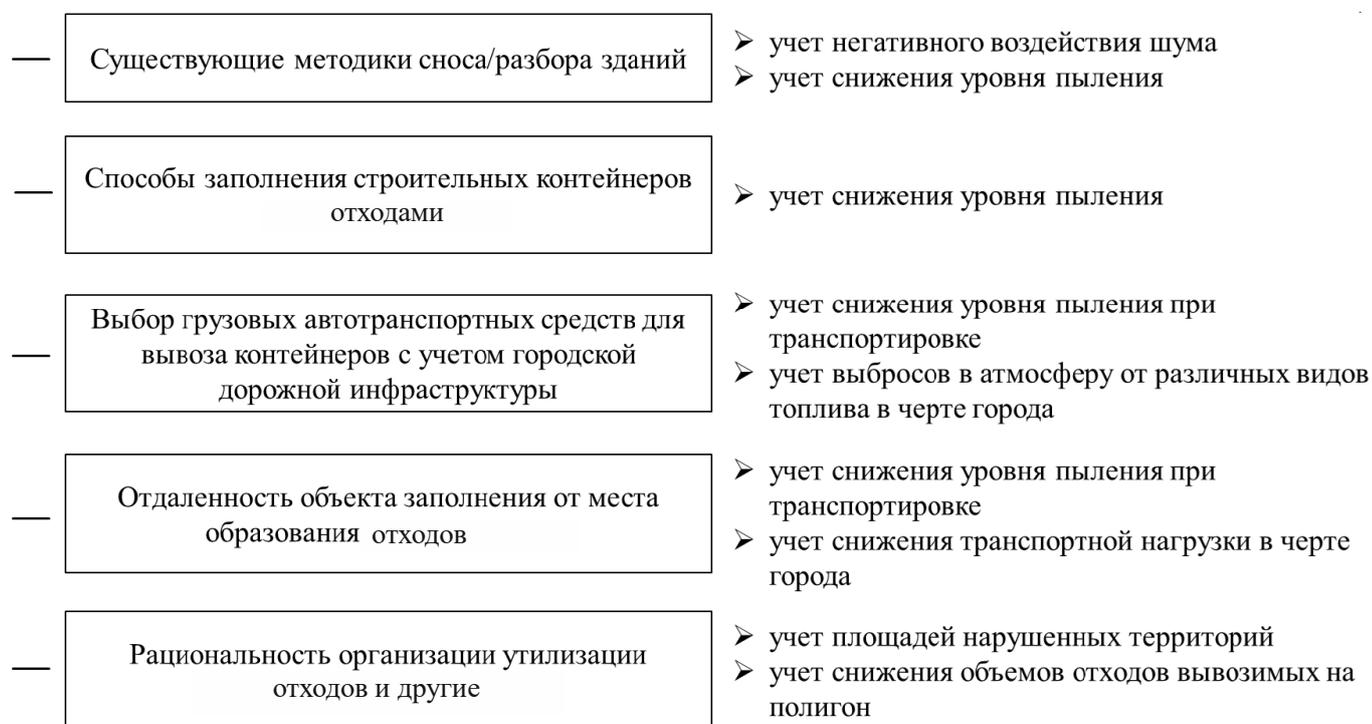


Рисунок 4 – Основные технологические и экологические факторы, учтенные при прогнозировании формирования транспортно-логистической цепи вывоза отходов сноса

Результаты работы имитационной модели транспортной мультимодальной цепи перевозки отходов сноса зданий и сооружений приведены в табл. 3.

Математическая модель прогнозирования формирования транспортно-логистической цепи вывоза отходов сноса от места их образования до места их использования в качестве заполнителя гранитных карьеров дает возможность выбрать транспортные средства, позволяющие вывозить отходы сноса в условиях

городской застройки и в соответствии с требованиями формирования железнодорожных составов. Отличительной особенностью разработанной модели является учет важных геоэкологических факторов таких как: существующие методики сноса/разбора зданий, способы заполнения строительных контейнеров отходами сноса, выбор грузовых автотранспортных средств, перевозящих контейнеры с отходами сноса с учётом городской дорожной инфраструктуры, отдалённость объекта заполнения от места образования отходов сноса и рациональность организации утилизации отходов сноса.

Согласно проведенным исследованиям и полученным в результате работы имитационной модели данным следует, что с большинства объектов, которые были определены, в соответствии с удаленностью от места захоронения на территории Северо-Запада, можно вывозить отходы сноса и автомобильным и железнодорожным видами транспорта. Но также из некоторых населенных пунктов нет возможности вывезти отходы сноса только одним видом транспорта, соответственно необходимо формирование мультимодальной схема вывоза отходов сноса с объектов их формирования до гранитных карьеров с целью захоронения.

В главе 4 «Технологическое решение по утилизации отходов сноса зданий и сооружений при рекультивации гранитного карьера» представлены результаты имитационного моделирования разработанного метода по вывозу и захоронению отходов сноса в гранитных карьерах с целью проведения рекультивации объектов.

Результат имитационного моделирования по критериям показателей приведен в табл. 3 применительно к гранитному карьере «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение», Ленинградская область, п. Кузнечное.

Таблица 3 – Критерии показателей данных для построения расчётной схемы

№ п/п	Наименование критерия	Отдаленность от места захоронения, км		Время на перевозку груза		Стоимость перевозки 1 условной единицы груза за 1 условную единицу расстояния	
		автотранспорт	ж.д. транспорт	автотранспорт, ч	ж.д. транспорт, сут.	автотранспорт, ч/руб.	ж.д. транспорт, сут/руб.
1	Средние показания	329	416	3,66	2,03	1480	16940
2	Минимальное значение показателя	20	15	0,22	1	1480	16940
3	Максимальное значение показателя	1263	1349	13,23	7	1480	16940

В таблице 4 приведены размерные характеристики гранитного карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение».

Таблица 4 – Технические характеристики карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение»

Глубина заполняемого объекта, м	Заполняемый объем, куб. м	Мин. объём, куб. м	Макс. объём, куб. м	Мин. высота, м	Макс. вы- сота, м
686	19600000	18729200	19653200	662	669

После определения объёма и веса образующихся отходов сноса с помощью составленного алгоритма, реализованного с помощью комплекса программных модулей, было определено количество контейнеров определенного объёма – 27 м³, которое необходимо для вывоза минимального объема отходов сноса для заполнения минимального уровня в гранитных карьерах и максимальное количество контейнеров (табл. 5).

Таблица 5 – Необходимое количество контейнеров

Объём продук- тов сноса, куб. м	Масса продуктов сноса, т	Сколько контейнеров объёмом 27 куб. м пона- добится для вывоза ми- нимального объема	Сколько контейнеров объёмом 27 куб. м пона- добится для вывоза мак- симального объема
8333350503	188960483	693674	727896

Таким образом, по результатам использования укрупненного алгоритма и комплекса программных модулей было определено, что для карьера «Возрождение» Ленинградской области, п. Кузнечное наиболее подходящим вариантом рекультивации является полное заполнение отходами сноса, после чего территория площадью 51 га может быть использована в лесотехнических целях.

В работе был проведен расчёт предотвращенного экологического ущерба при рекультивации гранитного карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение» (табл. 6.).

Таблица 6 – Предотвращенный экологический ущерб при рекультивации гранитного карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение», Ленинградская область, п. Кузнечное

№ п/п	Вид ресурса	Сумма предотвращен- ного ущерба, тыс. руб. / год
1	Предотвращенный экологический ущерб от деградации почв и земель	24398,4
2	Предотвращенный экологический ущерб от захламления земель несанкционированными свалками	1074,06
Общая величина		25472,46

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги исследования:

1. Предложена рекультивация гранитных карьеров на основе установленного соответствия в анализе химического состава и механических свойств между размещаемыми отходами и заполняемыми структурными элементами рекультивируемого карьера.

2. Разработанные математические модели с заданным уровнем надежности позволяют оперативно выбрать гранитный карьер, требующий рекультивации с учетом вариантов рекультивационных решений, сроков сноса зданий и сооружений и объемов формирования отходов.

3. Проведенное имитационное моделирование доказало, что одновременный учет сноса/разбора зданий, способов заполнения строительных контейнеров и отдаленность объекта рекультивации позволяет снизить индекс загрязнения атмосферы с 11 до 4.

4. Установлено снижение негативного воздействия на окружающую среду от сноса зданий за счет применения разработанной математической модели по оптимальному выбору метода разбора и способа складирования отходов в зависимости от серии здания и инфраструктуры прилегающей территории.

5. Предложенный способ рекультивации гранитных карьеров позволяет использовать отходы сноса зданий и сооружений в качестве заполнителей отработанных гранитных карьеров для временного хранения, частичного или полного заполнения с последующей рекультивацией отработанных карьеров

6. Предложенный способ рекультивации гранитных карьеров использовался при разработке рекомендаций по планированию рекультивационных мероприятий на территории карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение». По результатам апробации получен соответствующий акт.

7. Рекомендованные мероприятия по рекультивации гранитных карьеров позволяют минимизировать экологический ущерб от размещения продуктов отходов сноса зданий и сооружений на полигонах. Расчет предотвращенного экологического ущерба для гранитного карьера «Возрождение» НП составляет более 26 млн. руб./год.

8. Использование разработанных математических моделей с заданным уровнем надежности на базе ООО «Бриз» Инженерно-техническая фирма «Бриз» позволили снизить уровень пыления при транспортировке отходов и размер платы экологического сбора. По результатам апробации получен соответствующий акт.

9. Материалы исследования используются в учебном процессе института Аэрокосмических приборов и систем ФГАОУ ВО СПб ГУАП. По результатам апробации получен соответствующий акт.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы исследования:

1. Рекомендовано при рекультивации карьеров учитывать соответствие химического состава и механических свойств размещаемых отходов и заполняемых структурных элементов рекультивируемого объекта.

2. В качестве одного из перспективных направлений дальнейших исследований несомненный интерес представляет исследование возможности применения разработанной методики определения расчётных объемов работ по вывозу и утилизации по отношению к твердым бытовым отходам.

3. Одним из перспективных направлений может быть исследование вопроса временного хранения отходов сноса в гранитном карьере, с целью их дальнейшего использования.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Положения диссертации опубликованы в следующих основных работах:
Статьи, опубликованные в изданиях, включенных в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук»:

1. Боденко, Е. М. Институциональные подходы к решению проблем организации обращения с городскими отходами в системе Санкт-Петербург - Ленинградская область / А. М. Малинин, Е. М. Боденко, М. А. Рукомойникова // Журнал правовых и экономических исследований. – 2010. – № 3. – С. 74-77.

2. Боденко, Е. М. Математические методы, используемые при реализации диссертационного исследования / Боденко Е. М. // Известия Международной академии аграрного образования. – 2017. – № 35. – С.19-23.

3. Боденко, Е.М. Анализ полученных результатов при организации утилизации строительных отходов / Боденко Е.М. // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. № 41-2. – С. 74-79.

4. Боденко, Е.М. Геоэкологическая оценка способа сбора и вывоза строительных отходов в городской черте в процессе подготовки объекта к сносу / Боденко Е.М., Перепеченов А.М. // Естественные и технические науки. – 2018. – № 5 (119). С. 143-148.

5. Боденко, Е.М. Геоэкологический аспект утилизации строительных отходов в гранитных карьерах / Боденко Е.М., Перепеченов А.М. // Естественные и технические науки. – 2018. – № 5 (119). – С. 149-152.

Научные статьи в журналах и изданиях, индексируемых наукометрическими базами цитирования Web of Science и Scopus

6. Bodenko E., Application of demolition products of buildings and structures to ensure reduction of concentration of heavy metal ions in man-made soils at construction facilities / Shershneva M.V., Bodenko E.M. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 988(2), 022051.

7. Bodenko E., Application of multimodal logistics for the use of demolition products for damaged areas / Shershneva M.V., Bodenko E.M. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 988(2), 022021.

8. Bodenko E., Reducing the negative impact of harmful factors on the environment in the process of transporting waste from demolition of buildings and structures / Bodenko E.M., Shershneva M.V., Perepechenov A.M., Slesarev M.Y. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 988(5), 052063.

Основные публикации в журналах и сборниках трудов

9. Боденко, Е.М. Методика определения расчетных объемов работ с заданной надежностью процесса утилизации твёрдых бытовых отходов городской агломерации // Боденко Е. М., Перепеченов А. М., Жога С. В., Силла С. А. // В сборнике трудов конференции: Новые исследования в материаловедении и экологии. – 2012. – С. 39-46.

10. Боденко Е. М. Проблемы безопасности организации мультимодальных перевозок строительных отходов / Боденко Е.М., Перепечёнов А.М. // Технико-технологические проблемы сервиса. 2018. № 2 (44). С. 56-61.

11. Боденко, Е. М. Модель построения вывоза строительных отходов и продуктов сноса различными видами транспорта / Боденко Е. М., Перепеченов А. М. // В сборнике трудов конференции: Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии. / V Международная научно-практическая интернет-конференция: Труды конференции. – 2018. – С. 47-49.

12. Боденко, Е. М. Утилизация строительных отходов и продуктов сноса / Боденко Е. М., Перепеченов А. М. // В сборнике трудов конференции: Геохимия защиты литосферы / IV Международная научно-практическая интернет-конференция: Труды конференции. – 2018. – С. 37-40.

13. Боденко, Е. М. Мультимодальная логистика строительных отходов в условиях массовой реновации: Монография / Е.М. Боденко, А. М. Перепеченов, О. Н. Куранова. – СПб, 2018. – С. 71.

14. Боденко, Е. М. Имитационная модель захоронения строительных отходов и продуктов сноса в качестве заполнителя при рекультивационных мероприятиях территорий / Боденко Е. М., Перепеченов А. М., Жога С. В. // В сборнике трудов конференции: Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии / VI Международная научно-практическая интернет-конференция: Труды конференции. 2019. – С. 92-96.

15. Боденко, Е. М. Имитационная модель временного размещения строительных отходов и продуктов сноса с возможным последующим их использованием в качестве вторичного сырья / Боденко Е. М., Перепеченов А. М., Жога С. В. // В сборнике трудов конференции: Геохимия защиты литосферы / V Международная научно-практическая интернет-конференция: Труды конференции. – 2019. – С. 85-89

16. Боденко, Е. М. Методика захоронения строительных отходов и продуктов сноса в качестве заполнителя при рекультивационных мероприятиях территорий / Боденко Е. М., Перепечёнов А.М // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2019. – №3. – С. 34-38.

17. Боденко Е. М. Утилизация продуктов сноса зданий и сооружений при рекультивации гранитных карьеров с использованием мультимодальной логистики / Боденко Е. М., Шершнева М. В. // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС, 2020. – Т. 17. – Вып. 2. – С. 244–251.

18. Боденко Е.М. Перспективы применения продуктов сноса зданий и сооружений для рекультивации нарушенных территорий / Шершнева М.В., Боденко Е.М. // В сборнике: Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии. Материалы VII Международной научно-практической интернет-конференции. 2020. С. 17-21.

19. Боденко, Е.М. Оценка возможности применения некоторых строительных отходов при рекультивации нарушенных территорий / М. В. Шершнева, Е. М. Боденко // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2021. № 9 (1045). – С. 50-51.

20. Боденко, Е.М. Геохимический барьер и его характеристики / М. В. Шершнева, Е. М. Боденко // В сборнике: Геоэкохимия защиты литосферы. // Материалы VII Международной научно-практической интернет-конференции: Труды конференции. – 2021. – С. 39-42.

21. Боденко, Е. М. Построение расчетной схемы вывоза строительного мусора с объектов реновации / Е. М. Боденко, А. И. Дергачёв, А. М. Перепеченов, А. В. Абросимов А.В. // Интеллектуальные технологии на транспорте. – СПб.: ПГУПС 2021. № 4 (28). – С. 16-20.

22. Боденко, Е.М. Применение продуктов сноса зданий для рекультивации гранитных карьеров / М. Ю. Слесарев, М. В. Шершнева, Е. М. Боденко // Естественные и технические науки. 2021. № 6 (157). – С. 53-56.

23. Боденко, Е. М. Анализ химической природы боя бетона и гранитного камня / Е. М. Боденко, М. В. Шершнева // В сборнике: Геоэкохимия защиты литосферы. Материалы VIII Международной научно-практической интернет-конференции. Москва, 2022. С. 55-58.