

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I»

На правах рукописи



БОДЕНКО ЕЛЕНА МИХАЙЛОВНА

**РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПОЛОСТЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ
СТРОИТЕЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ**

Специальность 1.6.21 Геоэкология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

**НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ -
доктор технических наук, профессор
Шершнева Мария Владимировна**

Санкт-Петербург – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА УТИЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ И ОТХОДОВ СНОСА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В ГОРОДАХ И КРУПНЫХ АГЛОМЕРАЦИЯХ	11
1.1 Источники возникновения отходов сноса и их состав.....	11
1.2 Методы переработки отходов сноса, вторичное использование отходов сноса	16
1.3 Объекты складирования/захоронения отходов сноса	21
1.4 Правовые аспекты в области обращения с отходами, институциональный подход в области обращения с отходами строительства и сноса	30
1.5 Методы обеззараживания отходов сноса.....	34
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ	36
ГЛАВА 2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ СНОСА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	37
2.1 Использование отходов сноса в качестве вторичного сырья	39
2.2 Полное заполнение полостей на поверхности земли	42
2.3 Частичное заполнение полостей на поверхности земли	53
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ	60
ГЛАВА 3 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОТХОДОВ СНОСА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	62
3.1 Метод расчёта и оценка вероятности надёжности вывоза отходов сноса с объекта.....	66
3.2 Метод статистических испытаний	68
3.2.1 Расчёт массы и объёма вывозимых отходов сноса зданий	79
3.3 Имитационная модель образования, вывоза и захоронения отходов сноса с последующей рекультивацией выемок на поверхности земли на примере гранитных карьеров	82
3.3.1 Результаты имитационного моделирования	100
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ	100
ГЛАВА 4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПО УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ СНОСА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ГРАНИТНОГО КАРЬЕРА.....	103
4.1 Определение предотвращенного экологического ущерба от использования технологических решений при рекультивации нарушенных и деградированных земель	103

4.1.1 Общие положения	103
4.1.2. Расчет предотвращенного экологического ущерба при рекультивации полостей на поверхности земли.....	104
4.2 Практические рекомендации по использованию предложенных методов	109
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ	120
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	123
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	125
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	153
ПРИЛОЖЕНИЕ А Расчет экономической и экологической эффективности различных схем вывоза строительных отходов и отходов сноса	153
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Результаты имитационного моделирования.....	157
ПРИЛОЖЕНИЕ В Акты о внедрении	159

Введение

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 внесен 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. Использованы 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 9 листов.

Глава 1 Состояние вопроса утилизации строительных отходов и отходов сноса зданий и сооружений в городах и крупных агломерациях

В диссертационной работе предлагаются технологические решения снижения воздействия отходов сноса зданий и сооружений на геосистему и использование их в качестве заполнителя полостей на поверхности земли.

Для изучения методик и разработок в исследуемой области был проведён литературный обзор методов утилизации в мировом опыте обращения с отходами жизнедеятельности человека, так же были исследованы методы обеззараживания и вторичного использования данного вида отходов, методы переработки данного вида отходов.

1.1 Источники возникновения отходов сноса и их состав

Стремительное образование отходов сноса в последнее время является предметом беспокойности. Ежегодно в различных частях мира образуется от 1,3 до 1,7 млрд. т отходов в год. Из них 15-22%, то есть ~ 0,374 млрд. т, отходов сноса [13]. На рисунке 1.1 приведена диаграмма морфологического состава отходов.

Согласно статистических данных, полученных статистическими агентствами, ежегодно образуется примерно около 6 миллионов тонн отходов сноса. Большая часть из них – это отходы бетона и железобетона. По прогнозам тех же статистических агентств, скорость образования объемов отходов сноса и бетонного лома в ближайший период увеличится до 15–17 млн. т/год. Основными источниками образования отходов сноса считаются такие направления деятельности как производство конструкций и деталей из строительных материалов, непосредственно строительство объектов, снос или разбор зданий и сооружений [14].

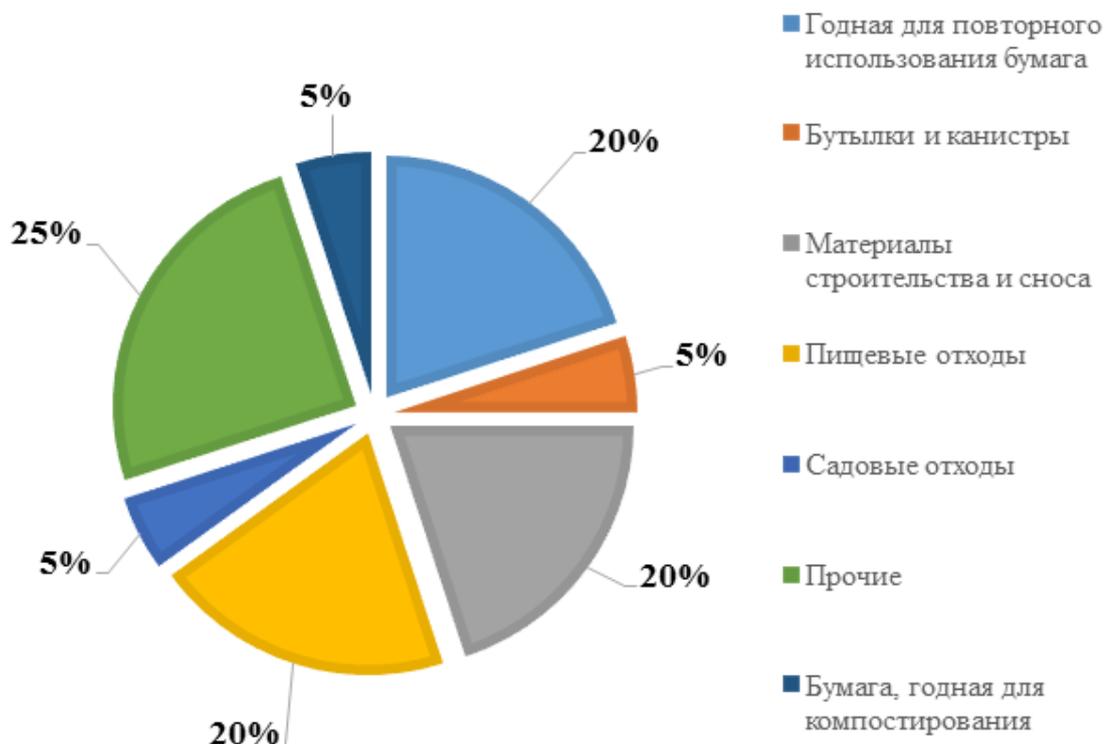


Рисунок 1.1 – Морфологический состав отходов

К отдельной категории отходов следует отнести крупногабаритные строительные отходы и отходы сноса. Они требуют предварительной подготовки к перемещению и рециклингу. Именно по этим причинам отходы сноса от зданий и крупных сооружений на территории России просто перевозят и захоранивают на полигонах и свалках. Это отрицательно сказывается на экологии, окружающей среде и приводит к потерям в области сырьевых ресурсов, и эти потери неоправданно большие [33, 35].

Одно из первых мест в общем объёме отходов городской агломерации занимают отходы строительства и сноса [32]. При разного рода строительных или реконструкционных работах в области строительства образуются отходы, которые, согласно законодательных актов и норм, необходимо сортировать. [34].

Основные составляющие в отходах сноса и строительства в городских отходах – древесина, железобетон, цемент, грунт, стекло, бумага, различная плитка и так далее [15]. На рисунке 1.2 изображена диаграмма основных морфологического составляющих, которые образуются в результате строительно-восстановительных работ или при разборке и сносе зданий и сооружений.



Рисунок 1.2 – Основной состав строительных отходов

Данный ресурс имеет огромное влияние на состояние окружающей среды. В связи с данным обстоятельством в мировом сообществе разрабатываются разные стратегии переработки, утилизации и вторичного использования строительных отходов для снижения антропогенного воздействия.

В связи с тем, что при производстве строительных материалов различного назначения используются такие материалы как песок, щебень, гравий и так далее, которые добывается из недр земли, то конечно же происходит достаточно глубокое проникновение деятельности человека в окружающую среду с точки зрения нарушения целостности поверхности земли. А после окончания разработок необходимых полезных ископаемых в виде песка, гравия или щебня, в соответствии с законодательной базой РФ, совершенно необходимо рекультивировать эти нарушенные территории.

На территории государств, входящих в Европейский Союз, на любом этапе «жизни» ресурса или продукта, учитывается и процесс производства продукта, и

его использование и переработка в конце жизненного цикла. Данная схема обусловлена тем, что меры по предотвращению образования и накопления отходов производства и потребления продуктов или ресурсов будут минимизированы [13, 15–32].

На рисунке 1.3 показана международная «Иерархия отходов», которая предложена и утверждена решением Европейского Совета [13].



Рисунок 1.3 – Международная «Иерархия отходов» [13]

Согласно европейской практики, снижение уровня образования отходов до минимальных показателей или полное их отсутствие является основным направлением по снижению токсического и опасного загрязнения окружающей среды. Эти шаги позволяют использовать отходы повторно (отправляя их на вторичную переработку) и тем самым снизить затраты на утилизацию опасных или токсичных компонентов этих продуктов. [13].

В связи с вышеуказанным можно выделить основные компоненты строительных отходов и отходов сноса, которые образуются в результате сноса, разборки, реконструкции, строительстве зданий и сооружений. Они показаны на рисунках 1.4 – 1.6 [60].

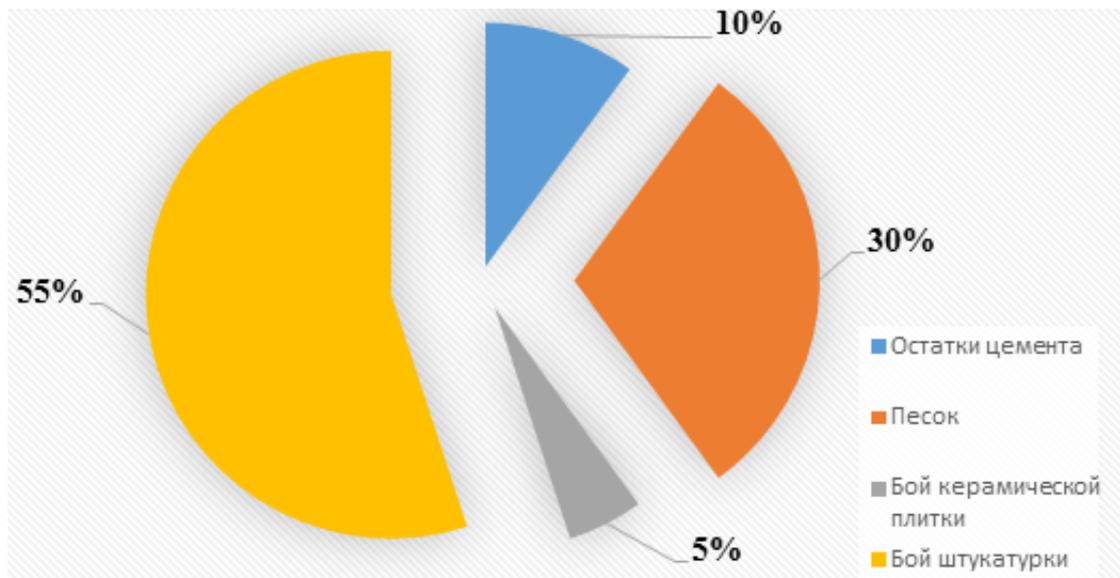


Рисунок 1.4 – Морфологический состав отходов сноса (внутренняя отделка помещений)

На рисунке 1.5 указан химический состав отходов сноса. Основным элементом в химическом составе отходов сноса, который составляет наибольшее количество в составе, является диоксид кремния [60].

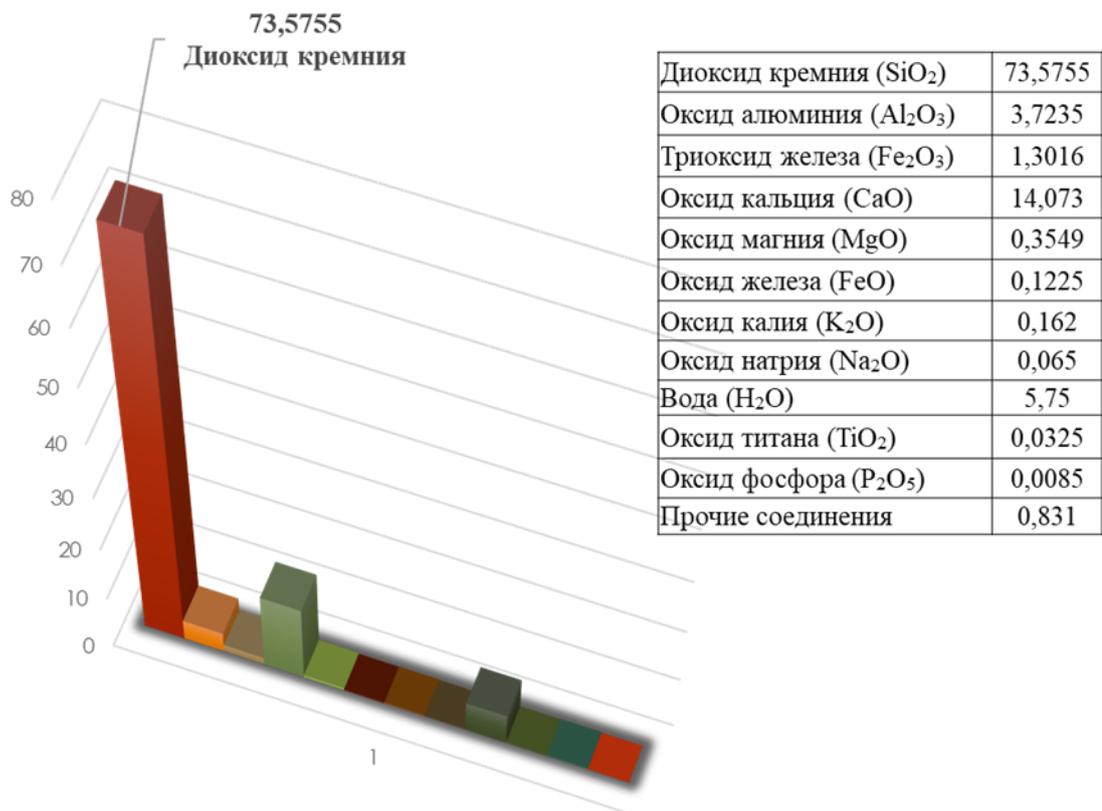


Рисунок 1.5 – Химический состав отходов сноса

На рисунке 1.6 представлена морфология состава отходов сноса [60]

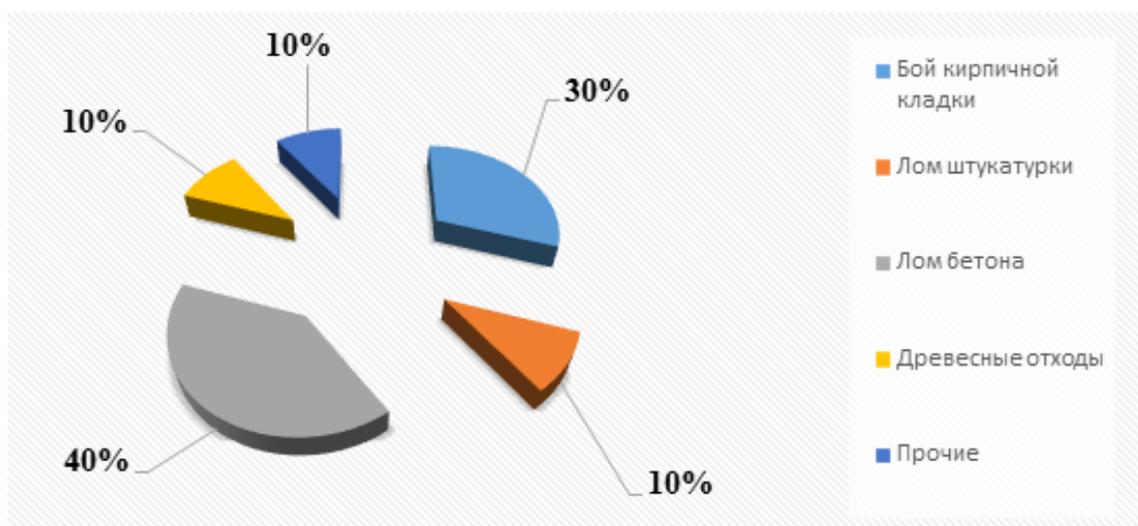


Рисунок 1.6 – Морфологический состав отходов сноса снос/разборка несущих стен зданий

В соответствии международными исследованиями и исследованиями российских учёных и исследователей для избегания покупки новых товаров и предметов быта желательно долгосрочное их использование, возможность ремонта изделий. А для снижения использования изделий из вновь добытого сырья, необходимо использовать переработанные отходы во вновь создаваемых материалах. Данная схема является наиболее экономичной, чем изготовление товаров и изделий из сырья добытого в природной среде [13, 15–32, 36–46, 48–57].

1.2 Методы переработки отходов сноса, вторичное использование отходов сноса

При исследовании вопросов связанных с проблемами строительных отходов, основной целью становится возможность выгодной продажи материалов образуются после их переработки. Материалы должны быть без посторонних включений, однородными. Из общего объема строительных отходов, которые образуются в процессе разбора конструкций, изымаются металлоконструкции, арматура, и другие отходы сноса, которые идут на вторичную переработку или повторное использование с использованием различных технологий [14].

Согласно законодательной и нормативно-правовой базы РФ очистка городской агломерации от строительных отходов и отходов сноса обязывает владельцев отправлять данные виды продуктов на вторичную переработку или утилизацию и

захоронение на полигоны общего пользования. Но существует ряд ограничений. Одним из ограничений является то, что на полигоны общего пользования принимаются строительные отходы класса опасности IV-V в качестве изолирующих материалов между слоями обычного бытового и коммунального мусора [14].

В таблице 1.1 представлены данные об образовании строительных отходов в некоторых странах мира, объемы образующихся отходов составляют миллионы тонн в год.

Таблица 1.1 – Образование строительных отходов в различных странах

№ п/п	Страны	Объем строительных отходов, млн. т
1	Страны ЕС	50
2	США	60
3	Япония	12
4	Россия	17

По данным исследований и статистики строительных фирм за последние 20 лет, которые занимаются переработкой бетонных конструкций, себестоимость щебня из переработанных бетонных конструкций на 25% ниже, чем из природных материалов, за счет снижения расхода топлива [14].

В результате многочисленных исследований были сделаны выводы, что свойства строительных смесей с использованием вторичного щебня, полученного из переработанного бетона, обладают более высокими качествами и свойствами, нежели при использовании в их составе природных первичных материалов [14].

При ранее проведенных исследованиях в областях переработки строительных отходов и отходов сноса были определены два основных жизненных этапа:

- предварительное разрушение конструкций, зданий или сооружения, с не полным разрушением или дроблением частей;
- и окончательное дробление до необходимого размера фракций.

На первом этапе происходит сепарирование железобетонного продукта от арматуры, железосодержащих материалов и конструкций. Разрушение производят любым из определенных в технологическом задании способом.

На втором этапе производят дробление на соответствующие заказу фракции оборудованием, предназначенным для дробления минералсодержащих материалов природного происхождения [14].

Так как в последнее время ужесточились требования экологической безопасности к изготовлению и к продукции, производимой с применением строительных смесей, перспективным направлением становится производство выше указанных видов товаров с применением вторичного щебня, отходов бетона и кирпичного боя, а так же строительных отходов. Проведенные исследования в данной области показали, что такой важный показатель как «кондиционность технологического сырья» сохраняется. Что бы подтвердить данный показатель проводятся исследования с использованием современных методов, которые позволяют определить виды и классы строительных отходов использование которых будет безопасно [14]:

- в области радиоактивной безопасности (не будут излучать даже частичное радиоактивное излучение);

- невозможность образования канцерогенных веществ в процессе повторного использования строительных отходов и отходов сноса, а также изделий из них;

На основании выше изложенного может быть составлен план широкого использования отходов сноса и строительных отходов, содержащих отходы различного вида бетонов в различных областях деятельности [14].

При обобщении общемирового опыта повторного использования отходов сноса специалисты ГУП г. Москвы Проектно-производственный и деловой центр «Информстройсервис» представили результаты исследования, представленные в [33].

Согласно результатам исследований, проведенных ГУП г. Москвы Проектно-производственный и деловой центр «Информстройсервис», были сделаны выводы о том, что потребность в составляющих отходов сноса и во вторичном сырье, которое образуется при переработке строительных отходов в г. Москва за 2008-2015 гг. достаточно высоки. Данные приведены на рисунке 1.7 [33]. Из рисунка видно, что

потребность вторичных строительных ресурсов значительно превышает их производство. Схожая ситуация в прогнозах поэлементной потребности во вторичных отходах складывается и в других городах на территории РФ [33].

Согласно представленных исследований видно, что «потребность во вторичных строительных ресурсах значительно больше, чем их производство» [33] в результате сноса, разборки, реконструкции, строительстве зданий и сооружений.

Наибольшей востребованностью пользуются строительные отходы. Согласно ГОСТ Р 57678–2017 п. 4.10 «в качестве наилучших доступных технологий утилизации строительных отходов предусматривается, в частности, применение бетона, щебня, кирпичного боя, песка, грунта при изготовлении щебеночной смеси, а также частичное применение в качестве изоляционного материала на полигонах твердых бытовых отходов» [59].

Но в то же самое время согласно того же ГОСТ Р 57678–2017 п. 4.10.1 «Остальные составляющие строительных отходов, являющиеся вторичным сырьем, подлежат сдаче на перерабатывающие предприятия» [59].

В этом возникает противоречие.

В индустриально развитых странах (США, Англии, Франции, Германии и других странах) для расширения сферы потребления отходов сноса в качестве сырья для строительной индустрии используются различные рычаги управления, что в свою очередь «позволило значительно увеличить объемы переработки отходов в полезные продукты и одновременно улучшить экологическую обстановку в этих странах» [15].

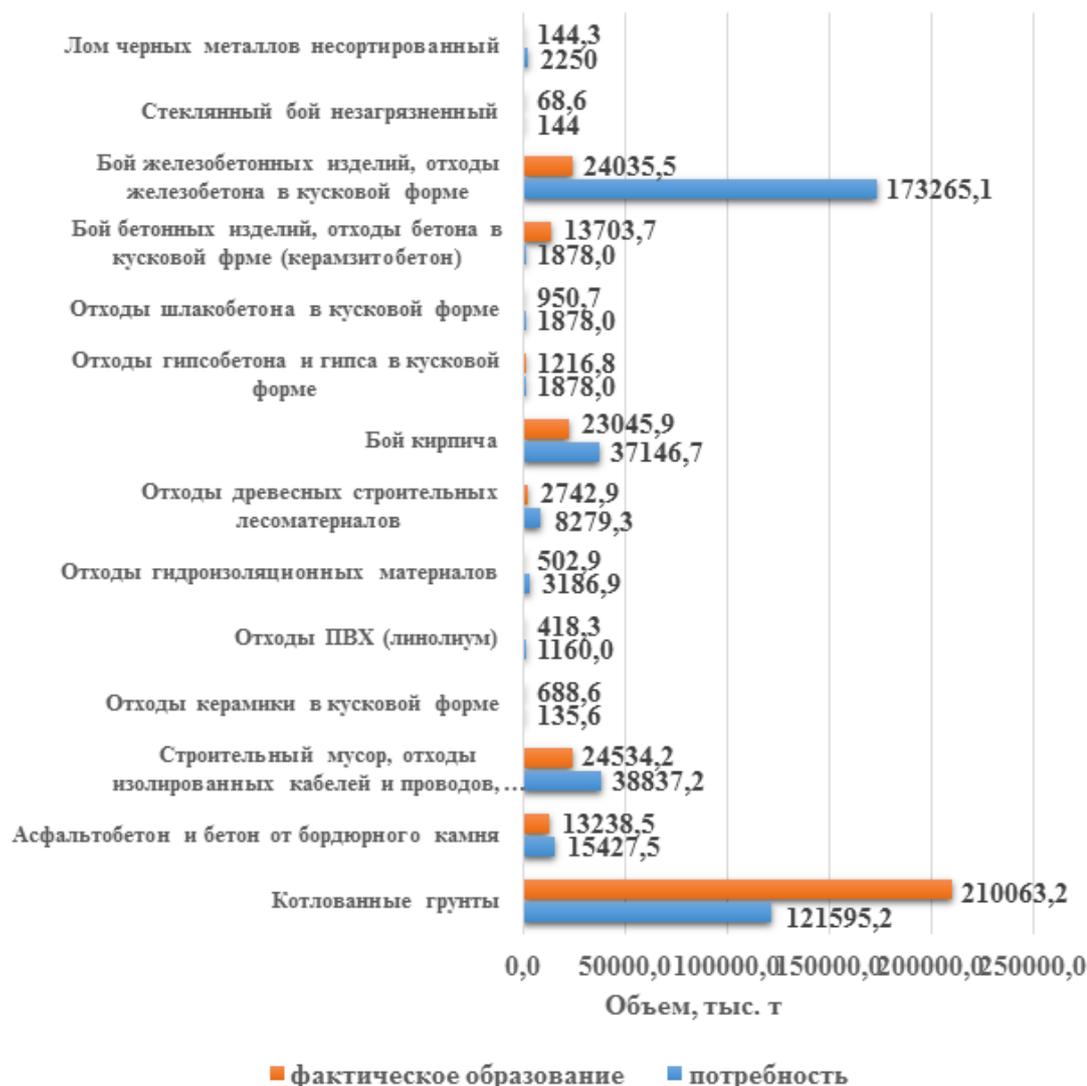


Рисунок 1.7 – «Результаты исследования прогнозной поэлементной потребности во вторичных ресурсах и получения вторичного сырья, образующегося при переработке отходов строительства и сноса г. Москвы, за период 2008–15 гг.» [33]

Выбор технологий переработки строительных отходов в условиях городской агломерации осуществляется в соответствии с потребностями рынка во вторичных материальных ресурсах; содействия решению задач по рекультивации земель и восстановлению плодородия почв и соответственно, улучшению экологической обстановки. Используемые технологии широко применяются в развитых странах, а также имеется опыт их применения в Санкт-Петербурге [60].

1.3 Объекты складирования/захоронения отходов сноса

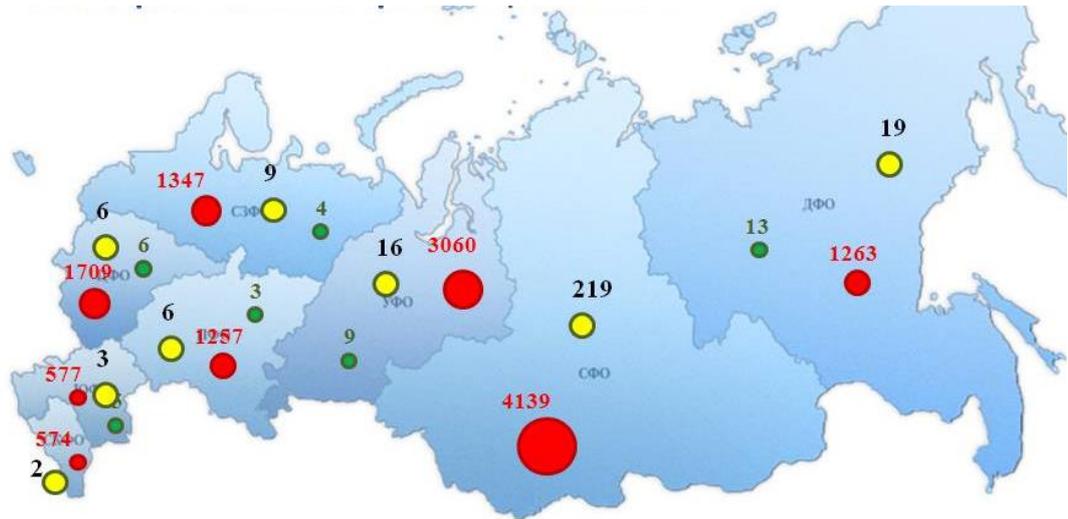
Мониторинг свалок и полигонов показал, что одним из основных видов отходов городской агломерации являются строительные отходы и отходы сноса и составляют примерно 80%. Данный вид отходов мало контролируется, что приводит практически к неконтролируемому складированию строительных отходов и отходов сноса на полигонах и свалках общего пользования. А это в свою очередь влечет за собой сокращение сроков эксплуатации данного вида объектов.

Образовавшиеся в результате строительной деятельности человека строительные отходы и продукты сноса согласно нормативно–правовых документов реализуемых на территории РФ транспортируются на полигон или свалку находящиеся в ближайшем отдалении. За частую это не самый оптимальный с точки зрения стратегии объект в свете стратегического управления транспортными потоками. Так же продукты строительной деятельности вывозятся на площади и объекты нуждающиеся в рекультивации. Но в связи с тем, что данный вид объекта с точки зрения ёмкости не достаточен, то в ближайшее время такие виды объектов будут исчерпаны полностью [33].

Согласно выше сказанного была составлена карта полигонов, рисунок 1.8, на которых отходы захораниваются или складировуются (складирование отходов, в частности строительных может быть не более 11 месяцев, согласно ГОСТ Р 57678–2017).

Наличие большого количества таких объектов объясняется ГОСТ Р 57678–2017 п. 4.3 – если в регионе отсутствуют предприятия, которые могут обезвредить или переработать строительные отходы, то их должны вывозить на полигоны и свалки с лимитом на размещение [59].

На рисунке 1.9 представлена карта Санкт-Петербурга и Ленинградской области, на которой указаны места хранения (складирования), захоронения (утилизации) и обезвреживания отходов.



Доступный рынок по обращению с ТБО:

Использование – до 10 млрд. руб./год

Обезвреживание – до 5 млрд. руб./год

Захоронение – до 6 млрд. руб./год

Обозначения:

- - полигоны и свалки
- - мусоросжигательные предприятия
- - предприятия по переработке

Рисунок 1.8 – Карта размещения предприятий по использованию, обезвреживанию и размещению ТБО в России

Территориальное расположение основных и самых крупных объектов по мусороперерабатывающим, мусоросортировочным объектам и полигонам Санкт-Петербурга представлено на рисунке 1.10.

Согласно «Программе по обращению с ТБО в СПб» на территории районов города расположены объекты по переработке, сортировке, перегрузке, хранению и захоронению ТБО. Данные о них приведены в таблицах 1.2. и 1.3

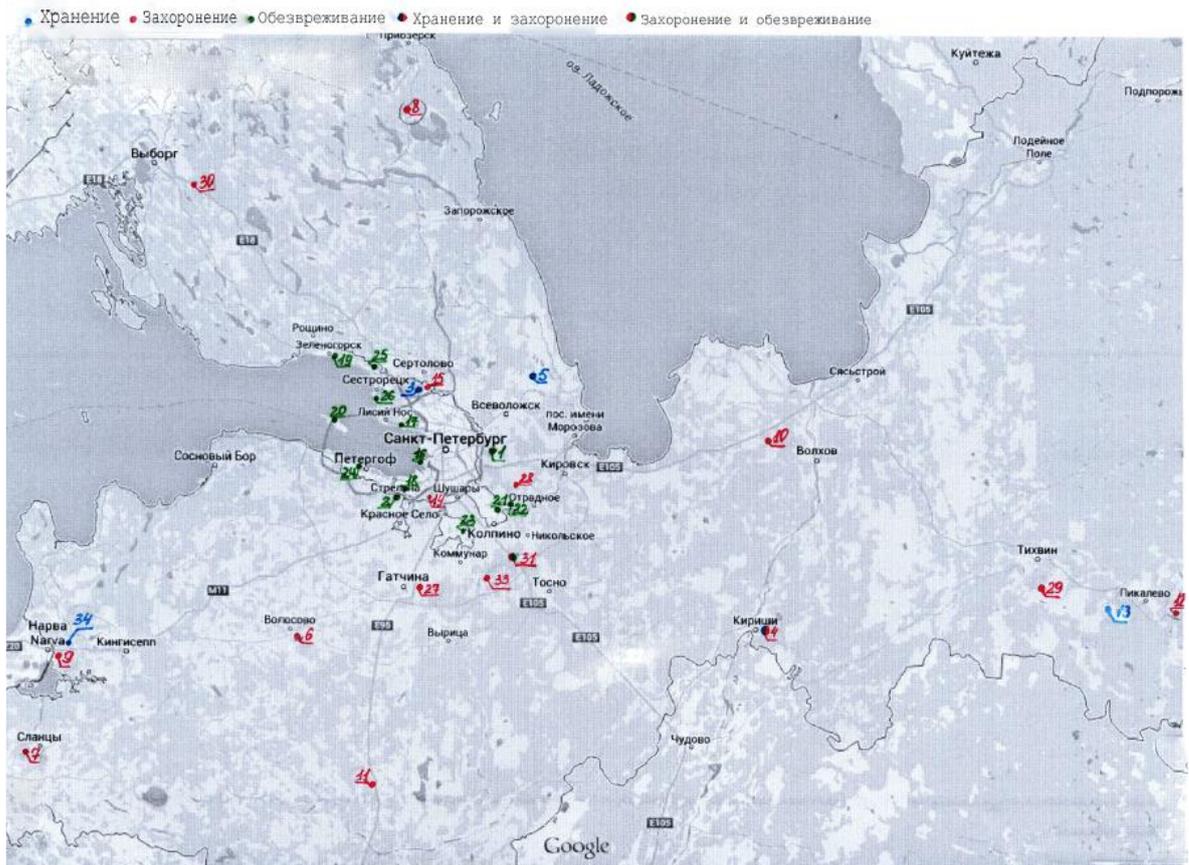


Рисунок 1.9 – Карта полигонов Санкт-Петербург и Ленинградская область. Разработана и составлена Е. Кузнецовой, инженером-экологом ООО «Экологические услуги» (г. Санкт-Петербург) [62]

Таблица 1.2 – Данные о количестве мусороперерабатывающих предприятий, полигонов и мусоросортировочных/мусороперегрузочных комплексах на территории Санкт-Петербурга

Количество, всего	Из них,	Количество
Мусороперерабатывающие предприятия и полигоны		
7	Новое строительство	5
	Реконструкция объекта	2
Полигоны		
5	Рекультивация	2
	Новое строительство	2
	Находится в эксплуатации	1
Мусоросортировочные/мусороперегрузочные комплексы		
17	Новое строительство	15
	Реконструкция объекта	2

Таблица 1.3 – Предприятия, занимающиеся согласно Территориальной схеме по обращению с отходами, по обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов сноса (согласно программе по обращению с отходами в Санкт-Петербурге на 2020-2024 годы) [71].

№ на карте	Наименование	Обработка	Утилизация	Обезвреживание	Захоронение
1	СПб ГУП «завод МПБО-2»	✓	✗	✗	✗
6	ООО «ПРОФСПЕЦТРАНС»	✓	✓	✗	✓
7	ООО «Лель-ЭКО»	✓	✓	✗	✓
8	ООО «Топливная Экологическая Компания»	✓	✓	✗	✗
10	АО «УК по обращению с отходами в Ленинградской области»	✓	✓	✓	✓
11	АО «УК по обращению с отходами в Ленинградской области»	✓	✓	✗	✓
13	ООО «Новый Свет-ЭКО»	✗	✗	✗	✓
15	ИП Карасёв С. В.	✓	✓	✗	✗
17	ООО «Полигон ТБО»	✓	✓	✗	✓
18	АО «ХЕЛП-ОЙЛ»	✗	✓	✗	✗
19	ООО «АВТО-БЕРКУТ»	✗	✓	✗	✓
20	ООО «Концепт ЭКО»	✓	✓	✗	✗
21	ООО «СадСервис»	✓	✗	✗	✗
23	ООО «Дубровская ТЭЦ»	✗	✗	✗	✓
27	Зао «Промотходы»	✗	✓	✗	✓
30	ООО «Омега»	✓	✓	✗	✗
31	ООО «Региональная Ресиклинговая Компания»	✗	✓	✗	✗
33	АО «УК по обращению с отходами в Ленинградской области»	✓	✓	✓	✓
34	АО «УК по обращению с отходами в Ленинградской области»	✓	✓	✓	✓
36	ЗАО «Вуолы-ЭКО»	✗	✓	✗	✗
38	ООО «ЮНЭП»	✗	✗	✓	✗
41	ООО «Ивангородский водоканал»	✗	✗	✓	✗
42	ООО «Транснефть-Порт Приморск»	✗	✗	✓	✗
57	ООО «ПЕТРОСЕРВИС»	✗	✗	✗	✓
60	ООО «Ивангородский водоканал»	✗	✗	✗	✓
61	АО «Чистый город»	✗	✗	✗	✓
63	ООО «РАСЭМ»	✗	✗	✗	✓
64	ООО «Эко ПЛАНТ»	✓	✓	✗	✓

Из таблиц видно, что объектов для размещения, утилизации или переработки отходов, в том числе и отходов сноса, в городе практически нет.

Так же, как выше было указано, вывоз строительных отходов на полигоны или свалки резко сокращает срок их эксплуатации в связи с большими объемами и нагрузкой на объекты.

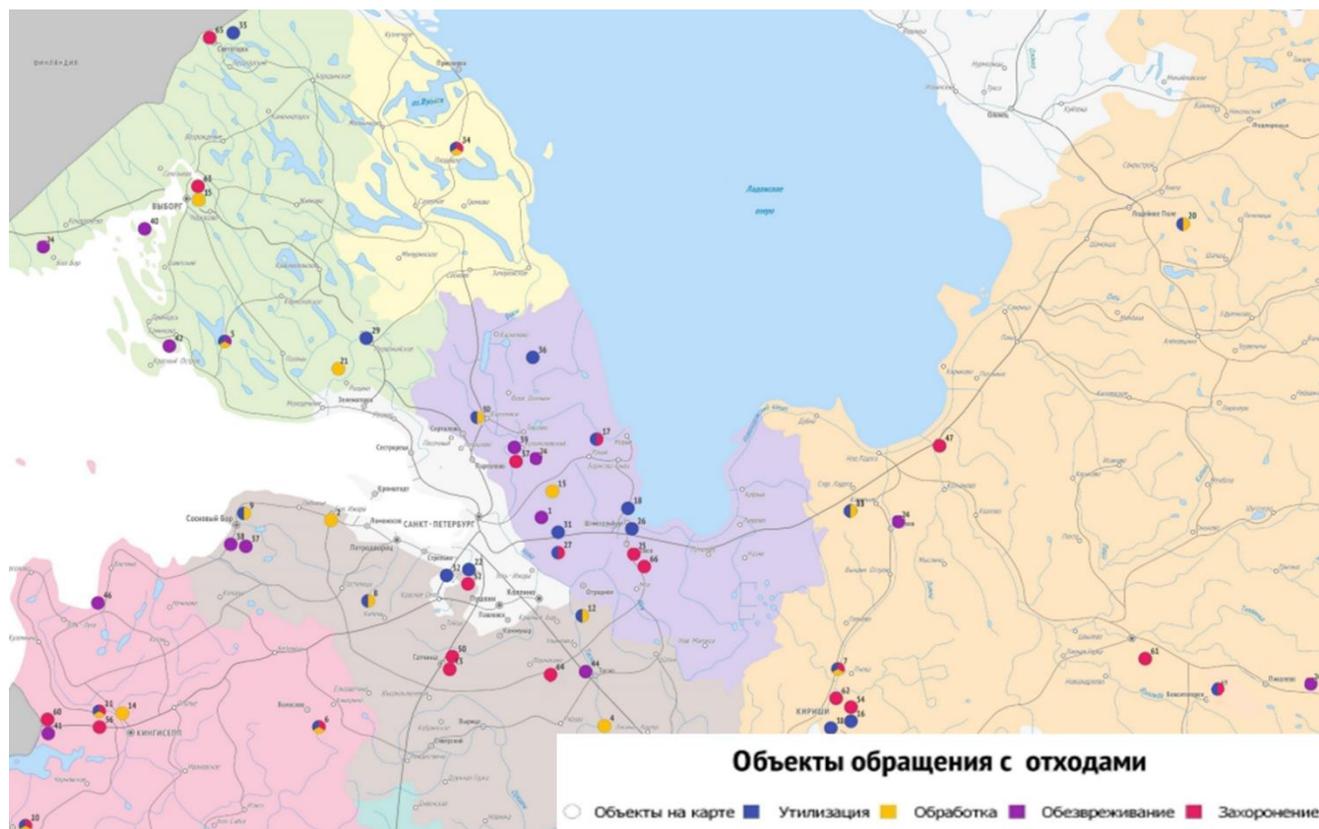


Рисунок 1.10 – Территориальная схема по обращению с отходами объекты по обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов сноса (согласно программе по обращению с отходами в Санкт-Петербурге на 2020-2024 годы [71])

В связи с этой проблемой возникает проблема несанкционированных свалок. В таблице 1.4 представлены основные объекты несанкционированных свалок на землях различного назначения.

Таблица 1.4 – Образование строительных отходов в различных странах

№ п/п	Наименование объекта несанкционированного складирования мусора	Количество, %
1	Земли сельскохозяйственного назначения	6%
2	Земли лесного фонда	4%
3	Населенные пункты	39%
4	Земли иных назначений	51%

На карте обозначены места несанкционированных свалок на территории России, рисунок 1.12.

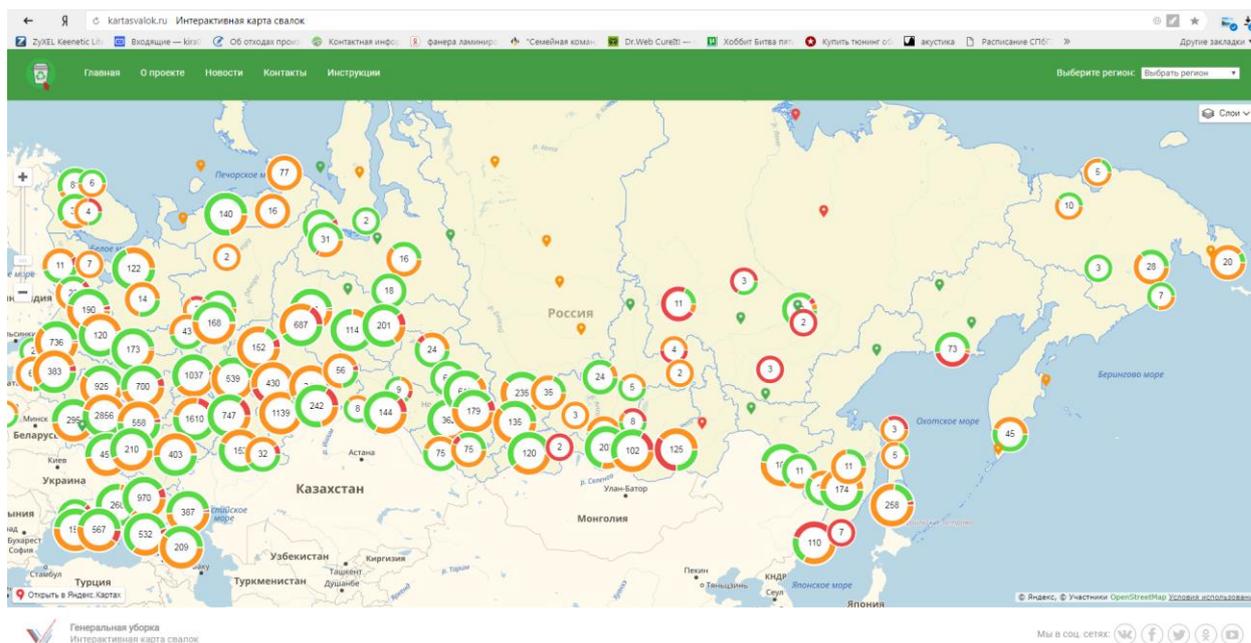


Рисунок 1.12 – Скриншот интерактивной карты свалок, согласно [233]

Согласно [59, 81], все отходы, образующиеся в результате жизнедеятельности человека, должны быть рассортированы, переработаны, обеззаражены (по необходимости обезврежены), оттранспортированы к местам перегрузки, переработки, утилизации или захоронения.

Так же необходимо учитывать, в связи с недостаточным количеством полигонов и свалок на территории РФ возникает необходимость в выделении новых территорий под их строительство и обустройство, а это новые экономические затраты, недовольство местных жителей, изъятие огромных территорий из сельскохозяйственного или лесного хозяйства (несколько десятков гектаров земли).

В связи с явной нехваткой объектов размещения отходов ТБО, необходимо рассматривать несколько иные места захоронения, складирования или хранения. В связи с тем, что большинство отходов ТБО необходимо перерабатывать или использовать как вторичное сырье для производства (согласно [59, 67–72, 74, 112–118]), количество не утилизируемых отходов должно сокращаться.

Но существует и другая проблема – полости на поверхности земли, образованные в результате деятельности человека при добыче полезных ископаемых различными способами.

Образованию нарушенных земель способствует большое количество разных видов работ, которые приводят к полной или частичной утрате почвенного и растительного покрова, загрязнению образовавшихся вокруг территорий, появлению техногенного ландшафта и другим изменениям [118].

На основании данных, полученных при изучении Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации», на сегодняшний день общая площадь нарушенных земель в результате различного вида деятельности человека занимает около 1,1 млн. га. В это число не вошли нарушенные земли, которые появились в результате негативной хозяйственной деятельности и проявления стихийных природных процессов [118].

Особенно нуждаются в рекультивации карьеры, образованные в результате открытой добычи полезных ископаемых (в частности, гранитных карьеров). Нарушенные земли теряют первоначальную ценность и отрицательно влияют на окружающую среду [208].

На сегодняшний день, законодательство связанное с деятельностью человека на земле, «обязывает собственников земельных участков, землепользователей, землевладельцев и арендаторов проводить мероприятия по рекультивации нарушенных земель, восстановлению плодородия почвы и своевременному вовлечению земель в оборот» [86, 87, 92, 118, 208].

На рисунке 1.13 представлена карта Северо-Западного региона, на которой отмечены карьеры по добыче полезных ископаемых открытым способом. В связи с тем, что при добыче полезных ископаемых открытым способом образуются котлованы, шахты, штреки и так далее, а также достаточное количество побочных отходов производства (шламы вскрышных пород, золоотвалы и тому подобное), то после окончания добычи так же возникает вопрос о рекультивации данных объектов.



Рисунок 1.13 – Карьеры Северо-Западного региона по добыче полезных ископаемых открытым способом

Данные территории выводятся из разряда сельхозугодий или лесных угодий на долгое время, так как геологическая разведка месторождений, подготовка территории к добыче полезных ископаемых, непосредственная добыча ископаемых, это долгосрочная программа. И соответственно в течении долгого времени происходит антропогенное воздействие на природную среду. После окончания добычи полезных ископаемых необходимо согласно [76, 84, 77, 83, 87, 92, 98, 103, 114–120, 122, 208] восстановить (рекультивировать) выведенные из пользования территории.

В выработанное тело карьера возможно отгружать отходы сноса для рекультивации этих территории и дальнейшее их использование в качестве, например, лесных угодий. Примерная схема укладки в тело карьера отходов и последующая рекультивация представлена на рисунке 1.14.

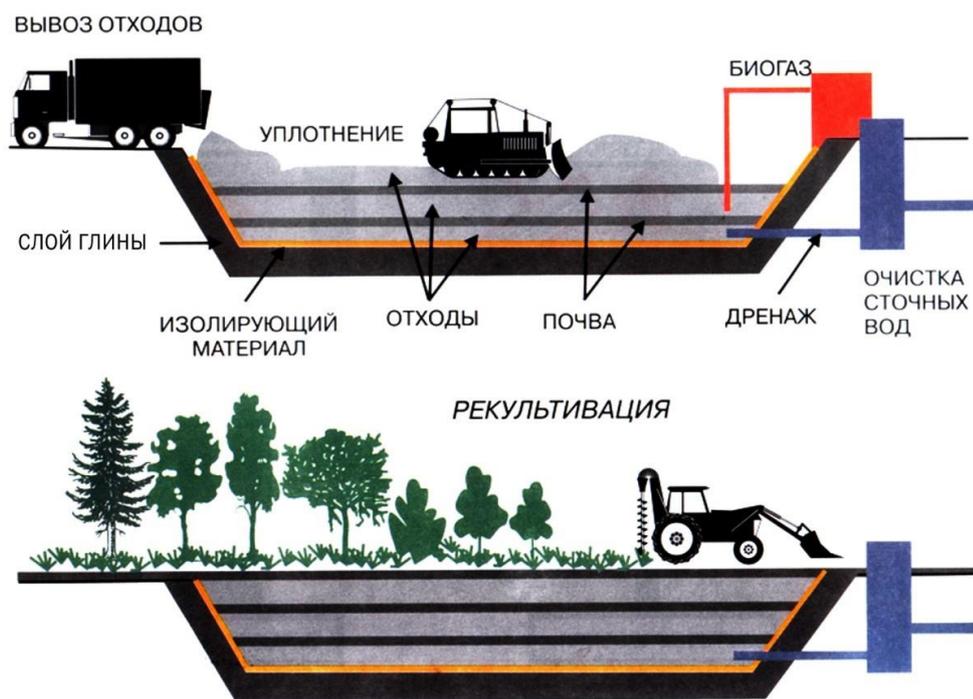


Рисунок 1.14 – Схема общего вида по рекультивации полостей на поверхности земли (иллюстрация заимствована из сети Интернет [234])

Высказанное выше предположение не противоречит Письму Минприроды России от 19.05.2014 № 05-12-44/10285 «О разъяснении законодательства по вопросу размещения отходов организациями, производящими добычу полезных ископаемых» [154] в том, что для рекультивации искусственно созданных полостей и карьерных разработок открытого типа возможно использование отходов строительства и сноса при условии, что они не содержат в своем составе вредные вещества и в результате складирования или захоронения не будут являться источником канцерогенных веществ. То есть перед укладкой такого вида отходов или их утилизации в указанных полостях и объектах будут подвержены обеззараживанию в соответствии с документами о лицензируемых видах деятельности предприятий [102, 103].

Продукты сноса являются продуктами IV – V класса опасности.

Данный вид отходов, в виду программ реновации по всей стране и, в частности, по Санкт-Петербургу и Москве, образовывается в больших объемах и в соответствии с СП 2.1.7.1038–01 пп.5.2, 7.2, 8.2 [81], возможно размещение строительных отходов и отходов сноса в отработанных гранитных карьерах.

1.4 Правовые аспекты в области обращения с отходами, институциональный подход в области обращения с отходами строительства и сноса

Правовое обеспечение в сфере обращения с отходами жизнедеятельности человека регламентируется различными отраслями законодательства: конституционной, гражданской, уголовной, административной, природоохранной, и нормативно-правовыми документами, международными актами, законами, соглашениями, коммюнике и конвенциями, ратифицированными Российской Федерацией.

В соответствии с Конституцией РФ «охрана окружающей среды, особо охраняемые природные территории, а также законодательство об охране окружающей среды относит к совместному ведению Российской Федерации и ее субъектов [86].» Следовательно, в РФ в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами регулирование происходит на уровне федерального и регионального законодательств.

Основные законодательные документы РФ [87 – 105]

№ п/п	Наименование документа	Область применения, краткая характеристика, действие, меры и так далее
1	ФЗ «Об охране окружающей среды»	Экологическое право [87]
2	ФЗ «Об отходах производства и потребления»	Регулирование в область обращения с отходами [88]
3	№ 89-ФЗ от 24 июня 1998 года «Об отходах производства и потребления»	Основные цели и принципы государственной политики в области обращения с отходами. Обращение с ТКО отражено в главе V.1. [88]
4	89–ФЗ и от 04.05.2011 № 99–ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности»	Лицензирование деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I – IV классов опасности осуществляется производится в соответствии с со ст. 9, ст. 12. [88]

5	Законе «Об отходах производства и потребления»	Лицензирование деятельности [88]
6	№96–ФЗ от 4 мая 1999 года «Об охране атмосферного воздуха»	Регламент требований к предотвращению вредного воздействия на атмосферный воздух отходов производства и потребления при их хранении, захоронении и обезвреживании [91]
7	«Земельный Кодекс Российской Федерации»	ст. 13, 53, 101 обязывает землепользователей «защищать земли от захламления отходами производства и потребления, загрязнения.» [92]
8	Федеральный закон №52–ФЗ от 30 марта 1999 года «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»	Регламентирует применение «санитарных требований (ст.22) к порядку, условиям и способам сбора, использования, обезвреживания, транспортировке, хранению и захоронению отходов производства и потребления, которые также должны устанавливаться местными органами самоуправления и иметь санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии указанного порядка санитарным правилам.» [93]
9	Федеральный закон от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе»	Проектная документация объектов, используемых для размещения и (или) обезвреживания отходов I – V классов опасности, в том числе проектная документация на строительство, реконструкцию объектов, используемых для обезвреживания и (или) размещения отходов I – V классов опасности, а также проекты вывода из эксплуатации указанных объектов, проекты рекультивации земель, нарушенных при размещении отходов I – V классов опасности, и земель, используемых, но не предназначенных для размещения отходов I – V классов опасности [94]
10	Закон РФ «О недрах»	Регламент «использования искусственных и естественных полостей, выемок недр для целей хране-

		ния и захоронения отходов. Применяется при использовании отработанных карьеров для захоронения твердых бытовых отходов. Ст.10.1 определяет, что для захоронения отходов I – V классов опасности в глубоких горизонтах требуется решение Правительства Российской Федерации [95]
11	Кодекс «Об административных правонарушениях» №195–ФЗ от 30 декабря 2001 года	Регламентирует «ответственность за административные правонарушения при управлении твердыми бытовыми отходами [96]
12	«Водный кодекс Российской Федерации»	Экологические требования в области обращения с отходами [97]
13	«Лесной кодекс Российской Федерации»	Экологические требования в области обращения с отходами [98]
14	Постановление Госстроя России от 25 мая 2000 г. № 51	Утверждение Классификаторов работ и услуг в жилищно-коммунальном комплексе [99]
15	№ 1–КХ, утверждена Приказом Росстата от 30.08.2017 № 562 «Об утверждении статистического инструментария для организации федерального статистического наблюдения за строительством, инвестициями в нефинансовые активы и жилищно-коммунальным хозяйством»	Форма позволяет учитывать «объем вывезенных твердых коммунальных отходов, количество твердых коммунальных отходов, вывезенных на обработку, захоронение и обезвреживание, а также площадь объектов, используемых для захоронения твердых коммунальных отходов» [100]
16	Постановление Правительства РФ от 03.03.2017 № 255 (ред. от 27.12.2019) «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» (вместе с «Правилами исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду») (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2020)	Устанавливает Правила исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду. [101]
17	Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах»	Регламентирует базовые ставки платежей за размещение отходов [102]
18	Приказ Минприроды России от 14.08.2013 № 298 «Об утверждении комплексной стратегии обращения с твердыми коммунальными (бытовыми) отходами в Российской Федерации»	Базовый документ, определяющий государственную политику в области управления ТБО [103]

19	СанПиН 2.1.7.1322–03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления», введены в действие 15 июня 2003 года.	Правила регламентируют организацию работы на объектах по размещению и обработке отходов производства и потребления, включая приемные пункты вторичного сырья, мусороперерабатывающие заводы и мусоросортировочные станции. [104].
20	СП 2.1.7.1038–01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов» введены в действие «Постановлением Минздрава РФ от 30 мая 2001 года №16»	Сортировка и селективный сбор отходов на полигоне допускаются при соблюдении санитарно-гигиенических требований (СП 2524–82) [105]
21	«Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов», утвержденная Министерством строительства Российской Федерации 2 ноября 1996 г.	Требования, которые регламентируют полный цикл работы полигона с технической точки зрения ТБО [74]

Международные документы и соглашения

№ п/п	Наименование документа	Область применения, краткая характеристика, действие, меры и так далее
1	№49–ФЗ от 24 ноября 1994 года «О ратификации Базельской конвенции о контроле за трансграничными перевозками опасных отходов и их удалением»	Ратификация решений Базельской конференции [11]
2	«Стокгольмская Конвенция о стойких органических загрязнителях». В частности, п.п. d), п.1, ст. 6	Регулирует деятельность по управлению ТБО, регулирует эксплуатацию мусоросжигательных заводов и прочих объектов термической обработки отходов, а также пожаров на свалках [25]
3	«Конвенцию о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния»	Регламентирует обмен информацией и формирование политики, направленной на борьбу с выбросами загрязнителей воздуха [90]
4	«Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря»	Регулирует защиту морского бассейна Балтики, в том числе и от бытовых отходов на побережье [84].

Международные соглашения в сфере обращения с отходами необходимо учитывать при рассмотрении проектов в приграничных территориях, например, Ленинградской области.

Вышеуказанные документы Российского и Международного законодательства не покрывают в полной мере все вопросы области обращения с отходами. На различных территориях и в субъектах государств так же дополнительно применяются региональные акты, нормативно-правовые и технические регламенты и документы [87 – 105].

1.5 Методы обеззараживания отходов сноса

В виду того, что при сносе зданий и сооружений образуется достаточно большое количество отходов в виде стекла, рам (из пластика, металлопластиковых конструкций, дерева), сантехнического фаянса, чугунных ванн и труб канализации, металлический и металлокерамических труб, радиаторов батарей из различных материалов и так далее возникает необходимость обработки данного вида отходов с целью их обеззараживания. Так как в трубах, радиаторах, сантехническом фаянсе образуется, так называемый, налёт в котором может присутствовать большое количество микробов и штаммов вирусов и бактерий, которые могут быть опасны при захоронении данного вида отходов на полигонах любого типа необходимо определить класс опасности этих отходов в соответствии с СанПиН 2790–10 «Медицинские отходы».

Так как в домах, любых других зданиях есть канализация, то уместно предположить, что в неё попадают продукты жизнедеятельности человеческого организма, а в этих отходах присутствуют и патогенные бактерии, и микробы, и вирусы. В связи с тем, что согласно выше рассмотренной методике отходы сноса зданий и сооружений вывозятся для захоронения в открытые выработанные карьеры с последующей консервацией для проведения работ по рекультивации территорий бывших гранитных карьеров, совершенно необходимо провести обеззараживание отходов.

Пиролизная методика обеззараживания отходов

Одним из наиболее применяемых на сегодняшний момент методом обеззараживания отходов является пиролиз. Процесс пиролиза условно разделяется на низкотемпературный (до 900°C) и высокотемпературный (свыше 900°C).

Согласно ГОСТ Р 53692-2009, эффективность низкотемпературного пиролиза заключается в том, что происходит предотвращение загрязнения природной и окружающей среды как в процессе самого пиролиза, так и отходами после его применения. С помощью технологии пиролиза можно перерабатывать составляющие отходов, неподдающиеся утилизации. В результате применения такой технологии не остается биологически активных веществ, следовательно, возможно подземное складирование отходов пиролиза. Образующийся в результате пиролиза пепел имеет высокую плотность, что уменьшает объем отходов, которые будут складироваться.

Также, согласно тому же ГОСТ Р 53692-2009, высокотемпературный пиролиз применяется в случае, когда отходы любого состава не были по каким-либо причинам отсортированы. Данный метод обеззараживания отходов на данный момент является наиболее привлекательным с точки зрения, как экологической безопасности, так и получения вторичных полезных продуктов синтез-газа, шлака, металлов и других материалов, которые могут найти широкое применение в народном хозяйстве.

Оба метода применяются на заводах по переработке мусора. Процедура обеззараживания отходов сноса с помощью пиролиза является экономически не эффективной в связи с большим количеством возможных посредников и отсутствием прямых договоров с мусоросжигательными и мусороперерабатывающими предприятиями, а также в связи с отсутствием таких предприятий на ближайшей территории.

Существуют и другие методы обеззараживания отходов, такие как [235, 236]:

- физические – процедура заключается в изменении свойств зараженных материалов. К такому методу относится воздействие паром около 120°C . Данный метод применим для небольших объемов отходов, так как установки разработаны и применяются, в основном, для обеззараживания медицинских отходов.

- химические – опасные компоненты окружающей среды нейтрализуются химическими реагентами. Данный метод применяется для отходов ТБО, медицинских

отходов различной степени опасности. Для отходов строительства и сноса малоприменим. Возможно применение для обеззараживания вынутаго грунта при формировании заглубленных фундаментов.

– термические – применяются специальные биотермические ямы. Применяется при складировании отходов ТБО. Для обеззараживания отходов строительства и сноса не приемлем.

– механические – зараженные компоненты удаляются механическим способом, например, с помощью потоков воды. Возможно применение при сортировке отходов строительства и сноса.

Обеззараживание отходов сноса на месте их образования возможно при наличии соответствующего оборудования.

Таким образом, рассмотренные методы обеззараживания отходов применяются в основном для коммунальных отходов и ТБО. Для обеззараживания отходов сноса зданий и сооружений наиболее подходящим является метод пиролизной очистки, но экономически не эффективен.

Выводы по главе

1. При анализе литературных источников были выявлены геоэкологические проблемы, связанные с рациональным использованием, транспортировкой, переработкой и утилизацией отходов сноса, образующихся при разборке и сносе зданий из железобетона. Так же было выявлено, что несанкционированные свалки строительных отходов негативно влияют на окружающую среду.

2. Выявлено, что в настоящее время отсутствуют эффективные методы утилизации строительных отходов в целом, а также малая заинтересованность во вторичном использовании отходов сноса.

3. Необходимо разработать и оценить качество технологических решений для защиты геосистемы и окружающей среды от несанкционированных свалок отходов сноса, а также рассмотреть технологические решения рекультивации полостей на поверхности земли отходами сноса в качестве заполнителей.

Глава 2 Использование отходов сноса зданий и сооружений для рекультивации нарушенных территорий

В качестве объекта диссертационного исследования были выбраны нарушенные территории в виде отработанных гранитных карьеров и техногенное воздействие на окружающую среду отходов сноса зданий и сооружений.

При сносе зданий и сооружений образуется большое количество отходов сноса, которые в большей своей части состоят из боя кирпича, бетона и железобетона. Основной составляющей отходов сноса после разборки и сноса зданий является бой бетона.

Главным связующим элементом бетона является цемент, химическая формула которого – $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Прочность бетона зависит от добавок, входящих в его состав. В таблице 2.1. приведён примерный химический состав бетона.

Таблица 2.1 – Химический состав бетонов

№ п/п	Вещество	Доля, %
1	CaO (оксид кальция)	67%
2	SiO ₂ (диоксид кремния)	22%
3	Al ₂ O ₃ (оксид алюминия)	5%
4	Fe ₂ O ₃ (оксид железа (III))	3%
5	Прочие	3%

Кроме выше указанных оксидов в небольших количествах присутствуют вещества, представленные в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Прочие соединения, входящие в состав бетонов

№ п/п	Вещество	Доля, %
1	MgO (оксид магния)	0,5-5%
2	SiO ₃ (силикат)	0,3-1%
3	Na ₂ O+K ₂ O (суммарное количество оксида натрия и оксида калия)	0,4+1%
4	TiO ₂ (оксид титана)	0,2-0,5%
5	P ₂ O ₅ (оксид фосфора)	0,1%

Одной из главных задач по обеспечению геоэкологической защиты окружающей среды является безопасное размещение не утилизируемых продуктов жизнедеятельности человека. Особенно в последнее время стала наиболее актуальной проблема безопасного размещения отходов сноса (рис.2.1).

Наиболее перспективной является реализация схемы: *снос здания или сооружения – вывоз образовавшегося строительного мусора и отходов сноса – переработка отходов сноса – производство вторичных материалов* [109].

Но как показали исследования (I Международный форум транспортной инфраструктуры, 27-30 ноября 2018 года), производители и потребители бетонных и железобетонных изделий не готовы использовать при производстве своих изделий вторичное сырьё, в частности отходы сноса, не смотря на научно-доказанные улучшенные свойства этих материалов.



Рисунок 2.1 – Технологические решения использования гранитных карьеров

Отсюда возникает потребность в безопасном захоронении или временном хранении данного вида отходов, с целью дальнейшего их использования при условии разработки новых технологий переработки бетона, а также в качестве вторичного сырья.

2.1 Использование отходов сноса в качестве вторичного сырья

Одним из перспективных направлений использования отходов сноса следует рассматривать использование в качестве вторичного сырья при строительстве транспортной инфраструктуры.

В Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I, на кафедре «Инженерной химии и естествознания», на протяжении многих лет проводятся научные исследования в области изучения геоэкозащитных свойств строительных материалов (бетонов, цементов, строительных смесей и так далее), в области изучения геоэкозащитных свойств твердеющих вяжущих систем при ликвидации детоксикации ионов тяжёлых металлов и так далее. Так же проводятся исследования в области ресурсосберегающих технологий [109].

После сепарации железобетонного лома (дробление железобетонных конструкций в дробилке или шредерной установке, с последующим удалением металлического лома), его можно использовать в качестве заполнителя гранитных карьеров. Ранее проведённые исследования установили, что строительные отходы, в основном состоящие из боя бетона, штукатурных и цементных отходов обладают сорбционными свойствами по отношению к ионам кадмия и железа [110].

В связи с этим можно предположить, что материалы, полученные с использованием отсева вторичного щебня, так же будут обладать дополнительными геоэкозащитными свойствами после истечения срока службы изделия (в данном случае отходов сноса в виде дробленого бетона). Использование безотходного цикла минеральных веществ доказывает гарантированную надёжность их использования.

Учёными кафедры «Инженерной химии и естествознания» проводились исследования и полученные результаты были отражены в научных работах и статьях учёных кафедры [108 – 111].

Исследования подтверждают представление о том, что «в целях геозащиты могут быть использованы вещества по новому назначению, уже известные в стро-

ительстве, например, цементы, а также продукты разрушения изделий строительных фрагментов, содержащих в своём составе цементные минералы и продукты их гидратации» [109].

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 рисунках 2.2 и 2.3 представлен химический состав отходов сноса и гранитных карьеров.

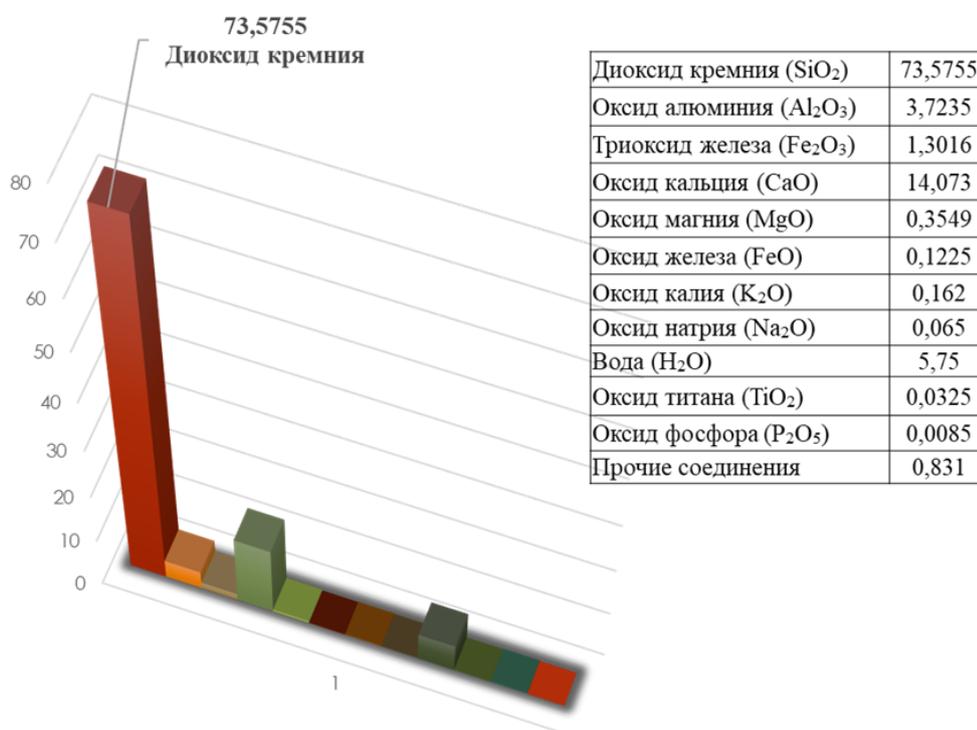


Рисунок 2.2 – Химический состав отходов сноса

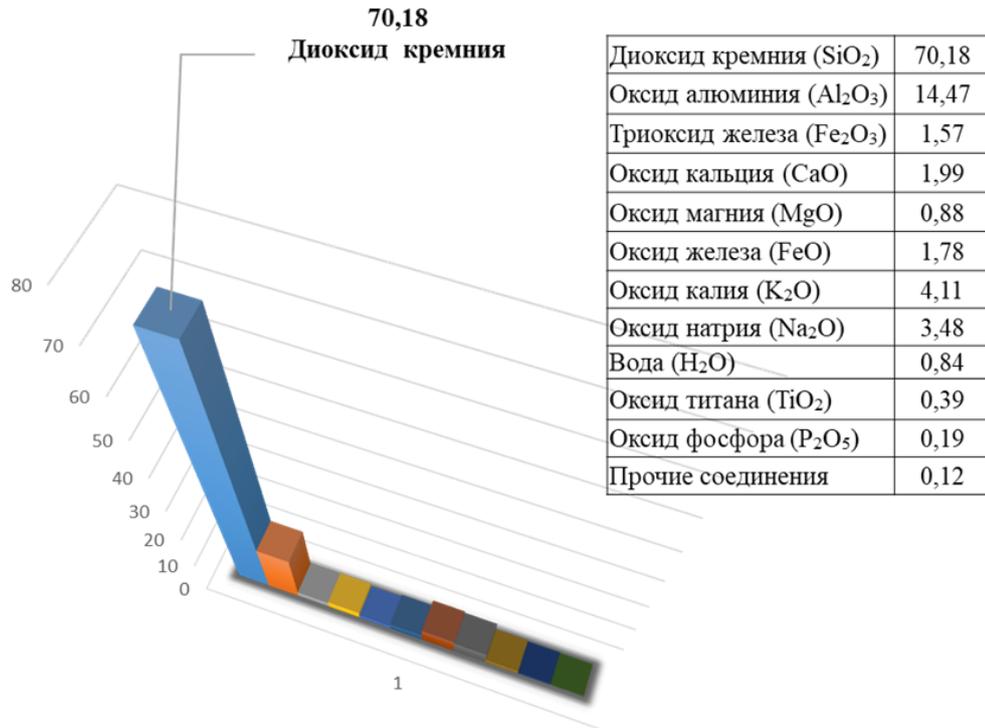


Рисунок 2.3 – Химический состав гранита

Из таблицы 2.3 видно, что механические характеристики гранита и отходов сноса также соотносятся.

Таблица 2.3 – Механические свойства гранита и отходов сноса

Показатели	Материал		
	Гранит (усредненные данные)	Отходы сноса (дробленый бетон, фракции 5-40 мм) [240]	Гранит карьера Возрождение (Северо-Западный регион)
Плотность, г/см ³	2,6 – 3,0	2,31 – 2,41	2,650
Прочность (потеря массы при испытании), %	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 истираемости (потеря массы при испытании), %	И1 не более 25	И4 – И2 45,9 – 28,3	И1 не более 25

Вышеуказанные факты подтверждают предположение о том, что отходы сноса в дробленном состоянии (фракции от 40 до 250 мм) могут быть использованы

в качестве заполнителя пустот на поверхности земли с последующим использованием в качестве вторичного щебня при производстве материалов строительства, строительных конструкций и сооружений [247].

2.2 Полное заполнение полостей на поверхности земли

Как ранее было указано, отходы сноса могут быть использованы в качестве заполнителя карьерных выемок на поверхности земли.

Заполнение всей полости (технический этап рекультивации) и дальнейшее использование полученных территорий для восстановления экосистемы (биологический этап рекультивации).

Территории, которые были нарушены в результате хозяйственной деятельности, делятся на две большие группы:

- а) земли, поврежденные насыпным грунтом [116 – 118];
- б) территории, подверженные выемке грунта [116 – 118].

Как ранее было указано, в соответствии с [111] «О разъяснении законодательства по вопросу размещения отходов организациями, производящими добычу полезных ископаемых» дано точное определение «использование для рекультивации карьерных выемок и искусственно созданных полостей отходов производства и потребления возможно при условии, что они не содержат вредные вещества и при этом будет обеспечено отсутствие негативного воздействия на окружающую среду. Рекультивация карьерных выемок и искусственно созданных полостей с использованием отходов производства и потребления фактически является размещением (захоронением) отходов. При этом деятельность по обезвреживанию и размещению отходов I – IV классов опасности является лицензируемым видом деятельности» [111].

Промышленные отвалы многочисленны, поэтому возникает необходимость их подразделения.

В. В. Тарчевский (1956 г.) предлагает следующую классификацию промышленных отвалов: по происхождению; по возрасту; по форме; по высоте; по кислотности (рН); по утилизации.

Когда сельскохозяйственное использование восстанавливаемой территории сопряжено с определенными трудностями, или невозможностью использования полученной территории для посадки окультуренных растений, принимают к использованию лесохозяйственное направление. На рисунке 2.4. представлен укрупненный алгоритм поиска оптимального направления рекультивации.

При определении направления развития территорий после их рекультивации, а также объектов рекультивации, следует определить наилучшее или оптимальное направление, или сочетание направлений рекультивации как отдельных объектов, так и отдельных элементов этих объектов и территорий.

Имеющее действие на сегодня в Земельном законодательстве правовая норма о «приоритете сельскохозяйственного использования рекультивируемых площадей не имеет научного обоснования и часто противоречит конкретным социальным, экономическим и экологическим условиям района месторождения.» В соответствии с этим необходимо определить, с одной стороны – основное направление рекультивации, и различные возможные варианты рекультивации и направления рекультивации отдельных объектов и элементов этих объектов и территорий, с другой стороны. Это определяется в соответствии с типом и видом техногенных ландшафтов и рельефов, то есть определяется пригодность, например, горных выработок для биологического освоения.

Так же стоит указать, что в качестве заполняемой полости на поверхности рассматривается карьерная выработка гранита. Выбор объекта обусловлен тем фактором, что гранит обладает свойствами необходимыми для полигона (заглубленного полигона) для захоронения продуктов потребления жизнедеятельности человека.



Рисунок 2.4 – Укрупненная схема алгоритма поиска оптимального направления рекультивации

Гранит относится к вулканическим полиминеральным породам. Основные свойства представлены в таблице 2.4:

Таблица 2.4 – Основные свойства гранита

№ п/п	Показатель	Характеристика
1	Долговечность	Первые признаки истирания только через 500 лет (для некоторых мелкозернистых пород)
2	Прочность	Плотность гранита составляет почти 3 т/м ³ . Устойчив к сжатию и трению. В состав входит кварц.
3	Устойчивость к атмосферным воздействиям	Рабочие температуры от – 60 ⁰ С до + 50 ⁰ С.
4	Пожаростойкость	Плавиться при 700 ⁰ С – 800 ⁰ С
5	Устойчивость к воздействию кислот и грибков	
6	Экологическая чистота	Не радиоактивен

Согласно проведенных исследований [117, 118, 173, 200, 202, 203] по окончании выработки пород гранита необходимым требованием является выполнение

предварительных специальных мероприятий для выработанного тела карьера. Образовавшиеся карьеры после выборки камня представляют собой техногенные ландшафты, которые могут полностью изменить природные условия и окружающую природную среду территории.

Так же в эти выемки, в соответствии с [111] можно отгружать отходы сноса зданий сооружений и конструкций (бой кирпича, бетонный отсев после фракционирования, панельный лом после сепарации и измельчения и так далее) с целью дальнейшей рекультивации объектов или территорий с последующим использованием в качестве лесных угодий (с предварительным посевом хвойных или лиственных деревьев).

Отходы сноса и строительные отходы, согласно СанПиН 2.1.7.1287–03, СП 2.1.7.1038–01 пп.5.2, 7.2, 8.2., после сортировки «относятся к классу опасности IV – V» [105].

Как указано в нормативном документе «Рекультивация карьерных выемок и искусственно созданных полостей с использованием отходов возможна при наличии заключения экспертизы и лицензии на обезвреживание и размещение отходов I–IV классов опасности. Документ [111] ясно говорит, что «допускается засыпка карьеров и других искусственно созданных полостей с использованием инертных отходов, ТБО и промышленных IV – V классов опасности. При использовании любых видов отходов должен быть определен их морфологический и физико-химический состав. Основание под размещение отходов должно удовлетворять требованиям установленного порядка по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов.»

Использование отработанных карьеров или выработок для захоронения или складирования отходов сноса является наиболее экономичным методом рекультивации [247]. Складирование отходов сноса в карьерах осуществляют по двум направлениям/схемам:

– по схеме выравнивания (до уровня бровки карьера) [117, 118, 173, 200, 202, 203],

– по высотной схеме (со значительным превышением уровня бровки карьера) [117, 118, 173, 200, 202, 203].

Согласно нормативно-правовых документов различных уровней «проект складирования отходов сноса в выработанных карьерах (глубоких котлованах) должен обеспечивать съезд и разгрузку мусоровозов на нижней отметке с послойным заполнением карьера по высоте (рисунок 2.5). Если отведенная под полигон часть карьера не имеет существующего съезда, то его проектируют и организуют в соответствии с [66 – 68, 74, 75, 79, 104, 105, 111, 117].

Согласно разработанных В.М. Игошиным, А.П. Красавиным, Д.И. Дьяконовым «Технологические решения по рекультивации нарушенных земель при ликвидации шахт и разрезов: отраслевой нормативно-методический материал» основание выработанного карьера после организационно-транспортных мероприятий, связанных с вывозом породы и завозом отходов сноса рекультивируется в соответствии с [114].

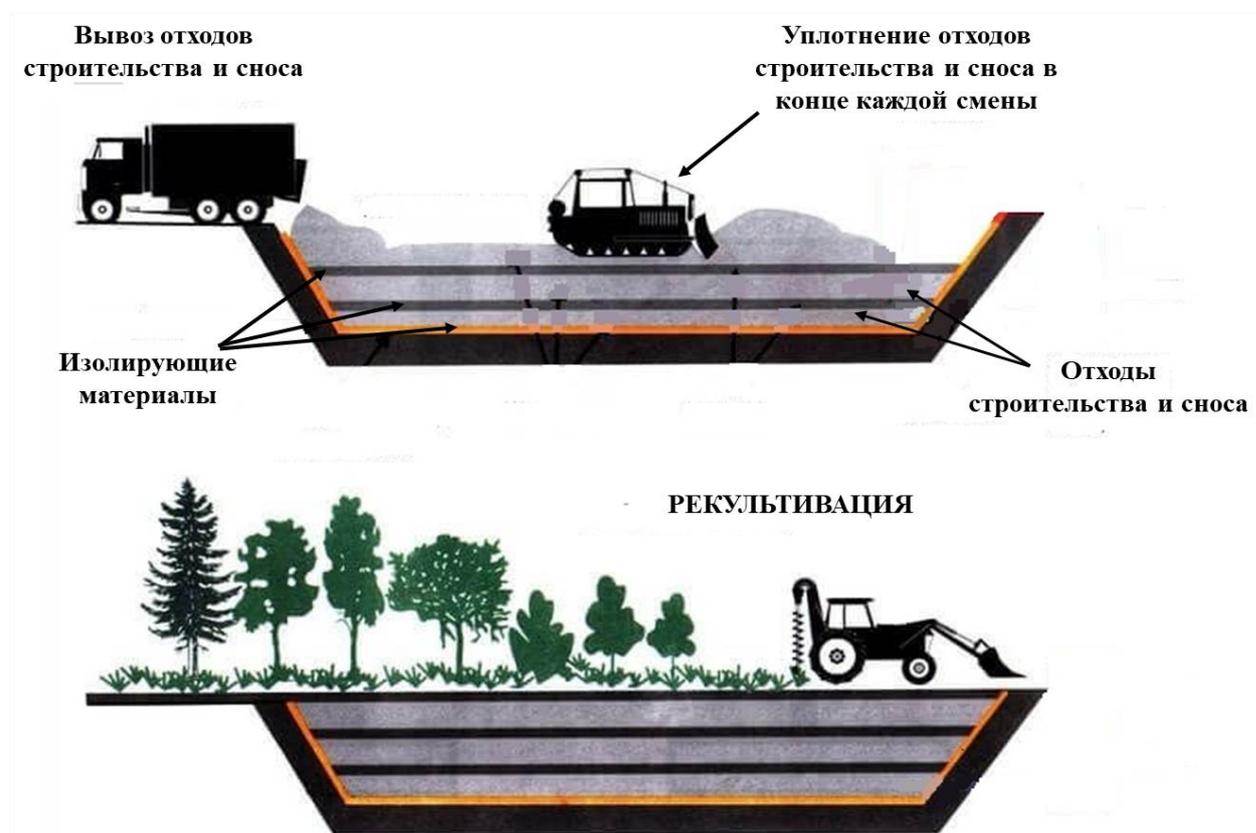


Рисунок 2.5 – Схема заполнения гранитного карьера в общем виде [234] (Редакция автора)

По результатам анализа нормативных документов, а также санитарных норм и правил определено, что основным негативным воздействием на окружающую среду будет являться проникновение фильтрата в горные породы зоны аэрации и поверхностные грунтовые воды. Чтобы снизить уровень этого воздействия необходимо в соответствии с [129, 137-139] до начала эксплуатации, на этапе проектирования полигона выполнить защиту горных пород в основании выработанного карьера в соответствии с [239].

Защитные экраны являются основными элементами, обеспечивающими природоохранную функцию. Конструкция защитных экранов представляет собой комбинацию изоляционных и фильтрующих элементов, позволяющих собирать и отводить просачивающиеся поверхностные воды, атмосферные осадки [237, 239].

Согласно исследований в области геоэкологии «естественным геохимическим барьером в основании полигона могут служить горные породы с коэффициентом фильтрации $K_f < 1 \cdot 10^{-7}$ м/с, имеющие мощность слоя не менее 1 м, что способствует задержанию загрязняющих веществ. Наличие подобных горных пород – одно из основных условий выбора места для его размещения» [117, 118, 209, 237].

По результатам исследования Компании «ПОЛИИНФОРМ» «срок службы защитных экранов определяется как периодом эксплуатации полигона (15 – 30 лет), так и пассивным периодом, когда полигон уже закрыт. Однако в теле полигона после закрытия и его рекультивации активно протекают гидрогеологические процессы, миграция влаги, сопровождающиеся образованием фильтрата. Длительность этих процессов определяется морфологическим составом отходов, климатическими условиями и другими факторами и составляет около 30 – 100 лет. Таким образом, срок службы защитных экранов полигонов может составлять 45 – 100 лет [141].

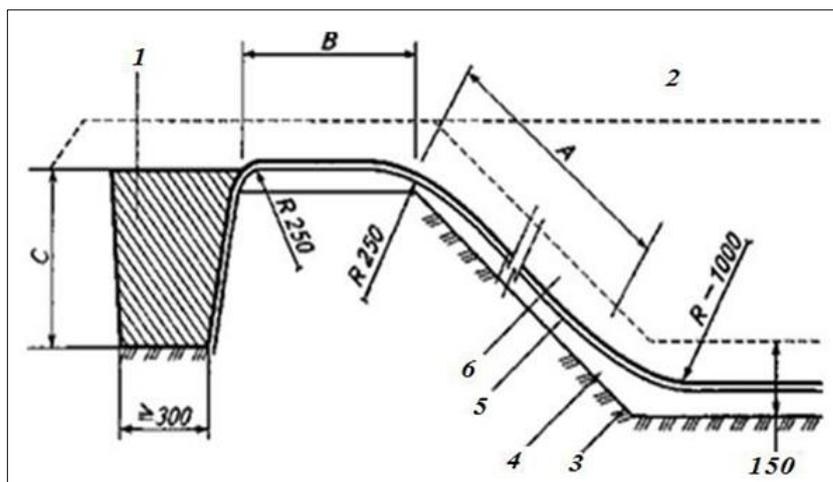
Основное функциональное назначение защитных экранов, устраиваемых в основании полигонов – создание барьера, препятствующего проникновению филь-

трата в горные породы и на поверхность грунтовых вод. Для создания гидроизоляционных элементов применяют комбинации как природных минеральных материалов (глину, песок, гравий и щебень), так и искусственных (полимерные, геосинтетические и комбинированные)» [117, 141, 237].

Днище котлована проектируется как правило горизонтальным, обеспечивая равномерное распределение фильтрата по всей площади основания отработанного карьера. Для обеспечения гидроизоляции в основании будущего полигона для захоронения формируют или гидроизоляционный замок или гидроизоляционный экран. Основание котлована должно иметь слой связанного грунта, к которым относятся глины в естественном состоянии с коэффициентом фильтрации не более 10-5 см/с (0,0086 м/сут.) и толщиной не менее 0,5 м. Существует несколько схем устройства глиняных экранов в зависимости от водопроницаемости пород [13, 15, 117, 237, 238].

В настоящее время широко применяют геосинтетические материалы для оформления боковых поверхностей, межслойных прослоек (такие как бентофикс, карбофол, секутекс). Они являются рулонными материалами и соответствуют ГОСТ 30547–97 и имеют соответствующие сертификаты фирм-изготовителей.

Схема устройства противофильтрационного экрана [114], устраиваемого в основании полигона из геосинтетических материалов, которые соответствуют [232], представлен рисунке 2.6.



А - длина откоса котлована; В – ширина бермы; С – глубина анкерной траншеи; 1 – анкерная траншея с заполнителем или песком; 2 – котлован; 3 – грубое выравнивание; 4 – слой песка; 5 – система гидроизоляции (геомембрана); 6 – песок.

Рисунок 2.6 – Противофильтрационный экран, устраиваемый в основании полигона из геосинтетических материалов, согласно [114, 232]

Основные операции, выполняемые при заполнении карьера продуктами сноса, включают в себя: доставку отходов сноса на полигон → радиационный контроль → послойная укладка и уплотнение → устройство изолирующего слоя из геосинтетических материалов в конце каждой смены (0,2 м) → устройство финального перекрытия и рекультивация полученной территории [10, 109, 110].

Проезжают к участкам захоронения отходов сноса по кольцевой автодороге, которая была сформирована в процессе выработки горных пород. Для съезда в котлованы устраивают пандусы–съезды или выезды [114, 117].

Основные этапы складирования отходов на полигоне показаны на рисунке 2.7.

Следовательно, утверждение, что рекультивация карьерных выемок и искусственно созданных полостей с использованием отходов возможна при наличии заключения экспертизы и лицензии на обезвреживание и размещение отходов I–IV классов опасности. [111] в отработанных гранитных карьерах возможно размещение отходов сноса, согласно СП 2.1.7.1038–01 пп. 7.1 – 7.4 [105]. Строительные отходы и отходы сноса будут образовываться в больших количествах и объемах, так как программы реновации по всей стране, и по Санкт-Петербургу и Москве, в частности, набирают свои обороты.

Размер санитарно–защитной зоны для рекультивируемого карьера принимается равным размеру санитарно–защитной зоны для мусороперегрузочных станций ТБО и должен составлять не менее 100 м от ближайшей жилой застройки. Рекультивируемый карьер должен иметь легкое ограждение и временные хозяйственно–бытовые объекты для обеспечения выполнения работ [105].

Территориальный центр государственного санитарно–эпидемиологического надзора (ЦГСЭН) осуществляет санитарный надзор за проведением работ при рекультивации карьеров в соответствии с СП 2.1.7.1038–01 [81].

В исследованиях А. И. Голованова и Сметанина В. И. «технический этап рекультивации рассматривается как неотъемлемая часть горной технологии, и учет требований биологической рекультивации на этом этапе обеспечивает создание наиболее благоприятных экологических условий для последующего освоения нарушенных земель, особенно при ведении открытых горных работ» [117, 118, 173, 200, 202, 203].



Рисунок 2.7 – Основные операции, выполняемые при заполнении полигона отходами. Общий алгоритм действий (на основании [104,105,111,117,118])

Выбор очередности рекультивации каждого из объектов в отдельности и последующих направлений использования рекультивируемых земель должен проводиться на основании эколого-экономического сравнения возможных вариантов, с последующим выбором оптимального варианта рекультивации образовавшихся нарушенных территорий.

После проведения этапа технической рекультивации (первый этап рекультивации территории) указанного выше можно проводить биологическую рекультивацию (второй этап полной рекультивации территории).

На биологическом этапе рекультивации проводятся мероприятия, которые должны соответствовать климатическим условиям той местности, в которой находится объект.

Основной задачей биологического этапа рекультивации является восстановление растительного покрова.

Согласно разработанных А. И. Головановым и Сметаниным В. И. методик [117, 118] высадка лесных культур целесообразна и необходима в тех зонах рекультивации, где после рекультивации будет производиться лесохозяйственная деятельность, а также развиваться такие направления как природоохранное и санитарно-техническое. Восстановление лесов на рекультивируемых территориях следует рассматривать в качестве основного направления рекультивации техногенных и горно-промышленных ландшафтов с целью восстановления флоры и фауны, которые характерны для этой местности.

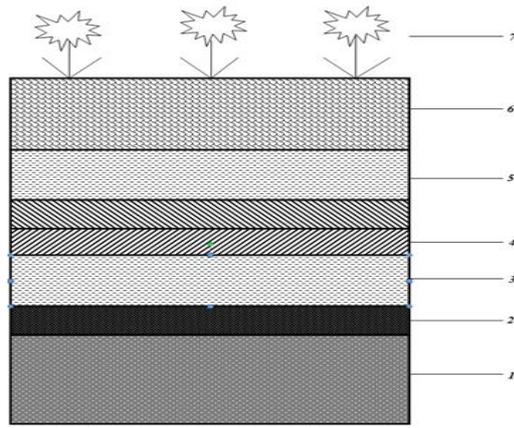
Согласно требований СанПиН 2.1.7.1287–03, если породы от выработки горных пород не пригодны для создания рекультивационного слоя на биологическом этапе рекультивации, то необходимо создать рекультивационный слой, который обладает необходимыми благоприятными лесорастительными характеристиками. Эти характеристики определяются факторами, определенными в [79].

При отсыпке многоярусных отвалов, поверхностный слой откосов формируются из мелкозернистого нетоксичного материала, пригодного для произрастания травянистой, древесной или кустарниковой растительности, характерной для данной территории [111, 114, 116 – 118].

Таким образом, согласно разработанным методикам Игошина В.М. Красавина А.П., Навитного А.М., Харионовского А.А., Дьякова Д.И. [116 – 118, 173, 200, 202, 203] при рекультивации карьеров после выработки горных минеральных пород облесением необходимо произвести выравнивание дна карьера и выполнить выполаживание откосов. По завершению данных работ производят установку гидрозамка, выкладку рыхленых горных пород и высеивают бобовые культуры, которые способствуют образованию гумуса и накоплению азота. После проведенных работ закладывают лес. При посадке смешанных пород деревьев наиболее полно формируется ландшафт территории и обеспечивается оздоровление биотипа [116 – 118, 173, 200, 202, 203]». Пример конструкции защитного экрана приведен на рисунке 2.8.

Технологические карты биологической рекультивации различного вида территорий и техногенных ландшафтов разработаны по результатам исследований МНИИЭКО ТЭК и рекомендаций различных научно-исследовательских организаций на наиболее распространенные виды биологической рекультивации нарушенных земель с учетом приведенных типовых технологических схем технического этапа [114, 116 – 118, 173, 200, 202, 203].

Карты биологической рекультивации могут быть использованы при составлении различных проектов и технико-экономических обоснований.



1 – финишный слой отходов сноса; 2 – защитный слой минерального грунта (0,2 м), отсыпаемого в процессе эксплуатации полигона; 3 – дренажный слой из гальки толщиной 0,3 м, предназначенный для отвода биогаза; 4 – противофильтрационный экран (два слоя уплотненной глины по 0,25 м каждый); 5 – дренажный слой толщиной 0,3 м из гальки для отвода атмосферных осадков; 6 – рекультивационный слой (0,15 – 1 м), состоящий из слоя почвы и потенциально плодородных горных пород, в зависимости от последующего целевого использования образующейся территории; 7 – травостой.

Рисунок 2.8 – Общая схема конструкции защитного экрана в системе финального перекрытия поверхности заполненного гранитного карьера [114, 116 – 118, 173, 200, 202, 203]

2.3 Частичное заполнение полостей на поверхности земли

Заполнение части полости (технический этап рекультивации) и дальнейшее использование в качестве искусственного водоема.

Варианты возможных направлений рекультивации нарушенных земель и техногенных ландшафтов выбираются в соответствии с условиями и возможными сложностями в их подготовке, необходимостью потребностей региона в увеличении получаемых площадей и территорий различного вида и назначений за счет рекультивации, а также в соответствии с эколого-экономическими показателями эффективности выбранного вида рекультивации.

Согласно исследованиям Сметанина и Голованова «к землям водохозяйственного направления рекультивации относятся в основном остаточные или не полностью заполненные отвалами карьерные выемки, в которых создаются водоемы различного назначения. При создании водоема в карьерных выемках проводят устройство дна и его бортов» [117, 118].

Согласно [66, 75, 79, 129, 137, 138] при выработки карьеров образуются так называемые «замкнутые бессточные понижения, образуемые при сплошной планировке отвалов». Они способствуют застаиванию скопившейся в результате выпадения климатических осадков воды на породах с низкой проницаемостью. Поэтому важно не допустить данного процесса.

Для данного вида рекультивации территории необходимо провести ранее указанные мероприятия по рекультивации открытой выработки гранита с частичным заполнением карьера.

В проектах рекультивации карьерных выемок следует предусматривать требования СанПиН 2.1.7.10.38-01, ГОСТ 17.4.1.02–83, СанПиН 2.1.5.980–00, СП 2.1.5.1059–01 и тогда соответственно возможно комплексное использование водоемов для водоснабжения, орошения территорий, рыбоводческих и рекреационных целей и так далее. При этом рекомендуется использовать мелкие (1,5 – 5 м), неглубокие (5 – 15 м) и среднеглубокие остаточные карьерные выемки, борта и днища которых сложены нетоксичными породами и где имеется возможность их затопления [97].

При использовании карьерных выемок для создания водоемов должны решаться следующие вопросы в соответствии с [129, 137, 138]:

- рациональность заполнения оставшихся выемок;
- проведение работ по обеспечению устойчивости бортов и борьбе с абразией берегов образуемого водного объекта;
- поддержка оптимального химического состава воды;
- благоустройство прилегающей территории и озеленение откосов [129, 137, 138].

При создании водоемов для занятий спортом и отдыха необходимо удовлетворение как выше указанных требований, так и следующих требований, в соответствии с [66, 75, 79, 114, 129, 137, 138]:

- «глубина водоема и химико-бактериологический состав вод должны соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям к местам отдыха;

- дно водоема должно быть освобождено от крупных кусков пород, металлического лома и других посторонних предметов;
- откосы бортов карьера должны быть выположены до устойчивого состояния или закреплены от разрушающего действия воды;
- пляжные участки должны иметь ширину до 30 м, остальная часть прибрежной полосы должна иметь озеленение;
- так же должны проводиться мероприятия на водозаборных и водосборных сооружениях, обеспечено проведение противоэрозионных и противооползневых мероприятий» [66, 75, 79, 114, 129, 137, 138].

Организация, планирование, проектирование, строительство и эксплуатация зон рекреации водных объектов для организованного массового отдыха и купания должны осуществляться в соответствии с [74].

Исследования Головановой А. И. в работе «Рекультивация нарушенных земель» утверждают, что «затопленные карьеры после того, как в них прекращена добыча полезных минеральных пород и нерудных материалов, будучи брошенными, представляют собой опасность, и их возвращение к первоначальному состоянию силами самой природы происходит крайне медленно. Рекультивация и обустройство затопленных карьеров ускоряют процесс возврата их в природную среду и позволяют уменьшить негативное воздействие открытых затопленных выработок на ландшафт и превратить нарушенные территории в среду обитания животных, растений и место отдыха людей» [117].

Технология технического этапа рекультивации не меняется. Меняется только объём количества отходов сноса, которые используются в качестве заполнителя. Так же добавляется этап консервации и уплотнения верхнего слоя строительных отходов цементным камнем. Верхний слой будет в последующем дном искусственного водоема.

Направления использования карьерных выработок и выемок закрытых или ликвидируемых предприятий – это объекты для складирования вскрышных пород,

сухая консервация, водоемы многоцелевого использования и так далее. Рекомендации по итогу рекультивируемого объекта даются исходя из типа выработанного пространства, степени обводненности, пригодности пород для биологической рекультивации, а также экономической целесообразности образования того или иного объекта народно-хозяйственной деятельности.

Обязательным условием при выполнении технического этапа является использование вскрышного оборудования и машин, для этого в предликвидационный период ТЭО (проектом) необходима частичная засыпка, изоляцию выходов пластов песчаных пород или грунтовых вод с помощью гидрозамков, подготовку ложа карьерной выработки при водохозяйственной рекультивации, выколаживание уступов карьера и откосов отвалов как внутренних, так и внешних с помощью гидроизоляционных нетканых материалов. При разработке технологических схем подготовки карьерных выемок для рекультивации данный фактор учитывался учеными как приоритетный [66, 75, 79, 114, 117, 129, 137, 138].

Исходя из исследований в области геоэкологии при состоянии отработанных карьеров на сегодняшний день (70% остаточных выемок затоплены без подготовки) и предпосылок к снижению интереса к таким направлениям рекультивации как лесохозяйственное и сельскохозяйственное следует рассматривать водохозяйственную рекультивацию как приоритетную, особенно в районах с дефицитом водных объектов или ресурсов, рекреационных зон и благоприятных условий (обводненные карьерные выемки) соответственно СанПиН 2.1.7.10.38-01, ГОСТ 17.4.1.02–83, СанПиН 2.1.5.980–00, СП 2.1.5.1059–01.

В [114] даны рекомендуемые схемы работы с карьерными выемками. Перечень схем не является окончательным. Варианты возможны и устанавливаются конкретными условиями каждого карьера (остаточной выработки).

Рекомендации по методам и принципам обустройства разрабатывались в соответствии с основными положениями нормативно-правовых документов и Государственных стандартов, в том числе ГОСТ 17.1.5.02–80, ГОСТ 17.5.3.03–80.

Необходимо ускорять процесс интеграции карьерных выемок в природные ландшафты путем целеориентированных работ, создавая водные объекты, которые

следует рассматривать как как среду обитания животных и растений, а также место отдыха для людей. Пример обустройства контура водоема и принцип озеленения разработаны Игошины В.М. (руководитель), Красавиным А.П., Навитным А.М., Харионовским А.А., Дьяковым Д.И. в «Отраслевом нормативно-методическом документе технологических решений по рекультивации нарушенных земель при ликвидации шахт и разрезов» [102, 114].

Как уже было указано ранее в нормативно-правовых документах, рекомендациях и работах ученых, экономически выгодно, пологие склоны создавать непосредственно в процессе доработки искусственных ландшафтов и искусственных водоемов. После окончания работ любая доработка обходится намного дороже и не приводит к оптимальным результатам. Наиболее трудоемким становится процесс выполаживания откосов и уступов ниже уровня воды в обводненных к тому времени карьерных выемках [114, 117, 209].

Форма склона определяется его дальнейшим использованием. Для водоемов, предназначенных для купания, отдыха и спорта требуются более пологие склоны, чем для тех, которые будут использоваться для рыбохозяйственного направления или в качестве природоохранного резерва и водохранилища [102, 114, 117, 209].

На рисунке 2.9 приведены профили и параметры элементов склонов искусственных водоемов [114], создаваемых в выработанных или оставленных карьерных выемках.

Таким образом, согласно [66, 74, 75, 79, 102, 111, 114, 117, 168, 169, 209] заполнение выемок и гранитных карьеров строительными отходами возможно и целесообразно при соблюдении всех санитарных норм и правил размещения отходов, а также после проведенных по данным видам отходов экспертиз.

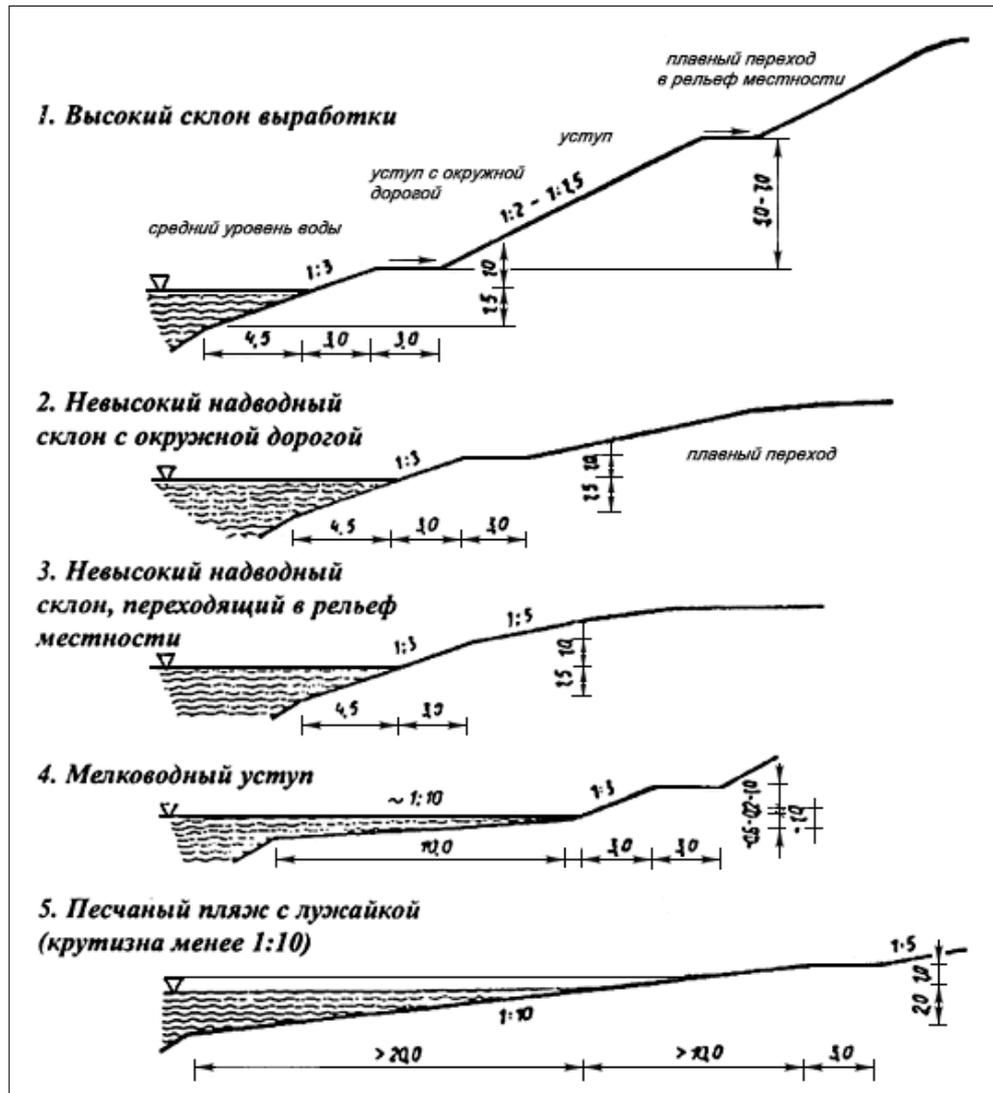


Рисунок 2.9. Профили и параметры склонов искусственных водоемов в остаточных карьерных выемках [102, 114]

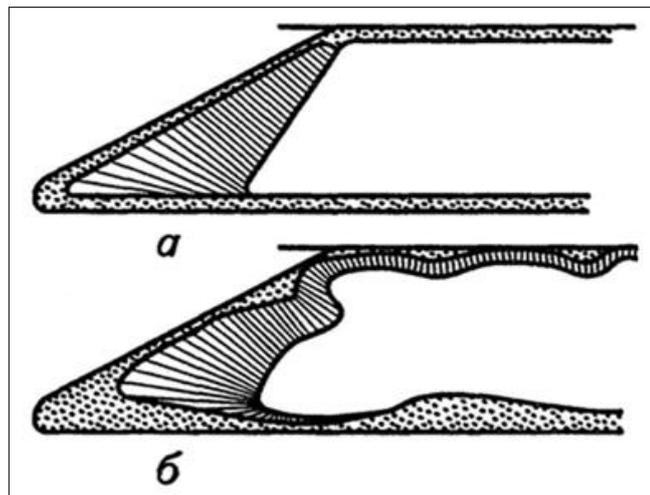
В случае, когда не может быть установлен норматив размещения отхода на конкретном предприятии, вводят ограничение или так называемый лимит на размещение отхода.

Согласно СанПиН 2.1.7.10.38-01, 10.06.96 №01-8/1711, №1746-77, утв. Минздравом СССР 22.08.77, ГОСТ 17.4.1.02–83, от 19.05.2014 № 05-12-44/10285, ГОСТ Р 52108–2003, ГОСТ Р 30775–2001 «Санкционированные и несанкционированные места размещения отходов производства и потребления (полигоны по обезвреживанию и захоронению промышленных и бытовых отходов, шламонакопители, отвалы, терриконы, шлако- и золоотвалы, котлованы, карьеры, выработанные шахты, штольни, подземные полости, используемые для размещения твердых отходов, и

поглощающие колодцы, скважины, используемые для захоронения жидких отходов, а также искусственные сборники, бункера, контейнеры и другие места хранения и захоронения отходов) подлежат инвентаризации. Не подлежат инвентаризации специальные места размещения радиоактивных отходов, кладбища и скотомогильники, относящиеся к ведению атомного, санитарного и ветеринарного надзора, а также места размещения отходов, рекультивированные или надлежащим образом законсервированные после окончания срока их эксплуатации» [66, 74, 75, 79, 111, 168, 169].

Поддержание качества воды на вновь созданных водных объектах с течением времени становится проблемой. Поэтому в состав работ технического этапа рекультивации и обустройства водоема обязательно включаются мероприятия в соответствии с [97, 128, 134–138], направленные на уменьшение поступления загрязняющих веществ или их консервацию на подступах к водному объекту.

В результате исследований А. И. Голованова и Сметанина В. И. «формирование ландшафта будущего водного объекта зависит от придаваемой в плане формы карьерной выработки. Из условия удобства карьерам стараются придать прямолинейную форму» (рисунок 2.10) [117-119, 121, 122, 124–138].



а – прямолинейная форма карьерной выработки в плане после завершения добычи полезных ископаемых или нерудных материалов;
 б – формирование извилистой береговой линии в процессе технического этапа рекультивации обводненного карьера.

Рисунок 2.10 – Карьерные выработки [116]

На форму береговой линии влияет планируемое целевое использование, например, для водного объекта или его части, предназначенных для купания и отдыха, рекомендуется создавать более пологие склоны, а для рыбной ловли – более крутые [117–119, 121, 122, 124–138].

Выводы по главе

1. При проведении анализа научных работ и разработок в области изучения геоэкозащитных свойств материалов были выявлены следующие факты:

- наиболее перспективно и целесообразно использовать схему: снос здания – вывоз – переработка – производство вторичных материалов – производство строительных материалов и конструкций – строительство;

- материалы, полученные с использованием вторичного отсева, будут обладать дополнительными геоэкозащитными свойствами и после истечения срока службы строительных конструкций;

- 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;

- в целях повышения геоэкозащитных мер могут быть использованы вещества по «новому назначению», уже известные в строительстве, например, различные цементы, а также продукты разрушения изделий строительных элементов и фрагментов конструкций, содержащих в своём составе цементные минеральные составляющие.

2. Проведено исследование в области классификации отвалов, полостей и неровностей на поверхности земли и выявлены наиболее оптимальные для определения мероприятий по рекультивации нарушенных земель в результате деятельности человека.

3. Представлен укрупненный алгоритм поиска оптимального направления рекультивации территории.

4. Рассмотрены технологические решения использования гранитных карьеров. Представлены схемы заполнения выемок, установки экранов и основных операций, выполняемых при заполнении выемок. Рассмотрены и предложены конструкции защитных экранов в системе финального перекрытия поверхности выработанного карьера.

5. Предложены и изучены возможные варианты рекультивации полостей на поверхности земли с учётом геоэкологической и экономической потребности территорий. В зависимости от дальнейшего использования рекультивируемых участков определяется их целевое назначение (строительное, лесотехническое, водохранилища и так далее).

Глава 3 Моделирование процессов формирования отходов сноса зданий и сооружений с учетом факторов негативного воздействия на окружающую среду

Экспериментальные исследования модели по причинам содержания в ней математических зависимостей случайных величин реализована методами имитационного моделирования. Под машинной имитацией понимается численный метод проведения на ЭВМ экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение систем различной степени сложности в течение любых периодов времени. Имитация позволяет экспериментально исследовать сложные внутренние взаимодействия в рассматриваемой системе, а детальное наблюдение имитируемой системы позволяет лучше понять систему и разработать такие предложения, которые были бы невозможны без имитации.

В данной работе имитационное моделирование формирования объёмов отходов сноса на территории городских агломераций, логистических цепей и процесса заполнения пустот на поверхности земли на примере гранитных карьеров продуктами сноса. Рассматриваются данные автодорожной, железнодорожной сетей Северо-Западного региона и Ленинградской области.

Построение расчётной схемы. Прогнозирование объёмов вывозимых отходов сноса к местам их захоронения или к объектам заполнения выемок на поверхности земли (гранитных карьеров) требует учёта большого количества вероятностей появления тех или иных событий с высокой долей вероятности, например, количества объектов сноса, количество и виды транспорта необходимого для вывоза с объекта отходов сноса до места захоронения или утилизации, наиболее оптимальный маршрут следования от одного объекта до другого и многие другие факторы.

Для того что бы объективно и наиболее достоверно оценить вышеперечисленные факторы необходимо спланировать и осуществить действия по планированию наиболее приближенные к реальным условиям проведения процесса сноса и перевозки к месту реализации плана, так как провести эксперимент на натуре не представляется возможным. Чаще всего используют математические модели, даю-

щие достоверный результат. Необходимо учитывать, что даже при уже разработанном плане и поставленной задаче могут быть непредвиденные случаи, которые необходимо учитывать при реализации алгоритма. При этом неопределенность возникает не только в результате реализации поставленной задачи, но и вследствие влияния объективных, случайных трудно предсказуемых факторов, природа которых еще полностью не исследована.

Процесс принятия решения – это процесс преобразования имеющейся информации (информация состояния на момент принятия решения о сносе зданий и сооружений) в выходную информацию (информацию о конкретной цепи вывоза отходов сноса в выбранное место утилизации/захоронения). Проблема принятия решения составляет суть любой целенаправленной деятельности человека. Вместе с тем она, несмотря на всё многообразие возможных условий и ситуаций, в которых осуществляется выбор, носит достаточно универсальный характер.

Под расчётной схемой понимается условная схема перевозки между объектами, характеризующая принятыми параметрами, определёнными с заданной надёжностью (вероятностью) на основе полученной статистики.

Выдвинутые положения носят достаточно общий характер. Более близкой, с точки зрения экономии средств, времени и капитальных вложений, будет следующая последовательность принятия решения: анализ исходной ситуации; анализ возможностей выбора; выбор решения; оценка последствий решения и его корректировка, рисунок 3.1.

Решение транспортной задач обычно осуществляется применением методов статистического анализа последствий для обоснования одного или нескольких способов использования имеющихся вариантов и требований, называемого в математической литературе теорией статистических решений.

Методы статистических решений применимы, если реальной ситуации можно дать следующее формальное описание:

Существует набор действий $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m$ по вывозу отходов сноса с объектов сноса/разбора/реконструкции зданий и сооружений. Известны гипотезы о

возможных видах отходов сноса зданий и сооружений на момент реализации планируемых действий: $s_1, s_2, \dots, s_j, \dots, s_n$, то есть, известны объём образовавшихся отходов сноса, их морфология, класс опасности. Они составляют полную группу несовместимых событий. Реализация той или иной гипотезы s_j никак не связана с выбором того или иного варианта вывоза a_i . Выбор решения в задачах такого рода зависит от объективной действительности, называемой в математической модели «природой», а математическая модель таких ситуаций называется игрой с «природой», таблица 3.1.

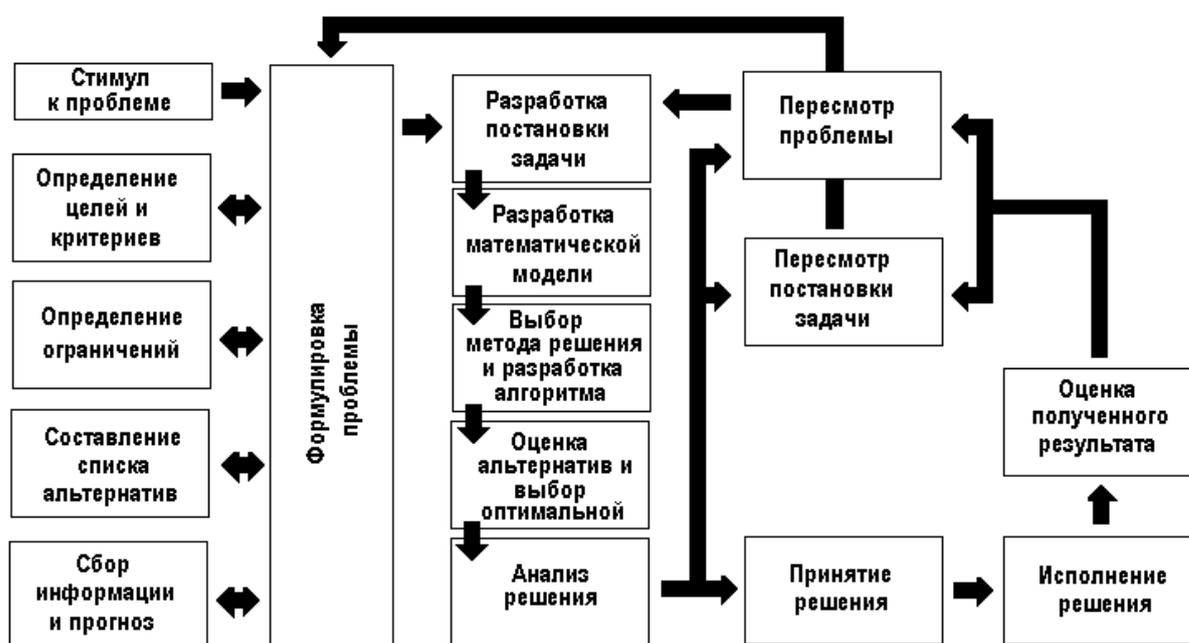


Рисунок 3.1 - Структурная схема принятия решений

Таблица 3.1 – Матрица игры с «природой»

a	S			
	s_1	s_2	...	s_n
a_1	u_{11}	u_{12}	...	u_{1n}
a_2	u_{21}	u_{22}	...	u_{2n}
a_m	u_{m1}	u_{m2}	...	u_{mn}

Каждому варианту вывоза отходов сноса a_i и каждому виду отходов сноса s_j соответствует показатель эффективности выполнения поставленной задачи u_{ij} . Показатели эффективности определяются на основании нормативов лимитов на захоронение, нормативов по их захоронению, методах утилизации отходов сноса (либо

вычисляются с помощью специальных методик). Необходимо определить оптимальный, из числа рассматриваемых, способ действий, то есть такой способ вывоза отходов сноса a_i^* , при котором показатель эффективности выполнения поставленной задачи принимает максимальное значение.

Показатели эффективности u_{ij} выполнения задачи при способе вывоза отходов сноса a_i и виде отходов сноса s_j можно определить, используя принцип Колмогорова, суть которого в том, что при разработке моделей, используемых для вычисления показателей эффективности u_{ij} , должна быть учтена необходимость соблюдения равнозначности вычисления для всех пар a_i, s_j .

Теория статистических решений предусматривает выбор лучшего способа действий путем сравнения математических ожиданий показателей эффективности для всех рассматриваемых вариантов с учетом распределения вероятностей образования отходов сноса.

$$\bar{u}(a_i) = \sum_{j=1}^n p(s_j) \cdot u_{ij} \quad (3.1)$$

При этом одни и те же значения показателя эффективности $\bar{u}(a_i)$ могут быть получены для различных соотношений численных значений параметров $p(s_j)$ и u_{ij} . С точки зрения метода теории статистических решений все такие варианты действий a_i являются равноценными.

Теория статистических решений предлагает несколько критериев оптимальности выбора решений. Выбор того или иного критерия не формализуем, он осуществляется человеком, принимающим решения субъективно, исходя из его опыта, интуиции и тому подобное.

После определения количества/объемов отходов сноса (стекла, древесины, других строительных отходов и примесей в них) и количества отходов сноса (кирпичи, бетон и примеси в строительных материалах) следует определить количество техники, необходимой для вывоза со строительной площадки на пункт перегрузки.

3.1 Метод расчёта и оценка вероятности надёжности вывоза отходов сноса с объекта

Расчетные объемы работ по сносу зданий и сооружений с заданной надёжностью определяются для объекта или группы объектов сноса.

Объёмы работ (количество транспорта, его вид, и так далее) по перемещению отходов сноса к месту захоронения (утилизации или переработка) определяются на основе обосновывающих материалов (проектных соображений) по их вывозу.

Основные задачи обосновывающих материалов по вывозу отходов сноса:

- оценка вероятного вида и объёма вывозимых отходов сноса с объекта (группы объектов, площадок);
- оценка различных методов разбора, сноса зданий, сооружений;
- оценка видов транспорта в логистической транспортной цепи;
- наличие (отсутствие) и объёмы примесей в отходах сноса;
- оценка размеров фракций в объёме отходов сноса;
- разработка возможных вариантов вывоза (перемещения к объекту захоронения) отходов сноса в кратчайшие сроки;
- разработка оптимальных схем вывоза различными видами транспортных средств от места образования отходов сноса до места захоронения;
- определение ориентировочных объёмов вывоза и потребностей в различных видах транспорта (мультимодальная логистика);
- подготовка исходных данных для обоснования количества транспортных средств (автомобилей), видов транспортных средств, грузоподъёмность транспортных средств;
- разработка мероприятий по подготовке (заблаговременной) зданий и сооружений к сносу (разбору), так и непосредственно при их разборе и сносе, а также загрузке и вывозе различными видами транспорта.

Обосновывающие материалы должны в совокупности охватывать все возможные варианты вывоза отходов сноса.

Рассмотрению будут подлежать только те варианты вывоза отходов сноса с объекта (группы объектов, площадок), которые будут наиболее экономически эффективны и оптимальны по временным затратам и трудоёмкости.

По каждому варианту сноса и вывоза с объекта отходов сноса, рассмотренному в обосновывающих материалах, должны быть определены:

- исходные данные, которые положены в основу рассматриваемого варианта сноса и вывоза отходов сноса;
- содержание решения по схеме вывоза отходов сноса;
- способы, объёмы, трудоёмкость и технологические сроки выполнения определённых видов работ, потребность в механизмах и приспособлениях для сноса зданий и сооружений.

Оценка вероятностей вариантов вывоза отходов сноса должна быть полной, то есть сумма вероятностей всех вариантов для одного объекта должна быть равна единице.

$$P_{ij} = \sum P_{iw}P_{iwj} \quad (3.2)$$

где P_{iw} – вероятность w -го вида сноса (разбора) объектов (группы объектов);

P_{iwj} – вероятность j -го варианта вывоза i -го объекта при w -ым виде сноса (разбора).

Таблица 3.2 – Матрица оценки вероятностей вариантов вывоза отходов сноса

	P_{111}	P_{12j}	P_{13j}	P_{14j}	...	P_{iwj}
P_{11}	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	...	P_{1wj}
P_{21}	P_{21}	P_{22}	P_{22}	P_{22}	...	P_{2wj}
...
P_{iw}	P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	P_{i4}	...	P_{ij}

В результате разработки обосновывающих материалов по каждому из n -объектов имеются m_i ($i=1 \dots n$) вариантов вывоза с показателями вероятности каждого варианта p_{ij} ($j=1 \dots m$) и объёмов различных видов работ v_{rij} ($r=1 \dots R$) по этим вариантам.

Это позволяет выполнить вероятностную оценку расчётных объёмов работ по вывозу отходов сноса.

При этом предполагается, что расчётные объёмы количества транспорта загружены полностью и коэффициент их использования по времени равен единице.

Плановый срок выполнения по вывозу отходов сноса зависит от допустимого перерыва в движении транспорта и от планируемого объёма перевозок по каждому направлению логистической цепи или по сети в целом.

Таким образом, задача определения потребностей в количестве транспорта для вывоза отходов сноса сводится к определению максимально допустимого срока выполнения работ по вывозу отходов сноса и расчётного объёма работ.

Суть метода заключается в переборе возможных сочетаний вариантов по видам вывоза образующихся отходов сноса с определением в каждом k -ом случае объёма вывозимого отходов сноса $V_{\text{вывоз.м.}}$ и вероятность такого сочетания P_k .

Полученное множество ранжируется по убыванию объёмов вывозимых отходов сноса (количества транспортных средств) и из него исключается такое количество сочетаний с максимальными объёмами работ, суммарная вероятность которых не более $((1-\beta), \beta$ - надёжность решения (доли единицы)).

Максимальное из оставшихся значений и является расчётным объёмом работ $V_{\text{кол.}}^{\text{расч.}}$. Более подробно методика расчёта и оценка вероятности надёжности вывоза отходов сноса с объекта рассмотрена в [202].

3.2 Метод статистических испытаний

Метод основывается на использовании генератора псевдослучайных чисел, имитирующего вероятность возникновения того или иного варианта вывоза отходов сноса с объектов (площадок) сноса (разбора).

В очередном испытании организуется просмотр объектов сноса (разбора) и для каждого из них моделируются его взаимное сочетание того или иного варианта вывоза отходов сноса. Номер варианта ijk для i -го объекта в k -ом испытании определяется условием:

$$\varepsilon_{ik} \leq \sum_{c=1}^{c=m_1} p_{ic} \quad (3.3)$$

где ε_{ik} – моделируемое в k -ом испытании для j -го объекта случайное число, равномерно моделируемое на отрезке $[0...1]$;

p_{ic} – вероятность c -го варианта вывоза с i -го объекта;

m_i – количество вариантов вывоза i -го количества отходов сноса.

По формуле объёма работ для k -го сочетания вариантов вывоза отходов сноса с объектов определяется суммарный объём работ в k -ом испытании. Общее количество испытаний K может определяться, например, в соответствии с рекомендациями Е. Б. Сизова «Проблема материального обеспечения железнодорожных войск в операциях: Диссертация на соискание учёной степени доктора военных наук. Л.: ВАТТ, 1987, 333с.» [176]

С другой стороны, поскольку заранее известно значение выборочного среднего (оно равно математическому ожиданию объёма работ и может быть предварительно рассчитано), то количество испытаний можно заранее не устанавливать, а прекращать их по условию:

$$\left| \frac{V_K^{CP} - m(V)}{m(V)} \right| \leq \varepsilon \quad (3.4)$$

где ε – допустимая относительная точность расчётов;

V_K^{CP} – значение выборочного среднего, полученное по результатам K испытаний;

$m(V)$ – математическое ожидание объёма вывоза отходов сноса.

При заданной надёжности решения β полученный ряд из K значений объёмов работ ранжировать по убыванию значений, то первые $(1-\beta)$ максимальных значений можно отбросить и расчётным будет объём $V^\beta = V_x$, где $X = \text{int}[K*(1-\beta)] + 1$.

Результаты решения вышеизложенной задачи должны давать определенную гарантию, количество транспортных средств, выделяемых для вывоза отходов сноса, будет достаточно. Мерой такой гарантии будет являться надёжность принятого решения.

Общее количество возможных сочетаний вариантов может выражаться весьма внушительной цифрой, что делает абсолютно невозможным расчёты без применения пакетов прикладных программ и встроенных функций.

При большом количестве сочетаний вариантов полагается (без приведения сторонних доказательств), что распределение вероятностей объёмов отходов сноса точно описывается нормальным законом распределения, а это позволяет оценивать расчётный объём работ по формуле:

$$V^{\beta} = \sum_i m(v)_i + \alpha_{\beta} \sqrt{D(V)_i} \quad (3.5)$$

где $m(v)_i$ – математическое ожидание объёма отходов сноса на i -ом объекте;

$D(V)_i$ – дисперсия объёмов отходов сноса на i -ом объекте;

α_{β} – коэффициент, определяемый заданной надёжностью решения.

Фактическое распределение вероятностей описывается эмпирической кривой.

Определение расчётного объёма работ через нормальное распределение является крайне приближённым, по сравнению с точным методом перебора и анализа сочетаний вариантов.

Как отмечалось ранее, потребность в силах и технических средствах (транспортных средствах) для вывоза отходов сноса с объекта (объектов, площадок) определяется двумя факторами – расчётными объёмами вывоза и плановыми сроками их выполнения (3.5). В свою очередь, плановый срок выполнения конкретного i -го вида вывоза зависит от допустимого перерыва в движении внутри логистической цепи, срока вывоза отходов сноса, затрат времени на подготовку основных работ по вывозу отходов сноса после выполнения работ i -го вида.

Тогда потребность для конкретного вида работ будет выглядеть следующим образом:

$$\Pi_r = \frac{V_r^{\beta}}{t^{\delta} - t^{\gamma} - t^{np} - t^{\varphi}} \quad (3.6)$$

где Π_r – требуемые производственные возможности технических средств для выполнения работ по вывозу r -го вида (ед. об. работ/сутки);

t^δ – допустимый перерыв в движении транспортных технических средств (сут.);

t^γ – срок подготовки (развёртывания) работ по вывозу отходов сноса (сут.);

t^{np} – затраты времени на подготовку работ;

t^φ – срок завершения работ по вывозу отходов сноса.

Как говорилось ранее, допустимый перерыв в движении транспортных средств определяется исходя из требуемого объёма перевозок (и должен обосновываться и задаваться органами транспортных сообщений).

Критерии рациональности организации утилизации отходов сноса рассмотрены ранее.

Основной критерий рациональности организации утилизации отходов сноса должен, прежде всего, количественно отражать главную цель перевозки отходов сноса к месту утилизации (захоронения) – обеспечение заданных перевозок с оптимальными технико-экономическими показателями.

Ресурсы, выделенные для перевозки и утилизации отходов сноса, техническую характеристику дорожной сети (логистической цепи), а также потребность (заявка) на перевозку (транспортировку отходов сноса) по этой дорожной сети следует считать заданными.

Однако, поскольку состояние дорожной сети, наличие (отсутствие) заторов, объездов, аварий, ремонтов не может быть заранее предсказано однозначно, критерий имеет вероятностный характер.

Наиболее полно цели вывоза с целью утилизации или захоронения отходов сноса отвечает следующая постановка задачи: найти такую расстановку имеющихся ресурсов в техническом обеспечении вывоза отходов сноса для утилизации, которая сможет максимально обеспечить надёжность β выполнения заданных перевозок:

$$\beta = p(W^{\text{факт}} \geq W^{\text{задан}}) \rightarrow \max \quad (3.7)$$

где $W^{\text{факт}}$ – объём перевозок, заданный для выполнения вывоза в течении определённого периода T ;

$W^{\text{задан}}$ – объём перевозок, который фактически может быть реализован за тот же период T ;

Вид кривых распределения можно вычислить с помощью встроенных функций или при помощи пакетов прикладных программ.

Однако из [216 – 218] следует, что при прочих равных условиях надёжность возрастает с увеличением математического ожидания \bar{W} объёма перевозок по вариантам вывоза, то есть $\bar{W}_2 > \bar{W}_1$, то и $\beta_2 > \beta_1$.

Поэтому в качестве второго более доступного для вычисления варианта критерия рациональности организации перевозки (вывоза) отходов сноса можно принять \bar{W} – математическое ожидание приведённого количества технических средств для вывоза отходов сноса, доставляемых в пункт выгрузки (утилизации, захоронения, перегрузки) из пунктов их погрузки (площадок) за период T : β

$$\bar{W} = \sum_{s=1}^n p_s \sum_j K_j^{\text{важ}} \sum_{\tau=1}^T \omega_j \tau s K^{\text{зн}} \rightarrow \max \quad (3.8)$$

где $\omega_j \tau s$ – интенсивность потока перевозок, выполняемых по заявке j в τ -е сутки ($\tau=1, 2, \dots, T$), периода T при s -м состоянии ($s=1, 2, \dots, n$) транспортной сети (автопоездов, транспорта в сутки);

p_s – вероятность s -го состояния транспортной сети;

$K_j^{\text{важ}}$ – коэффициент важности пропуска автопоезда, автоколонны транспортных средств по заявке j относительно транспортных средств из других заявок, зависящих от вида отходов сноса и требуемой дальности его перевозки;

$K^{\text{зн}}$ – коэффициент значимости перевозки в τ -е сутки относительно перевозок в другое время.

Объём W_s численно равен интенсивности перевозок по транспортно-логистической цепи:

$$W_s = \sum_j K_j^{\text{важн.}} \sum_{\tau=1}^T \omega_j \tau s K_{\tau}^{\text{зн}} \quad (3.9)$$

Из выше сказанного [220] следует, что критерий $W_s \rightarrow \max$ (а значит и $\bar{W} \rightarrow \max$) эквивалентен критерию $\Delta W_s \rightarrow \min$ (а значит и $\Delta \bar{W} \rightarrow \max$).

Величину ΔW (математического ожидания потерь приведённого объёма перевозок вследствие невозможности перевозок по причине аварий, изменения маршрута (схемы проезда), ремонта дорог и так далее), а также можно считать критерии рациональности организации схемы вывоза отходов сноса.

В отличие от \bar{W} он не связан с продолжительностью расчётного периода и непосредственно связан с эффективностью решения для схемы вывоза.

Пример аналоговой схемы вывоза в общем виде представлен на рисунке 3.2.

При организации схемы вывоза отходов сноса с объектов следует так же учитывать недопустимость дробления объектов сноса и цепи вывоза на мелкие части, необходимость увязки организации схемы вывоза отходов сноса, а также желательность эффективного использования ресурсов технических средств (транспорта, автомобилей) для повышения пропускной способности транспортной сети. Эти дополнительные требования при использовании критерия $\Delta \bar{A}$ (критерий потери) вводятся в модель задачи планирования вывоза отходов сноса, по транспортной сети в качестве ограничений и учитывается в процессе анализа полученных результатов для принятия окончательного решения по организации вывоза отходов сноса по выбранной транспортной сети.

В некоторых изученных ранее работах, в качестве критерия рациональности организации вывоза отходов сноса по транспортной сети предлагается принять математическое ожидание общего времени следования $T_{след.}$ транспортных средств, включённые в план перевозок, из пунктов их погрузки (объекты и площадки сноса) пункты выгрузки (или передачи на следующий этап транспортной цепи):

$$\bar{T}_{след.} = \sum_{s=1}^n p_s \sum_{i=1}^k (t_{is}^{(n)} - t_{is}^{(o)}) * K_i^{(важ.)} \rightarrow \min \quad (3.10)$$

а)



б)

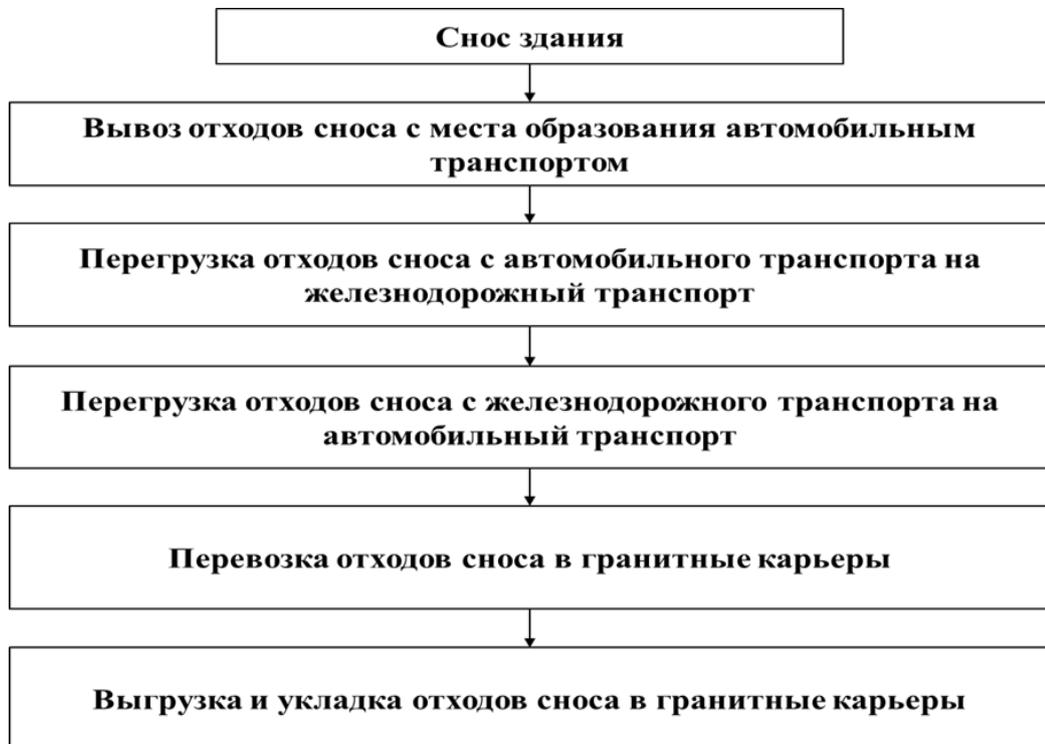


Рисунок 3.2 – Аналоговая схема вывоза отходов сноса
 а – разборка (снос) здания; б – перемещение отходов сноса.

где $t_{is}^{(n)}$, $t_{is}^{(o)}$ – время прибытия и отправления i -го транспорта ($i=1, 2, \dots, k$) при s -м варианте состояния транспортной сети ($s=1, 2, \dots, n$).

p_s – вероятность s -го состояния транспортной сети;

$K_i^{(\text{важ.})}$ – коэффициент важности i -го транспорта.

Этот критерий имеет вполне чёткий смысл, прямо отражает цель вывоза отходов сноса, но процесс вычисления довольно сложный. Он требует составления множества вариантов расписания движения транспортных средств (автомобилей, поездов и так далее) при различных вариантах организации вывоза отходов сноса и организации перевозки до места утилизации (захоронения).

Даже решение данной задачи при помощи пакетов прикладных программ или встроенных функций может решаться только при условии введения многих допущений.

Определение расчётных объёмов работ по вывозу и утилизации отходов сноса

В связи с тем, что объёмы отходов сноса на объектах и площадках, которые предназначены для вывоза и утилизации зависят от многих неопределённых и случайных факторов, объёмы работ по вывозу и утилизации, как правило, не должны прогнозироваться однозначно. При планировании схемы вывоза целесообразно ориентироваться на так называемые расчётные объёмы работ. Под расчётным понимается такой объём работ по вывозу отходов сноса с отдельного объекта или группы объектов, который фактически не будет превзойдён с заданной степенью надёжности.

Расчётные объёмы необходимо оценивать для каждого вида работ в отдельности на основе многовариантных проектных соображений.

Всегда следует расчёты вести на максимальные возможные объёмы работ по вывозу с каждого из объектов, то есть обеспечивать надёжность факта вывоза с этих объектов равную 1,0. Однако это может привести к нереально большому числу транспортных средств. Кроме того, при значительном числе объектов сноса или

разбора возникновение максимальных объёмов работ по вывозу отходов сноса одновременно на каждом из объектов является весьма маловероятным событием.

Практически в расчётах по вывозу отходов сноса с объектов по слаборазработанной схеме или слишком загруженной схеме, когда перевозки не могут быть переключены на дублирующие дорожные сети или другие виды транспорта, расчётную надёжность вывоза следует принимать 0,8 – 0,9. При густой сети дорог и путей сообщения, когда имеется возможность манёвра потоками транспортных средств надёжность вывоза может снижаться до 0,7 и даже до 0,6

Для группы из двух объектов сноса следует предварительно построить ряд распределения суммарного объёма работ посредством прямого перебора возможных сочетаний состояний этих объектов.

Методика определения расчётных объёмов работ по вывозу отходов сноса с нескольких объектов одновременно (утолщённая линия) иллюстрируется на рисунке 3.3. Рисунок подтверждает справедливость неравенства:

$$V_{\beta(1+2)} \ll V_{\beta 1} + V_{\beta 2} \quad (3.11)$$

Следовательно, объединение объектов сноса в группу или группы с обеспечением готовности к вывозу техническими средствами перевоза и перегруза между объектами в зависимости от обстановки, позволяет снизить расчётные объёмы работ по вывозу отходов сноса, а значит и потребность в ресурсах транспортных средств (а при заданных ресурсах – повысить надёжность вывоза отходов сноса с объектов).

Так для вывоза в срок, не превышающий заданного количества времени с надёжностью не менее 0,8 необходимо привлечь силы со следующими производственными возможностями:

– при жёстком графике вывоза определёнными видами транспортных средств с объекта:

$$\Pi_{\beta 1} + \Pi_{\beta 2} = \frac{V_{\beta 1} + V_{\beta 2}}{\tau_{\beta}} \quad (3.12)$$

– при возможности маневра ресурсами в зависимости от обстановки:

$$P_{\beta(1+2)} = \frac{V_{\beta(1+2)}}{\tau_B} \quad (3.13)$$

В первом случае обеспечивается общая надёжность движения в установленный срок ($\beta_1 * \beta_2$), во втором случае эта надёжность вырастает $\beta(1+2)$.

Рис. 3.3. показывает, что по мере увеличения числа объектов вывоза входящих в группу, график $p(V_{факт.} \leq V)$ постепенно приближается к идеальной форме, отражающей нормальный закон распределения случайной величины.

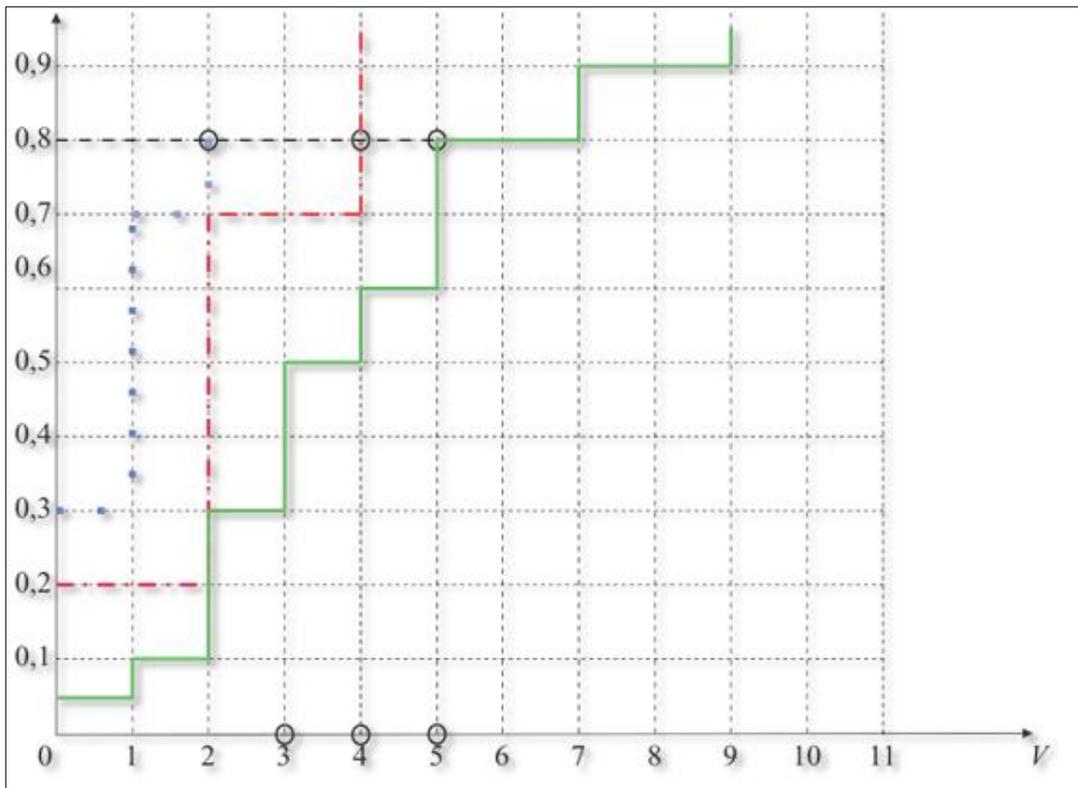


Рисунок 3.3 – Графическое определение расчетных объемов работ по вывозу отходов сноса с объектов

Определение расчетного объема работ через нормальное распределение является крайне приближенным, по сравнению с точным методом перебора и анализа сочетаний вариантов.

Как уже отмечалось ранее, потребность в силах и технических средствах (транспортных средствах) для вывоза отходов сноса с объекта (объектов, площадок) определяется двумя факторами – расчетными объемами вывоза и плановыми

сроками их выполнения. В свою очередь, плановый срок выполнения конкретного i -го вида вывоза зависит от допустимого перерыва в движении внутри логистической цепи, срока вывоза отходов сноса, затрат времени на подготовку основных работ по вывозу отходов сноса (разбора) после выполнения работ i -го вида.

Расчётный объём работ по вывозу и перемещению на утилизацию отходов сноса с объектов можно определить по аналоговой методике, располагая соответствующими проектными соображениями по вариантам вывоза с отдельных объектов.

Однако поскольку в настоящее время вероятность сноса зданий и вывоза отходов сноса в места утилизации или захоронения считается примерно одинаковой (следовательно, равной 0,5), то для обеспечения вывоза отходов сноса с объектов с достаточно высокой надёжностью расчётные объёмы работ оцениваются на основе проектных соображений по вывозу с этих объектов.

Зачастую, в качестве расчётного принимается тот единственный вариант вывоза отходов сноса, который представляется наиболее вероятным.

Очевидно, что для промежуточных вариантов вывоза с малозначимых объектов, которые маловероятны, расчётные объёмы должны определяться по варианту обычного вывоза. То же относится к оценке расчётного расхода тех ресурсов, которые используются только в случае вывоза с крупных объектов.

Наряду с выше выполненными вычислениями и моделированием необходимо отметить тот факт, что объёмы образующихся отходов сноса при больших объёмах сноса необходимо вывозить к местам утилизации или захоронения в полном их объёме. Так как в нашем случае подразумевается вывоз отходов сноса в отработанные карьеры, то необходимо определить объёмы образовавшихся отходов сноса, объём места захоронения и время заполнения выемки на поверхности земли в полном объёме, с целью дальнейшей рекультивации полученных территорий с последующим их использованием.

3.2.1 Расчёт массы и объёма вывозимых отходов сноса зданий

В связи с выбором (по трём вариантам) автомобилей нет возможности вывозить панели целиком (расшитые конструкции, блоки сан.узлов, ванных комнат). Поэтому вывозу будет подвергаться только отходы сноса.

Так как плиты в зданиях имеют размеры 31800X27720X400 (мм) (ШxВxТ) и 26000X27720X400 (мм) с трёхстворчатыми и двухстворчатыми окнами соответственно, общий объём (в кг) отходов строительства будет равен:

$$m = p \times (Ш \times В \times Т),$$

где p – плотность бетона ($p=1800\text{кг/м}^3$).

Масса одной большой плиты

$$m_{б.п.} = p \times (Ш \times В \times Т) = 1800 \times (3,180 \times 2,772 \times 0,4) = 6348,7712 \text{ кг}$$

Масса одной малой плиты

$$m_{м.п.} = p \times (Ш \times В \times Т) = 1800 \times (2,600 \times 2,772 \times 0,4) = 5189,184 \text{ кг}$$

Масса одной боковой плиты

$$m_{бок.п.} = p \times (Ш \times В \times Т) = 1800 \times (5,760 \times 2,772 \times 0,4) = 11496,0384 \text{ кг}$$

Количество плит в фасадах одного дома:

Большие плиты – 8 шт.

Малые плиты – 18шт.

Боковые плиты – 4 шт.

Соответственно 1 этаж дома будет «весить»:

$$m_{б.п.} = 8 \times 6348,7712 = 50790,1696 \text{ кг}$$

$$m_{м.п.} = 18 \times 5189,184 = 93405,312 \text{ кг}$$

$$m_{бок.п.} = 4 \times 11496,0384 = 45984,1538 \text{ кг}$$

$$\sum \text{всех плит 1 этажа} = 190179,6352 \text{ кг}$$

Так как этажей в доме – 5, то

$$\sum \text{ всех плит дома} = 5 \times 190179,6352 = 950898,176 \text{ кг}$$

- масса фасадов (всего 4 фасада) дома.

В связи с тем, что в «квартал реновации» попадает 56 домов данного типа, то

$$\sum \text{ фасадов 56 домов} = 53250297,856 \text{ кг}$$

Масса 1 плиты (стены) межкомнатной:

$$m_{\text{межком.п.}} = p \times (\text{Ш} \times \text{В} \times \text{Т}) = 1000 \times (0,24 \times 2,790 \times 4,384) = 2935,5264 \text{ кг}$$

Масса 1 плиты (пол/потолок) межэтажной:

$$m_{\text{межэтаж.п.}} = p \times (\text{Ш} \times \text{В} \times \text{Т}) = 1000 \times (0,14 \times 3,16 \times 5,04) = 2229,696 \text{ кг}$$

Межкомнатных плит в одном доме – 450 шт.

Межэтажных плит в одном доме – 775 шт.

Масса одного дома данной серии = 3374294,336 кг.

Масса всех домов данной серии, в «квартале реновации» = 188960482,816 кг.

Строительный объём здания (вероятный объём отходов сноса после сноса здания/сооружения)

Полученная при расчете величина будет равна кубическим метрам. Строительный объём здания входит в проектно-сметную документацию.

В случае если документов нет, то расчет можно производить путем самостоятельных обмеров.

Формула расчёта строительного объёма здания

Чтобы посчитать строительный объём необходимы основные размеры строения, сооружения.

L - длина здания,

L1 - ширина,

h - высота по боковой стене,

Самая простая формула предполагает вычисление объёма прямоугольника, где высота умножается на длину и на ширину здания.

Формула: $L \cdot L_1 \cdot h = V$.

В соответствии с выше указанными формулами – расчётные данные по объёму отходов сноса соответственно будут равны 8333350502,40 м³

Расчётный объём выработанного карьера:

Карьер «Возрождение» компании «Гранит-Кузнечное», входящей в группу ЛСР. Ширина карьера составляет более 1 км, рабочая высота карьера составляет 700 метров, площадь 51 га:

$$H_{\text{к.к.}} = \frac{-P + \sqrt{P^2 - 4\pi(S - m_{\Gamma} \times L_{\text{д}}(1 + k_{\text{гр}}))}}{2\pi \text{ctg} \beta_{\text{н}}}$$

где m - горизонтальная мощность залежки

$$m_{\Gamma} = m / \sin \beta;$$

P – периметр дна карьера;

$$P = (L_{\text{д}}/B_{\text{д}}) \times 2$$

S – площадь дна карьера;

$$S = L_{\text{д}} \times B_{\text{д}}$$

$L_{\text{д}}$ - длина залежи по простиранию, м;

$B_{\text{д}}$ - ширина дна карьера, изменяется в зависимости от применяемой техники ($B_{\text{д}} = 30 - 40$).

Соответственно, расчетный объем заполняемой полости будет равен 19600000 м³

Аналитический метод расчета конечной глубины карьера, используемый в теоретических расчётах при разработках карьеров полезных ископаемых, является приближенным, так как при его использовании не учитывает ряд горно-геологических, топографических особенностей месторождения. Более точное решение вопроса можно получить при использовании графического и графоаналитического методов, а также методов сравнения вариантов.

3.3 Имитационная модель образования, вывоза и захоронения отходов сноса с последующей рекультивацией выемок на поверхности земли на примере гранитных карьеров

Для выполнения поставленных задач диссертационного исследования были поставлены следующие задания:

- 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.

Цель математической модели определяется основными параметрами, которые она позволяет рассчитывать при заданных исходных данных. Рассмотренные выше варианты образования отходов сноса, методов их сбора, видов транспортировки и оценки ожидаемых результатов могут быть приняты в качестве основы для разработки модели прогнозирования вероятности реализации перевозок при различных планах вывоза отходов сноса и определения расчётных объёмов работ по вывозу отходов сноса.

На рисунке 3.4 представлена расчётная схема обоснованию модели прогнозирования реализации отходов сноса/разборки зданий и сооружений.

В теории статистических решений для определения оптимального способа действий должны быть известны:

- гипотезы о возможных видах отходов сноса зданий и сооружений на момент выполнения планируемых действий s_1, s_2, \dots, s_n , которые должны составлять полную группу попарно несовместных событий;
- набор действий по вывозу отходов сноса с объектов сноса/разбора/реконструкции зданий и сооружений (варианты) a_1, a_2, \dots, a_m , из числа которых требуется определить оптимальный способ a_i^* ;
- распределение вероятностей гипотез о видах отходов сноса зданий и сооружений на момент выполнения планируемых действий $p(s_1), p(s_2), \dots, p(s_n)$;

– показатели эффективности выполнения поставленной задачи для всех гипотез о видах отходов сноса зданий и сооружений и всех рассматриваемых способах выполнения планируемых действий u_{ij} ($i=1..m; j=1..n$).

Гипотезы о видах отходов сноса зданий и сооружений на момент выполнения планируемых действий выявляются, а возможные способы выполнения планируемых действий разрабатываются с учетом поставленной задачи по результатам оценки обстановки. Для вычисления вероятностей появления гипотез $p(s_j)$ используются либо статистические данные, либо специальные модели. Расчеты показателей эффективности u_{ij} выполняются по аналитическим зависимостям (3.19 - 3.20).

Постановка задачи в таком виде относится к категории задач из области статистических решений в условиях риска, то есть в условиях, когда гипотезы о возможных состояниях вывоза известны. Следовательно, существуют две матрицы: матрица вероятностей гипотез о видах обстановки $p(s_j)$ (таблица 3.3) и матрица показателей эффективности u_{ij} (таблица 3.4).

Таблица 3.3 – Матрица вероятностей гипотез о видах отходов сноса зданий и сооружений на момент выполнения планируемых действий $p(s_j)$

S	s_1	s_2	...	s_j	...	s_n
$p(s_j)$	$p(s_1)$	$p(s_2)$...	$p(s_j)$...	$p(s_n)$

Таблица 3.4 – Матрица показателей эффективности

a	S			
	s_1	s_2	...	s_n
a_1	u_{11}	u_{12}	...	u_{1n}
a_2	u_{21}	u_{22}	...	u_{2n}
...
a_m	u_{m1}	u_{m2}	...	u_{mn}

После того как матрицы $p(s_j)$ и u_{ij} наполнены, необходимо определить оптимальный способ действий. Для этого требуется вычислить математические ожидания показателей выбора объекта сноса для каждого из способов сноса зданий a_i :

$$\bar{u}(a_i) = \sum_{j=1}^n p(s_j) \cdot u_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.18)$$

Используя указанную выше информацию, следует определить оптимальный способ сноса зданий или сооружений a_i^* , из числа рассматриваемых, при котором показатель выбора объекта сноса $\bar{u}(a_i)$ принимает максимальное значение:

$$R(a^*) \rightarrow \max_i \{\bar{u}(a_i)\} \quad (3.19)$$

Применение способа a^* в условиях, соответствующих учтенным в модели, гарантирует лучший результат, чем применение других способов. С другой стороны, оптимальным является, то действие a^* , при котором математическое ожидание риска минимально:

$$\bar{r}(a^*) = \min_i (r_i) \quad (3.20)$$

где:

$$r_i = \sum_{j=1}^n p(s_j) \cdot r_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

Определение оптимального способа действий при использовании для вычислений показателей выбора способах выполнения планируемых действий u_{ij} или риска r_{ij} приводит к одному и тому же результату.

В действительности принимать решения чаще всего приходится в условиях неопределенности, при недостаточной и недостоверной информации об объективном состоянии окружающей эти задачи среды [88, 89]. Неопределенность такого типа порождается различными причинами: неполные (необъективные) данные об объектах сноса (отсутствие строительной документации на здание), реконструкция зданий, частичный разбор или снос зданий, разрушенных в результате стихийных или техногенных бедствий. Таким образом, объективные данные о состоянии видов отходов сноса s_j получить невозможно.

В теории статистических решений, если невозможно объективно получить такие оценки применяют субъективные. Критерии Гурвица, Байеса, Вальда и Сэви-

джа уже давно и прочно вошли в теорию принятия решений (рисунок 3.5). Ситуации, когда применяются эти критерии и правила выбора оптимальных решений по ним представлены [89, 93, 118–159].

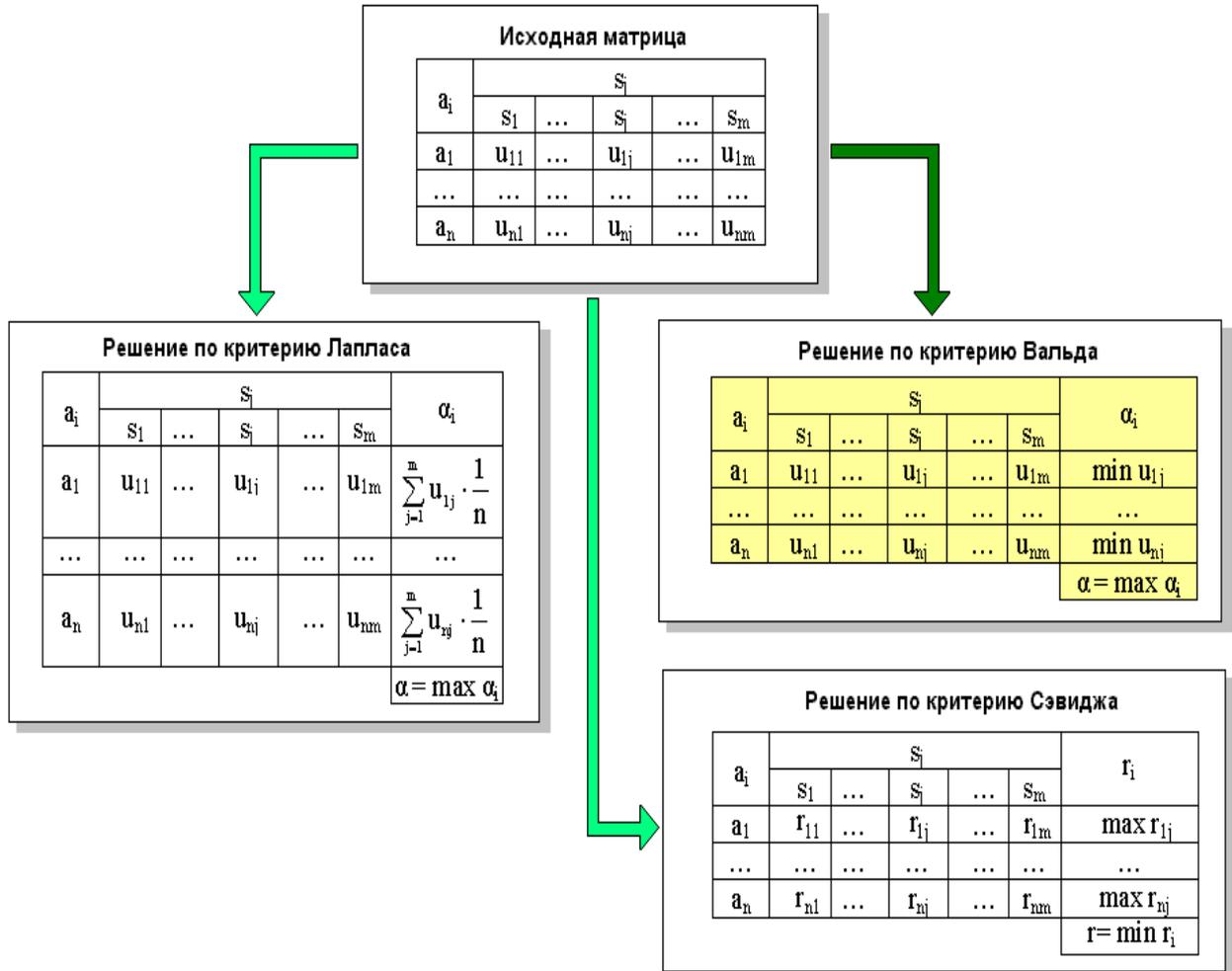


Рисунок 3.4 – Схемы решений задачи по разным критериям

Общие рекомендации по выбору того или иного критерия дать затруднительно. Стоит отметить, что если не допустим даже минимальный риск, то следует применять критерий Вальда; если определенный риск вполне допустим, то можно воспользоваться критерием Сэвиджа, критерий Байеса заключается в определении статистически наибольшего среднего результата, максимального математического ожидания события, критерий оптимизма (максимакса, крайнего оптимизма) – заключается в том, что критерии для каждой стратегии (строки) определяется наибольший достижимый результат как максимальный элемент в строке.

Критерий Гурвица используется в основном для анализа больших матриц на этапе предварительных решений для выявления сильных и слабых сторон принятого решения. В некоторых работах [197 – 201] рекомендуют одновременно применять поочередно рассмотренные критерии. Если рекомендации, вытекающие из различных критериев, совпадают, то можно смело выбирать рекомендуемое ими решение. Если же рекомендации не совпадают, то среди нескольких вариантов, отобранных в качестве оптимальных, приходится выделять некоторое окончательное решение на основе некоторых дополнительных введенных показателей.

Под машинной имитацией понимается численный метод проведения на ЭВМ экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение систем различной степени сложности в течение любых периодов времени. Имитация позволяет экспериментально исследовать сложные внутренние взаимодействия в рассматриваемой системе, а детальное наблюдение имитируемой системы позволяет лучше понять систему и разработать такие предложения, которые были бы невозможны без имитации.

В соответствии с работами С. В. Милославской, К. И. Плужникова, Балалаева А. С., Леонтьева Р. Г. в области мультимодальных перевозок и построения логистических цепей были предложены «для формирования плана вывоза отходов сноса с площадок их образования/хранения/перегрузки с помощью железнодорожного транспорта необходимо применение модели формирования транспортной логистической цепи в прямом железнодорожном сообщении.

Перевозчики занимаются организацией маршрутных перевозок массовых грузов с подъездных путей, а также перевозок с участием нескольких видов транспорта (как правило автомобильного), особенно когда это касается отправок грузов отдельными вагонами или отправок специфических грузов» [159].

На основе работ Балалаева А. С. и Леонтьева Р. Г. был разработан «Алгоритм формирования транспортной логистической цепи [159]. Процесс формирования транспортных логистических цепей в общем виде состоит из следующих этапов:

Железная дорога получает заказ на перевозку, поэтому целью формирования транспортной логистической цепи является организация доставки груза от пункта отправления до пункта назначения (рисунок 3.5) [159].

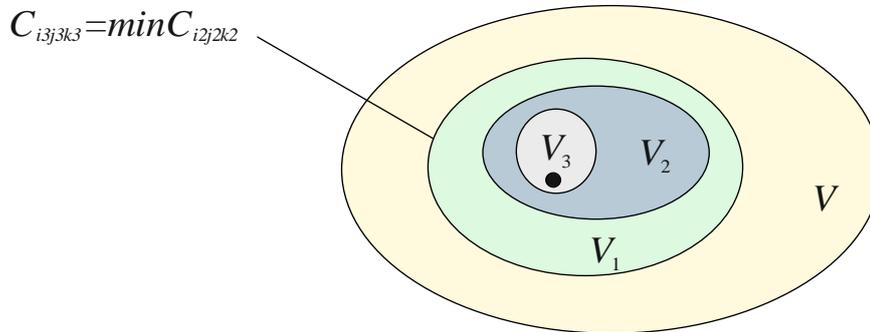


Рисунок 3.5 – Процесс определения наилучшей транспортной логистической цепи путём поэтапного формирования множеств V_1 , V_2 , V_3 [159].

Этапы алгоритма формирования логистической цепи:

1. Общие критерии для формирования перевозки (поступают от заказчика)
 - срок и точность поставки, сут;
 - стоимость доставки, то есть $C_{дост} \leq C_{клиент}$;
 - обеспечение сохранности груза.
2. Формирование возможных подсистем, обеспечивающие реализацию доставки груза получателю.

Согласно разработанному Балалаевым А. С. и Леонтьевым Р. Г. алгоритму «на уровне станции отправления рассматриваются различные варианты по организации завоза груза, выполнения погрузочно-разгрузочных и складских работ, уборки вагонов с мест погрузки и постановки их в поезда для следования на станцию формирования. При этом разнообразие вариантов определяется большим числом факторов, к числу которых относятся:

- при организации завоза груза – принадлежность автотранспорта [159];
- при выполнении погрузочно-разгрузочных и складских работ – возможность организации прямого варианта перегрузки «автомобиль – вагон» [159];
- при уборке вагонов с мест погрузки и постановке их в поезда – степень согласованности графиков уборки вагонов с грузового двора и отправления на станцию формирования поездов» [159].

В результате комбинаций различных факторов на всех этапах прохождения груза в первой подсистеме формируется n -ое число вариантов, для каждого из которых определяется продолжительность нахождения груза в первой подсистеме t_{1i} и затраты на реализацию данного варианта работы C_{1i} где i – порядковый номер варианта, $i = 1 \dots n$ [159].

Совокупность рассмотренных выше математических зависимостей и составляет содержание математической модели расчетной схемы к обоснованию модели прогнозирования вывоза отходов сноса/разборки зданий и сооружений представленной на рисунке 3.6. Содержание математических зависимостей, неопределенный характер исходных данных, чаще всего в виде случайных величин в некотором установленном на данном этапе исследований диапазоне, указывает на необходимость реализации модели методами имитационного моделирования.

**Получение/формирование исходных данных
(расчетные объемы работ сноса)**
 $m = p \times (\text{Ш} \times \text{В} \times \text{Т})$ – масса; $V = L \cdot L_j \cdot h$ – объем

	s			
a	s ₁	s ₂	...	s _n
a ₁	u ₁₁	u ₁₂	...	u _{1n}
a ₂	u ₂₁	u ₂₂	...	u _{2n}
a _m	u _{m1}	u _{m2}	...	u _{mn}

**Несколько
видов
транспортных
средств**

**Объём отходов сноса превышает
расчетный объем, невозможность
вывоза одним видом транспорта**
 $\beta = p(W_{\text{факт}} \geq W_{\text{задан}}) \rightarrow \max$

**Определение количества транспортных средств для
вывоза расчётного объема отходов сноса**

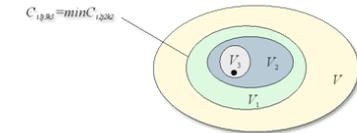
$$W_s = \sum_j K_j^{\text{важн.}} \sum_{\tau=1}^T \omega_j \tau s K_{\tau}^{\text{зн.}}$$

**Один вид
транспортных
средств**

Количество отходов сноса ≤ расчетному объему
 $V_{\beta(1+2)} \ll V_{\beta 1} + V_{\beta 2}$

Выбор оптимального варианта вывоза отходов сноса

$$\bar{u}(a_i) = \sum_{j=1}^n p(s_j) \cdot u_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$



Вывоз отходов сноса по полученной оптимальной схеме

Рисунок 3.6. Расчетная схема к обоснованию модели прогнозирования вывоза отходов сноса/разборки зданий и сооружений

Согласно методики Балалаева А. С. и Леонтьева Р. Г. [159] «вторая подсистема транспортной составляющей охватывает транспортировку груза от станции отправления до станции назначения. Существует несколько способов доставки, каждый из которых определяется видом отправки: повагонная, контейнерная или маршрутная, а также скоростью: грузовая, большая, пассажирская. После исключения заведомо нереализуемых для конкретной перевозки факторов формируются k -ое число вариантов, для каждого из которых подсчитываются показатели t_{2l} , C_{2l} при $l = 1 \dots k$.

На завершающем этапе перевозки в пункте назначения также возможны различные способы организации работы с грузом и его доставки получателю. Они определяются следующими факторами:

- организация погрузочно-разгрузочных работ: возможность организации прямого варианта перегрузки «вагон-автомобиль»; наличное число погрузочно-разгрузочных машин;

- организация вывоза груза с грузового двора: централизованный вывоз, вывоз транспортом грузовладельца или транспортно-экспедиторской компании.

После рассмотрения различных способов организации работы на завершающем этапе перевозочного процесса формируется m -ое число вариантов с подсчетом показателей t_{3d} , C_{3d} при $l = 1 \dots m$ »

В методике, разработанной Балалаевым А. С. и Леонтьевым Р. Г. [159]:

1. «Заключительный этап создания транспортной логистической цепи предусматривает формирование возможных вариантов продвижения груза по всей транспортной цепочке, в результате чего появляется множество каналов распределения $s = n \cdot k \cdot m$ с показателями t_{ild} , C_{ild} , из которых необходимо выбрать один, который и будет являться искомой цепью.

Укрупненный алгоритм выбора наилучшего варианта транспортной составляющей логистической цепи представлен на рисунке 3.7 [159].

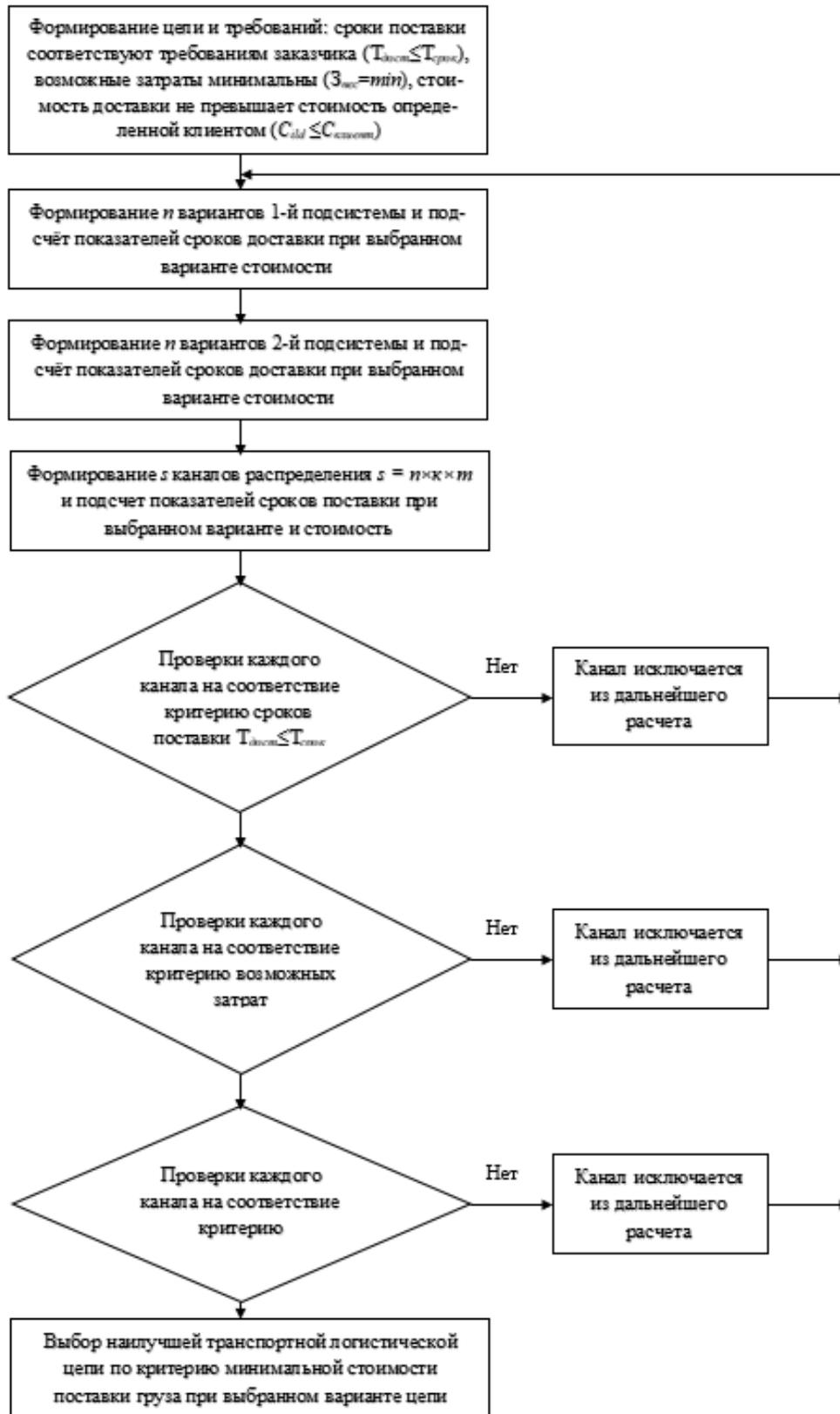


Рисунок 3.7 – Укрупнённый алгоритм выбора наилучшего варианта транспортной логистической цепи [159]

Набор требований (критериев предпочтения), предъявляемых к перевозке, и их количество могут различаться в зависимости от многих факторов: рода и количества груза в отправке, расстояния перевозки и другие критерии и условия.

При этом количество этих требований должно быть невелико и ограничено набором, наиболее полно характеризующим состояние и развитие транспорта. Кроме того, должна обеспечиваться простота их расчета и сопоставимость» [159].

Создание имитационной модели образования, вывоза и захоронения отходов сноса в качестве заполнителя при рекультивационных мероприятиях территорий.

После ранее указанных мероприятий по сортировке, дроблению и обеззараживанию (по необходимости) образовавшихся отходов сноса их необходимо транспортировать к месту их использования в качестве заполнителя полости на территории, предназначенной для дальнейшего использования в народно-хозяйственной деятельности.

В данном случае отходы сноса будут использоваться в качестве заполнителя на техническом этапе рекультивации нарушенных земель.

Прежде чем производить заполнение выемки/полости на поверхности земли, (гранитного карьера) следует провести изучение некоторых вопросов подготовки, а именно:

1) Подъездная транспортная инфраструктура восстанавливаемой территории.

По окончании добычи полезных ископаемых, дорожная инфраструктура созданная и сформированная во время работы и существования карьера или выработки остается – подъездные дороги, съезды (пандусы) внутрикарьерной выработки. Из чего можно сделать вывод о том, что транспортную инфраструктуру следует использовать, после проверки её состояния, для подвоза изолирующих материалов и заполнителя (данная характеристика связана с особенностями дорожного покрытия в границах гранитного карьера и в самом карьере).

2) Физико-химические свойства восстанавливаемых территорий.

В связи с тем, что выработанные карьеры могут находиться на территориях с разным уровнем грунтовых вод, степенью обводнённости и увлажнения, различными климатическими условиями и картами интенсивности осадков и влажности,

необходимо изучить все указанные факторы и только после этого составляется поэтапный план рекультивации нарушенных земель, территорий или техногенных ландшафтов и схему заполнения непосредственно самих полостей, образовавшихся в результате добычи полезных ископаемых.

При выборе материалов для изоляции карьерных выработок необходимо учитывать способы и методы добычи полезных ископаемых: шахты, штреки, открытая добыча с помощью взрывных работ и так далее.

После определения со способом «закрытия» карьерной выработки (глиняный замок, изолирующие материалы) и установкой уплотненной донной части карьера, поверхность боковых наклонных частей карьера выстилают изоляционным нетканым полотном или материалом, в соответствии с ГОСТом. Это предотвращает выход грунтовых вод, а также изолирует содержимое карьера от попадания в него излишнего количества воды и, как следствие, вымывания [114, 117, 118, 138, 139, 152, 154].

Применение приведенных ранее методик по определению необходимого количества заполнителя для рекультивации карьера помогает установить количество заполнителя, предназначенного для укладки одного слоя, высота которого не превышает 2 м (рисунки 2.5, 2.8 Глава 2) и, соответственно, с помощью методики определения объёма и высоты карьерной выработки устанавливается количество (в тоннах) или объём (в кубических метрах) заполнителя, в общем и целом.

С помощью общего линейного алгоритма (рисунок 3.8) определяется экономически целесообразная схема рекультивации для данной территории экономического субъекта [159].

В транспортно-логистической цепи перевозки грузов участвует не один вид транспорта. Перевозку различными видами транспорта (морем, по реке, самолётом, железной дорогой), практически всегда дополняет доставка грузов автомобильным транспортом. В общем виде такой вид перевозки называются смешанными или мультимодальными [159].

Отличительными особенностями перевозок в соответствии с [159] являются:

- оформление перевозочных документов для каждого вида транспорта отдельно;
- обязательное присутствие и организационная работа грузовладельца или его представителя в пунктах перевалки по приёму груза с одного вида транспорта и передаче его на другой вид транспорта;
- отсутствие единого координатора перевозок на всём маршруте следования груза от грузоотправителя до грузополучателя.

Логистическая организация потока реализуется при соблюдении хотя бы минимальных следующих условий:

- обеспечение экономической удовлетворенности для всех участников логистического процесса перевозки;
- совместимость технических и транспортных средств [159].



Рисунок 3.8 – Общий линейный алгоритм определения экономически целесообразной схемы рекультивации [117-119, 121, 122, 124–138]

При условиях системного подхода к организации материального потока его продвижение по всей сформированной транспортно-логистической цепи рассматривается как основа функционирования логистической системы, для которой характерны конкретно определенные свойства, которым она должна удовлетворять и соответствовать [159].

Необходимость обеспечения совместимости технических и транспортных средств характеризует технологическую сторону функционирования товаропроводящей логистической цепи и реализуется при работе с грузовыми потоками в пунк-

тах погрузки-выгрузки груза. Основа заключается в согласовании, в первую очередь, грузоподъёмности погрузочно-разгрузочных устройств и механизмов в пунктах перегрузки, а также транспортных средств на предмет возможности транспортировки материального потока на всем пути следования.

При выборе способа и вида рекультивации нарушенной территорией или техногенного ландшафта для дальнейшего использования в качестве лесохозяйственных угодий – обязательным условием является заполнение карьера до максимальной точки его загрузки. Она определяется глубиной слоя почвы, которая укладывается на этапе биологической рекультивации.

Машинный имитационный эксперимент проводился следующим образом: «универсальные» грузовые автомобили с заданными параметрами, предварительными условиями сноса зданий и выбором метода сбора отходов сноса, их фракционированием и обеззараживанием, вывозятся на условную территорию для дальнейшего захоронения с целью рекультивации условных территорий.

Для получения области достоверно принятого решения схемы вывоза отходов сноса с объекта использован расчет экономической эффективности различных схем вывоза отходов сноса различными видами грузовой техники, в результате чего будет гарантировано принято решение о вывозе отходов сноса одним из эффективных вариантов схемы вывоза. Суть данной процедуры заключается в следующем. Выбраны грузовые автомобили, которые являются самыми «популярными» грузовыми автомобилями, используемые для вывоза отходов в целом с различными вариантами комплектации контейнерами различных объёмов, пухто и пресс-контейнерами. Также принято, что продукты сноса уже рассортированы, обеззаражены и упакованы. Время погрузки по разным вариантам представлено в приложении В и составляет в среднем 1-3 часа. Таким образом выбирается самый наилучший вариант с точки зрения составления транспортно-логистической цепи при условии поставленной задачи.

Результатами всех имитационных экспериментов являются прогнозируемые вероятности надёжности вывоза отходов сноса β по той или иной схеме вывоза P_{ij} с i -го объекта при w -ым виде сноса (разбора) в k -ом прогоне имитационной модели.

Для каждого j -го варианта i -го объекта подсчитываются выборочное среднее (3.61) и выборочное стандартное отклонение (3.24), которые заносятся в таблице 3.5.

$$\bar{R}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^N R_{ijk}}{N}, \quad (3.23)$$

где: N – число реплик;

$\sum_{k=1}^N R_{ijk}$ – суммарное значение j -го плана i -ой стратегии по всем k прогонам модели (репликам),

$$s_{ij} = + \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{k=1}^N (R_{ijk} - \bar{R}_{ij})^2}, \quad (3.24)$$

В качестве объектов моделирования рассматривались строительные площадки, площадки сноса и разборки зданий, площадки по капитальному и текущему ремонту объектов.

Таблица 3.5 – Выборочные средние результата и выборочные стандартные отклонения, получаемые в имитационных расчетах модели

План	Выборочное среднее результата R_{ij}	Выборочное стандартное отклонение s
1	\bar{R}_{i1}	s_{i1}
2	\bar{R}_{i2}	s_{i2}
3	\bar{R}_{i3}	s_{i3}
4	\bar{R}_{i4}	s_{i4}
5	\bar{R}_{i5}	s_{i5}
6	\bar{R}_{i6}	s_{i6}
7	\bar{R}_{i7}	s_{i7}

Это связано с тем, что во время проведения ремонтных, строительных работ или работ по сносу или разбору зданий и сооружений образуется достаточно большое количество отходов сноса. В результате чего возникает необходимость своевременного вывоза с данных объектов образовавшихся отходов сноса. Связан факт

своевременного вывоза с тем, что объекты находятся в городской черте и достаточно близко от других зданий и сооружений, а также отсутствуют достаточные площади для складирования данного вида отходов. Места утилизации или захоронения отходов сноса находятся за чертой городской агломерации. Поэтому, для успешной реализации процедуры своевременного вывоза отходов сноса с учётом плотной городской застройки необходимо учитывать следующие факторы:

- оптимальный выбор транспортных средств с грузоподъёмностью, соответствующей дорожному городскому покрытию;
- оптимальные габариты транспортных грузовых средств;
- экономическая и экологическая эффективность выбора транспортных грузовых средств (с точки зрения используемого топлива).

При этом так же необходимо учитывать, что работы по вывозу отходов сноса в городских условиях должны исполняться в максимально короткие сроки.

В процессе имитационного моделирования исследовалось влияние на значение прогнозируемой вероятности вывоза отходов сноса с объекта различными транспортно-логистическими цепями. Среди этих факторов анализировались расстояния от объектов сноса до места захоронения или переработки отходов сноса, варианты состава транспортно-логистических цепей, количество образованных отходов сноса и объёмы заполняемых пустот на поверхности земля.

Полученные значения оптимальной схемы вывоза образовавшихся отходов сноса к месту их захоронения при заданных исходных данных сохраняются в блоке накопления результатов. Данная процедура повторяется 1540 раз. После этого вычисляется среднее значение выходного параметра модели для исходных данных.

Вводятся новые исходные данные и процесс повторяется снова.

Полученные в процессе моделирования результаты обрабатываются с помощью пакетов прикладных программ (Microsoft Excel, NCSS и других).

В соответствии с разработанным алгоритмом с использованием языка программирования Delphi была разработана программа имитационной модели прогнозирования образования отходов сноса, построения схемы вывоза с объектов обра-

зования отходов сноса различными видами и грузоподъемности транспорта (автомобильным, железнодорожным, так же смешанная логистическая цепь, так далее), смоделирована схема заполнения гранитного карьера с дальнейшей рекультивацией по выбранному варианту.

3.3.1 Результаты имитационного моделирования

Анализ показал, что полученные в результате показатели выбора объекта, способа вывоза, логистической цепи и последующих этапов рекультивации полученной территории не противоречат логике исследуемой системы, что позволяет сделать вывод о том, что разработанная имитационная модель с достаточной степенью адекватности отражает процесс образования, вывоза и реализации рекультивационных мероприятий и позволяет получить результаты, отвечающие целям настоящего исследования.

Выводы по главе

1. Создана модель прогнозирования формирования транспортно-логистической цепи вывоза отходов сноса с объектов с учётом методик сноса/разбора зданий, способов заполнения строительных контейнеров отходами сноса и отдалённостью объекта заполнения от места образования отходов сноса.
2. Обоснованы критерии рациональности организации утилизации отходов сноса.
3. Разработана аналоговая схема вывоза отходов сноса с места их образования к месту утилизации.
4. Разработана методика определение расчётных объёмов работ по вывозу и утилизации отходов сноса.
5. Созданы имитационные модели образования, вывоза и захоронения отходов сноса с последующей рекультивацией отработанных гранитных карьеров.
6. Структура и содержание математической модели разработаны с помощью теории статистических решений. Реализация данной математической модели дает возможность количественно определить значение прогнозируемой вероятности выбора той или иной транспортно-логистической цепи.

7. Разработана модель формирования транспортной логистической цепи в прямом железнодорожном сообщении, в соответствии с усовершенствованными методиками [159]:

7.1. Формирование возможных необходимых подсистем, обеспечивающих реализацию варианта с учётом разнообразия вариантов факторов, влияющих на доставку отходов сноса.

7.2. На заключительном этапе формирования вариантов транспортной логистической цепи производится поиск возможных вариантов продвижения отходов сноса по всей транспортной цепи. В результате появляется множество вариантов из которых выбирается только один оптимальный, который является единственным удовлетворяющим набору выставленных требований.

8. Разработана методика формирования транспортных логистических цепей в смешанном сообщении, в соответствии с усовершенствованными методиками [159]:

8.1. Необходимость разработки методики определяется несовершенством существующих методов и подходов к взаимодействию железнодорожного транспорта с другими видами транспорта.

9. Необходимость обеспечения совместимости транспортных и технических средств характеризует сторону функционирования товаропроводящих цепей и реализуется при работе с грузовым потоком в пунктах погрузки-выгрузки.

10. Сформированные в результате формирования вариантов так называемые узловые мультимодальные центры, созданные на базе уже существующих транспортно-промышленных узлов, решают основные задачи по перевалке транзитных грузов на различные виды транспорта и полное своевременное обеспечение транспортно-логистическими услугами.

11. Исходя из того, что вероятность выбора того или иного варианта формирования транспортно-логистической цепи в прямом или смешанном сообщении, будет играть одну из важнейших ролей, необходимо четко определиться с местом

пункта выгрузки (конечной выгрузки) отходов сноса. Соответственно при выполнении этого условия транспортная цепь, количество необходимой техники, виды техники и сроки будут иметь оптимальные значения.

12. По результатам проведённого математического эксперимента выявлено следующее:

Предложенная модель чувствительна к средствам доставки груза (видам транспорта в транспортно-логистической цепи), но относительно слабо чувствительна к расстояниям от места образования отходов сноса до места их окончательной доставки (захоронения). Объясняется это тем, что формирование транспортно-логистических цепей перевозок формируется по наилучшему варианту.

Глава 4 Технологическое решение по утилизации отходов сноса зданий и сооружений при рекультивации гранитного карьера

4.1 Определение предотвращенного экологического ущерба от использования технологических решений при рекультивации нарушенных и деградированных земель

Определение предотвращенного экологического ущерба от использования технологических решений при рекультивации нарушенных земель выполнен в соответствии с [231].

4.1.1 Общие положения

По предлагаемым в диссертационном исследовании геоэкозащитным технологическим решениям при рекультивации деградированных и нарушенных в результате хозяйственной деятельности земель рассчитан предотвращенный экологический ущерб.

Расчет выполнен в соответствии с нормативным документом, утвержденным Государственным Комитетом РФ по охране окружающей среды – «Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба [231]».

В рамках диссертационного исследования, к основным факторам, определяющим величину предотвращенного экологического ущерба, относятся уменьшение площадей деградированных земель и уменьшение площадей несанкционированных свалок.

Общая величина предотвращенного экологического ущерба Π_i от загрязнения окружающей природной среды по формуле 4.1:

$$\Pi_i = \Pi_{ai} + \Pi_{xi} \quad (4.1)$$

где Π_{ai} – величина предотвращенного ущерба от деградации почв и земель, тыс. руб./год;

Π_{xi} – величина предотвращенного ущерба от захламления земель несанкционированными свалками, тыс. руб./год.

4.1.2. Расчет предотвращенного экологического ущерба при рекультивации полостей на поверхности земли

Расчеты по определению предотвращенного экологического ущерба при рекультивации полостей выполнены в соответствии с [231].

Методики по рекультивации полостей на поверхности земли были опробованы территории НП «ГПСК «Возрождение», находящееся по адресу: Ленинградская область, г. Выборг, Ленинградское шоссе, дом 18 "а"

В контексте расчета предотвращенного экологического ущерба при рекультивации полостей на поверхности земли общая величина предотвращенного экологического ущерба зависит от величин частных экологических ущербов, и рассчитана по формуле 4.1:

$$П_i = П_{di} + П_{xi}$$

где $П_{di}$ – величина предотвращённого ущерба от деградации почв и земель, тыс. руб./год;

$П_{xi}$ – величина предотвращённого ущерба от захламления земель несанкционированными свалками, тыс. руб./год.

1. Оценка величины предотвращенного экологического ущерба от деградации почв и земель

Экологический ущерб от ухудшения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных (техногенных) нагрузок проявляется главным образом в деградации почв и земель и захламлении земель несанкционированными свалками.

Экологический ущерб, причинённый разрушением почв и земель и дальнейшая их деградация под воздействием антропогенного (техногенного) воздействия в результате хозяйственной деятельности человека, является одним из наиболее значимых видов эколого-экономических ущербов.

Общая величина предотвращенного ущерба от ухудшения и разрушения почв и земель определена по формуле 4.2:

$$П_{di} = H_c \times S \times K_i^a \times K_o \quad (4.2)$$

где H_c – нормативная стоимость земель, тыс. руб./га; принимается по таблице 1 Приложения 3 [103] и для Санкт-Петербурга составляет 81 тыс. руб./га; также учитываем сильнокаменистые почвы гранитных карьеров Ленинградской области 287 тыс. руб./га;

S – площадь почв и земель, сохранённая от деградации в результате проведённых мероприятий, га; составляет 51 га;

K_i^a – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории; определяется по табл. 2 Приложения 3 [115] и для Северо-Западного экономического района Российской Федерации составляет 1,3;

K_o – коэффициент для особо охраняемых территорий; определяется по таблице 3 Приложения 3 [112] и равен 1,0 (прочие земли).

Подставляя в выражение 4.2 исходные данные, получаем:

$$П_{di} = (81+287) \cdot 51 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 24398,4 \text{ тыс. руб./год}$$

2. Оценка величины предотвращённого экологического ущерба от захламления земель несанкционированными свалками

Оценка величины предотвращённого ущерба от захламления земель несанкционированными свалками произведена по формуле 4.3

$$П_{xi} = \sum_g S \cdot H_c \cdot K_i^a \cdot K_B \cdot K_{xn} \quad (4.3)$$

где H_c – нормативная стоимость земель, тыс. руб./га; принимается по таблице 1 Приложения 3 [115] и для Санкт-Петербурга составляет 81 тыс. руб./га;

S – площадь почв и земель, загрязнение которых химическими веществами (общее железо) удалось предотвратить, га; составляет 51 га;

K_i^a – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории; определяется по таблице 2 Приложения 3 [115] и для Северо-Западного экономического района Российской Федерации составляет 1,3;

K_o – коэффициент для особо охраняемых территорий; определяется по таблице 3 Приложения 3 [115] и равен 1,0 (прочие земли).

K_{xn} – повышающий коэффициент на предотвращение (ликвидацию) загрязнения земель несколькими химическими веществами; $K_{xn} = 1$, так как расчет ведется для защиты почв от общего железа.

Подставляя в выражение 4.3 исходные данные, получаем:

$$P_{xi} = 81 \cdot 51 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 0,2 = 1074,06 \text{ тыс. руб./год}$$

3. Общая величина предотвращенного экологического ущерба

Общая величина предотвращенного экологического ущерба зависит от величин частных экологических ущербов составила:

$$P_i = P_{di} + P_{xi}$$

где P_{di} – величина предотвращенного ущерба от деградации почв и земель, 24398,4 тыс. руб./год;

P_{xi} – величина предотвращенного ущерба от захламления земель несанкционированными свалками, 1074,06 тыс. руб./год.

$$P_i = 24398,4 + 1074,06 = 25472,46 \text{ тыс. руб./год}$$

Практическая ценность диссертационной работы от внедрения технологических решений при рекультивации нарушенных и деградированных земель представлены в таблицах 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1 – Эколого-экономические результаты внедренных технологических решений при осуществлении строительной и хозяйственной деятельности (рекультивации нарушенных в процессе хозяйственной деятельности человека)

Технологическое решение	Область применения, географический регион	Размеры опытной площадки, га	Геоэкозащитный эффект	Предотвращенный экологический ущерб У, тыс. руб./год
Превентивное геоэкозащитное технологическое решение	Территория карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение», находящаяся по адресу: Ленинградская область, г. Выборг, Ленинградское шоссе, дом 18а	51	Снижение количества несанкционированных свалок и площадей деградированных земель	25472,46
Критерии рациональности организации утилизации строительных отходов (отходов сноса), вывоза и захоронения строительных отходов и отходов сноса с последующей рекультивацией выемок на поверхности.	Территория карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение», находящаяся по адресу: Ленинградская область, г. Выборг, Ленинградское шоссе, дом 18 "а"	51	Внедрение после окончания разработки указанного карьера, так же применение методики в отношении рекультивации ранее отработанных карьеров на территории указанного предприятия.	-
Модель формирования транспортной логистической цепи в прямом железнодорожном сообщении	Инженерно-техническая фирма «Бриз», находящаяся по адресу: г. Санкт-Петербург, ул. Курчатова, д.6, корп.4, пом.4Н	Строительные объекты в Ленинградской области	Согласование логистических цепей от объектов строительства до объектов предприятия отходов в переработку и утилизацию	-



Таблица 4.2 – Практическая ценность диссертационного исследования

Технологическое решение	Географический регион	Результат	
		фактический	документальный
Превентивное геоэкозащитное технологическое решение	Ленинградская область, г. Выборг	Снижение количества несанкционированных свалок и площадей деградированных земель	Акт внедрения (Приложение В)
Критерии рациональности организации утилизации строительных отходов (отходов сноса), вывоза и захоронения строительных отходов и отходов сноса с последующей рекультивацией выемок на поверхности.	Ленинградская область, Карьер «Возрождение»		Акт внедрения (Приложение В)
Модель формирования транспортной логистической цепи в прямом и смешанном железнодорожном сообщении	Ленинградская область, п. Сертолово	Использование алгоритмов принятия решения по формированию логистических цепей в прямом и смешанном железнодорожном сообщении	Акт внедрения (Приложение В)

4.2 Практические рекомендации по использованию предложенных методов

В результате имитационного моделирования были получены результаты, которые соответствуют поставленной ситуационной задаче для отработанного гранитного карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение», Ленинградская область, п. Кузнечное.

Как уже было рассмотрено ранее (глава 2), при сносе жилых зданий образуется достаточно большое количество отходов сноса зданий и соответственно их нужно вывозить с территории в установленные сроки, установленные при заключении договора на оказание услуг по сносу зданий. Для этого необходимо рассчитать количество автомобилей для вывоза образовавшихся отходов. В свою очередь, прежде чем определять вид автотранспорта, необходимый для вывоза отходов сноса, необходимо определить объём отходов сноса, который образуется в результате разбора (сноса) жилых зданий, так же морфологический состав этих отходов играет важную роль в выборе автотранспорта и места захоронения отходов.

В качестве объекта сноса был выбран квартал 5 Дачное города Санкт-Петербург, состоящий из 56 домов серии Г-3И, Г-2И, Г-5, расположенный между железнодорожными станциями Октябрьской железной дороги «Сосновая Поляна» и «Ульянка». Объект был выбран в связи с программной реновации жилья в Санкт-Петербурге.

До моделирования был проведён анализ методов разбора зданий и сооружений, основных видов грузовых автомобилей, контейнеров и пухто, которые могут быть использованы при реализации формирования логистических цепей и транспортных систем с целью вывоза отходов сноса с места их образования.

Наиболее распространенный метод разбора/сноса зданий в условиях плотной городской застройки является снос зданий после их подготовки. Процесс подготовки включает в себя удаление из помещений сносимого здания всех сантехнических устройств, извлечение дверей, дверных коробок, демонтаж окон и

оконных проёмов, а также отключение и удаление всего электрооборудования, включая лифтовые кабины, коробки электросчитов и так далее. Так же в процесс подготовки к сносу здания входит удаление напольных покрытий, ламинатов, линолеумов, подложки, чернового пола.

В результате работы имитационной модели и проведенного математического эксперимента были получены результаты и даны следующие рекомендации:

1. Проводится снос зданий. Наиболее оптимальным для объекта Дачное 5 рекомендован метод поэтажного разрушения зданий или метод механического разрушения с помощью строительной техники.

2. При поэтажном разрушении зданий и сооружений рекомендовано использовать экскаватор Liebherr или гусеничный экскаватор для сноса зданий DOOSAN S340LC-V. Данные технические средства выбраны в соответствии с требованиями городской инфраструктуры объекта сноса.

3. Дробление / фракционирование отходов сноса – крупные куски панелей фасадов зданий и сооружений, лестничные марши, панели межэтажных перекрытий. Анализ различного дробильного оборудования показал, что для получения заполнителей для гранитного карьера «Возрождение» п. Кузнечное в Приозерском районе Ленинградской области наиболее эффективно использовать системы, оборудованные роторными или конусными дробилками, которые обеспечивают получение до 70% фракций в диапазоне от 0,25 до 40 мм (до 250 мм) [115, 240].

4. Переработка отходов железобетона и кирпича рекомендовано осуществлять с помощью мобильных дробилок, фирмы PARKER PLANT, с производительностью до 450 м³ в смену. Дробилка снабжена ленточным транспортером, по которому перемещаются в зону складирования материалы переработки в виде щебня. Как показала практика ведущих фирм, переработка отходов от разборки зданий в 2 раза дешевле, чем захоронение их на полигонах в не переработанном/не фракционированном виде [112, 113, 139-142].

5. В процессе сноса или разбора зданий определяется масса и объём образующихся отходов сноса. Данные расчёты необходимы для того, чтобы максимально точно определить количество и объём контейнеров для отходов сноса, а также виды грузовых автомобилей с определённой грузоподъемностью для дальнейшей транспортировки.

6. После проведенного ранее анализа было выявлено, что наиболее часто для вывоза отходов сноса с площадок сноса зданий и сооружений в Санкт-Петербурге используются контейнеры следующих видов и объёмов, которые позволяют перевозить различные габариты отходов. Для вывоза отходов сноса с объекта Дачное 5 рекомендовано использовать:

- контейнеров для вывоза мусора объёмом 20 м³, 27 м³;
- пресс-компактор.

Данные виды контейнеров и пресс-компакторов перевозятся следующими видами грузовых автомобилей КАМАЗ МСК-16-01, VOLVO FH12 и VOLVO F12. Эти марки автомобилей наиболее выгодны для вывоза контейнеров с продуктами сноса в условиях плотной городской застройки. Вывоз отходов сноса мусоровозами и пухтовозами грузоподъемностью до 18 тонн позволяют значительно сэкономить на перевозке крупногабаритных отходов.

7. В результате полученных и обработанных данных с помощью комплексных программных продуктов были получены следующие данные, рекомендованные для составления системы по объекту Дачное 5:

Таблица 4.3 – Необходимое количество контейнеров для вывоза полученного объёма и веса отходов сноса

Объём отходов сноса, куб. м	Масса отходов сноса, кг	Сколько контейнеров объёмом 27 куб. м понадобится для вывоза минимального объёма	Сколько контейнеров объёмом 27 куб. м понадобится для вывоза максимального объёма
8333350502,40	188960482,8	693674	727896

Таблица 4.4 – Характеристики контейнеров и транспортных средств для вывоза отходов сноса с объекта Дачное 5

Контейнеры			
Объем, м ³	20		27
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	2500×6285×1682		2500×6285×2190
Вес, кг	2250		2530
Грузовые автомобили со сменным кузовом			
Марка автомобиля	КАМАЗ МСК-16-01 (МССО-01) (с механизмом подъемного устройства для сменных кузовов)	VOLVO FH12	VOLVO F12
Модель	КАМАЗ-65115		
Грузоподъемность шасси с механизмом платформ, кг	15450	30000	13000
Экологический класс	4, 5	Euro-3, 4	Euro-3, 4
Масса автомобиля, кг		7200	
снаряженная	9600	8500	
полная	25200	18200	27000
Габаритные размеры автомобиля, мм Д×Ш×В	7660×2500×2870	5887×2495×3906	2400×2480×3428
Думпкары			
Тип	Вагон-самосвал	Вагон-самосвал	Вагон-самосвал
Модель	Модель 31-945 (Думпкар 2ВС-66)	Модель 33-9035 (Думпкар 2ВС-105)	Модель 34-9023
Грузоподъемность, т	66	105	150
Масса тары, т	28	51	70
Максимальная нагрузка от колесной пары на рельс, кН (тс)	230,85 (23,25)	254,97 (26)	269,68 (27,5)
Объем кузова по высоте борта, м ³	36	50	60
Длина по осям сцепления автосцепок, мм	11830	15036	18400
Ширина максимальная, мм	3240	3518	3330
Высота от уровня головок рельсов, мм	3205	3322	3480
Вид разгрузки	2-сторонний	2-сторонний	2-сторонний
Система разгрузки	пневматическая	пневматическая	пневматическая

Так же в приложении А приведены расчеты экономической и экологической эффективности различных схем вывоза отходов сноса различными видами грузовой техники, основанных на материалах исследований В. В. Журковича, А. И. Потапова «Городские отходы».

8. Для уменьшения разброса значений выбора объекта в качестве объекта захоронения отходов сноса был выбран объект – отработанный гранитный карьер «Возрождение» п. Кузнечное в Приозерском районе Ленинградской области.

Общая характеристика объекта выгрузки и захоронения отходов сноса приведен в таблице 4.5:

Таблица 4.5 – Характеристики объекта выгрузки и захоронения отходов, с целью дальнейшей рекультивации территории

Объект – Карьерная выработка	
Размер карьера, км (ширина, рабочая высота)	< 1,0 × 0,7
Характеристики объекта	
Состав	Гранит
Плотность	3,17 г/см ³
Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии	550 кг/см ² , в сухом состоянии – 604 кг/см ²
Водопоглощение	0,2%;
Морозостойкость	25
Коэффициент снижения прочности	0,9
Твердость по Моосу	6-7
Истираемость	1,4 г/см ² м
Рабочие расстояния, км	
От Санкт-Петербурга	159 (железнодорожное сообщение)

Так же гранит обладает весьма уникальными свойствами – водонепроницаемость, прочность, долговечность, устойчивость к атмосферным воздействиям, действию кислот и грибков.

9. В выработанные карьеры рекомендовано отгружать отходы сноса зданий с целью дальнейшей рекультивации данной территории и последующее её использование.

10. На основании работы укрупненной схемы алгоритма поиска оптимального направления рекультивации было принято решение о полной рекуль-

тивации отработанного гранитного карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение», Ленинградская область, п. Кузнечное. По результатам работы имитационной модели были получены результаты – площадь, образуемая в результате полного заполнения отработанной гранитной выработки, составит 51 га.

11. Для получения прогнозируемой территории в 51 га (таблица 4.6) необходимо достаточное количество отходов сноса, которые можно перевезти из близлежащих пригородов Санкт-Петербурга. Сводная таблица объектов приведена в приложении Б.

Таблица 4.6 – Технические характеристики карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение» для получения прогнозируемой территории 51 га

Глубина за- полняемого объекта, м	Заполняемый объем, куб. м	Минималь- ный объём, куб. м	Максималь- ный объём, куб. м	Минималь- ная высота, м	Максималь- ная высота, м
686	19600000	18729200	19653200	661,9	668,9

12. Анализ данных, полученных в результате имитационного моделирования, позволил выявить влияние объёмов образующихся отходов сноса на формирование транспортно-логистических цепей вывоза отходов сноса с объектов на прогнозируемую вероятность заполнения объекта рекультивации территории. Значительно меньше влияние оказывает величина расстояния от места образования отходов до места их захоронения.

На основании ранее полученных и смоделированных данных был создан укрупненный алгоритм выбора наилучшего варианта транспортной логистической цепи. В результате его реализации получены варианты, указанные в табл. 4.7 и 4.8, а также представлены графиками зависимости на рисунках 4.1, 4.2.

Таблица 4.7. – Вывоз отходов сноса с объектов автомобильным транспортом (фрагмент)

№ варианта/ сочетания	Стоимость, млн. руб.	Дальность, км	Время, ч	Тариф
1	2	3	4	5
76	2545,6	145	1,72	1 480,00
102	2841,6	169	1,92	1 480,00
267	2856,4	175	1,93	1 480,00
395	2960	186	2	1 480,00

399	3936,8	189	2,66	1 480,00
499	3182	196	2,15	1 480,00
511	3729,6	196	2,52	1 480,00
597	3182	201	2,15	1 480,00
604	3330	204	2,25	1 480,00
801	7400	224	2,5	1 480,00
975	4040,4	243	2,73	1 480,00
1006	3966,4	251	2,68	1 480,00
1100	5446,4	351	3,68	1 480,00
1	2	3	4	5
1119	5742,4	364	3,88	1 480,00
1355	7074,4	424	4,78	1 480,00
1407	10596,8	684	7,16	1 480,00
1461	12313,6	802	8,32	1 480,00
1509	19210,4	1097	12,98	1 480,00
1525	19580,4	1128	13,23	1 480,00
1539	17848,8	1263	12,06	1 480,00

На рисунке 4.1 представлен график зависимостей, который отражает оптимальность выбранной схемы вывоза отходов сноса с объекта одним видом транспорта (автомобильным), из которого видно, что чем ближе объект к гранитному карьеру «Возрождение» п. Кузнечное в Приозерском районе Ленинградской области – тем вывоз будет дешевле.

На рисунке 4.2 представлен график зависимостей, который отражает оптимальность выбранной схемы вывоза отходов сноса с объекта одним видом транспорта (железнодорожным), из которого видно, что чем ближе объект – тем вывоз будет дешевле, но если объёмы отходов сноса превышают вес и объём минимального автопоезда, то экономически выгодно вывозить продукты сноса с места их образования/перегрузки железнодорожным транспортом. Для транспортировки отходов сноса железнодорожным транспортом наиболее оптимальным является думпкав [208].

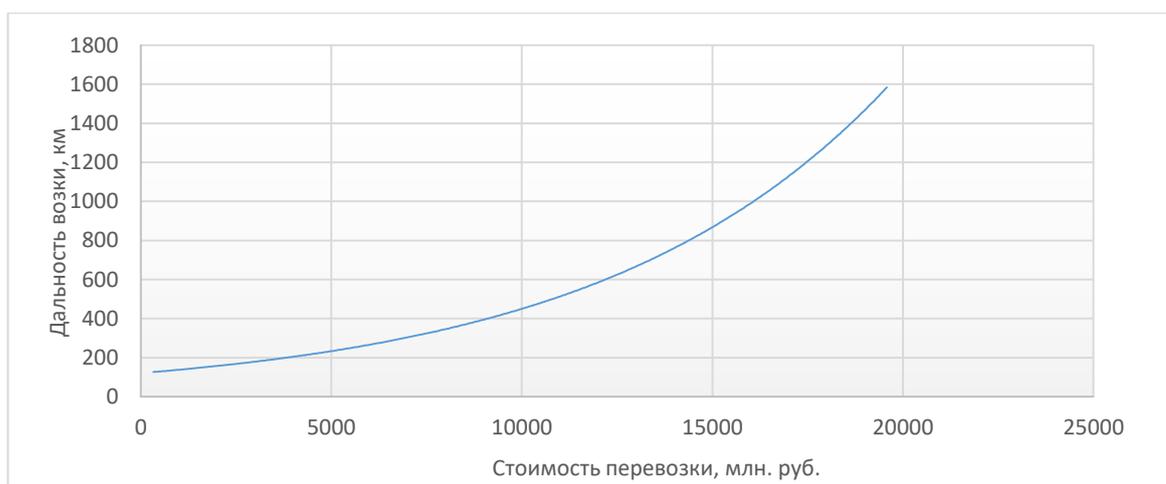


Рисунок 4.1 – График зависимости стоимости вывоза отходов сноса с места их образования от удаленности места захоронения автомобильным транспортом

Таблица 4.8 – Вывоз отходов сноса с объектов железнодорожным транспортом (фрагмент)

№ варианта/сочетания	Стоимость, млн.р	Дальность, км	Время, ч	Тариф
8	33879,88	15	2	16939,94
15	67759,76	97	4	16939,94
102	406558,56	111	24	16939,94
479	406558,56	183	24	16939,94
733	406558,56	186	24	16939,94
943	406558,56	190	24	16939,94
1006	406558,56	211	24	16939,94
657	406558,56	211	24	16939,94
965	406558,56	225	24	16939,94
1035	406558,56	234	24	16939,94
267	406558,56	238	24	16939,94
44	406558,56	247	24	16939,94
96	406558,56	265	24	16939,94
76	406558,56	274	24	16939,94
1040	406558,56	345	24	16939,94
1020	813117,12	326	48	16939,94
1355	813117,12	457	48	16939,94
1391	1219675,68	633	72	16939,94

1407	1219675,68	656	72	16939,94
1525	2032792,8	1187	120	16939,94
1539	2439351,36	1259	144	16939,94

Согласно Письма Минприроды России от 19.05.2014 № 05–12–44/10285 «О разъяснении законодательства по вопросу размещения отходов организациями, производящими добычу полезных ископаемых» в части касаемой: «Использование для рекультивации карьерных выемок и искусственно созданных полостей отходов производства и потребления возможно при условии, что они не содержат вредные вещества и при этом будет обеспечено отсутствие негативного воздействия на окружающую среду. Рекультивация карьерных выемок и искусственно созданных полостей с использованием отходов производства и потребления фактически является размещением (захоронением) отходов. При этом деятельность по обезвреживанию и размещению отходов I – IV классов опасности является лицензируемым видом деятельности».

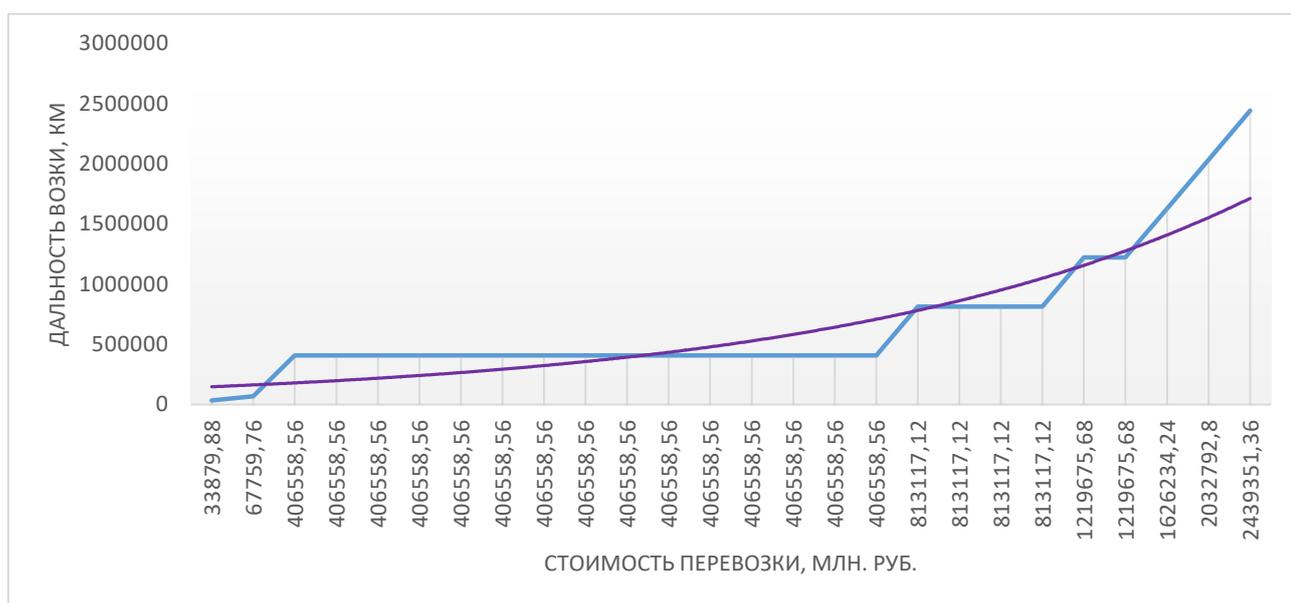


Рисунок 4.2 – График зависимости стоимости вывоза отходов сноса с места их образования от удаленности места захоронения железнодорожным транспортом

Таблица 4.9. – 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*	железнодорожный транспорт**	автотранспорт*, ч	железнодорожный транспорт**, сут.	автотранспорт*, машиночас/руб.	железнодорожный транспорт**, сут.
1	Средние показания	329	416	3,66	2,03	1480	16940
2	Минимальное значение показателя (<i>min</i>)	20	15	0,22	1	1480	16940
3	Максимальное значение показателя (<i>max</i>)	1263	1349	13,23	7	1480	16940

Отсортированные отходы строительства и сноса относятся к классу опасности IV и V.

Согласно СП 2.1.7.1038–01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов» пп.5.2, 7.2, 8.2:

13. В отработанных гранитных карьерах рекомендовано размещение строительных отходов и отходов сноса. Данный вид отходов, в виду программ реновации по всей стране и по Санкт-Петербургу и Москве, в частности, будет образовываться в больших объемах.

Захоронение на полигонах и размещение на свалках – нецелесообразно в виду небольших объемов данных объектов. Так же большинство полигонов и свалок в скором времени будут закрыты в связи с их практически полной наполненностью (примерно на 70–90%).

Так же размещение отходов строительства и сноса в отработанных карьерах (выемках, полостях) регламентируется СП 2.1.7.1038–01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов» пп. 7.1 – 7.4.

В соответствии с вышеизложенными положениями схема размещения отходов сноса производится по плану «Основные операции, выполняемые при заполнении полигона отходами» (рисунок 2.6, Глава 2) и представлена на рис. 4.3.

14. Так как гранитный карьер «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение» сохранил транспортную инфраструктуру и систему транспортного подвоза, то она рекомендована для использования и при заполнении карьера отходами сноса.

15. Для подвоза отходов сноса к объекту рекомендовано использовать такие виды транспорта как грузовые автомобили со сменными кузовами и дополнительным оборудованием, железнодорожный транспорт и транспорт используемый в карьерных разработках для вывоза добытой породы (в частности в карьерах используется такой вид грузовых автомобилей как БелАЗ 7548А, 75481, 75483), с определёнными характеристиками по грузоподъёмности и колёсным парам (последняя характеристика связана с особенностями дорожного покрытия в границах гранитного карьера и в самом карьере).

16. Так же в соответствии с нормативно-правовыми документами была разработана схема укладки отходов сноса для гранитного карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение»:

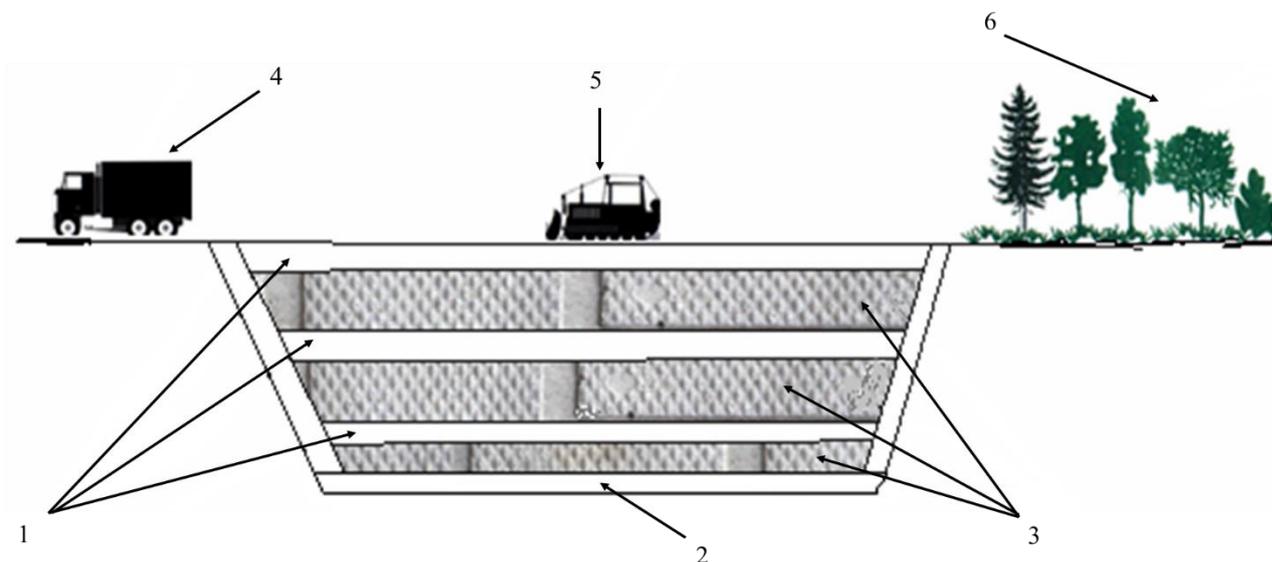


Рисунок 4.3 – Схема заполнения гранитного карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение», Ленинградская область, п. Кузнечное
1 – промежуточная изоляция (толщина около 0,2 м); 2 – изоляционный экран [239];

3 – отходы сноса (слой не более 2 м); 4 – автотранспорт с отходами сноса; 5 – бульдозер; 6 – финальный этап перекрытия карьера (биологический этап рекультивации)

17. По окончании технического этапа рекультивации гранитного карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение» (полного заполнения отработанного гранитного карьера) переходят к этапу биологической рекультивации.

Основной задачей биологического этапа рекультивации является восстановление растительного покрова.

18. Посадку лесных культур на рекультивируемых землях рекомендовано производить в лесохозяйственном и рекреационном направлениях рекультивации, а также в природоохранных и санитарно-гигиенических целях. Леса на нарушенных землях гранитного карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение» рассматриваются как один из основных компонентов рекультивируемых горнопромышленных ландшафтов, обеспечивающих возобновление флоры и фауны, которые характерны для данной местности [79, 116-118, 173, 200, 202, 203].

Выводы по главе

На основе обобщения результатов экспериментальных и теоретических исследований, проведенных в диссертационной работе, сформулированы следующие выводы, которые рекомендованы для рекультивации гранитного карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение» отходами сноса от объекта Дачное 5:

1. В качестве объекта сноса выбран квартал 5 Дачное города Санкт-Петербург, состоящий из 56 домов серии Г-3И, Г-2И, Г-5, расположенный между железнодорожными станциями Октябрьской железной дороги «Сосновая Поляна» и «Ульянка». Объект был выбран в связи с программной реновации жилья в Санкт-Петербурге.

2. Наиболее оптимальным для объекта Дачное 5 выбран метод поэтажного разрушения зданий или метод механического разрушения с помощью строительной техники.

3. При поэтажном разрушении зданий и сооружений использовать экскаватор Liebherr или гусеничный экскаватор для сноса зданий DOOSAN S340LC-V. Данные технические средства выбраны в соответствии с требованиями городской инфраструктуры объекта сноса.

4. Анализ ранее проведенных исследований, а так же различного дробильного оборудования показал, что для получения заполнителей для гранитного карьера «Возрождение» п. Кузнечное в Приозерском районе Ленинградской области наиболее эффективно использовать системы, оборудованные роторными или конусными дробилками, которые обеспечивают получение до 70% фракций в диапазоне от 0,25 до 40 мм (до 250 мм).

5. Переработку отходов железобетона и кирпича осуществлять с помощью мобильных дробилок, фирмы PARKER PLANT

6. Переработка отходов от разработки зданий в 2 раза дешевле, чем захоронение их на полигонах в не переработанном/не фракционированном виде.

7. Для вывоза отходов сноса с объекта Дачное 5 рекомендовано использовать:

- контейнеров для вывоза мусора объемом 20 м³, 27 м³;
- пресс-компактор.

Данные виды контейнеров и пресс-компакторов перевозятся следующими видами грузовых автомобилей КАМАЗ МСК-16-01, VOLVO FH12 и VOLVO F12. Эти марки автомобилей наиболее выгодны для вывоза контейнеров с продуктами сноса в условиях плотной городской застройки, а также с точки зрения снижения показателей индекса загрязнения атмосферы как в черте города, так и на трассах и магистралях в цепи транспортировки.

8. На основании работы укрупненной схемы алгоритма поиска оптимального направления рекультивации было принято решение о полной рекультивации отработанного гранитного карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение», Ленинградская область, п. Кузнечное. Площадь, образующаяся в результате полного заполнения отработанной гранитной выработки, составит 51 га.

9. Для получения прогнозируемой территории в 51га было рассчитано необходимое достаточное количество отходов сноса, которые можно перевезти из близлежащих пригородов Санкт-Петербурга. Так же составлена сводная таблица объектов в приложении Б. Было выявлено влияние объёмов образующихся отходов сноса на формирование транспортно-логистических цепей вывоза отходов сноса с объектов на прогнозируемую вероятность заполнения объекта рекультивации территории. Значительно меньше влияние оказывает величина расстояния от места образования отходов до места их захоронения.

10. Для подвоза отходов сноса к объекту рекомендовано использовать такие виды транспорта как грузовые автомобили со сменными кузовами и дополнительным оборудованием, железнодорожный транспорт и транспорт используемый в карьерных разработках для вывоза добытой породы (в частности в карьерах используется такой вид грузовых автомобилей как БелАЗ 7548А, 75481, 75483), с определёнными характеристиками по грузоподъёмности и колёсным парам (последняя характеристика связана с особенностями дорожного покрытия в границах гранитного карьера и в самом карьере).

11. В соответствии с нормативно-правовыми документами была разработана схема укладки отходов сноса для гранитного карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение».

12. По окончании технического этапа рекультивации гранитного карьера «Возрождение» НП «ГПСК «Возрождение» необходимо произвести посадку лесных культур на рекультивируемых территориях в природоохранных и санитарно-гигиенических целях.

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 от-

ходов 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 литературы

1. Слесарев, М.Ю. «Научные основы и инновационные методы формирования систем экологической безопасности строительства» / М. Ю. Слесарев Авто-реферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Московский государственный строительный университет. Москва, 2007
2. Теличенко, В.И. «Экологическая безопасность, использование и охрана водных объектов на урбанизированных территориях» / В.И.Теличенко, В.А. Курочкина, Б.Л. Киров Б.Л. // Экология урбанизированных территорий. – № 3. – 2016. – С. 32-39.
3. Тупицына, О.В. «Оценка и восстановление природно-техногенных систем, нарушенных строительной-хозяйственной деятельностью» / О.В. Тупицына Авто-реферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Московский государственный строительный университет. Москва, 2014
4. Чертес, К.Л. «Рекультивация отработанных карьеров с использованием коммунальных и промышленных отходов» / К.Л. Чертес, Е.О. Быкова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2019. Т. 2019-1. С. 51-55.
5. Свергузова, С.В. «Повышение уровня экологического благополучия населения как одна из задач управления городом» / С.В. Свергузова, Е.А. Беловодский // Управление городом: теория и практика. – № 3 (26) – 2017 – С. 33-39.
6. Свергузова, С.В. «Проблемы утилизации и захоронения отходов» / С.В. Свергузова, В.А. Юрченко, Н.П. Горох // Белгород, 2007.
7. Шершнева, М.В. «Научные основы утилизации силикатсодержащих отходов» / М.В. Шершнева Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Северо-Западный государственный заочный технический университет. Санкт-Петербург, 2009
8. Осипов, В. И. «Теория и методология оценки развития экстремальных геологических ситуаций для урбанизированных территорий» / В.И. Осипов, А.С.

Викторов, И.В. Галицкая, Е.С. Дзекцер, О.К. Миронов, С.М. Чесалов, Т.И. Юганова // Отчет о НИР № 97-05-64608 (Российский фонд фундаментальных исследований)

9. Сватовская, Л.Б. «Геоэкохимия» / Л.Б. Сватовская // Учебное пособие. – Санкт-Петербург. – 2019 – С.91

10. Бабак, Н.А. Геоэкологический аспект использования отходов в строительной керамике: Монография // Н.А. Бабак, Л.Л. Масленникова, М.С. Абу-Хасан, И.А. Нагинский // . – Санкт-Петербург, 2019 – С. 142

11. Станис, Е. В. «Оценка состояния и устойчивости окружающей среды в районах карьерной добычи полезных ископаемых» / К.О. Наумова, Е.В. Станис, Н.С. Булдович, В.Г. Сальников // В сборнике научных трудов конференции: Актуальные проблемы экологии и природопользования. – в 3 т.. – 2020. – С. 428-433

12. Трофимов, В. Т. «Закономерности трансформации литосферы. Отложенные последствия сильных воздействий» / А.Д. Жигалин, В.Т. Трофимов, М.А. Харькина, Е.В. Архипова, В.С. Лавров // В сборнике: Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов. – Воронеж – 2020 – С. 28-34.

13. Европейская практика обращения с отходами [Электронный ресурс]: Проблемы, решения, перспективы. – Режим доступа: <http://www.waste.ru/uploads/library/wb2.pdf>. – (Дата обращения декабрь 2018)

14. Переработка строительных отходов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://megalektsii.ru/s4641t2.html>. – (Дата обращения декабрь 2018)

15. Clean-Future [Электронный ресурс]: Все компании по вывозу мусора и утилизации мусора. Режим доступа: <https://clean-future.ru/info-pererabotka-stroitelnyh-othodov.html>. – (Дата обращения декабрь 2018)

16. Решение Европейского Парламента №1600/2002/ЕС и Европейского Совета от 22.07.2002 г. о принятии 6 Экологической Программы Действий ЕС, OJ L 242, 10.9.2002.

17. Закон об обращении с отходами / Finnish Waste Act (1072/1993) и Положение об обращении с отходами/ Waste Decree (1390/1993)

18. Федеральный Акт о Контроле над Выбросами (German Federal Emission Control Act).
19. Юдин, В. Ю., Environmental law: theory, practice, issues. Природоохранный Кодекс (Environmental Code)/ В. Ю. Юдин // Вопросы российского и международного права. – № 2, 2013. – С. 89-99
20. Конвенция о гражданской ответственности за ущерб, причиненный во время перевозки опасных грузов автомобильным, железнодорожным транспортом и судами внутреннего плавания (CRTD), Женева, 1989 г.
21. Конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, Базель, 1989 г.
22. Конвенция о трансграничном воздействии промышленных аварий, Хельсинки, 1992 г.
23. Европейское соглашение о международной перевозке опасных грузов по внутренним водным путям (AND), Женева, 2000 г.
24. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ADR), Женева, 1957 г.
25. Стокгольмская конвенция Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях Стокгольм, 2001 г.
26. Конвенция о запрещении ввоза в островные страны Форума опасных и радиоактивных отходов и о контроле за трансграничным перемещением и регулированием опасных отходов в Южно-Тихоокеанском регионе, Вайгани, 1995 г.
27. Закон об обращении с отходами [Электронный ресурс] – https://ru.qaz.wiki/wiki/Waste_management_law (Дата обращения декабрь 2018)
28. Jesse Russell Акт об охране окружающей среды (Environmental Protection Act) / Jesse Russell. – Книга по Требованию, 2013. – С.141
29. Декрет о предотвращении образования отходов и управлении ими (Decree on Prevention and Management of Waste Substances (OAF)) [Электронный ресурс]: Европейская практика обращения с отходами: проблемы, решения, перспективы – <https://www.waste.ru/uploads/library/wb2.pdf>. (Дата обращения декабрь 2018)

30. Закон об охране окружающей среды Закон об охране окружающей среды/ Environmental Protection Act (86/2000) и Положение об охране окружающей среды/ Environmental Protection Decree (169/2000).
31. Акт об отходах (Waste Act). – Директива № 2008/98/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского Союза «Об отходах и отмене ряда Директив».
32. Олейник, С.П. Объемы и источники образования отходов строительства и сноса // [Электронный ресурс]: Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» Том 3, №1 (2016) – <http://resources.today/PDF/02RRO116.pdf> (Дата обращения январь 2019).
33. Олейник, П. П. Разборка жилых зданий и переработка их конструкций и материалов для повторного использования / В. Н. Колосков, П. П. Олейник, А. Ф. Тихонов. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2004. – С. 199
34. Олейник, П.П., Источники образования строительных отходов и концепция их переработки / П. П. Олейник, С. П. Олейник// Промышленное и гражданское строительство. – №2. – 2005. – С. 36-38
35. ISAG – Information System for Waste and Recycling [Электронный ресурс]: Информационная система по отходам и вторичной переработке. – Режим доступа https://www.allacronyms.com/ISAG/Information_System_for_Waste_and_Recycling .– (Дата обращения февраль 2019)
36. Министерство по экологии Нижегородской области. [Электронный ресурс]: [Статья] Регулярные исследования Системы Управления Муниципальными отходами, проводимые Природоохранным агентством Англии и Уэльса. Режим доступа <http://waste-nn.ru/sistema-upravleniya-othodami-v-stranah-es> (Дата обращения январь 2019)
37. «Гарант» [Электронный ресурс]: Сайт содержит нормативно –правовую базу в области законодательства РФ и других государств Мира. – Постановление (ЕЕС) №2150/2002 о статистике по отходам, предписывающее создание общеевропейской системы сбора и систематизации данных об образовании отходов и обращении с ними в Европейском Союзе от 25 ноября 2002 г. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/2571240/> – (Дата обращения январь 2019). – С.55

38. Bach, H., Christensen, N. & Kristensen, P. (Eds.) 2002: The State of the Environment in Denmark, 2001, NERI Technical Report No. 409, Roskilde: National Environmental Research Institute, p. 102. See also Danish Government, 2002: Denmark's National Strategy for Sustainable Development "A Shared Future – Balanced Development", Indicator Report, Copenhagen: Danish Environmental Protection Agency. – С. 47.
39. Irish EPA, 2002: Environment in Focus 2002 – Key Environmental Indicators for Ireland, Dublin: Environmental Protection Agency.
40. RIVM, 2001: [Электронный ресурс]: Environmental Data Compendium 2001, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, table C1.9, and RIVM, 2002: Milieubalans 2002, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Приложение 3. Режим доступа http://www.mma.es/calid_amb/residuos/plan/ раздел 6.1. (Дата обращения февраль 2019)
41. ROMÁN, E. / Bad news for CO₂ and waste in Norway / E. ROMÁN, W. D. SOLVANG, O. JONASSEN, T. LYSFJORD // Материалы конференции – Environment Daily № 1311, 18 октября 2002 г.
42. REC, 2001: Waste Management Policies in Central and Eastern European Countries: Current Policies and Trends, Budapest: The Regional Environmental Centre for Central and Eastern Europe – С. 38.
43. EEA, 2002: Implications of EEA/EU enlargement for state-of-the-environment reporting in the EU and EEA Member States, Technical report No 82, Copenhagen: European Environment Agency – 2002. – С 4.
44. Commission Communication COM (2003) 301final of 27.5.2003: Towards a thematic strategy on the prevention and recycling of waste – 2003. – С. 17.
45. Европейское экологическое право [Электронный ресурс]: Обзор европейского законодательства в сфере охраны окружающей среды. – Режим доступа: <http://www.eel.nl> – (Дата обращения январь 2019)

46. Доступ к законодательству Европейского Союза [Электронный ресурс]: Сборник законодательных актов ЕС в сфере охраны окружающей среды. Режим доступа: <http://europa.eu.int/eur-lex/accessible/en> – (Дата обращения декабрь 2018)
47. Европейское экологическое агентство [Электронный ресурс]: Официальный сайт Европейского Союза, посвященный вопросам экологии. Режим доступа: <http://europa.eu.int/comm/environment/impel> – (Дата обращения декабрь 2018)
48. ОЭСР [Электронный ресурс]: Официальный сайт Организации по Экономическому Сотрудничеству и Развитию (ОЭСР). Режим доступа: <http://www.oecd.org> – (Дата обращения декабрь 2018)
49. Официальный сайт Агентства по охране окружающей среды США. Режим доступа: <http://www.epa.gov>
50. Агентство По Охране Окружающей Среды Соединенных Штатов Америки [Электронный ресурс]: Официальный сайт Европейского природоохранного агентства. Режим доступа: <http://themes.eea.eu.int> (Дата обращения декабрь 2018)
51. Некоммерческое партнерство «Региональное Энергетическое Партнерство»; независимая негосударственная организация, занимающаяся вопросами ресурсосбережения и жилищно-коммунального хозяйства, в том числе, управления отходами. Режим доступа: www.reda.spb.ru
52. Сайт Европейского союза [Электронный ресурс]: Экологическая информация для бизнеса и местных властей Европейского природоохранного агентства. Режим доступа: www.ewindows.eu.org – (Дата обращения декабрь 2018)
53. [Электронный ресурс]: Материалы о методах и подходах в обращении с ТБО в коммерческом, некоммерческом и жилом секторах. Режим доступа: www.wasteonline.org.uk – (Дата обращения декабрь 2017)

54. CIWM [Электронный ресурс]: Чартерный Институт Управления Отходами, профессиональное объединение из 6 250 компаний, занимающихся обращением с отходами и их переработкой в Великобритании, Ирландии и других странах. Режим доступа: www.ciwm.co.uk – (Дата обращения декабрь 2018)
55. Экобезопасность, Энергоэффективность, НДТ [Электронный ресурс]: Сайт неправительственной организации «Эколайн»; информация по различным вопросам охраны окружающей среды. Режим доступа: www.ecoline.ru – (Дата обращения декабрь 2018)
56. Электронная биржа отходов [Электронный ресурс]: Информационная система «Электронная биржа отходов» для развития региональных рынков вторичных ресурсов на Северо-Западе России. Режим доступа: www.otkhodov.net (Дата обращения декабрь 2017)
57. Вывоз мусора в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]: Сайт Компании, работающей по вопросам вывоза, размещения и утилизации отходов в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Режим доступа: www.ekoline.ru (Дата обращения июнь 2019)
58. Eco-Profi [Электронный ресурс]: Сайт Эколог-профессионал 9120060101004. Мусор строительный от разборки зданий. Режим доступа: <http://eco-profi.info/> (Дата обращения декабрь 2018)
59. ГОСТ Р 57678–2017 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация строительных отходов.
60. Долгосрочная целевая программа по обращению с твердыми бытовыми и промышленными отходами в Санкт-Петербурге. – ООО НПО «Центр благоустройства и обращения с отходами». – 2012. – С. 216
61. Экологическая компания «Экологические услуги» [Электронный ресурс]: Официальный сайт ООО «Экологические услуги». Режим доступа: <https://ecolusspb.ru/> – (Дата обращения ноябрь 2019)
62. Баренцева-Евроарктическое сотрудничество [Электронный ресурс]: Материалы конференции 11-м заседании Баренцева Евро-Арктического совета г. Инари, Финляндия, 4-5 декабря 2013 года. www.barentscooperation.org Barents

Rescue2013-Beac Barents Saga: Newsletter by International Barents Secretariat. Режим доступа: <https://www.barentscooperation.org/newsletter/Newsletter-3-2013/hot-spots> (Дата обращения декабрь 2018)

63. 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.

64. Чашин, А. Н. Краткий юридический словарь/ А. Н. Чашин. – М. : Дело и сервис – 2016. – С. 256

65. Перевод статьи Demographia World Urban Areas (World Agglomerations). 8th Annual Edition: Version 2. July 2012 <http://www.demographia.com/http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>

66. СанПиН 2.1.7.10.38-01. «Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов» (Госсанэпиднадзор России, М., 2001 г.)

67. Проект «Предподготовка и безопасное размещение твердых бытовых отходов (ТБО) и осадков сточных вод (ОСВ) для защиты окружающей среды» (ICA2-СТ-2000-10040) в рамках научно-исследовательской программы Еврокомиссии INCOCOPERNICUS-2, 1999-2003 гг., «Разработка плана природоохранных мероприятий при обращении с бытовыми отходами Санкт-Петербурга» (LIFE02 TSY/ROS/039) в рамках программы Еврокомиссии ЛАЙФ, 2002-2005 гг., «Международное и региональное научно-техническое сотрудничество по обоснованию системы обращения с твердыми бытовыми отходами» (№ 257-1440) по научной программе Минобразования РФ «Государственная поддержка региональной научно-технической политики высшей школы и развитие ее научного потенциала, 2001-2002 гг.»

68. «Правила обращения со строительными отходами в Санкт-Петербурге» (в ред. Постановлений Правительства СПб от 20.10.2005 № 1589, от 14.12.2006 № 1577)

69. «Долгосрочная целевая инвестиционная программа обращения с твёрдыми бытовыми и промышленными отходами в Санкт-Петербурге на 2012 – 2020 годы раздел 2 концепция долгосрочной целевой инвестиционной программы обращения с твёрдыми бытовыми и промышленными отходами в Санкт-Петербурге на 2012 – 2020 годы»
70. «Концепция обращения с твердыми бытовыми отходами в Российской Федерации. МДС 13-8.2000» (утв. Постановлением Коллегии Госстроя РФ от 22.12.1999 п. 17).
71. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 29.05.2012 № 524 «О Программе «Региональная целевая программа по обращению с твердыми бытовыми отходами в Санкт-Петербурге на период 2012-2020 годов» Документ предоставлен Консультант Плюс www.consultant.ru Дата сохранения: 24.02.2015
72. Oma Ranta [Электронный ресурс]: «Сортировка и утилизация бытовых отходов (мусора) в Финляндии.» Содержание данной публикации является интеллектуальной собственностью компании «Ома Ранта» и охраняется законом (ч. 4 ГК РФ). Перепечатка, воспроизведение и распространение в любом объеме материалов сайта www.omaranta.ru разрешается только с письменного согласия администрации компании «Ома Ранта» и при условии размещения гиперссылки на источник и оригинал материала. Режим доступа: <http://omaranta.ru/info/bytovye-voprosy/sortirovka-musora/> (Дата обращения декабрь 2018)
73. ВторСырье [Электронный ресурс]: Отраслевой портал посвящен технологии, оборудование и услуги сбора, переработки и вывоза отходов. Биржа вторсырья/ Материал подготовлен Управлением Главгосэкспертизы России по Ставропольскому краю, г. Ставрополь, 2004г, Материал подготовлен Управлением Главгосэкспертизы России по Ставропольскому краю, г. Ставрополь, 2004г. Режим доступа: <http://www.recyclers.ru/> – (дата обращения 2016 год)
74. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов, утв. Минстроем России 02.11.96, согласована с Госкомсанэпиднадзором России 10.06.96 №01-8/1711.

75. Санитарные правила устройства проектирования, строительства и эксплуатации полигонов захоронения не утилизируемых промышленных отходов №1746-77, утв. Минздравом СССР 22.08.77.
76. Порядок накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов №3183-84, утв. Минздравом СССР 29.12.84.
77. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87 №4422–87.
78. Правила сбора, хранения и удаления отходов лечебно-профилактических учреждений: СанПиН 2.1.7.728–99, утв. Минздравом России 22.01.99.
79. ГОСТ 17.4.1.02–83 Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
80. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-85) №3938-85, утв. Минздравом СССР, введенные в действие Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 11.11.98 №30, взамен «Санитарных правил устройства и содержания полигонов для твердых бытовых отходов», утвержденных Минздравом СССР 16.05.83 №2811–83.
81. СП 2.1.7.1038–01. – Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.05.2001 № 16 «О введении в действие санитарных правил» (вместе с «СП 2.1.7.1038–01. 2.1.7. Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов. Санитарные правила») (Зарегистрировано в Минюсте РФ 26.07.2001 № 2826) 16 февраля 2018 г.
82. Закон Свердловской области от 19 декабря 1997 года № 77-ОЗ «Об отходах производства и потребления», принятый Областной Думой Законодательного Собрания Свердловской области 3 декабря 1997 года Одобрен Палатой Представителей Законодательного Собрания
83. Приказ от 22 мая 2017 года № 242 Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов (с изменениями на 28 ноября 2017 года)

84. «Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря», 1992 год
85. Гарант [Электронный ресурс] : «Модельный закон об отходах производства и потребления» (новая редакция) (принят постановлением на двадцать девятом пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств - участников СНГ от 31 октября 2007 г. № 29–15), Режим доступа: <http://base.garant.ru/> – (Дата обращения декабрь 2018)
86. «Конституция Российской Федерации» (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6–ФКЗ, от 30.12.2008 № 7–ФКЗ, от 05.02.2014 № 2–ФКЗ, от 21.07.2014 № 11–ФКЗ)
87. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7–ФЗ (последняя редакция)
88. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89–ФЗ (последняя редакция)
89. Федеральный закон «О лицензировании отдельных видов деятельности» от 04.05.2011 № 99–ФЗ (последняя редакция)
90. Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния 1979 года (Гетеборг, 30 ноября 1999 года)
91. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 № 96–ФЗ (последняя редакция)
92. «Земельный кодекс Российской Федерации» от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2018)
93. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 № 52-ФЗ (последняя редакция)
94. Федеральный закон «Об экологической экспертизе» от 23.11.1995 № 174-ФЗ (последняя редакция)
95. Закон РФ от 21.02.1992 № 2395–1 (ред. от 03.08.2018) «О недрах»
96. «Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» от 30.12.2001 № 195–ФЗ (ред. от 12.11.2018)

97. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74–ФЗ (ред. от 03.08.2018)
98. «Лесной кодекс Российской Федерации» от 04.12.2006 № 200–ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2018)
99. Постановление Госстроя РФ от 25.05.2000 № 51 «Об утверждении классификаторов работ и услуг в жилищно-коммунальном комплексе» (вместе с «Классификатором работ и услуг по виду деятельности «Эксплуатация инженерной инфраструктуры городов и других населенных пунктов», «Классификатором работ и услуг по виду деятельности «Эксплуатация централизованных систем питьевого водоснабжения и систем водоотведения»)
100. Приказ Росстата от 30.08.2017 № 562 (ред. от 05.09.2017, с изм. от 27.07.2018) «Об утверждении статистического инструментария для организации федерального статистического наблюдения за строительством, инвестициями в нефинансовые активы и жилищно-коммунальным хозяйством»
101. Постановление Правительства РФ от 03.03.2017 № 255 (ред. от 27.12.2019) «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» (вместе с «Правилами исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду») (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2020)
102. Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 № 913 (ред. от 29.06.2018) «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах»
103. Приказ Минприроды России от 14.08.2013 № 298 «Об утверждении комплексной стратегии обращения с твердыми коммунальными (бытовыми) отходами в Российской Федерации»
104. «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. СанПиН 2.1.7.1322-03», введены в действие 15 июня 2003 года.

105. «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов. СП 2.1.7.1038-01», введены в действие Постановлением Минздрава РФ от 30 мая 2001 года №16
106. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 09.12.2010 № 163 «Об утверждении СанПиН 2.1.7.2790–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами» (вместе с «СанПиН 2.1.7.2790-10. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы...») (Зарегистрировано в Минюсте РФ 17.02.2011 № 19871)
107. Санитарные правила и нормы № 2.1.7.2790-10 от 12 декабря 2010 года «Санитарно–эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами»
108. Патент № 23755101 Российская Федерация МПК В04D 39/06 Способ получения гранулированного фильтрующего материала / Л. Б. Сватовская, Л. Л. Масленникова, Н. А. Бабак; патентозаявитель и патентообладатель ГОУ высшего профессионального образования ПГУПС. - №2008130037/15; заявл. 21.07.2008; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 34
109. Сватовская, Л. Б. Физико-химические основы круговорота минеральных веществ в строительстве и геозащите// Новые исследования в материаловедении и экологии: сборник научных трудов / Науч. ред.: Л. Б. Сватовская. – СПб.: ПГУПС. – 2001 – С.3-8.
110. Сватовская, Л. Б. Новое технологическое решение для защиты окружающей среды в пределах полосы отвода железных дорог / Л. Б. Сватовская и др. // Транспортное строительство. – 2012. № 7. – С. 12-13
111. Письмо Минприроды России от 19.05.2014 № 05-12-44/10285 «О разъяснении законодательства по вопросу размещения отходов организациями, производящими добычу полезных ископаемых»
112. NSP.SU [Электронный ресурс] :Независимый строительный портал. Режим доступа: <http://www.nsp.su> – (дата обращения 08 декабря 2017)

113. Переработка мусора. Инвестиции в будущее. [Электронный ресурс]: Материалы компании «ЗТБО» Режим доступа: <https://ztbo.ru/> (дата обращения 09 декабря 2018)
114. Игошин, В. М. Технологические решения по рекультивации нарушенных земель при ликвидации шахт и разрезов: отраслевой нормативно-методический материал / В.М. Игошин, А.П. Красавин, Д.И. Дьяконов. – Пермь: ФГУП «МНИ-ИЭКОТЭК», 2002. –200 – С. 50. Инструкция о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с использованием недрами [Электронный ресурс]. – М.: Минюст, 1999. – № 33. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_23910
115. Афанасьев, А. А., Реконструкция жилых зданий. Часть II. Технологии реконструкции жилых зданий и застройки / А.А. Афанасьев, Е.П. Матвеев [Электронный ресурс] – Москва, 2008 - Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/text/Rekonstrukciyazhilyxzdani2.html>
116. Обоснование расчетов объема поверхностных вод, сбрасываемых с территории СПбПУ в городскую канализацию [Электронный ресурс]: магистерская диссертация: 08.04.01 / И. Г. Бакирова; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-строительный институт ; науч. рук. К. Н. Криулин. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 3,11 Мб). – Санкт-Петербург, 2017. – Загл. с титул. экрана. – Свободный доступ из сети Интернет (чтение, печать, копирование). – Adobe Acrobat Reader 7.0.
117. Голованова, А. И. Рекультивация нарушенных земель / под ред. А. И. Голованова. – М. : КолосС, 2009. – С. 325.
118. Сметанин, В. И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель / В. И. Сметанин. – М. : Колосс, 2000. – С. 96.
119. ГОСТ 17.1.5.02–80. Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов. – Введ. 1982-07-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1982. – С. 5.

120. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019), Статья 65. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы
121. РД 33–3.2.08–87 Типовые правила эксплуатации водохранилищ емкостью 10 млн. куб. м и более
122. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 апреля 2009 г. № 349 «Об утверждении Положения о разработке, согласовании и утверждении правил использования водохранилищ, в том числе типовых правил использования водохранилищ» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2009, № 18 (ч. 2), ст. 2247)
123. СНиП 2.06.01–86 Гидротехнические сооружения. основные положения проектирования
124. СанПиН 3907–85. Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ
125. Приказ от 13 декабря 2016 года № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»
126. Федеральный закон от 20.12.2004 № 166–ФЗ (ред. от 25.12.2018) «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов», Статья 47. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения и требования к водному режиму водных объектов рыбохозяйственного значения
127. ГОСТ 30813–2002 «Вода и водоподготовка. Термины и определения»
128. ГОСТ Р 53415–2009 (ИСО 19458:2006) «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа»
129. СанПиН 2.1.5.980–00. 2.1.5. «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.2000) (с изм. от 04.02.2011, с изм. от 25.09.2014)

130. Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» от 20.12.2004 № 166-ФЗ (последняя редакция)
131. ГОСТ Р 55529–2013 Объекты спорта. Требования безопасности при проведении спортивных и физкультурных мероприятий. Методы испытаний
132. ГОСТ Р 55529–2013 Группа Т50 Национальный стандарт российской федерации объекты спорта. Требования безопасности при проведении спортивных и физкультурных мероприятий. Методы испытаний / Sports facilities. Safety requirements for carrying out sports and physical culture activities. Test methods ОКС 03.080.30 ОКСТУ 0131
133. ГОСТ Р 57015–2016 «Услуги населению. Услуги бассейнов. Общие требования»
134. СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»
135. СанПиН 2.1.4.1110–02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения»
136. СанПиН 2.1.4.1175–02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников»
137. СанПиН 2.1.5.980–00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»
138. СП 2.1.5.1059–01 «Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения»
139. СанПиН 2.1.7.1287–03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы»
140. Жуков, Б. Судьбы вывоза мусора у «них» и у нас / – Журнал «Итоги» №18 – 1999 – Режим доступа <https://www.solidwaste.ru/publ/view/9.html> .
141. Промышленная безопасность [Электронный ресурс]: Официальный сайт Компании «ПОЛИИНФОРМ» обеспечение промышленной и экологической безопасности. Режим доступа: <http://www.polyinform.ru/> – (Дата обращения 2016 год)

142. Официальный сайт Эко трест [Электронный ресурс]: Экспедирование грузов (ЭКО ТРЕСТ – транспортная компания). Режим доступа: <http://www.eco-trest.ru/1> – (Дата обращения 2016 год)
143. Официальный сайт «СпецТрансПорт» [Электронный ресурс]: Сбор и транспортировка отходов, разработка котлованов, демонтаж, экологическое сопровождение, благоустройство, клининг в Петербурге. Режим доступа: <http://www.spectransport.su> – (Дата обращения на сайт 2016 год)
144. Новые химические технологии [Электронный ресурс]: Аналитический портал химической промышленности. Режим доступа: <http://www.newchemistry.ru> – (Дата обращения 2017)
145. Весь бетон [Электронный ресурс]: Статья «Новая жизнь строительных отходов». Режим доступа: <https://allbeton.ru/article/2051.html> (дата 24.04.2009)
146. Лидер бетон [Электронный ресурс] : Официальный сайт «Лидер групп» Рециклинг, утилизация бетона, переработка бетонных отходов. Режим доступа: <https://liderbeton.ru/> (дата обращения 2016)
147. GostHelp [Электронный ресурс] : Реконструкция жилых зданий. Часть II. Технологии реконструкции жилых зданий и застройки. Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru> (издание Москва 2008)
148. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ
149. ЛокоМек [Электронный ресурс]: Официальный сайт «Строительная техника». Режим доступа: <http://www.excavator.by> (дата обращения январь 2018)
150. ОСТ 26.260.758–2003 Конструкции металлические. Общие технические требования
151. Вторичные отходы. [Электронный ресурс] : Утилизация и переработка отходов ©. Режим доступа: www.vtorothodi.ru – (дата обращения январь 2018)
152. Подтуркин, Ю. А. Методологические подходы к формированию современной модели рационального недропользования/ Подтуркин Ю.А., Ларичкин Ф.Д. – Недропользование XXI век. 2008. – № 6. – С. 32-37.Режим доступа: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения 08 декабря 2017)

153. БАЛТИК СТОУН: [Электронный ресурс]: Монументальность без границ. Режим доступа: <https://balticstone.ru> – (Дата обращения 08 декабря 2017)
154. Оськина, О. В. Гранит – свойства. Свойства и применение гранита. / О. В. Оськина Режим доступа: <https://fb.ru/article/139604/granit---svoystva-svoystva-i-primeneniie-granita> (дата обращения 08 декабря 2017)
155. Рекультивация карьерных выемок и искусственно созданных полостей с использованием отходов возможна при наличии заключения экспертизы и лицензии на обезвреживание и размещение отходов I-IV классов опасности. Письмо Минприроды России от 19.05.2014 N 05-12-44/10285 «О разъяснении законодательства по вопросу размещения отходов организациями, производящими добычу полезных ископаемых».
156. Официальный сайт ЗМК: [Электронный ресурс]: Завод механизмов и конструкций Режим доступа <http://spbmusor.ru> – (Дата обращения 2016)
157. Официальный сайт ООО «БЕЛИГАТРАНС» [Электронный ресурс]: Мусоровоз Режим доступа <http://www.lugr.ru/> – (Дата обращения 2016)
158. Сайт «Производственное предприятие: Завод спецавтомобилей» <http://www.favorit-service.ru/> (дата обращения 2016)
159. Балалаев, А. С. Транспортно-логическое взаимодействие при мультимодальных перевозках. Монография. / А. С. Балалаев, Р. Г. Леонтьев – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – 2012. – С. 64-217
160. [Электронный ресурс]: «Эко Трест» Режим доступа <http://www.eco-trest.ru/> (Дата обращения ноябрь 2016)
161. Вывоз мусора в Санкт Петербурге и ЛО [Электронный ресурс]: Информация портала компании «Авангард-Строй Механизация» Режим доступа <http://puhto.ru/> – (Дата обращения ноябрь 2016)
162. [Электронный ресурс]: Данные портала компании ООО «ТРАНСКАПИТАЛ ГРУПП» Режим доступа <http://www.transkapital.com.ua> – (Дата обращения ноябрь 2016)

163. Эко-Маркетинг НППФ в Петербурге [Электронный ресурс]: Паспортизация отходов I–V класса опасности: разработка паспортов опасных отходов – ООО «НППФ Эко-Маркетинг» ЭКО–МАРКЕТИНГ: Научно-производственная и проектная фирма. Режим доступа: <http://www.eko-marketing.ru/> – (Дата обращения декабрь 2017 года)
164. М. И. Грифф, М. И. Краткий автомобильный справочник в 5 томах. Том 4: Специальные и специализированные автотранспортные средства: В трёх ч. Часть 1: Фургоны, самосвалы, платформы, тягачи специальные, прицепы-ропуски России и СНГ / М. И. Грифф, И. А. Венгеров, В. С. Олитский и др. /– М.: Автополис–плюс, 2006. – С. 448 с табл., ил.
165. ГОСТ Р ИСО 14050–99 Управление окружающей средой. Словарь. – Госстандарт, 1999, с.7
166. ГОСТ Р 54205–2010 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Наилучшие доступные технологии повышения энергоэффективности при сжигании. – Москва, Стандартинформ, 2011, с.43
167. ГОСТ Р 54097–2010 Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Методология идентификации. – Москва, Стандартинформ, 2011, с.20
168. ГОСТ Р 52108–2003 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Основные положения. – Москва, Госстандарт России, 2003, переиздание июль 2005, с.11
169. ГОСТ Р 30775–2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов. Основные положения. – Минск, Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001, переиздание декабрь 2005, с.42
170. ГОСТ Р 30773–2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла. Основные положения. – Минск, Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001, с.16
171. ГОСТ Р 30772–2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. – Минск, Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001, с.20

172. ГОСТ 17.5.1.01–83 Охрана природы (ССОП). Рекультивация земель. Термины и определения. – Москва, 1984, с.9
173. ГОСТ 17.5.3.04–83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель» (утв. постановлением Госстандарта СССР от 30 марта 1983 г. № 1521) – Москва, 1983, с. 12
174. BioGeo.Ru [Электронный ресурс]: Способы добычи ископаемых и их сравнительная эффективность. Режим доступа: <https://www.bygeo.ru/materialy/> – (Актуально на 18 сентября 2017)
175. Сайт «ЭКОЛОГИЯ. Справочник» [Электронный ресурс]: Добыча открытым способом Режим доступа <http://ru-ecology.info> – (Актуально на 18 сентября 2017)
176. Сизов, Е. Б. Проблема материального обеспечения железнодорожных войск в операциях: Диссертация на соискание учёной степени доктора военных наук. / Е. Б. Сизов – Л.: ВАТТ – 1987. – С. 333.
177. Перепеченов, А. М. Перспективы будущего в образовательном процессе. Сборник тезисов национальной научно-технической конференции, 13–15 апреля 2015 года. – СПб: ПГУПС – С. 68–71
178. Перепеченов, А. М. Перспективы будущего в образовательном процессе. Сборник тезисов национальной научно-технической конференции, 18–20 апреля 2016 года. – СПб: ПГУПС – С. 94–96
179. Перепеченов, А. М. Перспективы будущего в образовательном процессе. Сборник тезисов национальной научно-технической конференции, 17–19 апреля 2017 года. – СПб: ПГУПС – С. 107–112
180. Перепеченов, А. М. Методика обеспечения живучести объектов железнодорожного направления при ограниченных ресурсах системы технического прикрытия: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук./ А. М. Перепеченов – СПб ВТУ ЖДВ.– 2004. – С. 242.
181. Вентцель, Е.С. Исследование операций. / Вентцель Е.С. – М., Советское радио. – 1972. – С. 552.

182. Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. / Вентцель Е.С. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. – 1980. – С. 208.
183. Дуброва, Т. А. Статистические методы прогнозирования. / Т. А. Дуброва – М.: Юнити-Дана. – 2003. – С. 208.
184. Нейлор, Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем/ Пер. с англ. Нейлор Т. и др. – М.: Мир. – 1975. – С. 500.
185. Райфа, Г. Прикладная теория статистических решений. / Райфа Г., Шлейфер Р. – М.: Статистика. – 1977. – С. 360.
186. Хикс, Ч. Основные принципы планирования эксперимента. / Ч. Хикс – М.: Мир. – 1967. – С. 406.
187. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. / Р. Шеннон Пер. с англ. – М.: Мир. – 1978. – С. 418.
188. Яковлев, Е.И. Машинная имитация. / Е. И. Яковлев – М.: Наука. – 1975. – С. 156.
189. 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.
190. 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.
191. Боденко Е. М. Проблемы безопасности организации мультимодальных перевозок строительных отходов / Боденко Е.М., Перепечёнов А.М. // Техно-технологические проблемы сервиса. 2018. № 2 (44). С. 56-61.
192. UNIPAK.RU [Электронный ресурс]: Информационно-поисковая система. Режим доступа: <https://news.unipack.ru> – (Актуально на 13 апреля 2018)
193. Федоров, А.А. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Теоретические положения обоснования способов восстановления

железнодорожных мостовых переходов в условиях многократного воздействия противника. / А. А. Федоров – СПб: ВАТТ. – 2000. – С. 366.

194. Интердальнобой [Электронный ресурс]: Грузовики, автобусы и прочая коммерческая техника всего мира. Режим доступа: <http://interdalnoboy.com> – (Актуально на 13 апреля 2018)

195. Механизация [Электронный ресурс]: Портал о машинах и механизмах. Режим доступа: <https://www.mechanization.ru> – (Актуально на 13 апреля 2018)

196. Официальный дилер Mercedes (Крупногабаритная техника) [Электронный ресурс] : Технический центр ВОСТОК. Режим доступа: <http://www.tc-v.ru> – (Актуально на 13 апреля 2018)

197. Рабинович, В. И. Информационные характеристики средств измерения и контроля. / В. И. Рабинович, М. П. Цапенко – Энергия. – 1968 – С. 95

198. Чилин, Ю. Н. Методы принятия решений в многоцелевых системах. Монография. / Ю. Н. Чилин, Ю. Н. Сысуев – СПб: Военно-Морская Академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова. – 2008. – С.275

199. Гихман, И. И. Введение в теорию случайных процессов. / И. И. Гихман, А. В. Скороход – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. – 1965. – С. 656.

200. Чилин, Ю. Н. Исследование операций в сложных технических системах (в двух книгах). Том 1. / Ю. Н. Чилин – Министерство обороны РФ. – 2002. – С.309.

201. Метеорологический режим карьеров [текст] : [сборник статей] / под ред. И. А. Гольцберг и П. А. Воронцова. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1970. – С. 176.

202. Чертес, К. Л. Диссертация на соискание ученой степени доктора наук Комплексная система подготовки и размещения органо-минеральных отходов в отработанных карьерах / К. Л. Чертес. – 2006. – С. 280

203. Ушаков, К.З. Аэрология карьеров / К.З. Ушаков, В.А. Михайлов. – М.: Недра. – 1975. – С. 248.

204. Пашкевич, М.А. Оценка воздействия техногенных массивов на природную среду в горнопромышленных регионах Текст.: Автореф. дис. . докт. техн. наук. / М.А. Пашкевич. – СПб. – 2001. – С. 40.
205. 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.
206. Боденко, Е. М. Модель построения вывоза строительных отходов и отходов 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.
207. Боденко, Е. М. Утилизация и захоронение 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.
208. Правовая окраина Рунета [Электронный ресурс] : Рекультивация и консервация земель. Режим доступа: <https://okrainaruneta.ru/rekultivaciya-i-konservaciya-zemel/> – (Актуально на март 2018)
209. Рекультивация и консервация земель. Оценка эффективности рекультивации нарушенных земель (экосистемный подход) Автореферат диссертации на правах рукописи Гавриловская Мария Александровна Режим доступа <http://shkolnie.ru> – (Актуально на март 2018)
210. ТехНорма.РУ [Электронный ресурс]: Информационно-справочная онлайн система. Режим доступа: <http://tehnorma.ru/> – (Актуально на март 2017)
211. Общество профессионалов: Налог-Налог.ру [Электронный ресурс]: Расчет платы за загрязнение окружающей среды на 2017–2018. Режим доступа: <http://nalog-nalog.ru> – (Актуально на март 2017)
212. Портал РосЭкспертПраво. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rosexpertpravo.ru/> – (Актуально на март 2018)

213. Портал песка и щебня. [Электронный ресурс] : Карьеры и перевалки Северо-Западного федерального округа. Режим доступа: <https://samosval.info> – (Актуально на март 2018)
214. «ТехЭксперт. Консорциум Кодекс» [Электронный ресурс] Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru> – (Актуально на март 2018)
215. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 31.12.2017) «Об отходах производства и потребления» (с изменениями и дополнениями, вступил в силу с 01.01.2018)
216. Пособие по проектированию земляного полотна и водоотвода железных и автомобильных дорог промышленных предприятий (к СНиП 2.05.07-85).
217. Свод правил промышленный транспорт *Industrial transport* (Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91) СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91 (с Изменением № 1)
218. 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.
219. «Прейскурант № 14-01. Тарифы на перевозки грузов и буксировку плотов речным транспортом. Тарифное руководство № 1-Р» (утв. Постановлением Госкомцен СССР от 27.03.1989 № 273)
220. Боденко, Е. М. Математические методы, используемые при реализации диссертационного исследования / Боденко Е. М. // Известия Международной академии аграрного образования. – 2017. – № 35. – С.19-23.
221. 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.

222. 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
223. 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.
224. 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.
225. Консультант Плюс [Электронный ресурс] : Приказ от 22 июля 2019 № 5 «Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами». Режим доступа: <http://info.kadis.org> – (Актуально на сентябрь 2019)
226. Агаханянц, П.Ф. Прогнозирование образования твердых бытовых отходов Санкт-Петербурга / Агаханянц П.Ф. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент» – №1, 2014 – (Дата обращения: январь 2020)
227. Каитова, Д. Х. Правовое обеспечение восстановления нарушенных земель // Молодой ученый. – 2018. – №52. – С. 194-196. – Режим доступа <https://moluch.ru/archive/238/53732/> (дата обращения: 12.01.2020).
228. Постановление Правительства РФ от 23.02.1994 №140 «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» // – Российская газета. – №44. – 05.03.1994.

229. Техэксперт [Электронный ресурс] : Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1901351/> – (Дата обращения 15.01.2020)
230. Сорокин, Н.Д. Выбросы автотранспорта и качество атмосферного воздуха в городах // Экология производства. – 2020. – Июнь. – С. 60-69. – Режим доступа file:///C:/Users/я/Downloads/Ecology_06_2020-pages-58-71-2.pdf (дата обращения: 05.04.2021).
231. КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба (утв. Госкомэкологией РФ 09.03.1999). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200035561> – (Дата обращения март 2019 года).
232. КонсультантПлюс [Электронный ресурс] :ГОСТ 30547-97 "Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Общие технические условия" (утв. постановлением Госстроя РФ от 30 апреля 1999 г. N 33) (с изменениями и дополнениями). Режим доступа: <https://base.garant.ru/3922740/> – (Дата обращения март 2019 года).
233. Генеральная уборка [Электронный ресурс]: Интерактивная карта свалок. Режим доступа: <http://kartasvalok.ru/> – (Дата обращения 2018 год).
234. Эко-life [Электронный ресурс]: Проблемы экологии и организация жизни. Режим доступа: <https://ekochistdon.ru/pererabotka-tehniki/utilizaciya-bytovoj-v-rostove-na-donu.html> – (Дата обращения 2017 год).
235. Cleanbin [Электронный ресурс]: Обеззараживание отходов и влияние мусора на экологию <https://cleanbin.ru/utilization/obezzarazhivanie-othodov-i-vliyanie-musora-na-ekologiyu> (Дата обращения 06.06.2022 год)
236. RCYCLE.NET: Всё о переработке вторсырья и утилизации отходов[Электронный ресурс]: Обеззараживание отходов: методы, способы, используемые установки Режим доступа: <https://rcycle.net/othody/obrashhenie/obezzarazhivanie-metody-sposoby-ispolzuemye-ustanovki> (Дата обращения 06.06.2022 год)
237. Российский университет дружбы народов: Дополнительное профессиональное образование [Электронный ресурс]: Рекультивация и обустройство

нарушенных земель свалками и полигонами ТКО Рекультивация нарушенных земель свалками Режим доступа: <https://www.dpo.rudn.ru/data/novie-vozmojnosti-dlya-kajdogo/likvidazia-uwerba/> (Дата обращения 06.06.2022 год)

238. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: "Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов" (утв. Минстроем России 02.11.1996) Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146721/e5c0ef164969bac161177efae5a68fd129b27c06/ – (Дата обращения 07.06.2022)

239. ГАРАНТ [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 23 ноября 1995 г. N 174-ФЗ "Об экологической экспертизе" (с изменениями и дополнениями) Режим доступа: <https://base.garant.ru/10108595/> – (Дата обращения 01.06.2022)

240. Вайсберг, Л. А. Исследование состава и физико-механических свойств вторичного щебня из дробленого бетона / Вайсберг Л.А., Каменева Е.Е. // Строительные материалы – 2014, № 6. С. 41-45.

241. 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.

242. 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.

243. 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.

244. 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. Сер. "International Science and Technology Conference "Earth Science", ISTC EarthScience 2022 - Chapter 4." 2022. С. 052063

245. 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. Сер. "International Science and Technology Conference "Earth Science", ISTC EarthScience 2022 - Chapter 1." 2022. С. 022021
246. 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. Сер. "International Science and Technology Conference "Earth Science", ISTC EarthScience 2022 - Chapter 1." 2022. С. 022051
247. 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.

Приложения

Приложение А

Расчет экономической и экологической эффективности различных схем вывоза строительных отходов и отходов сноса¹

Таблица 1 – Данные для расчета необходимых средств на топливо по вариантам:

Автомобиль/контейнер (пухто)	Объём, м ³	Грузоподъемность, т	Время для погрузки, ч	Цена (руб.) за рейс		Цена (руб.)	
				Центр города	Другие районы	Час*	Км**
ГАЗель		1,5	2	2200	1800	350	15
ЗИЛ-самосвал	5-6,5	5	2	2600	2500	500	22
КамАЗ-самосвал	8-10	10	2	3600	3600	700	28
Контейнер 6 м ³	6	3	2	2600-2700	2500-2600	100	30
Контейнер 12 м ³	12	10	6	4500	4300	100	30
Контейнер 20-27 м ³	20-27	10	6	5000-5300	5000	100	30

Примечание: * При простое под погрузкой свыше установленного времени производится почасовая доплата

** При рейсе за пределы города производится доплата за километраж в оба конца

Таблица 2 – Типы и цены на топливо по производителям

Тип топлива	Ведущие поставщики топлива по СПб (цена за 1л топлива)*							Ср. цена по городу
	ПТК	ГазПром	ЛУКОЙЛ	Фазгон	Shell	Neste	Роснефть	
ДТ Евро-4, 5	32,10	32,65	32,45	32,45	32,44	33,10	31,85	32,43
А-92 Евро-4	28,90	29,10	30,10	29,10	29,19	28,69	28,80	29,13

*Цены действительны на 2016 год

¹ В. В. Журкович, А. И. Потапов Городские отходы. Научное и методические справочное пособие. – Санкт-Петербург, 2006, с. 790, с. 378-389

Согласно исследований, одним из источников загрязнения окружающей среды является транспорт. Так как транспортировка отходов сноса зданий и сооружений осуществляется автотранспортом, то необходимо рассмотреть и изучить степень воздействия и загрязнения окружающей среды от транспортировки, а также методы снижения этого воздействия.

По данным агентства «Автостат», всего в России на 01.01.2020 года было зарегистрировано около 24,1 млн. автомобилей, год выпуска которых превышает 10 и более лет. Средний возраст автопарка составляет 13.2 года, при этом 35% автопарка старше 15 лет. Из общего числа автомобилей в стране зарегистрировано около 3,9 млн. грузовых автомобилей, что составляет более 7% от общего числа зарегистрированных автомобилей. В Санкт-Петербурге количество транспортных средств с 1992 по 2019 годы увеличилось с 467 тыс. до 1972 тыс. автомобилей. [218]. Но не смотря на рост количества автотранспорта на внутригородских дорогах и магистралях индекс загрязнения атмосферы снижается (согласно данных исследований Росгидромета).

Основным видом загрязняющих атмосферу в городской черте и на трассах по цепи следования транспортных средств от объекта образования отходов сноса и до места их утилизации, переработки или захоронения, являются отработанные выхлопные газы, состав которых отражен в табл. 3.

Таблица 3 – Состав автомобильных выхлопных газов (согласно Приказа Минприроды России от 27.11.2019 № 804)

Вещество	Бензиновые двигатели	Дизели
Азот, N ₂ , об. %	74 – 77	76 – 78
Кислород, O ₂ , об. %	0,3 – 8,0	2,0 – 18,0
Вода, H ₂ O (пары), об. %	3,0 – 5,5	0,5 – 4,0
Диоксид углерода, CO ₂ , об. %	0,0 – 16,0	1,0 – 10,0
Оксиды углерода, угарный газ, CO*, об. %	0,1 – 5,0	0,01 – 0,5
Оксиды азота*, об. %	0,0 – 0,8	0,0002 – 0,5
Углеводороды*, об. %	0,2 – 3,0	0,09 – 0,5
Альдегиды*, об. %	0,0 – 0,2	0,001 – 0,009
Сажа**, г/м ³	0,0 – 0,04	0,01 – 1,10
Бензапирен-3,4**, г/м ³	10 – 20·10 ⁻⁶	10×10 ⁻⁶

* Токсичные компоненты; ** Концерогены

Использование автомобильного грузового транспорта класса экологической безопасности Евро-4 и Евро-5 (топливо), позволяет снизить количество вредных выбросов в атмосферу. В настоящее время на дорогах Санкт-Петербурга эксплуатируются более 45% автомобилей с 4 и 5 экологическим классом, табл. 4.

Таблица 4 – Масса выбросов на единицу мощности (г/кВт) для автомобилей различных экологических классов (согласно Технического регламента Таможенного союза № 018/2011)

Показатель	Экологический класс		
	3	4	5
NO _x	7,0	3,5	2,0
CO	20,0	4,0	1,5
NC	1,1	0,55	0,46
PM (дисперсные частицы)	0,10	0,03	0,03
ИТОГО	28,2	8,08	3,99
Массовая доля серы составляет не более, мг/кг	150	50	10
Объемная доля бензола составляет не более, мг/кг	1	1	1

Из таблицы 4 видно, что чем выше экологический класс топлива, тем меньше выброс в атмосферу загрязнителей.

В связи с выше сказанным, при имитационном моделировании процесса транспортировки отходов сноса выбор оптимального вида транспорта происходит не только из расчета транспортной инфраструктуры, но и из расчета класса экологической безопасности топлива, что позволяет снизить индекс загрязнения атмосферы с 11 до 4 за счет использования топлива класса Евро-4 и Евро-5.

В таблице 5 приведены сравнительные характеристики показателей по нескольким вариантам транспортных средств (автотранспорт) в соответствии с наиболее распространенными типами автомобилей, используемыми в городской агломерации Санкт-Петербурга.

Таблица 5 – Показатели по вариантам

№ п/п	Показатели	Вариант I	Вариант II	Вариант III
1	Тип/марка автомобиля	ГАЗ-33-08	ЗиЛ 498000/ КамАЗ 671710	ЗиЛ 47661К
2	Количество контейнеров, шт. на автомобиле	8	1/1	1
3	Объем 1 контейнера, м ³	0,75	6/27	24
4	Общий пробег, км	70,27	14,29/63,42	65
5	Общее время на пробег, мин.	168365	34,30/158,55	156
6	Количество поездок за 1 машино-день, поездки/маш.-день	2,56	12,2/3,4	2,6
7	Общий пробег автомобиля за 1 поездку, км	179,19	174,34/215,62	170,95
8	Количество контейнеров, необходимых для работы 1 автомобиля, шт.	155	91/2	78
9	Расход топлива (общий) на 1 день, л	54,9	78,08/82,62	67,6
10	Общий расход топлива при погрузочно-разгрузочных работах, л	2,96	1,5/2	7,5
11	Норма расхода топлива на 100 км пробега, л	19,6	25,8/39	18,5
12	Тип топлива	А-92	А-92/ДТ	ДТ
13	Стоимость 1 литра топлива, руб. (на 2018)	39,9	39,9/43,89	43,89
14	Затраты на топливо, руб.	2202,48	2202,48/2422,73	2422,73
15	Затраты на вывоз строительного мусора за 1 машино-день, руб.	94378	294647/ 144570	107243
16	Затраты на вывоз 1 м ³ строительного мусора, руб.	6266	4024,43/ 1574,83 Σ=5599,26	1718,91

Приложение Б

Результаты имитационного моделирования

Сводная таблица возможных объектов

№ п/п	Наименование города	Отдаленность от места захоронения, км		Время на перевозку груза		Стоимость, тариф на перевозки 1 условной единицы груза за 1 условную единицу расстояния	
		автотранспорт*	железнодорожный транспорт **	автотранспорт*, ч	железнодорожный транспорт **, сут.	автотранспорт*, машиночас/руб.	железнодорожный транспорт **, сут.
1	Санкт-Петербург	169	272	1:55	1	1 480,00	16 939,94
2	Красное Село	208	211	2:13	1	1 480,00	16939,94
3	Пушкин	196		2:09		1 480,00	16939,94
4	Колпино	193	183	2:07	1	1 480,00	16939,94
5	Всеволожск	169		1:54		1 480,00	16939,94
6	Гатчина	218	234	2:20	1	1 480,00	16939,94
7	Никольское	204	1259	2:15	6	1 480,00	16939,94
8	Металлострой	186		2:00		1 480,00	16939,94
9	Шлиссельбург	196		2:31		1 480,00	16939,94
10	Большая Ижора	243	238	2:32	1	1 480,00	16939,94
11	Лебяжье	251	247	2:41	1	1 480,00	16939,94
12	Тосно	224	211	2:30	1	1 480,00	16939,94
13	Вырица	243	265	2:44	1	1 480,00	16939,94
14	Пехенец	294		3:13		1 480,00	16939,94
15	Луга	317	326	3:25	2	1 480,00	16939,94
16	Кириши	328	274	3:32	1	1 480,00	16939,94

17	Кировск	201		2:09		1 480,00	16939,94
18	Сертолово	144		1:43		1 480,00	16939,94
19	Парголово	154		1:44		1 480,00	16939,94
20	Сестрорецк	175	186	1:56	1	1 480,00	16939,94
21	Зеленогорск	145	190	1:54	1	1 480,00	16939,94
22	Выборг	158	111	1:58	1	1 480,00	16939,94
23	Приозерск	20	15	0:13	0	1 480,00	16939,94
24	Светогорск	89	97	1:41	0	1 480,00	16939,94
25	Кронштадт	189		2:04		1 480,00	16939,94
26	Ломоносов/Ораниенбаум	231	225	2:26	1	1 480,00	16939,94
27	Тихвин	373	357	3:46	2	1 480,00	16939,94
28	Токсово	145	131	1:43	1	1 480,00	16939,94
29	Ивангород	328	345	3:20	2	1 480,00	16939,94
30	п. Песочный	148		1:47		1 480,00	16939,94
31	Великий Новгород	364		3:53		1 480,00	16939,94
32	Псков	454	464	5:11	2	1 480,00	16939,94
33	Великие Луки	640	656	8:05	3	1 480,00	16939,94
34	Боровичи	479	457	7:13	2	1 480,00	16939,94
35	Москва	872	806	12:33	4	1 480,00	16939,94
36	Череповец	684	633	7:10	3	1 480,00	16939,94
37	Мурманск	1263	1349	12:04	7	1 480,00	16939,94
38	Вологда	802	757	8:19	4	1 480,00	16939,94
39	Петрозаводск	351	388	3:41	2	1 480,00	16939,94

Приложение В

Акты о внедрении

Общество с ограниченной ответственностью
«Бриз, инженерно-техническая фирма»
 ИНН 7838345045 КПП 470301001 ОКПО 79758421 ОКВЭД 45.1; 45.2; 45.3; 45.4
 Адрес : 194223, Санкт-Петербург, ул. Курчатова, д.6, корп.4, лит. А, пом. 4Н,
 тел./факс (812) 429-39-66

«УТВЕРЖДАЮ»
 Генеральный директор ООО
 «Бриз, инженерно-техническая фирма»
 Садовский Д. П.
 09 апреля 2019 г.

АКТ О ВНЕДРЕНИИ

Предмет внедрения: схема мультимодальных перевозок строительных отходов с площадок и объектов реконструкции

Кем предложен: старшим преподавателем кафедры «Технология металлов», аспирантом кафедры «Инженерная химия и естествознание» ПГУПС Боденко Е. М.

Источник информации: Диссертационное исследование в области Геоэкология, Науки о земле на тему: «Рекультивация полостей на поверхности Земли строительными отходами городской агломерации»

Где и кем внедрено: ООО «Бриз, инженерно-техническая фирма», г. Санкт-Петербург, ул. Курчатова, д.6, корп. 4, пом. 4Н

Цель внедрения: использование схемы мультимодальных перевозок строительных отходов со площадок и объектов реконструкции, с целью снижения затрат на вывоз строительного мусора со площадок и объектов реконструкции зданий и сооружений.

Ответственные за внедрение:

Заместитель директора по строительству Воробьев Михаил Иванович

Результат внедрения: схема мультимодальных перевозок строительных отходов со площадок и объектов реконструкции позволили сократить затраты на транспортные и экологические сборы, а так же плату за загрязнение окружающей среды при вывозе строительного мусора и продуктов сноса с объектов и площадок.

Эффективность внедрения: методика формирования транспортных мультимодальных цепей позволила сократить время на составление графика вывоза строительного мусора с объектов и площадок, подбора и грузоподъемности транспортных средств для вывоза строительного мусора и продуктов сноса в условиях городской инфраструктуры, что повлекло за собой снижение размеров платы экологического сбора и платы за вывоз строительного мусора.

Заместитель директора по строительству  М.И.Воробьев

Утверждаю

Проректор по учебно-воспитательной работе
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургского
государственного университета
аэрокосмического приборостроения»
доктор юридических наук, профессор

В.М. Боев

« 29 » апреля 2019 г.

Акт реализации

Результатов диссертационного исследования Боденко Елены Михайловны на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.36 Геоэкология (в строительстве и ЖКХ) на тему: «Рекультивация полостей на поверхности Земли строительными отходами городской агломерации» в учебном процессе со студентами направления 23.03.01 «Технология транспортных процессов» профиля «Организация перевозок и управление в единой транспортной системе» института Аэрокосмических приборов и систем ФГАОУ ВО СПбГУАП.

Мы, нижеподписавшиеся, заведующий кафедрой Системного анализа и логистики доктор технических наук, профессор Фетисов В.А., профессор кафедры кандидат военных наук, профессор Слободчиков Н.А. и доцент кафедры кандидат военных наук, доцент Уголков С.В. составили настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы Боденко Е.М. внедрены в учебный процесс института Аэрокосмических приборов и систем, а именно:

Методика формирования транспортных логистических цепей в смешанном сообщении; модель формирования транспортной логистической цепи в прямом железнодорожном сообщении – при разработке учебно – методических материалов для проведения лабораторных занятий по темам разделов № 3 «Вид перевозок и маршрутизация грузопотоков» и №5: «Организация перевозки грузов» по дисциплине «Транспортная логистика».

Акт выдан для представления в диссертационный совет.

Заведующий кафедрой
Системного анализа и логистики
д.т.н., профессор



В.А. Фетисов

Профессор кафедры
Системного анализа и логистики
к.в.н., профессор



Н.А. Слободчиков

Доцент кафедры
Системного анализа и логистики
к.в.н., доцент



С.В. Уголков

Утверждаю

Проректор по учебно-воспитательной работе
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургского
государственного университета
аэрокосмического приборостроения»
доктор юридических наук, профессор

В.М. Боср

« 30 » апреля 2019 г.

Акт реализации

Результатов диссертационного исследования Боденко Елены Михайловны на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.36 Геоэкология (в строительстве и ЖКХ) на тему: «Рекультивация полостей на поверхности Земли строительными отходами городской агломерации» в учебном процессе со студентами направления 12.04.01 «Приборостроение» профиля «Интеллектуальные транспортные системы» института Аэрокосмических приборов и систем ФГАОУ ВО СПбГУАП.

Мы, нижеподписавшиеся, заведующий кафедрой Системного анализа и логистики доктор технических наук, профессор Фетисов В.А., профессор кафедры кандидат военных наук, профессор Слободчиков Н.А. и доцент кафедры кандидат военных наук, доцент Уголков С.В. составили настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы Боденко Е.М. внедрены в учебный процесс института Аэрокосмических приборов и систем, а именно:

Имитационная модель образования, вывоза и захоронения строительных отходов и продуктов сноса с последующей рекультивацией выемок на поверхности, методика определения расчётных объёмов работ по вывозу и утилизации строительных отходов и продуктов сноса – при разработке учебно – методических материалов для проведения лабораторных занятий № 5 «Исследование принятия решений в условиях неопределённости при управлении цепями поставок» по дисциплине «Моделирование транспортных систем и цепей поставок».

Акт выдан для представления в диссертационный совет.

Заведующий кафедрой
Системного анализа и логистики
д.т.н., профессор



В.А. Фетисов

Профессор кафедры
Системного анализа и логистики
к.в.н., профессор



Н.А. Слободчиков

Доцент кафедры
Системного анализа и логистики
к.в.н., доцент



С.В. Уголков



АКТ О ВНЕДРЕНИИ

Предмет внедрения: методы использования продуктов сноса в качестве заполнителей гранитных отработанных или заброшенных карьеров.

Кем предложен: старшим преподавателем кафедры «Технология металлов», аспирантом кафедры «Инженерная химия и естествознание» ПГУПС Боденко Е. М. и доктором технических наук, профессором Шершневой М. В.

Источник информации: Диссертационное исследование в области Геоэкология. Наука о земле на тему: «Рекультивация полостей на поверхности Земли строительными отходами городской агломерации»

Цель внедрения: использование методов использования продуктов сноса в качестве заполнителей гранитных отработанных или заброшенных карьеров после окончания разработки карьеров, находящихся в аренде предприятия.

Результат внедрения: методы будут применены в соответствии с планом и графиком рекультивации взятых в аренду территорий по окончании договора аренды.

Главный инженер
НП «ГПСК «Возрождение»

С. Ю. Двинин