

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»

На правах рукописи

Мухина Александра Сергеевна



ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ВНЕШНИХ
ОТВАЛОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

Специальность 25.00.16 – Горнопромышленная и нефтегазопромысловая
геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Кутепов Ю. И.

Санкт-Петербург – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ МАССИВОВ	9
1.1 Состояние вопроса геоэкологического и инженерно-геологического обоснования рекультивации отвалов и гидроотвалов.....	9
1.1.1 Теоретические основы рекультивации нарушенных земель	11
1.1.2 Горнотехнический этап рекультивации	14
1.1.3 Биологический этап рекультивации	20
1.2 Фактическое состояние рекультивации нарушенных земель.....	24
1.3 Нормативные требования к проведению рекультивационных работ на отвалах	28
1.4 Выводы по Главе 1	30
ГЛАВА 2 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ	32
2.1 Горно-геологические условия отвалообразования	32
2.1.1 Климатическая характеристика региона.....	32
2.1.2 Геологическое строение бассейна	36
2.1.3 Гидрогеологические условия	42
2.1.4 Особенности вскрышных и отвальных работ при разработке угольных месторождений открытым способом	44
2.2 Инженерно-геологические условия внешних отвалов	49
2.2.1 Процессы технолитогенеза при отвалообразовании	49
2.2.2 Геодинамические процессы, развивающиеся на внешних отвалах	51
2.3 Характеристика ландшафтов месторождений угля Кузбасса.....	52
2.3.1 Ландшафтопреобразующие факторы при ведении отвальных работ	52
2.3.2 Особенности физических свойств и плодородия почв техногенных ландшафтов Кузбасса.....	60
2.3.3 Оценка содержания угля и его свойств в отвалах угольных разрезов.....	65
2.3.4 Сукцессионные аспекты восстановления растительного покрова на отвалах.....	68
2.4 Инженерно-геологическая и геоэкологическая типизация внешних отвалов	75
2.5 Выводы по Главе 2	80
ГЛАВА 3 НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ВЫСОКИХ ОТВАЛОВ НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА	82
3.1 Характеристика внешних отвалов разрезов Кузбасса	82
3.1.1 Отвалы Краснобродского угольного разреза. Новосергеевское поле.....	82
3.1.2 Отвалы Талдинского угольного разреза. Талдинское поле	86
3.1.3 Отвалы Моховского угольного разреза. Моховское поле	89
3.1.4 Отвалы Бачатского угольного разреза. Бачатское месторождение.....	91
3.2 Обоснование оптимальных параметров внешних отвалов	95

3.3 Оценка пригодности техногенного элювия в качестве плодородного субстрата для биологической рекультивации.....	101
3.3.1 Полевые и натурные методы исследования образования техногенного элювия.....	102
3.3.2 Почвенно-грунтовая характеристика нарушенных участков	102
3.3.3 Изучение агрохимических свойств техногенного элювия, формируемого на поверхности отвалов открытой добычи угля в Кузбассе.....	105
3.3.4 Оценка уровня загрязнения техногенного элювия токсичными соединениями.....	116
3.4 Разработка рекомендаций по рекультивации высоких внешних отвалов	119
3.5 Выводы по Главе 3	121
ГЛАВА 4 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ГИДРООТВАЛОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД	123
4.1 Анализ применения гидромеханизации и условий формирования отвалов «сухих» пород на поверхности гидроотвалов	123
4.2 Особенности инженерно-геологических и гидрогеологических условий гидроотвалов и основные принципы их изучения для обоснования параметров рекультивации	125
4.3 Геодинамические процессы при формировании природно-технических систем ПТС «гидроотвал + отвал».....	128
4.4 Обоснование параметров формирования природно-технических систем (ПТС) «отвал+гидроотвал».....	131
4.5 Рекомендации по формированию рекультивационной насыпи при ликвидации гидроотвала.....	133
4.6 Выводы по Главе 4.....	136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	138
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	140
ПРИЛОЖЕНИЕ А Свидетельство о государственной регистрации базы данных.....	152
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Журнал отбора проб на объектах АО «УР «Кузбассразрезуголь» и описание профилей	154
ПРИЛОЖЕНИЕ В Результаты анализа проб в лабораторных условиях.....	171
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Акт о внедрении результатов диссертационного исследования	174

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Кузнецкий угольный бассейн является крупнейшим в мире и России по запасам высококачественного каменного угля и по объему его извлечению из недр. По состоянию на 2021 г. добыча в регионе достигла 221 млн. т угля, а по прогнозу развития угольной промышленности РФ данный показатель к 2030 г может возрасти до 330 млн. т. Необходимо подчеркнуть, что 2/3 добытого твердого топлива приходится на открытые горные работы, характеризующиеся перемещением в отвалы и гидроотвалы больших объемов вскрышных пород. Длительная эксплуатация разрезов в регионе, начатая в 1948 году, в совокупности с планомерным ростом их производственной мощности привели к формированию значительных по геометрическим параметрам внешних отвальных сооружений, высоты которых превышают 100 м, площади достигли 1000 га, а емкости – 1,5 млрд. м³. Также в проектной документации рассматриваются предложения по их увеличению до 250 м и даже 500 м.

Важнейшей проблемой дальнейшей интенсификации открытого способа добычи как в регионе, так и в целом для угольной отрасли страны, в свете требований рационального землепользования является снижение экологического ущерба и затрат на отвалообразование. Частичное ее решение заключается в увеличении емкости существующих отвальных горнотехнических сооружений за счет формирования высоких и сверхвысоких объектов размещения вскрышных пород, использовании законсервированных гидроотвалов и их рекультивации как завершающей стадии отвальных работ.

Данные предложения при отсутствии должного научно-технического обоснования могут спровоцировать развитие негативных процессов, сопровождающихся большими экономическими и социальными издержками. Обеспечение промышленной и экологической безопасности формируемых при этом новых природно-технических систем предопределяет необходимость выполнения специальных геоэкологических и инженерно-геологических исследований. Поэтому диссертационная работа, посвященная геоэкологическому обоснованию рекультивации внешних угольных отвалов Кузбасса, является актуальной и имеет важное народнохозяйственное значение.

Степень разработанности темы исследования

Вопросами инженерно-геологического и геомеханического изучения формирования намывных и насыпных отвальных техно-генных массивов занимались многие ученые, как в нашей стране (С.П. Бахаева, Р.Э. Дашко, А.М. Гальперин, А.В. Жабко, В.Г. Зотеев, О.В. Зотеев, И.П. Иванов, Ю.В. Кириченко, А.В. Киянец, О.Ю. Крячко, Ю.И. Кутепов, Н.А. Кутепова, В.В. Мосейкин, Г.Л. Фисенко, В.В. Ческидов, А.Д. Васильева, П.С. Шпаков и др.), так и за рубежом (например, исследования Е. Spenser, R. Philipps, S. Sarma, W. Beer, N. Tamashkovich и др.).

Большое внимание изучению экологических условий формирования отвалов, а также способов их рекультивации, уделялось такими учеными как: В. А. Андроханов, И.С. Семина, В.П. Жариков, С.С. Трофимов, В.А. Овчинников, В.М. Курачев и др. Оценка пригодности растений для высадки на спланированную поверхность рекультивируемых отвалов проводились В.А. Андрохановым, И.М. Гаджиевым, Л.П. Баранник, И.С. Семиной, Ф.К. Рагим-заде, Л.В. Моториной, Т.Г. Ламановой, Л.Н. Кузнецовым и др.

Несмотря на достаточно хорошую изученность вопроса инженерно-геологических условий формирования техногенных массивов, опыт комплексной оценки их рекультивации, включающий также геоэкологическую оценку формирования новой устойчивой экосистемы, практически отсутствует.

Объект исследования – внешние отвалы угольной промышленности, а также углевлещающие вскрышные породы, преобразующиеся в техногенный элювий и почвы.

Предмет исследования – горнотехническая и биологическая рекультивация отвалов.

Цель работы – разработка геоэкологического обоснования рекультивации внешних отвалов и гидроотвалов при разработке угольных месторождений Кузбасса.

Идея работы. Выбор направления, параметров и технологии рекультивации внешних отвалов и гидроотвалов угольных месторождений должен базироваться на основе выявленных закономерностей изменения инженерно-геологических и геоэкологических условий их формирования для обеспечения устойчивости дальнейшего функционирования новых природно-технических систем.

Поставленная в диссертационной работе цель достигается посредством решения следующих **задач**:

1. Выполнить анализ геоэкологических условий формирования внешних отвалов на открытых горных работах при разработке угольных месторождений;
2. Разработать типизацию отвальных ПТС внешних отвалов угледобычи в Кузбассе для обоснования способов их рекультивации;
3. Разработать систему обеспечения рекультивации отвалов с учетом геоэкологических и инженерно-геологических условий внешнего отвалообразования;
4. Произвести оценку инженерно-геологических и агрофизических свойств, а также плодородия пород отвалов и разработать рекомендации по выполнению этапов горнотехнической и биологической рекультивации объектов размещения вскрышных пород.
5. Разработать рекомендации по инженерно-геологическому и геоэкологическому обеспечению рекультивации гидроотвалов способом нанесения на их поверхности «сухих» отвальных насыпей.

Научная новизна работы:

1. Разработана типизация отвальных природно-технических систем (ОПТС), базирующаяся на геоэкологических и инженерно-геологических условиях объектов и выполнено обоснование сценариев развития негативных последствий для выделенных типов при выполнении рекультивации.

2. Установлены условия формирования на поверхностях отвалов техногенного элювия, преобразующегося в дальнейшем в почвенный субстрат, обеспечивающий эффективность биологической рекультивации, в зависимости от времени отсыпки пород в отвалы, содержания в них угля и степени его метаморфизма.

Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Установлены основные факторы геоэкологических и инженерно-геологических условий внешних отвалов Кузбасса, обеспечивающие эффективную и безопасную их рекультивацию.

2. Разработана методология геоэкологического обеспечения рекультивации ОПТС, формируемых при разработке угольных месторождений.

3. Выполнено определение показателей агрофизических свойств техногенного элювия и дана оценка его пригодности в качестве плодородного субстрата для рекультивации внешних отвалов Кузбасса.

4. Разработаны рекомендации по рекультивации отвалов и гидроотвалов, обеспечивающих создание безопасных, устойчивых ОПТС, а также улучшение экологической ситуации в районах их размещения.

Результаты исследования использованы для обоснования рекультивации гидроотвалов отсыпкой на их поверхностях сухих пород на угольных разрезах «Талдинский», «Краснобродский» и «Бачатский» (акт внедрения от 14.04.2022г. от АО «УК «Кузбассразрезуголь», приложение Г).

Методология и методы исследования. Проведение исследований осуществлялось в соответствии с комплексным подходом, включающем анализ и обобщение результатов ранее выполненных исследований; системно-структурный анализ воздействия внешних отвалов угольной промышленности на компоненты окружающей среды; лабораторные и натурные методы инженерно-геологических и геоэкологических исследований.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Обоснование направления и способов рекультивации отвалов и гидроотвалов необходимо производить с учетом разработанной методологии, базирующейся на типизации геоэкологических условий и включающей комплекс необходимых работ и исследований в рамках единой системы обеспечения рекультивационных работ (СОПР).

2. В процессе выветривания отвальных пород образуется слой техногенного элювия, преобразующийся со временем в плодородный почвенный субстрат за счет окисления содержащихся в нем частиц угля, что позволяет исключить нанесение на поверхность почвенно-растительного материала при биологической рекультивации отвалов вскрышных пород угольных месторождений.

3. Рекультивацию гидроотвалов из-за низкой несущей способности намывных отложений следует осуществлять нанесением насыпи из вскрышных углесодержащих пород в режиме управляемого деформирования откосов, высота которой зависит от наличия вскрышного материала, устойчивости откосов ОПТС, морфологии и динамики геодинамических процессов и применяемой технологии отвалообразования.

Степень достоверности научных положений, выводов и рекомендаций обусловлены проведением значительного объема полевых и лабораторных исследований с применением высокотехнологичного оборудования и современных технологий обработки информации; подтверждаются сходимостью результатов определения агрохимических свойств вскрышных пород, отобранных на отвальных сооружениях Кузбасса, с теоретическими данными и исследованиями.

Апробация результатов. Основные положения и результаты работы докладывались на следующих семинарах, симпозиумах и конференциях: XVII Всероссийской конференции-конкурсе студентов и аспирантов (СПГУ, Санкт-Петербург, 2019г.); XII и XIV Международных научно-практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире» («ПГНИУ», Пермь, 2019, 2021гг.); XXVI, XXVII и XXVIII Международных научных конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (МГУ, Москва, 2019, 2020, 2021гг.); Международной конференции «14 Freiberg – St. Petersburger Kolloquium junger Wissenschaftler» (Freiberg, 2019 г.); IX Международной научной конференции молодых ученых «Молодые - Научкам о Земле» (МГРИ, Москва, 2020г.); 3-й Международной научно-практической конференции «Efficient waste treatment EWT-2021»; XXVIII, XXIX и XXX Международных научных симпозиумах «Неделя Горняка» (НИТУ «МИСиС», Москва, 2020, 2021, 2022 гг.), а также заседаниях научного совета Научного центра геомеханики и проблем горного производства Санкт-Петербургского горного университета.

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач диссертационного исследования; анализе зарубежной и отечественной научной литературы; выполнении натурных, полевых и лабораторных исследований, отобранных проб и обработке полученных результатов, установлении новых закономерностей изменения плодородных свойств пород от содержания угля, степени его метаморфизма и возраста отвальных сооружений.

Публикации по работе. Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 8 печатных работах, в том числе в 1 статье - в издании из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено свидетельство о государственной регистрации базы данных (приложение А).

Структура работы. Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 124 наименования, и четырех приложений. Диссертация изложена на 174 страницах машинописного текста, содержит 79 рисунков и 17 таблиц.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю, д.т.н., профессору Ю.И. Кутепову, а также искреннюю признательность д.т.н. Н.А. Кутеповой, коллективу Научного центра геомеханики и проблем горного производства, специалистам АО «УК «Кузбассразрезуголь» за помощь в проведении исследований и ценные советы, а также руководителю Научного центра Экосистема М.А. Пашкевич и коллективу ЦКП Санкт-Петербургского горного университета за предоставленную возможность, оборудование и помощь в проведении исследований.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ МАССИВОВ

1.1 Состояние вопроса геоэкологического и инженерно-геологического обоснования рекультивации отвалов и гидроотвалов

Кузбасс является одним из крупнейших каменноугольных бассейнов по запасам и качеству добываемого топлива. На территории Кузнецкого угольного бассейна сконцентрированы мощные залежи углей с широким спектром марок, пригодных для различных целей (коксования, получения жидкого топлива, сырья для химического производства и многое другое).

С 1920 г. шло активное освоение месторождений как подземным, так и открытым способом. Низкая себестоимость и высокая производительность второго позволила добыть в 1957г. порядка 10,5 млн т угля, чему способствовало введение в эксплуатацию угольных разрезов «Краснобродский» (1947г.), «Бачатский» (1949г.), «Кедровский» (1954г.) и др. Также в 50-е годы начинает широко применяться разработка гидравлическим способом. Так в 1951 г. на Бачатском разрезе было получено 31 тыс. м³ гидровскрыши. В дальнейшем наращивание мощностей разработки угольных месторождений открытым способом постепенно привело к тому, что открытая добыча стала преобладать над подземной, что можно наблюдать на рисунке 1.1 в период с 1995 по 2005 годы.

Угольные предприятия региона добывают порядка 60% сырья от суммарного показателя угледобычи России. По данным за 2021 г. всего же в регионе добыто порядка 221 млн т каменного угля, из них около 60 % открытым способом [117] (рисунок 1.1).

При этом открытая разработка характеризуется попутным извлечением большого объема вскрышных пород, т.е. отходов производства, перемещаемых в отвальные горнотехнические сооружения.

Внешние отвалы оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Они приводят к, возможному загрязнению окружающей среды в результате выделения загрязняющих веществ [100].

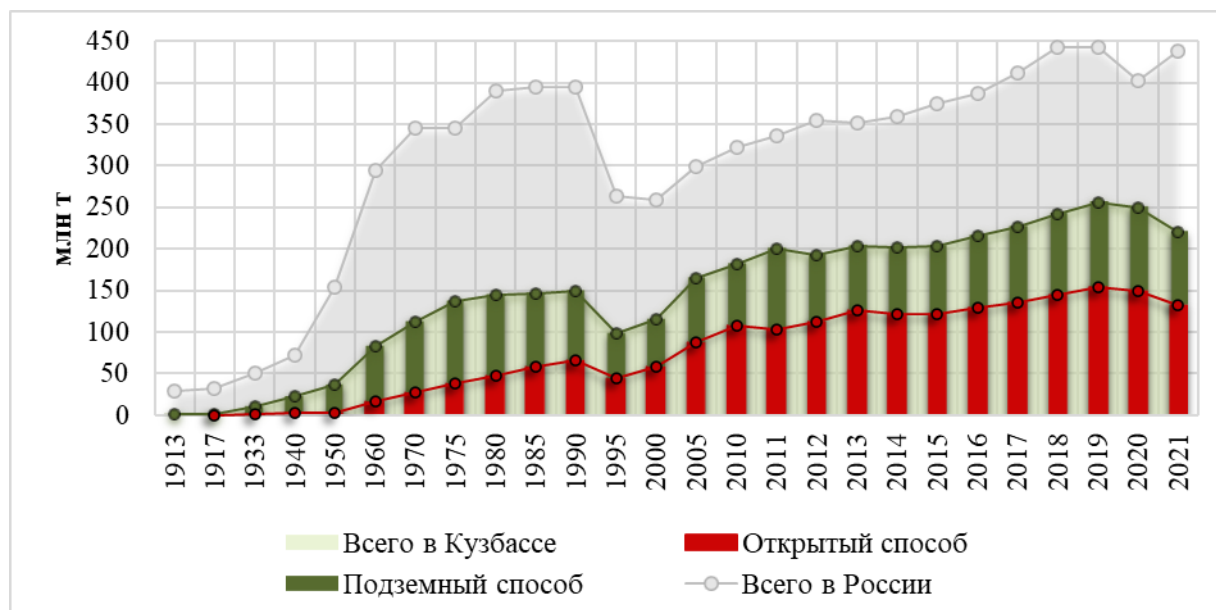


Рисунок 1.1 – Статистика добычи угля, млн т

В результате формирования и эксплуатации отвалов и гидроотвалов происходят изъятие полезных площадей, эмиссии парниковых газов (вследствие эндогенных пожаров) и загрязняющих веществ, которые могут иметь продолжительный характер. Степень воздействия на почву и грунтовые воды определяется антропогенными процессами на поверхности и в теле отвала, которые, в свою очередь, определяются фациями отвала, как суммой всех его свойств.

Влияние формирования отвала (эксплуатация отвала, геодинамические процессы в теле массива и др.) на компоненты окружающей среды, прилегающие территории и ландшафт очень сложны.

Проблема рекультивации в нашей стране приобрела актуальность гораздо позднее, чем за рубежом. Территориальное преимущество и значительные площади неосвоенных земель долгое время создавали иллюзию того, что земельные ресурсы неисчерпаемы, что затмевало остроту проблемы рекультивации [12].

Это обусловлено тем, что ранее приоритет отдавался производству, чем сохранению и восстановлению природной среды. Объемы восстановленных земель значительно отставали от числа нарушенных. В то же время, промышленное развитие продолжало наносить ущерб земельным ресурсам даже в критические времена с точки зрения экономики, практически не было предпринято никаких мер по исправлению положения, что также увеличило дисбаланс между нарушенными и рекультивированными территориями. [72].

С одной стороны, горнопромышленная отрасль начинает осознавать, что пренебрежение естественными процессами и законами может привести к катастрофам, а с другой стороны, экономические средства для устранения причиненного и постоянно возникающего ущерба имеют определенный лимит. С помощью множества терминов - рекультивация,

восстановление, возрождение, реконструкция, озеленение - пытаются справиться с ситуацией, зачастую не отказываясь от мысли возложить проблему восстановления нарушенных земель на общество или природу.

Негативное воздействие горнопромышленных разработок на окружающую среду, а также дефицит пригодных земель предопределили необходимость решения важной проблемы восстановления нарушенных территорий, таким образом рекультивация становится необходимой мерой и имеет большое хозяйственное и природоохранное значение.

1.1.1 Теоретические основы рекультивации нарушенных земель

Научно-техническую основу рекультивации техногенных ландшафтов составляет комплексные науки, в особенности, инженерная геология, биогеоценология, география, экология и т.д. В научном плане рекультивация является междисциплинарной отраслью научных знаний, примером того, как для успешного решения задач рекультивации должны быть связаны в единый комплекс фундаментальные и прикладные исследования, естественные, общественные и технические науки, как фундаментальные исследования перерастают в инженерную деятельность. Одновременно с рекультивационными работами начали расширяться и исследования в этом направлении. При этом выявляются сложность и универсальность темы [61, 63].

Охрана окружающей среды понимается как общенациональная задача, основанная на удовлетворении культурных, социальных и экономических потребностей населения.

Первоначально рекультивация считалась прикладной задачей для восстановления нарушенного покрова почв. Потребовалось несколько десятилетий и огромный опыт работ, чтобы понять, «почва есть зеркало ландшафта», существующая во взаимосвязи между силами, телами и природными явлениями [25].

Для решения задач по восстановлению нарушенных минерально-сырьевым комплексом территорий возникла необходимость развития такого направления как рекультивация. Она постоянно привлекалась и применялась к решению разнообразных и сложных проблем, связанных с различными видами восстановления земель, мелиоративными работами, защитой от стихийных бедствий и улучшения экологического состояния окружающей среды. Это способствовало интенсивному развитию теоретических исследований по рекультивации.

С каждым годом проблема рекультивации набирает обороты, при этом все чаще будут проявляться негативные процессы и явления, связанные с отсутствием необходимых мер по минимизации ущерба от ведения горных работ.

По мнению академика П. Капица, были выделены три основных аспекта глобальной проблемы "человек и природа": во-первых, технико-экономический, связанные с истощением

мировых природных ресурсов; во-вторых, экологический, связанный с загрязнением окружающей среды и нарушением биологического баланса; в-третьих, социально-политический, поскольку решение этих проблем должны затрагивать все человечество.

Быстрыми темпами стала развиваться рекультивация- комплексное, молодое направление, занимающая позицию на стыке производственных и естественнонаучных областей знаний, также связанное с различными дисциплинами: инженерной геологией, почвоведением, геоботаникой, географией и т. д. [69].

В связи с этим вырос поток информации по данной тематике. Использование несогласованной терминологии вместе с наличием некоторых теоретических и методических расхождений привело к достаточно большому объему разнородных литературных источников, совокупный анализ которых затруднен. Наиболее заметные терминологические разночтения можно отметить в трудах отечественных авторов, что, вероятно, связано поздним развитием данного направления и ошибочной интерпретации данных. Рекультивация активно развивалась в 40-60 годы за рубежом как комплексное направление, откуда и были получены первые термины, вызывавшие путаницу в СССР [112, 122, 125].

В отечественной литературе процессы восстановления нарушенных земель впервые были освещены в работе Лазаревой И.В., основанной на опыте зарубежных стран Западной Европы, где термин «*рекультивация*» впервые стал применяться для градостроительных целей [51]. По мнению автора, термин «не отражает направленности и объема комплекса работ по подготовке территорий для иных видов использования.» [51].

В 60-е годы в нашей стране в литературе стали упоминаться английские «*reclamation-мелиорация*» и «*restoration-восстановление*», за которыми закрепился перевод «*восстановление*» земель. Позже при переводах зарубежной литературы для упрощения понимания эти термины взаимозаменялись, хоть и подразумевали разные технологии, и, по сути, входили в комплекс рекультивации.

В конечном итоге термин употреблялся (и употребляется до сих пор), по-разному, в зависимости от специфики работ. Иногда (в частности, горняками) термин применялся только в значении «горнотехнической рекультивации», в то время как биологи и почвоведы приравнивали его к значению «фитомелиорации». При таком упрощении наблюдается сокращение процессов восстановления нарушенных земель только до конечного (биологического) этапа, что подтверждается наличием множества научно-технической литературы по второму этапу, и практически его отсутствие по первому.

Л. В. Моторина и В. А. Овчинников, опираясь на зарубежный и отечественный опыт, дают следующее определение: «Рекультивация - это комплекс работ, направленных на

восстановление продуктивности нарушенных промышленностью территорий и возвращение их в разные виды использования» [60].

В трудах В.А. Овчинникова отмечено, рекультивация является многоцелевым мероприятием с природоохранной, восстановительной и территориально-планировочной функциями. Это деятельность, направленная на восстановление продуктивности и ценности нарушенных человеком земель, а также на улучшение экологической обстановки [59].

В работах Михеева Н.В. отмечалась значимость изучения всех пород для выполнения полноценной рекультивации: «Значительное место в экологических исследованиях рекультивируемых земель должно занимать изучение состава и свойств пород в отвалах (техногенного элювия), варьирования их состава в пространстве, динамики свойств во времени, классификация пород по пригодности к биологической рекультивации. От минералогического состава, химических и физических свойств пород в первую очередь зависит характер практических рекомендаций по рекультивации земель» [57].

При всех различиях в определениях содержания понятия «рекультивация» важно подчеркнуть, что формирование данного направления в горных науках в горных науках возникло более 100 лет и сегодня соответствует современным тенденция развитиям.

Таким образом, рекультивация должна быть определена как комплексный процесс выполнения работ по восстановлению нарушенных территорий, выполняемых в течение определенного периода времени и направленных на улучшение всего техногенного массива, включая изменение параметров горнотехнических сооружений (ГТС) и интеграцию их в природный ландшафт. Что в итоге было отражено:

- В (первом в истории СССР) ГОСТе «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения» (1976 г.) дано следующее определение: «*Рекультивация земель*- это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также улучшение условий окружающей среды».

- В (последней редакции) ГОСТе Р 57446-2017 «НДТ. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия» (2017 г., с поправкой): «*рекультивация нарушенных земель и земельных участков*- это комплекс мероприятий, направленных на восстановление утраченного качественного состояния земель, достаточного для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием».

Современное состояние рекультивации характеризуется созданием её научно-теоретической базы, достоверных положений, установлением определенных законов и закономерностей. При всем разнообразии методов и путей рекультивации в итоге было

выделено 7 основных направлений: с/х, лесо-, рыбо-, водохозяйственное, рекреационное, санитарно-гигиеническое и строительное (Рисунок 1.2) [69, 99].

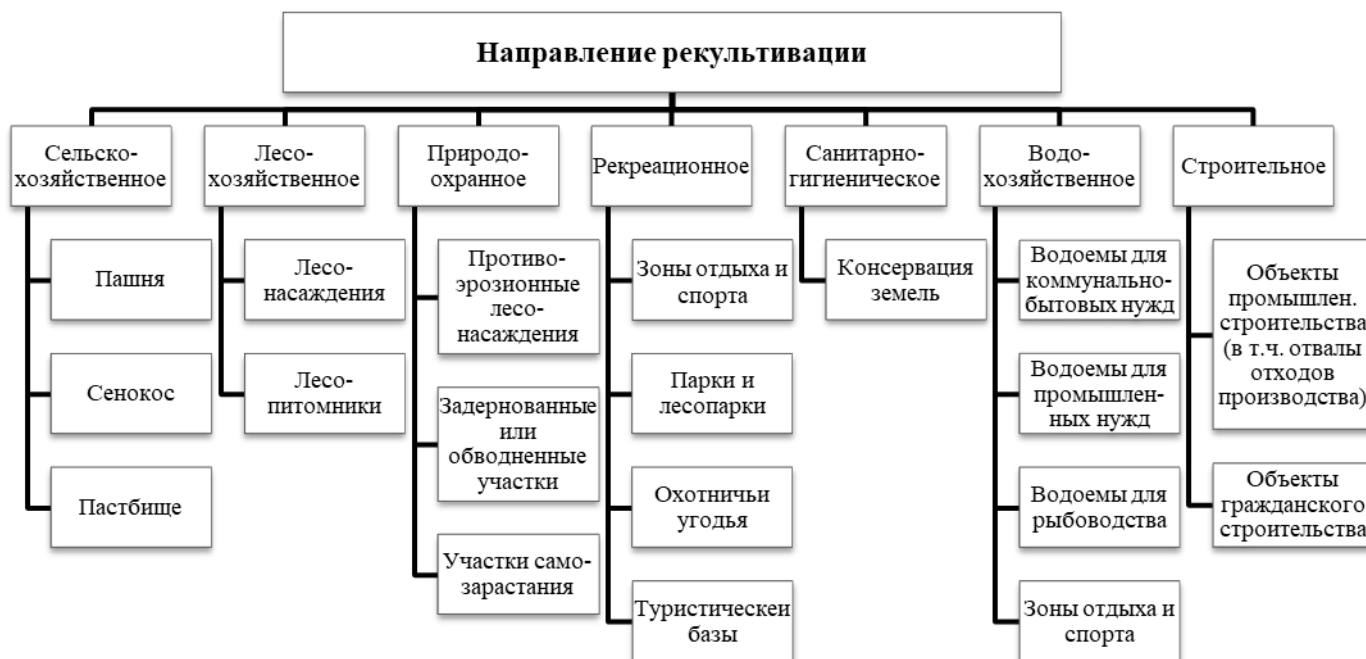


Рисунок 1.2 – Направления рекультивации нарушенных земель

При условии восстановления нарушенных отвальными комплексами земель водохозяйственное направление исключено, поэтому далее в тексте диссертации не упоминается.

1.1.2 Горнотехнический этап рекультивации

Начальным этапом формирования почвенных условий для произрастания всех видов растительности принято считать «горнотехнический этап», при котором обеспечиваются формы будущих ландшафтных единиц. [4].

Этап горнотехнической рекультивации является подготовительным этапом для биологического, основной задачей которого является техническое проектирование техногенно-измененных территории, обеспечение условий для нормального роста и развития флоры. Выполяживание откосов направлено на повышение устойчивости отвальных сооружений, предотвращение локальных разрушающих процессов и устранения негативного воздействия на природную среду. Крутые откосы зачастую подвержены оползням, водной и ветровой эрозии [83, 119]. Эффективное использование крутых склонов, а также их озеленение затруднительно.

Наиболее важные технологические решения для рекультивации угольных отвалов:

- безопасное обрушение нависающих отвальных массивов;

- в случае возникновения очагов возгорания - предварительное охлаждение слоев путем орошения известковой суспензией, транспортировка потушенной породы в прилегающую зону;
- обеспечение безопасного угла откосов (в среднем не более 25) путем их выколаживания;
- принятие мер против рецидивов самовозгорания;
- формирование изоляционного слоя на всей площади размещения отвала и предотвала (не менее 0,5 м);
- создание плодородного слоя почв.

Основными факторами рекультивации принято считать выколаживание откосов с обеспечением устойчивости при максимальной емкости и предотвращением ветровой и водной эрозии. В процессе отвалообразования на верхних ярусах формируются широкие террасы, обеспечивающие поглощение и накопление влаги. Такие поверхности удобны для лесопосадок и с/х работ, а также создают благоприятные условия для развития растительного покрова

Рекультивация осуществляется в зависимости от цели и характера дальнейшего использования техногенных территорий: сельскохозяйственная и лесохозяйственная, санитарно-гигиеническая и т.д. Так, например, для санитарно-гигиенических целей рекомендуется использовать плоские поверхности отвалов пустых пород и частично сами горные выработки, не предполагаемые для использования в строительных целях.

В начале добычи полезных ископаемых формирование отвалов не создавало трудностей, поскольку материал мог быть размещен на локальных участках прямо в пределах разрезов или по их контуру. Например, в Рурском районе (Германия) в начале 70-х годов насчитывалось около 170 отвалов, треть из которых все еще находилась в эксплуатации [102, 103, 104, 109]. Отвалы были непосредственно отнесены к территории карьера и занимали в среднем 5-7 га. С тех пор значительная часть этих отвалов была ликвидирована путем использования отвальных пород, в том числе подвергшихся процессам горения, в качестве строительного материала [108, 120].

По мере увеличения объемов добычи в РФ и расширения на региональном уровне проблема отвалообразования возросла за последние 100 лет. Объемы и интенсивность добычи угля, а также масштабы отвальных сооружений Кузбасса практически не сопоставимы с мировым опытом отвалообразования.

Инженерно-геологическому изучению обоснования оптимальных параметров отвальных сооружений посвящены исследования различных исследовательских организаций и университетов: СПбГУ, ВНИМИ, МГУ, МГИ, СПбГТУ, ВИОГЕМ и др.

В 1977 г. в своей монографии [16] Гальперин А.М. изучил и обобщил опыт по созданию насыпных и намывных ГТС. Позднее была создана монография «Освоение техногенных массивов на горных предприятиях» (2012 г.), во главе создания которой стояли профессора А.М. Гальперин, Ю.И. Кутепов и Ю.В. Кириченко [14].

В угольной промышленности гидравлические технологии стали использоваться в 50-х годах прошлого столетия, что было связано с началом интенсивного развития открытого способа добычи в Канско-Ачинском и Кузнецком угольных бассейнах. Также в это время данный способ широко применялся при открытой разработке железорудных месторождений КМА.

Стоит отметить, работы по изучению гидротехнических сооружений, формируемых при разработке месторождений кузнецкого угольного бассейна для обоснования устойчивых параметров и разработки рекомендации, велись также в ВНИМИ, МГГУ, УкрНИИПроект, Сибгипрошахт и Узбасгипрошахт, в Семилуках - ВНИИГС, МИСИ, ВТИСИЗ, грунтовая лаборатория Треста гидромеханизации, в Канско - Ачинском бассейне - ВНИМИ, на КМА ТГУ, НИИКМА.

Кафедра геологии МГГУ под руководством А.М Гальперина на основании работ по инженерно- геологическому изучению намывных массивов обосновала условия создания гидроотвалов на разных этапах их использования. Сотрудниками кафедры были проведены эксперименты и представлены отчеты по свойствам техногенных пород, устойчивости, дренажа, культивации гидроотвалов. Методы исследования и результаты работы изложены в научных статьях и монографиях, представлены в кандидатских и докторских диссертациях: М.В. Шекина, Е. Жданов О.В., Гудкова, А.Х. Саркисян, А.А. Саркисян и др. Кроме того, под научным руководством заведующего и профессоров кафедры геологии были защищены диссертации производственниками: С.М.Марченко, ВВ.Ермошкин, И.В Липский, А.В. Могилин..Для более точных результатов оценки свойств намывных отложений был также разработан специальный зонд.

Специалисты Межотраслевого научного центра ВНИМИ «Научно-исследовательский институт горной геомеханики и мажнейдерского дела решают проблемы горного производства. Решая с 1960 года инженерно-технические задачи в области гидроотвалов на разрезах треста «Красноярсуголь», они изучили намывные породы и отследили деформацию откосов отвалов. Лаборатория ВНИМИ под руководством В.А. Мироненко приняла участие в изучении намывного сооружения КМА- гидроотвала «Березовый Лог». В это же время коллектив лаборатории начинает изучать горное производство Кузбасса (увеличение высоты намывных сооружений, подработка гидроотвалов подземными горными работами, размещение на гидроотвалах отвалов «сухой» вскрыши). По материалам исследований разработаны различная

нормативно - методическая документация: по определению параметров угольных разрезов (авторы О.К.Крячко, Ю.А.Норватов-1975 г.); рекомендации по обоснованию параметров сухих пород, отсыпаемых на гидроовалах (авторы Кутепов Ю.И., Крячко О.Ю., Кутепова Н.А., Норватов Ю.А.- 1985 г.); обоснование оптимальных параметров отвалов на слабых основаниях (авторы Кутепов Ю.И., Кутепова Н.А., Норватов Ю.А., Хашин В.Н. – 1990 г.). По данным изысканиям были написаны монография и защищены две кандидатские [47, 49] и одна докторская диссертации и одна докторская [46]).

Обоснованием строительства и функционирования гидротехнических объектов являются расчеты устойчивости, которые основаны на изменениях напряженно- деформированного состояния намывных массивов и свойств пород.

Все техногенно-геологические процессы и явления, возникающие под антропогенным действием человека, имеют разные классификации. Впервые классификацию данных процессов дали В.А. Приклонским в 1951 г., П.Н. Панюковым в 1956 г., Н.Я. Денисовым и др. В своей монографии Ф.В. Котлов в 1978 [57] выделил наиболее опасные техногенные процессы и явления на окружающую среду. На геологическую среду особое влияние оказывают горное производство, инженерно-строительную деятельность человека, сельское и лесное хозяйства. Происходит нарушение сложившегося природного равновесия, которое может сопровождаться активизацией геологических процессов или привести к возникновению новых – техногенных.

Техногенные процессы, при которых идет разработка и добыча полезных ископаемых, принято называть горно-геологическими, в связи с этим появились новые термины и определения: «деформации отвалов и бортов карьеров», «нарушение устойчивости откосов/бортов» и «смещение». А.М. Деминым [23, 24].

Исследования по возникновению причин деформаций занимались А.М. Демин и П.М. Панюков, на основании чего были выделены три группы: 1 - горно-геологические, 2 - горнотехнические и 3 - климатические,

Многие авторские исследования посвящены геомеханическому обоснованию параметров ГТС [115]. В практике расчетов и моделирования устойчивости откосов ГТС известно около 100 методов. Отличия между ними заключаются в использовании различных физических моделей поведения деформационного поведения массивов, методами построения поверхностей скольжения, полнотой учета влияющих факторов, точностью результатов и т. д. [107, 110, 113, 114, 115].

Важно понимать, что возможное возникновение деформационных, в частности, оползневых, процессов на отвале практически сводит рентабельность проведения рекультивационных мероприятий к нулю.

Анализируя опыт изучения вопроса геоэкологического обоснования безопасных условий эксплуатации и рекультивации применительно к гидроотвалам необходимо акцентировать внимание на двух ключевых положениях, связанных с настоящим диссертационным исследованием:

1. Оценка местоположения объектов рекультивации и его интеграция в природный ландшафт,
2. Определение потенциальной опасности геодинамических процессов.

Вопросы воздействия различных накопителей промышленных отходов на окружающую их природную среду всегда актуальны для горнодобывающих областей. Обычно проблемы возможного негативного влияния ГТС на компоненты ОС рассматриваются в плоскости оценки ее загрязнения в процессе перемещения некоторых масс вредных компонентов при пылении поверхности отвалов или в процессе инфильтрации загрязненной жидкой фазы техногенного массива.

Вопросы обоснования параметров отвалов на гидроотвалах и технологических схем отвалообразования на слабом водонасыщенном основании также были рассмотрены в диссертационных работах следующих авторов: В.В. Ермошкина [26], А.В. Могилина [58], В.П. Жарикова [27-29] и др. Среди работ, рассматривающих технологии ведения отвальных работ в режиме управляемого деформирования, также важно отметить исследования и В.Г. Зотеева [31].

Заслуживают внимание работы, выполненные в СПбГТИ и позже в отделении геоэкологии РАН (СПб) во главе с В. А. Мироненко. Изучение промышленных районов г. Солекамск («Уралкалий»), г. Кингисепп («Фосфорит») и КМА было основано «на исследованиях изменения химического и гидродинамических режимов» [46].

На гидроотвалах, где в процессе добычи с помощью гидромониторов большая часть покровных рыхлых пород подвергается распределению пульпы по фракциям, при этом возникали значительные геотехнические проблемы из-за подъема грунтовых вод и, как следствие, увеличение степени насыщения пород. Изучению проблемы разжижения грунта, обусловленного снижением прочности на сдвиг в результате развития высокого избыточного порового давления посвящены работы [20, 21, 13, 45].

Жариковым В.П. в 2005 г. были проведены исследования гидроотвалов разрезов Колмогоровского и Сартаки на предмет их восстановления и использования в качестве оснований для отвалов [28, 29]. Данная работа является одной из немногих, где вопросы рекультивации рассматриваются с позиции геолого-экологического обоснования.

Рекультивация внешних отвалов является достаточно сложной и интересной задачей в связи с тем, что слагающие их породы зачастую разнородны по своему составу и

происхождению, а также могут быть обводнены, что негативно влияет на их несущую способность при практически не изученных агрохимических свойствах и плодородии. Данный факт определяет необходимость проработки особых мероприятий, которая уже частично реализована на базе кафедры геологии МГГУ. С учетом дальнейшей подготовки намывных массивов к рекультивации, работы коллектива авторов были посвящены разработке технического решения проблемы создания дренажных призм в теле гидроотвала. Помимо этого, внимание было уделено созданию методов мелиорации, для улучшения качества пород, их стояния и свойств [46]. К сожалению, развитие данного направления не нашло должного отражения ни в теории, ни в горной практике, что обусловлено высокой сложностью и стоимостью реализации.

Еще одним малоизученным вопросом при изучении формирования техногенных массивов является оценка агрохимических свойств и плодородия пород. Такие работы, к большому сожалению, выполняются очень редко. В частности, изучением образования техногенных почв техногенных ландшафтов в Кузбассе в различные годы занимались Ф. К. Рагим - Заде [75], С. С. Трофимова [87-88], В. М. Попов [71] и др.

Идея формирования отвалов на гидроотвалах ненова и зародилась еще 60-70-е годы прошлого столетия [30, 47, 76, 89] на этапе ликвидации существовавших неэксплуатируемых гидроотвалов. Отвалообразование на поверхности намывных сооружений является весьма интересной и сложной задачей и в настоящее время, при этом проблема рекультивации подобных сооружений практически не нашла отражения в научной литературе.

Основной объем данных физико-механических свойств (ФМС) углевмещающих, а затем отвальных пород Кузнецкого бассейна был получен научными коллективами ВНИМИ во второй половине прошлого столетия. В то время изучение прочностных параметров данных пород проводилось при вертикальных напряжениях до 1 МПа, что отвечало актуальным на тот момент бытовыми нагрузкам в отвалах высотой до 50-60 м.

Кроме того, в связи с тем, что основной опыт изучения пород был получен на заре развития угледобывающей деятельности в регионе, полученные параметры характеризовали верхнюю часть разреза, сложенную выветрелыми, сильнотрещиноватыми, частично деградированными породами. Сегодняшние параметры отработки значительно увеличились, так, например, для Бачатского месторождения глубина карьера составляет 300 метров. Это означает, что контур добычи захватывает все более прочные метаморфизованные пласты глубоких горизонтов. Данное обстоятельство определяет необходимость увеличения интенсивности складирования вмещающих пород, что означает рост высоты отвалов и, соответственно, увеличение действующих бытовых нагрузок. В связи с этим появляется необходимость переоценки определенных ранее параметров физико-механических свойств, т.к.,

во-первых, при испытаниях необходимо реализовать действующие нагрузки, достигающие для 200-метровых отвалов 4 МПа, а, во-вторых, нужно учесть изменившуюся структуру и вещественный состав более литифицированных углевмещающих пород.

Подобные исследования свойств чистых крупнообломочными разностей, а также их смесей с глинистым заполнителем при подобных величинах вертикальных напряжений были проведены в Санкт-Петербургском горном университете под руководством Кутепова Ю. И. Результаты исследований нашли отражение на практике и описаны в диссертации Васильевой А. Д. [11].

Ограниченные знания о физико-механических свойствах пород значительно затрудняют работу на поверхности гидроотвалов в контексте геотехнической практики. Для оценки потенциальной устойчивости отвальных сооружений на этапе рекультивации необходимо расширить традиционные/классические методы геотехнических исследований.

Отвальные сооружения характеризуются одной общей проблемой – неоднородностью отсыпки вскрышных пород. В теле массива наблюдаются инверсия пород, связанная с разработкой месторождений и складированием вскрыши от молодой литологии к более старой, изменение гранулометрического и вещественного состав, которые приводят к неверной интерпретации результатов исследования. Дефицит номенклатуры и расплывчатость с относительно сложной терминологией усложняют задачу. В случае техногенных образований применяются различные термины: почва, грунт, субстрат, вскрыша и т.д. В этом контексте интерпретация данных в некоторых случаях также оценивается как проблематичная. Это вызывает проблемы, например, в отношении классификации и оценки развития поверхностного плодородного слоя отвалов. Существуют также пробелы в знаниях о времени протекания почвенных геогенетических процессов после отвалообразования.

1.1.3 Биологический этап рекультивации

На биологическом этапе должны учитываться требования к рекультивации в зависимости от направления их использования. В период биологической рекультивации в лесо- и сельскохозяйственных целях территории должны проходить стадию мелиорации [93].

Основной целью биоэтапа является развитие корневой системы растений и закрепление, образующегося почвенного слоя для предотвращения развития эрозионных процессов. Согласно литературным источникам, можно сделать вывод, что появление высших растений является основным фактором гумусонакопления от которого зависит эффективность восстановления плодородия на автономных отвалах. Однако, первой фазой накопления органического вещества является оседание водорослей на поверхности, а затем разрастание сорно-рудеальной растительности [54].

На этом этапе высаживаются деревья и кустарники с разветвленной корневой системой и осуществляется высеив многолетних трав, в результате чего образуется плотный быстро формирующийся почво- растительный покров. Наиболее благоприятными территориями являются террасированные склоны, ориентированные к солнцу и расположенные в зоне слабых ветров.

В целях обоснования методов рекультивации нарушения почвенно-растительного покрова подразделяются на 5 степеней (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Степени нерешенности почвенно-растительного покрова

Степень	Растительный покров	Почвенный покров
Первая	уничтожены полностью	
Вторая	уничтожен 100 %	сохранён 50%
Третья	уничтожен 50-80 %	сохранён
Четвертая	уничтожен 20-50%	сохранён
Пятая	уничтожен менее 20%	сохранён

При выполнении рекультивации карьерно-отвалных комплексов на юге России, путем залужения данных территорий с частичной реконструкцией лесных насаждений, возникли трудности, обусловленные отсутствием почвенного субстрата- культивируемый растительный слой не желал расти на техногенных грунтах [59, 92]. Это обусловило целесообразность реализации цикла снятия, складирования и сохранения почвенного слоя для последующей рекультивации. Этот факт в последствии предопределил научную проработку вопросов, связанных с рекультивацией. По инициативе Минсельхоза СССР и ГосНИИ были разработаны первые документы, регламентирующие технологии и способы восстановления земель.

Новизна проблемы рекультивации, ее непроработанность, неоднозначность трактовок и подходов предопределили множество вопросов.

Оказалось, что фактическая площадь нарушенных земель значительно больше учтенной, т.к. при инвентаризации не были приняты в расчет косвенно нарушенные территории: линейные сооружения; вовлеченные земли при аварийных ситуациях (оползни, оплывы, провалы и др.); загрязненные и эродированные площади и др. По отчетности на период инвентаризации 1978 г. было рекультивировано всего порядка 2 % нарушенной площади [12].

Научно-методические принципы рекультивации были заложены отраслевыми подразделениями Минсельхоза РФ. В частности, проявили себя в данном направлении ЦЛЮП «Центральная лаборатория по охране природы» и ГосНИИ земельных ресурсов. Под их началом были исследованы нарушенные территории юга европейской части России и Подмосковья. В ряде регионов Урала различными организациями аналогично были выполнены

фундаментальные исследования в области рекультивации (Институт леса УНЦ АН СССР, Институт экологии растений и животных УрО АН СССР [94], Уральский государственный университет). В 1959 г. В. В. Тарчевским были проведены первые в истории СССР исследования по проблеме биологической рекультивации. Он начал цикл опытных исследований по разработке способов и методов покрытия растительностью золоотвалов. Исследования были продолжены в 70-х г. под руководством Колесникова Б. П. [33] группой сотрудников и студентов.

Наряду с с/х рекультивацией в период 70-80-х годов в нашей стране получило развитие и лесохозяйственное направление.

В 1975 г. благодаря исследованиям ВНИИОСуголь (с 2000 г. ФГУП МНИИЭКОТЭК), созданного в Перми с целью решения задач по рекультивации ландшафтов угольной отрасли, и лаборатории лесоведения и рекультивации лесных земель ЕНИ ПГНИУ во главе с профессором Прокопьевым М. Н. было установлено, что пылевая нагрузка озелененных территорий снижается на 40%, в них улавливается от 70 до 80% атмосферных выбросов. Степень техногенной нагрузки обуславливает выбор конкретных пород древесины и кустарников для озеленения.

Особое внимание потребовалось и рекультивации азиатской территории России, в связи тяжелыми природно-климатическими условиями. Разработка восстановительных мероприятий была возложена на региональные научные центры. Новые требования в области охраны природы стимулировали научно-практическую деятельность.

На угольных разрезах Кузнецкого Алатау и Горной Шории специалистами Сибирского отделения АН СССР было создано несколько опытно-промышленных участков, где осуществлялись исследования лесных культур. Исследования проводились под руководством Л. П. Баранника [5-7].

Весомый вклад в разработку теории продуктивности техногенных почв Кемеровской области привнесла лаборатория рекультивации Института почвоведения и агрохимии СО РАН, где во главе с профессором Трофимовым С.С. в 1971 г. был создан экспериментальный стационар, действующий по настоящее время. В настоящее время исследования продолжают его учениками и последователями. Результатом их работы явилось появление системы экокритериев, на основании которой можно выполнить распределение территории Сибири на районы с характерными для них типам техногенных воздействий на природные комплексы. К сожалению, широкого практического применения данная система не получила в силу сложности использования расчетных показателей.

В 2017 г. коллективом авторов ФИЦ УУХ СО РАН на основании имеющихся данных и новых исследований в области лесной рекультивации отвалов Кузбасса были разработаны «Методические рекомендации по лесной рекультивации...».

Также необходимо отметить работы ученых [75] сибирского института почвоведения и агрохимии СО РАН, выполненные в 70-х годах, в которых впервые стал применяться термин «техногенный элювий», который в период 2000-2005 гг. закрепляется в науке в работах [29, 57].

В многочисленных научных исследованиях по охране природы были продемонстрированы как текущая ценность, так и потенциал развития угольных горнодобывающих ландшафтов Подмосковья, Урала, Дальнего Востока, Донбасса, Германии, Польши и других для защиты биотопов при развитии технологических процессов [38, 39, 59, 60]. На территории Кузнецкого угольного бассейна изучению самозарастания и создания агрофитоценозов горнотехнических сооружений посвящены работы Манакова Ю. А., Куприянова А. Н., Ламановой Т. Г. и других ученых [36, 52]. Не смотря на проведенные исследования, приоритет был отдан санитарно-гигиеническому и природоохранному направлениям, целью которого является ликвидация вредного воздействия нарушенных земель, их консервация и последующая передача под естественное зарастание.

Весьма интересной темой в исследовании влияния горнопромышленных комплексов на биоту является изучение формирования техногенных ландшафтов и характерных для них техногенных почвенных субстратов, грунтов и почв [71, 75, 84, 87, 88]. К сожалению, изучению агрохимических свойств и плодородия вскрышных пород отвальных сооружений уделено не достаточное внимание.

Исследования промышленных объектов Кузбасса с целью изучения почв нарушенных территорий для дальнейшей их рекультивации стали проводиться только с 60-х – 70-х годов. В результате, в дальнейшем многочисленных источниках, помимо оценки и разработки практических руководств, основное внимание уделялось аспектам обработки субстрата и почвы для улучшения и развития потенциала плодородия [4, 22, 40, 79-81]. Особый интерес представляли баланс гумуса и питательных веществ, формирование А горизонтов, сорбционные и буферные свойства почв, а также оценка содержания загрязняющих веществ в отвалах, на основании чего принимались меры по улучшению почвы и рекультивации.

К середине 1980 гг. проведенные исследования привели к разработке теоретической базы, после чего основной целью рекультивации стало создание культурного ландшафта, при этом решение вопросов рекультивации приобрело комплексный подход, а воссоздание плодородного слоя стало составной частью этапов рекультивации.

Однако, после 1980 года произошло необоснованное упрощение проблемы рекультивации в связи с периодами застоя и перестройки. В горной промышленности Кузбасса 90-2000 гг. и позднее 2009-2013 гг. считаются кризисными для рекультивации, в эти периоды была прекращена работа по проектированию и осуществлению рекультивационных работ, и как следствие, снижение производства и поставок саженцев, удобрений, техники и др., которое

наблюдается и в настоящее время.

Несмотря на теоретический и практический успех в проведении рекультивации нарушенных земель, как и в любой новой отрасли науки, многие нерешенные вопросы остаются без ответа.

Техногенные природные системы не способны в полной мере выполнять экологические функции природных геосистем. Этот факт является первой предпосылкой дисбаланса в развитии геоэкологических систем. Для предупреждения и избежания дисбалансов, часто необходимо восстанавливать или восполнять природные компоненты в почвах, подвергшихся техногенному воздействию. Таким образом, рекультивация может рассматриваться как часть нейтрализации последствий.

1.2 Фактическое состояние рекультивации нарушенных земель

Ландшафты, разрушенные в результате добычи полезных ископаемых, являются очень чувствительной областью. В Кемеровской области, регионе, сильно пострадавшем от воздействия горнодобывающей промышленности, этот вопрос возник не на ранних этапах. Отсутствие растительного покрова, нарушения, вызванные карьерными выемками и отвальными массивами привели к кардинальному изменению природного ландшафта. Стоит отметить, что мероприятия по восстановлению территорий все же проводились, хоть они и кажутся сегодня во многих отношениях сомнительными. Как правило производился горнотехнический этап рекультивации, на котором все и останавливалось, необработанные почвенные субстраты, пустоши и биотопы с их сообществами-пионерами редко представляли научный и практический интерес.

В Кузбассе нарушено по разным оценкам от 50 до 110 тысяч га природных земель [53]. Такие нарушения накапливались почти весь период освоения и разработки месторождений на территории исследуемой области.

На основании научно-технической литературы, отчетов по проведению инженерно-геологических изысканий, данных открытых источников сети Интернет, а также натурного изучения объектов исследования актуализирована ландшафтная карта Кемеровской области по территориям, нарушенным разрезно-отвальными комплексами открытой добычи угля. К зонам техногенных ландшафтов отнесены территории разрезов, отвалов, гидроотвалов, а также площади, задействованные в результате аварийных ситуаций (оползней, осыпей и др.). Карта представлена на рисунке 1.3. Определение площади нарушенных земель выполнены при помощи ГИС системы и программного комплекса MapInfo Professional. Согласно результатам, площадь техногенных ландшафтов занимает 1,21% от общей площади региона, что составляет 1 156,6 км² от 95 500 км².

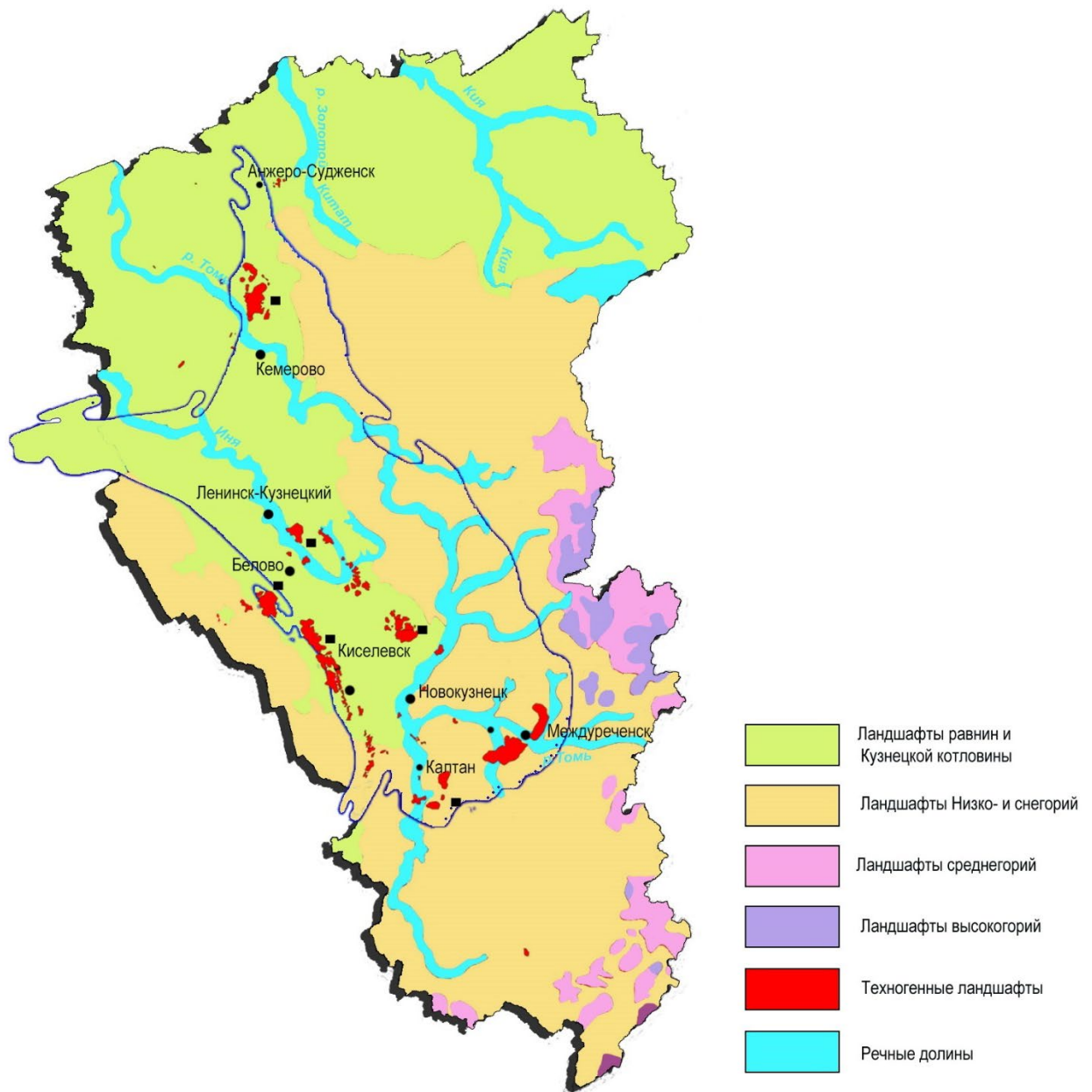


Рисунок 1.3 – Актуализированная ландшафтная карта

По данным Росстата по состоянию на 2021 г. в Российской Федерации зафиксировано более 1,7 млн га нарушенных земель, при этом рекультивировано из них не более 139,8 тыс. га (рисунок 1.4). Порядка 5% от всех земель РФ, требующих восстановления, приходится на Кемеровскую область (87,8 тыс. га), при этом стоит отметить, что большая часть земель нарушена при РМПИ (разработке месторождений полезных ископаемых) и размещении промышленных, строительных отходов и ТКО (81,2 и 27,6 тыс. га соответственно) (рисунок 1.5).

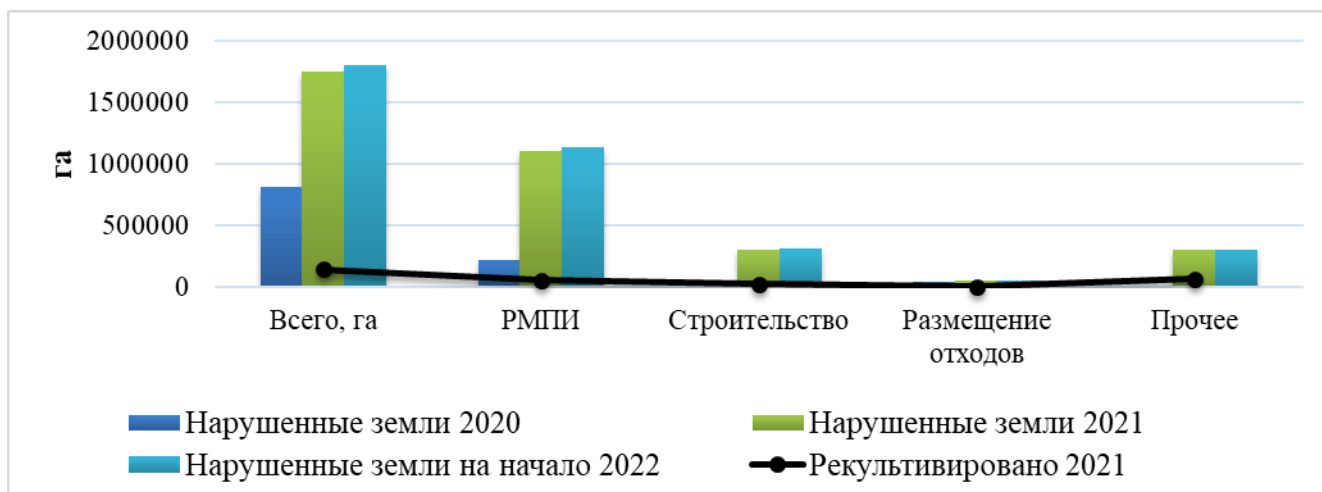


Рисунок 1.4 – Площадь нарушенных земель РФ, га

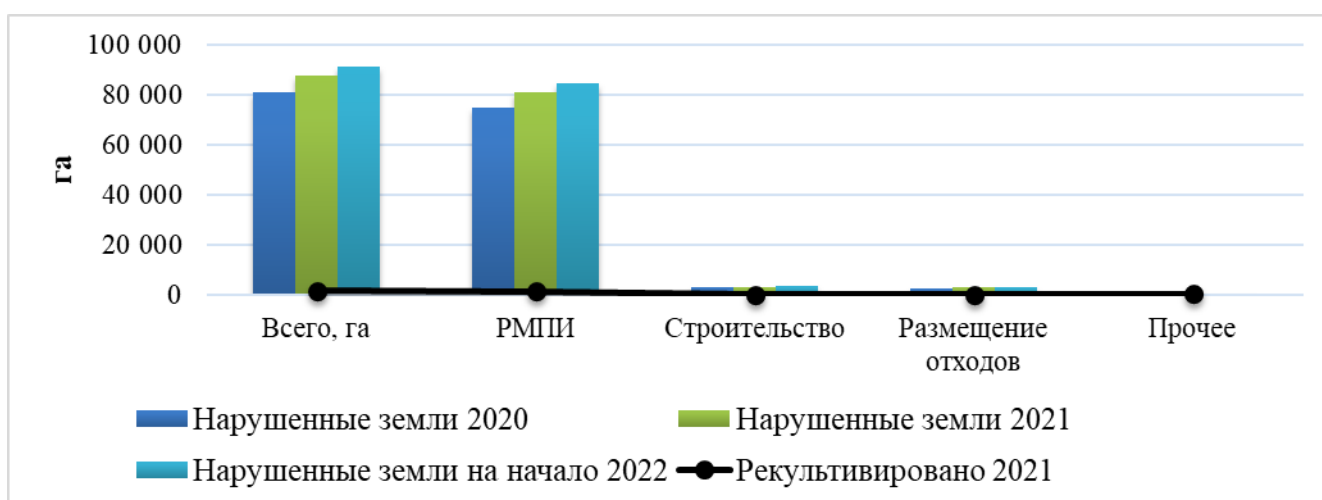


Рисунок 1.5 – Площадь нарушенных земель Кемеровской области, га

Согласно данным ежегодной отчетности по форме 2-ТП (рекультивация) в 2021 г. в России рекультивировано порядка 1,4 тыс км² нарушенных земель, при этом на долю Кемеровской области приходится лишь 1,08% от общей площади (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Площадь рекультивированных земель, км²

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Российская Федерация	746,51	843,89	865,52	920,52	986,73	593,97	864,72	1067,50	1397,53
Кемеровская область	8,75	1 2,64	7,30	9,31	9,74	0,27	-	5,38	15,04

Анализ статистических данных позволяет сделать вывод о тенденции увеличения площади и интенсивности образования нарушенных земель в регионе и значительном отставании их восстановления. Основные направления рекультивации, применяемые в регионе

представлены на рисунке 1.6.

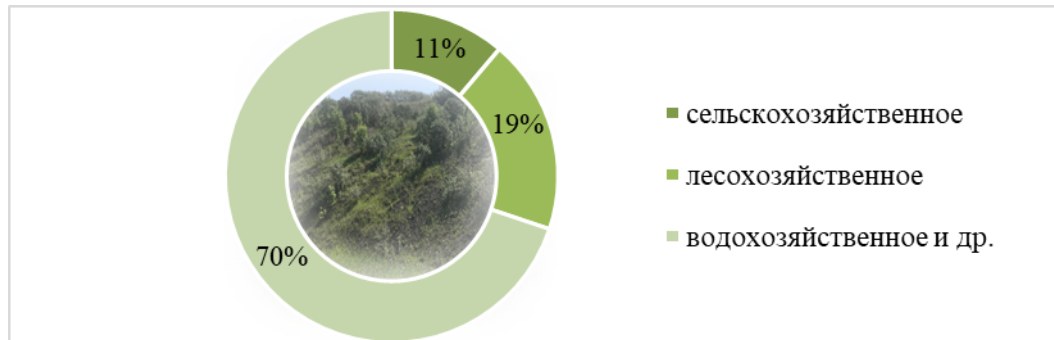


Рисунок 1.6 – Основные направления рекультивации в Кузбассе

Рекультивации отвалов не уделяется должного внимания хотя при правильном планировании данные территории могут использоваться как ценные. Эту сложную исходную ситуацию для планирования можно проиллюстрировать на примере отвалов Кузнецкого угольного бассейна:

- Требования по созданию лесонасаждений основаны на дефиците лесных площадей, характерном для региона.

- Участки рекультивации гидроотвалов оцениваются как пригодные для сельскохозяйственных культур ввиду ровной поверхностью намывного массива и малых углов наклона 2-3°.

- Возможности рекреационного направления для отдыха и спорта в рассматриваемом регионе недостаточны и поэтому должны быть расширены.

- И последнее, но не менее важное: необходимо определить потребность территории размещения отвалов в потенциале развития горного предприятия.

В последние годы в этих областях были предприняты большие усилия, в результате чего удалось сократить дефицит знаний и планирования во многих отраслях.

Например, в 2019г. на Кедровском угольном разрезе по инициативе ФИЦ УУХ СО РАН и УК «Кузбассразрезуголь» был создан «Полигон технологий рекультивации». На территории 3га были воссозданы условия, характерные для различных районов и подзон Кузбасса, где реализуются новые технологии биологической рекультивации, а также проводятся экспериментальные и мониторинговые исследования.

Несмотря на это, площади отвалов Кузбасса, их геометрические параметры, близкое положение к населенным пунктам и объектам инфраструктуры, предопределяет необходимость комплексной оценки и разработке научно-методического обоснования их рекультивации.

1.3 Нормативные требования к проведению рекультивационных работ на отвалах

Согласно методическим указаниям «по проектированию рекультивации нарушенных земель на действующих и проектируемых предприятиях угольной промышленности» [56] для проведения биологической рекультивации отвалов высотой до 100м, сложенных рыхлыми породами, результирующие не должны превышать $6-16^{\circ}$ (рисунок 1.7)

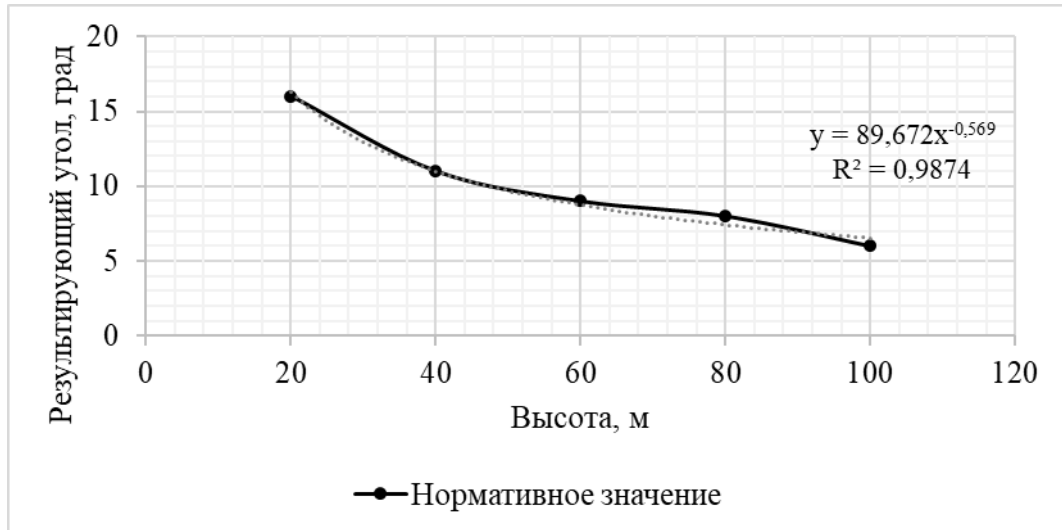


Рисунок 1.7 – Параметры отвальных сооружений для биологической рекультивации

При этом в иных отраслевых нормативно-методических документах [32] максимальное значение результирующих углов откосов в среднем принято считать 25° . Нормативные морфометрические параметры техногенных массивов для разных направлений рекультивации представлен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Нормативные морфометрические параметры, град

Направление рекультивации	Угол откоса, град**		
	Пашня*	Сенокосы*	Пастбища
Сельскохозяйственное	2-3	2-6	6-12
Лесохозяйственное	25		
Природоохранное	15-20 (35)		
Рекреационное (архитектурно-ландшафтное)	20-25		
Санитарно-гигиеническое	25-32		
Строительное	Согласно СНиП		
* уклон поверхности			
** допускаются изменение угла при обосновании параметров устойчивого откоса			

Выполаживание откосов до нормативного значения результирующего угла зачастую невозможно ввиду отсутствия площадей, а нарушение границ лицензионного участка также

влечет за собой ответственность. Границы СЗЗ зависят от степени нарушения окружающей среды и для отвалов вскрышных пород составляют 500м.

Существует множество рекомендаций по выбору направления и способа рекультивации, где прописаны наиболее благоприятные условия для конкретного типа.

Отвальные работы регламентируются федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых. Основным документом, устанавливающим требования к обеспечению устойчивости отвалов на угольных и горнорудных предприятиях, утвержденным Ростехнадзором РФ (Госгортехнадзором), являются «Правил обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах» (далее «Правила ...») [74].

Нормативное значение коэффициента запаса устойчивости k_n определяется на основании «Правил ...» [74], согласно которым нормативная величина k_n определяется в зависимости от типа отвалов, литологического состава отсыпаемых отвальных пород, строения и свойств пород основания. Для отвалов, отсыпаемых из скальных и полускальных пород на слабое основание с применением тяжелых горнотранспортных механизмов, рекомендуемое значение k_n должно составлять 1,10-1,20. Более конкретно величина k_n выбирается в зависимости от степени изученности инженерно-геологических условий, обоснованности расчетных характеристик ФМС грунтов и других факторов, влияющих на устойчивость откосных сооружений.

При разработке рекомендаций по обоснованию параметров отвалов на гидроотвалах в Кузбассе в основном использовались нормативно-методические документы, разработанные институтом ВНИМИ (г. Санкт-Петербург). Особый интерес представляют подготовленные институтом ВНИМИ «Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах» (1998 г.), утвержденные Ростехнадзором [74], где рассматриваются расчеты устойчивости отвалов, в том числе, с учетом размещения различного горнотранспортного оборудования. В 2020 году данные правила были переработаны в новый документ уровня ФНП (федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности) «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов», утвержденные приказом федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13 ноября 2020 г. N 439 [71].

Институтом ВНИМИ в 1985 г. разработаны на основании 15-ти летнего опыта изучения условий формирования отвалов на гидроотвалах «Рекомендации по инженерно-геологическому обоснованию параметров отвалов «сухих» пород, отсыпаемых на гидроотвалах» [76], в которых предложены различные методики по изучению намывных пород для инженерно-геологического обоснования их устойчивых параметров, на основании чего разработаны рекомендации по отвалообразованию на слабых намывных массивах. Результаты исследований нашли свое

отражение в монографии [14], ряде статей [114., 118] и диссертациях [27, 46, 50, 58, 92.]. Дальнейшее продолжение работ ВНИМИ вылилось в разработку нового нормативно-методического документа «Указания по методам гидрогеомеханического обоснования оптимальных параметров гидроотвалов на слабых основаниях» (1989, 1990 г.) [89].

Необходимо отметить работы, формирующие нормативно-методическую базу горной промышленности России. В первую очередь следует выделить разработанные НИИОГР (г. Челябинск) «Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах» [86], в которых представлены основные технологические схемы ведения горных работ, в том числе, отвальных. Позднее под руководством ВНИИОСуголь, НИИОГР, ВЦ ППИ совместно с сотрудниками Минуглепром СССР были разработаны типовые схемы рекультивации земель на разрезах, где содержится информация об объёмах, параметрах оборудования и других показателей [32].

Критериями безопасности отвалообразования на слабое глинистое основание являются контролируемые параметры «порового давления в пределах призмы возможного оползания откосов» [37]. В таком случае коэффициент (k_{st}) приравнивается к нормативному для Критерия 1-го уровня и равен 1.20 [37]. В случае превышения критического значения коэффициент (k_{st}) откоса снижется до предельного равновесия 1,00, что означает формирование деформаций.

В случае рекультивации высоких отвалов нет единого норматива по обоснованию высоты и результирующих углов отвальных ГТС, в каждом конкретном случае необходимо определять безопасные морфометрические параметры с учетом прочностных характеристик слагающих техногенный массив пород, обеспечивающих устойчивость сооружений, после чего следует производить выбор способа и направления рекультивации.

1.4 Выводы по Главе 1

В главе представлен обзор и анализ литературных и фондовых источники различного уровня, нормативно- методической базы по вопросам безопасности отвальных сооружений, этапов рекультивации отвалов, оценке влияния горнотехнических сооружений на окружающую природную среду. Проведен анализ изученности вопроса восстановления нарушенных территорий отвальными ГТС при открытой разработке месторождений, на основании чего сделаны выводы и сформулирована цель. Таким образом, целью работы является разработка геоэкологического обоснования рекультивации внешних отвалов и гидроотвалов при разработке угольных месторождений Кузбасса.

Проанализировав литературные и фондовые источники различного уровня, нормативно-методическую базу по вопросам безопасности отвальных сооружений, рекультивации отвалов,

оценке влияния горнотехнических сооружений на окружающую природную среду, необходимо отметить следующее:

1. Процессы восстановления нарушенных земель достаточно хорошо изучены как на этапе горнотехнической (обоснование устойчивых параметров) так и биологической (обеспечения плодородия) рекультивации, однако являются слабоизученными с позиции комплексной геоэкологической оценки;

2. Проблема рекультивации отвальных сооружений Кузбасса стала активно развиваться в 60-70-е годы прошлого столетия. Сложность и актуальность задачи обусловлена тем, что, объемы и интенсивность добычи угля, а также геометрические параметры отвальных сооружений Кузбасса практически не сопоставимы с мировым опытом рекультивации. В связи с дороговизной и масштабностью работ по рекультивации, ее реализация не получила должного развития в горной практике Кузбасса.

3. При обосновании параметров рекультивации отвальных сооружений наблюдается недостаток нормативно-методических данных, необходимых для безопасного и эффективного восстановления отвальных нарушенных территорий. Существующие рекомендации и методические указания разработаны для горнотехнических сооружений с геометрическими параметрами, характеризующимися малыми площадями и высотами, не превышающими 100 м.

Учитывая достигнутый уровень изученности внешних отвалов Кузбасса, поставленная в диссертационной работе цель будет достигнута посредством решения нижеуказанных задач:

1. Выполнить анализ геоэкологических условий формирования внешних отвалов на открытых горных работах при разработке угольных месторождений;

2. Разработать типизацию отвальных ПТС внешних отвалов угледобычи в Кузбассе для обоснования способов их рекультивации;

3. Разработать систему обеспечения рекультивации отвалов с учетом геоэкологических и инженерно-геологических условий внешнего отвалообразования;

4. Произвести оценку инженерно-геологических и агрофизических свойств, а также плодородия пород отвалов и разработать рекомендации по выполнению этапов горнотехнической и биологической рекультивации объектов размещения вскрышных пород.

5. Разработать рекомендации по инженерно-геологическому и геоэкологическому обеспечению рекультивации гидроотвалов способом нанесения на их поверхности «сухих» отвальных насыпей.

ГЛАВА 2 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

2.1 Горно-геологические условия отвалообразования

2.1.1 Климатическая характеристика региона

Основные климатические особенности исследуемой территории обусловлены принадлежностью данного района к системе Саяно-Алтайской складчатой области. Салаирский кряж, Горная Шория и Кузнецкий Алатау препятствует проникновению влажных азиатских воздушных масс. В холодный период над рассматриваемой территорией располагается область повышенного давления и пониженных температур в следствие проникновения арктического воздуха Северного Ледовитого океана со стороны Колывань-Томской складчатой зоны. Азиатская континентальная депрессия температур в теплый период инициирует образование области пониженного давления [65]

Климатическая зона территории исследования относится к резко континентальной, влажной, с продолжительной холодной зимой и коротким, относительно жарким летом. Характерной особенностью являются большие контрасты температур как суточного, так и годового хода. Абсолютные значения температур достигают минус 50 °С - в холодный, и плюс 38 °С - в жаркий период. Средние месячные t° воздуха представлены на графике (рисунок 2.1).

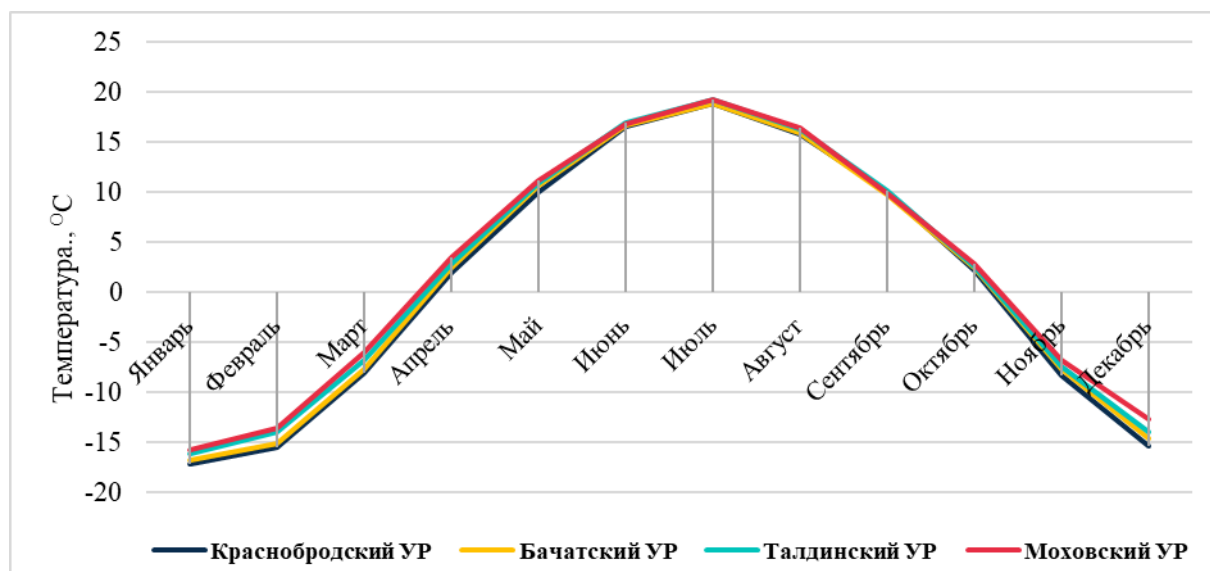


Рисунок 2.1 – График распределения среднемесячных температур на разрезах по данным метеостанции г. Киселевск

За год, как правило, выделяют, несколько периодов: осенний (влажный); зимний (холодный и влажный), весенний (сухой), летний (умеренно-влажный и теплый). Средняя t° воздуха за год имеет положительное значение (плюс 1-2 $^{\circ}\text{C}$).

С ноября по апрель проходит зимний период, в период которого среднемесячные t° воздуха и почвы опускаются ниже 0° , наблюдается повышенное барометрическое давление, а величина испарения не превышает 10 мм. Средняя температура в январе - до минус 20 $^{\circ}\text{C}$. Активность испарения в приповерхностной зоне и содержание влаги в почве тесно связаны с влажностью воздуха, от которой зависит режима увлажнения территории. Относительная влажность, наблюдаемая в зимний период, составляет порядка 75 - 79%, наименьшие значения (56 - 58%) отмечаются в мае.

Переход устойчивой температуры через 0°C отмечается в середине октября, средняя дата образования устойчивого снежного покрова 05 - 06 ноября. Понижение температуры в начале зимы сопровождается обильными снегопадами. Гидротермический режим почвы определяет снежный покров территории.

Распределение снега неравномерное по площади и высоте в зависимости от рельефа местности, направления и силы воздушного потока, залесенности. В пределах таежной зоны и депрессиях рельефа отмечается максимальная мощность (2 - 4м). Наименьшая средняя высота снежного покрова отмечается на территории Краснобродского УР и составляет 0,26 м. На открытых крутых склонах бортов разрезов и откосов отвалов снег, как правило, не удерживается, в местах с большим количеством растительности распределяется равномерно, со скоплением у подножия. В зависимости от мощности снежного покрова глубина промерзания почвы варьирует от 0,1 до 1,5 м.

Весенний период характеризуется резким возрастанием температуры воздуха и почвы, незначительным количеством осадков, большой сухостью воздуха. Сезон начинается с увеличения средней температуры атмосферного воздуха до положительных значений, при котором происходит таяние снежного покрова. Характеризуется как сухой и ветренный период продолжительностью от первой до второй декады апреля. В этот период снег тает и накапливается значительная масса талых вод, образующие обильные временные водотоки в логах и половодья в реках. Усиливается инфильтрация атмосферных осадков через оттаявшие грунты и трещины, что ведет к подъему уровней подземных вод. Техногенно-нарушенный незалесенный рельеф способствует накоплению значительных масс снега в карьерах и у подножий отвалов, которое после весеннего таяния способствует сильному увлажнению горных пород.

Лето характеризуется высокими среднемесячными t° воздуха и почвы и значительным количеством атмосферных осадков, также наблюдается понижение барометрического давления,

а величина испарения достигает максимальных значений. Температура воздуха летом неустойчива, суточные амплитуды значительны, жаркие дни не редко сменяются прохладным. Самым теплым месяцем является июль, со средней многолетней температурой плюс 25,2 °С. Данный период характеризуется сильным испарением влаги, малой величиной поверхностного стока и незначительным питанием подземных вод за счет инфильтрации осадков, что подтверждается убывающими расходами рек и понижением уровней грунтовых вод.

В осенний период происходит снижение t° атм. воздуха, повышение его влажности, слабое испарение, которые предопределяют появление туманов и усиление облачности. В это время происходит восполнение запасов грунтовых вод за счет инфильтрации осадков и поэтому оно является наиболее благоприятным для питания подземных вод.

На рассматриваемой территории в течении всего года атмосферные осадки обуславливаются главным образом циркуляцией атмосферы, её сезонными изменениями и, прежде всего, интенсивностью циклонической деятельностью. В целом район характеризуется неравномерным распределением осадков с преобладанием осадков в теплый период над холодным. Согласно климатической карте региона, территория расположения объектов исследования относится к климатической зоне III, зона слабого увлажнения (400-500 мм/год) в степной и лесостепной частях бассейна со слаборасчлененным плосковолнистым рельефом.

В то время как в зоне открытой степи Моховский УР характерны сбалансированные годовые температуры с менее резкими среднесуточными и сезонными колебаниями температур и равномерным распределением осадков (в среднем около 400 мм), на Талдинский УР наблюдаются большие колебания температуры как в течение дня, так и в годовом цикле, а также большее количество осадков. По данным метеостанции г. Киселевск и г. Гурьевск за 2012-2019 количество осадков превышало норму в 1,21-1,56 раз (21-56%) (рисунок 2.2). Местные климатические отклонения в первую очередь связаны с соответствующим рельефом. Что касается отвальных сооружений региона, необходимо отметить, что из-за особых геоморфологических и петрографических условий здесь развивается небольшой собственный климат.

Одной из метеорологических особенностей территорий объектов исследования является преобладание ветров южных и юго-западных румбов (рисунок 2.3), имеющих максимальную скорость 17 – 26 м/с (на территории Краснобродского УР в 2016 г. был зафиксирован порывистый ветер до 34 м/с). Господство данных направлений ветра в Кузбассе обусловлено рельефом местности и местоположением самих объектов. Средняя скорость ветра за год составляет 2,8 м/с. Наиболее сильные ветра наблюдаются в переходные периоды года (апрель – май –3,3м/с, октябрь –ноябрь –3,0-3,2м/с), в летний период скорость ветра минимальна и

составляет порядка 2,0 м/с. Сильные ветры со скоростью 15 м/с и более в среднем на рассматриваемой территории наблюдаются не более 25 дней в году.



Рисунок 2.2 – Количество осадков за 2012-2019 гг.

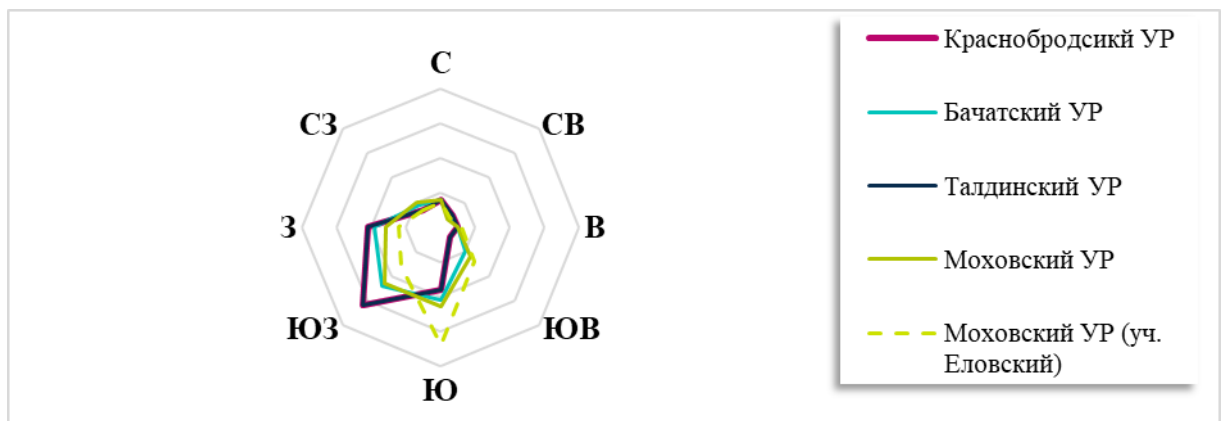


Рисунок 2.3 – Повторяемость направления ветра по данным метеостанции г. Киселевск

Для Крапивинского округа (участок «Еловский» Моховского УР) характерно распределение ветра по южному направлению, а средняя годовая скорость ветра ниже и составляет 2,1 м/с.

Количество атмосферных осадков и колебания температуры воздуха оказывают существенное влияние на формирование пород отвалов. Образование техногенных водоносных горизонтов в теле массивов происходит за счет просачивания атмосферных осадков и незначительного испарения в осенний период. Отвалообразование зимой приводит к появлению мнимая высокая прочность отвальных пород, которая обеспечивается наличием жестких связей в куске, за счет замерзания поровой воды, линз или снега при отрицательных температурах.

Повышение температуры воздуха будет инициировать процессы таяния льда, снега, погребенного в теле массива, тем самым, образуя локальные участки с низкой прочностью.

Влияние климатических факторов проявляется также в виде эрозионных процессов (увеличении поверхностного стока и дефляция) на откосах отвальных сооружений (рисунок 2.4).

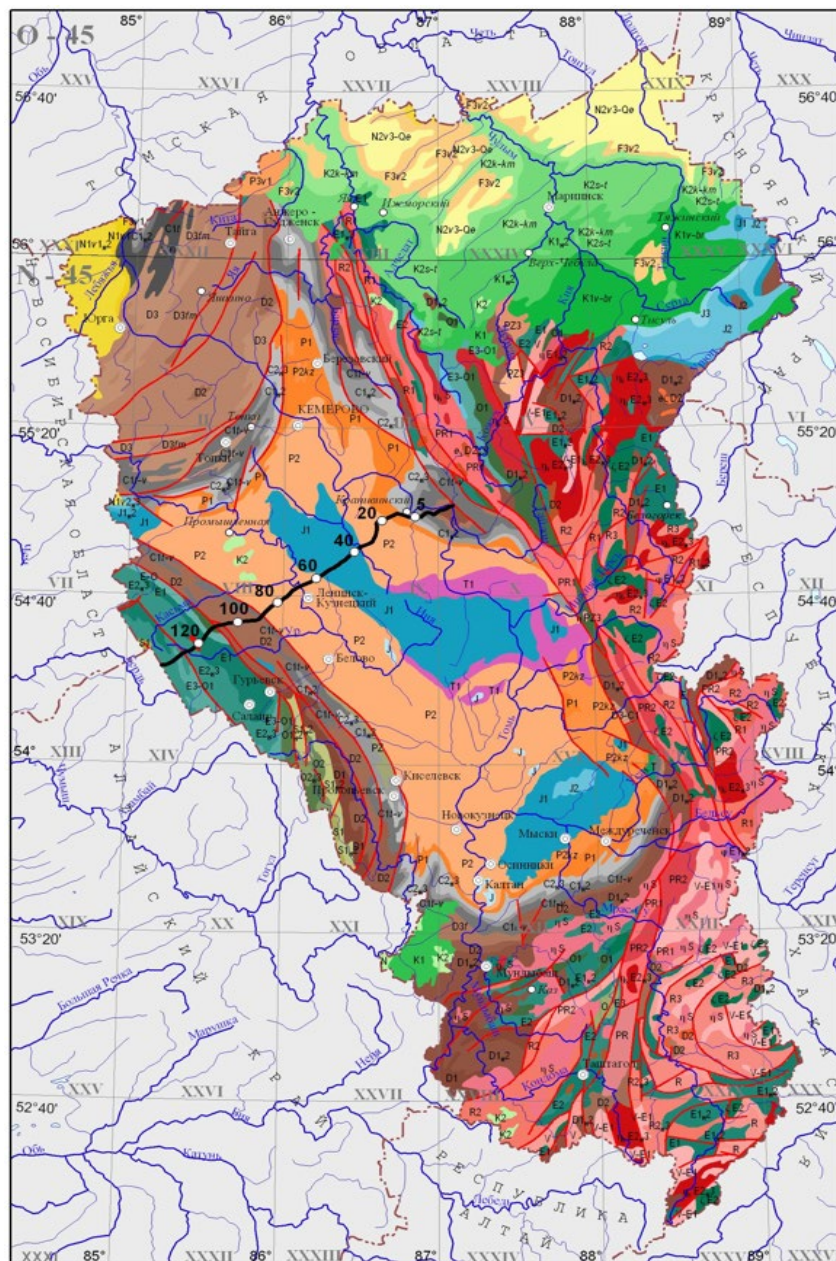


Рисунок 2.4 – Пример эффекта эрозии, вызванного стоком дождевой воды на откосе отвала «Южный»

2.1.2 Геологическое строение бассейна

Согласно стратиграфической карте региона [18], угленосные отложения Кузбасса относятся к каменноугольной (С) и перской (Р) системам верхнего палеозоя (Pz3), а также к триасовой и юрской системам мезозоя (рисунок 2.5). Подразделяются на балахонскую (C₂₋₃-P_{1b1}), кольчугинскую (P₂₋₃ kl) и в малой степени тарбаганскую (J₁₋₃) серии (таблица 2.1). Во внешние отвальные сооружения исследуемых объектов в большом количестве попадают породы, относящиеся к первым двум сериям, а также покровные отложения, представленные отложениями неоген-четвертичных (N-Q) пород (таблица 2.2), поэтому далее они будут рассмотрены более подробно.

Кольчугинская и балахонская серии относятся к верхнему палеозою (Pz) и включают шесть подсерий (P₂₋₃ er, P₂ il, P₂ kz, P₁ bl₂, C₂₋₃bl₁, C₁₋₂ os) и 14 свит (P₃ tl, P₃ gr, P₂₋₃ ln, P₂ us, P₂ km, P₂ mt, P₂ sk, P₁ kr, P₁ is, P₁ pr, C₃ al, C₂ mz, C₂ kz, C₁ ev).



Условные обозначения

Стратифицированные образования

- N₁₋₂ Неогеновая система. Верхний плейстоцен-эоплейстоцен
- N₃ Неогеновая система. Средний - верхний миоцен
- N₄ Неогеновая система. Нижний -средний миоцен
- N₅ Неогеновая система. Нижний миоцен
- N₆ Неогеновая система. Нерасчлененные отложения
- P₁ Палеогеновая система. Средний олигоцен
- P₂ Палеогеновая система. Нижний олигоцен

- K₁ Меловая система. Верхний отдел
- K₂₋₄ Меловая система. Балановский - каремский ярусы
- K₅₋₆ Меловая система. Комельский - кампанский ярусы
- K₇₋₈ Меловая система. Сенонанский - туронский ярусы
- K₉ Меловая система. Нижний - верхний отделы
- K₁₀ Меловая система. Нижний отдел
- J₁ Юрская система. Верхний отдел
- J₂ Юрская система. Средний отдел
- J₃ Юрская система. Нижний -средний отделы
- J₄ Юрская система. Нижний отдел
- J₅ Юрская система. Нерасчлененные отложения
- T₁ Триасовая система. Нижний отдел

- P₃ Пермская система. Верхний отдел
- P₄ Пермская система. Казанский ярус
- P₅ Пермская система. Нижний отдел

- C₁ Каменноугольная система. Средний - верхний отделы
- C₂ Каменноугольная система. Нижний-средний отделы
- C₃ Каменноугольная система. Визейский ярус
- C₄ Каменноугольная система. Турнейский - вилейский ярусы
- C₅ Каменноугольная система. Турнейский ярус
- C₆ Каменноугольная система. Нижний отдел

- D₁₋₄ Девонская система, верхний отдел-каменноугольная система, нижний отдел
- D₅ Девонская система. Верхний отдел
- D₆ Девонская система. Фаменский ярус
- D₇ Девонская система. Франкий ярус
- D₈ Девонская система. Живетский ярус
- D₉ Девонская система. Средний отдел
- D₁₀ Девонская система. Нижний-средний отделы
- D₁₁ Девонская система. Нижний отдел

Интрузивные породы

- Габбро, нориты, габбронориты
- Щелочные габброиды
- Сyenиты
- Щелочные cyenиты
- Нефелиновые и псевдолейцитовые cyenиты, иколиты, ургиты
- Граниты
- Гранодиориты
- Граносyenиты
- Перидотиты, дуниты, пироксениты, серпентиниты
- Кисло-основные. Риолиты

Рисунок 2.5 – Геологическая карта Кемеровской области

Таблица 2.1 – Стратиграфическая схема угленосных отложений Кузбасса [18]

Эра-тема	Сис-тема	Отдел, млн лет	Ярус, подъярус	-	Серия	Подсерия	Свита, (горизонт)	-	Мощность, м	Цикл угле накопления		
Мезозойская Mz	Юрская J	-	-	-	Тарбаганская J ₁₋₂	-	Терсюковская	<i>J₁₋₂ tr</i>	-	Тарбаганский буроугольный J ₁₋₂		
		-	-	-		-	Осиновская	<i>J₁ os</i>	-			
		-	-	-		-	Абашевская	<i>J₁ ab</i>	-			
		-	-	-		-	Распадская	<i>J₁ rs</i>	-			
	Триасовая T	Нижний T ₁₋₂	Индский	<i>T₁ i</i>	Абинская T _{1-2ab}	-	Яминская	<i>T₂ jam</i>	-	Перерыв		
		-	-	-		-	Сосновская	<i>T₁₋₂ ss</i>	-	-		
Палеозойская Pz	Верхний палеозой Pz ₃	Татарский P ₃ t 265,8	Вятский	<i>P₃ vt</i>	Кольчугинская P ₂₋₃ kl	Ерунаковская P ₂₋₃ er	Тайлуганская	<i>P₃ tl</i>	500-700	Кольчугинский каменно-угольный P ₂		
			Северодвинский	<i>P₃ vd</i>			Грамотеинская	<i>P₃ gr</i>	200-670			
			Уржумский	<i>P₂ ur</i>			Ленинская	<i>P₂₋₃ ln</i>	600-800			
		Биармийский P ₂ b 270,67	Казанский P ₂ kz	<i>P₂ kz₁</i>		Ильинская P ₂ il	Ускатская	<i>P₂ us</i>	150-1300			
						Кузнецкая P ₂ kz	Казанково-Маркинская	<i>P₂ km₂</i>	400-1000			
			Митинский	<i>P₂ mt</i>			-	Перерыв				
		Нижний P ₁ Приуральский P ₁ p 299,0	Уфимский	<i>P₁ u</i>		Балахонская C ₁ -P ₁ bl	Верхне-балахонская P ₁ bl ₂	Старокузнецкий	<i>P₂ sk</i>		500-1100	Балахонский каменно-угольный C ₂ -P ₂
			Кунгурский	<i>P₁ k</i>				Кемеровская	<i>P₁ kr</i>		40-250	
			Сакмарский	<i>P₁ s</i>				Ишановская	<i>P₁ is</i>		110-250	
	Артинский		<i>P₁ ar</i>	Промежуточная	<i>P₁ pr</i>		200-550					
	Ассельский		<i>P₁ a</i>									
	Нижне-балахонская C ₂₋₃ bl ₁		Алыкаевская					<i>C₃ al</i>	100-550			
	Верхний C ₃ 306,5	Гжельский	<i>C₃ g</i>	Острогская C ₁₋₂ os	Мазуровская	<i>C₂ mz</i>	100-450					
		Средний C ₂ 318,1	Московский		<i>C₂ m</i>	200-600	Перерыв					
			Башкирский		<i>C₂ b</i>							
	Нижний C ₁ 359,2	Серпуховский	<i>C₁ s</i>	Мозжухинская C ₁ v	-	Верхотомский	<i>C₁ vt</i>	-	-			
		Визейский	<i>C₁ v-s</i>		-	-	-	-	-			
	Турнейский	<i>C₁ t</i>	-	-	-	-	-	-	-			
Средний Pz ₂	Каменноугольная C	Верхний D ₁₋₃	-	<i>D₁₋₃</i>	Зарубинская D ₁₋₃	-	-	-	Барзаский липтобиолитовый D			
			-	-	-	-	-	-				
Девонская D	Верхний D ₁₋₃	-	-	-	-	-	-	-	-			
		-	-	-	-	-	-	-	-			

ВЕРХНИЙ ПАЛЕОЗОЙ (PZ₃). КАМЕННОУГОЛЬНАЯ СИСТЕМА (С)

Балахонская серия (C₁-P₁ bl)

Четыре отдела угленосного комплекса верхнего палеозоя (нижний, средний и верхний отделы карбона и нижней перми) от серпуховского до уфимского яруса включают в себя породы балахонской серии. Отложения сформированы в лагунно-континентальных условиях в результате трансгрессии моря.

Острогская подсерия (C₂₋₃ os)

Породы, слагающие состав острогской свиты, относятся к перерыву в цикле угленакопления, поэтому характеризуются как непродуктивные. Представлены в основном песчаниками (до 70%), алевролитами (до 20%) и аргиллитами (в т.ч. углистыми) (до 10%). Также присутствуют в незначительном количестве конгломераты в нижней части разреза и углистые частицы - в верхней. Их наличие в пределах угольных разрезов маловероятно, и соответственно, они не представляют интерес для подробного описания в контексте данной работы. Свиты:

Каезовская (C₂ kz);

Евсеевская (C₁ ev);

Нижнебалахонская подсерия (C₂₋₃ bl)

Подсерия располагается в интервале от непродуктивной острогской и мощной верхнебалахонской подсерии, обладающей высокой угленосностью, и связывает их плавным переходом. Литологический состав характеризуется чередованием песчаников, алевролитов, аргиллитов и каменных углей, при этом также отмечаются включения глинистых и алевролитовых известняков, сидеритовые конкреции и незначительные сульфидные отложения. Характерный состав цемента для пород подсерии - глинисто-кремнистый, глинисто-слюдистый, глинисто-карбонатный. Свиты:

Мазуровская (C₂ mz);

Алыкаевская (C₃ al);

Верхнебалахонская подсерия (P₁ bl)

Подсерия характеризуется как самая продуктивная составляющая балахонской серии. Угленосность возрастает от нижней промежуточной свиты к верхней - кемеровской. Основной состав пород представлен поли- и олигомиктовыми конгломератами, гравелитами, песчаниками, близкими к мелкозернистым песчаникам алевролитами и к аргиллитам глинистыми разностями. Широкое распространение получили аргиллиты и их углистые разности. Свиты:

Промежуточная (P₁ pr);

Ишановская (P₁ i);

Кемеровская (P₁ km);

Усятская (P₁ us).

ВЕРХНИЙ ПАЛЕОЗОЙ (PZ₃). ПЕРМСКАЯ СИСТЕМА (P)

Кольчугинская серия (P₂₋₃ kl)

Кольчугинская серия относится к верхнему отделу верхнего палеозоя и включает 3 подсерии. Отложения сформировались в процессе 2-го макроцикла накопления в континентальных и прибрежно-континентальных условиях. Угленосность серии возрастает от кузнецкой к ерунаковской подсерии, а также латерально в западном направлении. Отмечается локальный метаморфизм углей высокой интенсивности с повышением на юго-восток. Литологический состав включает песчаники и алевролиты, преимущественно с глинистым цементом с примесью карбонатов и каолинита

Кузнецкая подсерия (P₂ kz)

Отложения подсерии распространены в юго-западном направлении Кузбасса, при этом наблюдается характерное увеличение мощности. Породы представлены переслаиванием алевролитов (50%), песчаников (24%) и аргиллитов (26%) с тонкими пропластками угля до 40 см и оценивается как «однообразный». Повышенное содержание кварца, кварцитов и кремня свидетельствует об образовании коры выветривания в условиях осадконакопления. Свиты:

Митинская (P₂ mt);

Старокузнецкая P₂ sk

Ильинская подсерия (P₂ il)

Подсерия представленная резко отличающимися по угленосности свитами и характеризуется разнообразием литологического состава (песчаников, алевролитов, углистых аргиллитов и углей). В основном сосредоточена в южной части района расположения Красулинского (Ильинского), Ерунаковского, Тагарышского месторождений, при этом на остальной части района оконтуривает отложения ерунаковской подсерии, либо отдельными пятнами выходит в зоне антиклиналей на северо-востоке. Мощность угленосной толщи возрастает от *Казанково-Маркинской (P₂ km)* к *Ускальской свите (P₂ us)*.

Ерунаковская подсерия (P₂₋₃ er)

В инженерно-геологическом отношении высокая продуктивность, угленасыщенность и благоприятные условия залегания пород ерунаковской подсерии представляет интерес с точки зрения открытой угледобычи. Наибольшая мощность сконцентрирована в центральной части и приурочена к Ленинскому, Ерунаковскому и Центральному геолого-экономическим районам, при этом увеличиваясь в южном и западном направлениях. Отличительной особенностью является цикл осадконакопления, при котором мощность песчаников и алевролитов варьирует от 25 до 60 см. Литологический состав характеризуется ярусной слоистостью, что обусловлено

размывами как осадочных, так и углевмещающих пород. В верхней границе подсерии в тайлуганской свите $P_3 tl$ наблюдается резкое снижение угленосности, а также изменение флористического и фаунистического состава, что говорит об окончании пермской системы палеозоя и начале триаса мезозойской эры. Представлена тремя свитами:

Тайлуганская ($P_3 tl$);

Грамотеинская ($P_3 gr$);

Ленинская ($P_{2-3 ln}$).

Таблица 2.2 – Стратиграфическая схема покровных отложений Кузбасса [18]

Эра-гема	Система	Отдел/ раздел	Ярус/ звено	Степень	Свита/ отложения			
Кайнозойска Kz	Четвертичная Q	Голоценовый Q_H	Современное Q_{IV}	-	Техногенные отложения	tH2		
					Проллювиальные отложения	pH		
					Паллоустричные отложения	pIH		
					Аллювиальные отложения пойменных террас	aH		
		Плейстоценовый Q_P	Плейстоценовый и голоценовый объединенные (нерасчлененные) Q_{PH}	Верхнее Q_{III}	-	Делювиально-пролювиальные отложения	dpIII-H	
						Q_{III^4}	Еловская свита	LIIIel
							Элювиально-делювиальные отложения	edIII
					Аллювиальные отложение первой террасы		a ¹ III ₄	
					Q_{III^3}	Краснобродская свита	laIIIkr	
						Аллювиальные отложение второй террасы	a ² III ₃	
				Q_{III^1}, Q_{III^2}	Аллювиальные отложения третьей террасы	a ³ III ₁₋₂		
					-	Терентьевская толща	aII-IIItr	
				Среднее Q_{II}	-	Бачатская свита	LII-IIIbc	
						Кедровская свита	laI-IIkdr	
				Нижнее Q_I	-	Сергеевская свита	L,pEII-Isr	
	Верхнее Q_{EII}	-	Сагарлыкская свита			laEsg		
	Эоплейстоценовый Q_E	-	Нижнее Q_{EI}	-	Моховская свита	dpN ₁ -N ₂ mh		
Плиоцен N_2			-	Меретская свита	daN ₁ mr			
Неогеновая N	-	Миоцен N_1	-					

2.1.3 Гидрогеологические условия

По литолого-фациальным и геолого-стратиграфическим признакам среди осадочных отложений выделяется четыре водоносных комплекса. Первый водоносный комплекс приурочен к четвертичным отложениям, второй – к отложениям мезозойской системы, третий и четвертый – продуктивные отложения кольчугинской и балахонской серий пермской системы. Питание их в основном происходит за счет инфильтрации, а разгрузка осуществляется в региональную гидрографическую сеть (крупные реки: Томь, Томь, Кия, Яя, Иня, Чулым и Чумыш) и подстилающие водоносные комплексы. Обводненность коренных пород неоднородна в плане и по глубине, находится в прямой зависимости от степени и характера трещиноватости пород. Питание трещинно-пластовых вод осуществляется за счет атмосферных осадков. В период сезонных колебаний (весеннего снеготаяния и во время обильных дождей) возможно повышение уровня подземных вод на 1-2 м. Водоносные комплексы представлены напорными (до 30м), слабонапорными (до 5м) и безнапорными водами. Воды по химическому составу пресные в основном гидрокарбонатные кальциевые, кальциево-магниевые и реже кальциево-натриевые с минерализацией не превышающей 1 г/дм³.

Гидрогеологические особенности территории определяются расположением ее в пределах краевой части Кузнецкого бассейна пластово-блоковых вод вблизи с зоной его сочленения с Салаирским бассейном корово-блоковых вод. Для литифицированных пород характерны трещинно-пластовые воды, связанные, в основном, с верхней наиболее выветрелой зоной. Рыхлые неогеновые и кайнозойские образования представлены в основном слабопроницаемыми породами, к которым приурочены слабоводоносные горизонты грунтовых вод.

Четвертичные отложения обводнены неравномерно. На водоразделах они практически безводны, а на водоразделах большая часть разреза этих отложений безводная, у подножий склонов и в депрессиях рельефа (долинах рек и логах) обводненность их возрастает, характеризуется как эпизодичная или локальная, связанная с линзовидным залеганием водовмещающих пород супесчаного состава и отмечающаяся, в основном, в периоды снеготаяния и обильных дождей. Питание четвертичного водоносного комплекса осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, а по склонам и в депрессиях рельефа дополнительно за счет разгружающихся подземных вод более глубоких горизонтов. Отложения практически не отсортированы. Мощность отложений составляет в среднем 1-2 м, и может достигать 5-6 м.

Мезозойский водоносный комплекс распространен в северной части района в отложениях юрской и триасовой систем. Последние, ввиду их преимущественно глинистого

состава, обводнены слабо. Юрские же осадки, развитые в ядре Кыргай-Георгиевской синклинали, обладают повышенными фильтрационными свойствами. Например, удельные дебиты скважин, вскрывающих юрские породы в долине р. Черновой Нарык, достигают 4,8 л/сек.

Пермские угленосные отложения имеют в регионе различные фильтрационные свойства. В их разрезе наблюдается вертикальная гидродинамическая зональность. Наиболее обводненной является верхняя выветрелая толща пород. В зависимости от геоморфологического положения участка, глубина зоны интенсивной трещиноватости распространяется до 80-100 м. В этой зоне преобладает трещинный тип подземных вод. Удельные дебиты скважин в трещинной зоне зависят от литологического состава водовмещающих пород. Водовмещающие породы комплекса сложены чередованием мощных пластов песчаников (до 25 м), алевролитов (до 50 м), аргиллитов, углей. Глубина залегания водоносной зоны определяется мощностью перекрывающих пород и изменяется от первых метров до глубины более 150 м в депрессиях рельефа. Водовмещающие породы представлены алевролитами (60-70 %), песчаниками (20-25 %), аргиллитами и углистыми сланцами, чаще всего приуроченных к кровле и почве угольных пластов.

Совокупность взаимодействия природных факторов определила разнообразие водопроницаемости толщи в плане и в разрезе. Так водопроницаемость трещиноватых песчаников оказалось выше, чем алевролитов; под логами и долинами рек фильтрационные свойства всех пород выше, чем на водоразделах; наиболее проницаемыми в разрезе являются песчаники и интервалы, приуроченные к контактам пород с пластами угля.

С увеличением глубины залегания процессы выветривания затухают, а, следовательно, уменьшается и водообильность пород. При этом для водоносных комплексов коренных пород характерно преимущественно инфильтрационное питание.

Стоит отметить, в процессе выгорания пластов угля также образуется водоносный комплекс. Залегают горельники в виде линз неправильной формы среди продуктивных отложений. Экзогенные процессы горения приводят к увеличению фильтрационных свойств пород за счет дополнительного растрескивания и обвалов приочаговой зоне. Обводненность горельников незначительна, но снижение пьезометрического уровня на участках распространения свидетельствует о благоприятных условиях для скопления подземных вод. Таким образом, установлено, что горельники обладают хорошими водопроводящими и водовмещающими свойствами, способствуют усиленному дренажу подземных вод и, как следствие, снижают пьезометрический уровень в границах развития обожженных пород.

В связи с развитием угледобычи в пределах рассматриваемого района естественное состояние подземных вод находится в нарушенном состоянии. Выполненные в

предшествующие годы гидрогеологические исследования, включающие данные о уровненом режиме подземных вод, в настоящее время являются малоинформативными и требуют актуализированной оценки состояния по данным мониторинговых наблюдений, которые выполняются силами горнодобывающих предприятий.

По данным исследований гидрогеологических условий Кузбасса [17] можно говорить о том, что воздействие карьерно-отвальных комплексов на пьезометрическую поверхность подземных вод и на их ресурсы достаточно ограничено. Однако, нарушение гидрогеологического режима не ограничивается непосредственными участками разрезов или под горнотехническими сооружениями и в некоторых случаях выходит далеко за их пределы. В результате деятельности угледобывающих предприятий поверхность водосборных бассейнов водотоков, а также их русла подверглись существенному антропогенному влиянию, что привело к изменению структуры речной сети, её гидрологического и гидродинамического режимов. Так, в Кузбассе под влиянием горных работ уничтожено более 200 мелких рек, что привело к деградации растительности на этих территориях вплоть до усыхания леса. Примером, могут послужить реки Еланный Нарык, Кривой Ускат, Б. Коровиха, которые практически прекратили свое существование вследствие перекрытия разрезно-отвальными комплексами.

2.1.4 Особенности вскрышных и отвальных работ при разработке угольных месторождений открытым способом

Доля предприятий Кузбасса по добыче угля составляет около 60% от общего объема угледобывающих предприятий России. На данный момент в регионе действует 13 крупных компаний, в составе которых около 120 предприятий, не считая отдельных небольших организаций по добыче угля. В общей сложности уголь добывается в 57 открытых горных выработках и в 63 подземных. После того, как механизация добычи угля и процессы расширения привели к созданию эффективных горных работ, объем добычи резко увеличился. Кроме того, из-за переноса горных работ на большие глубины требуются большие транспортные сети с большим объемом выемки горных пород. Следствием этого является увеличение доли внешних отвалов Кузбасса.

Общий процесс открытой добычи угля состоит из последовательных этапов: подготовка поверхности, включая снятие ПРС, буровзрывные работы, экскавация, транспортировка вскрышных пород и отвалообразование (рисунок 2.6).

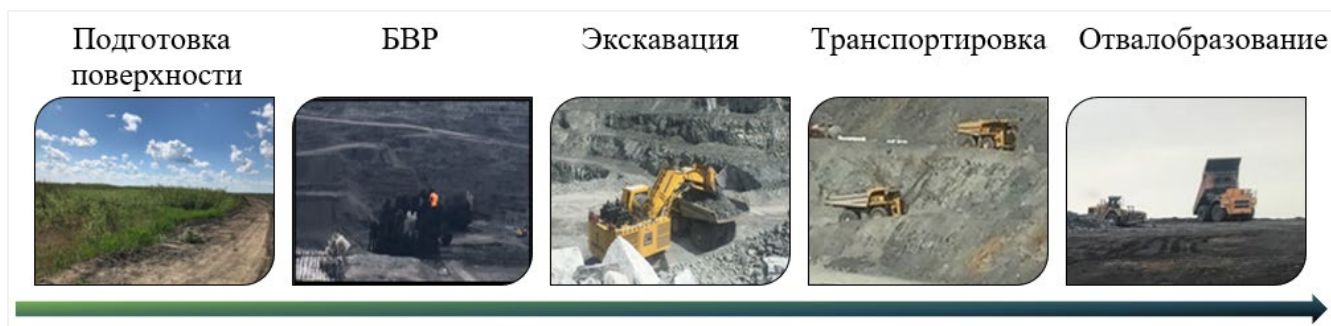


Рисунок 2.6 – Обобщенная схема добычи угля открытым способом

Отвалообразование – технологический процесс размещения пустых и вскрышных пород, образующихся в процессе добычи открытым способом ПИ. Он включает технологическую цепочку, связанную с размещением вскрыши, а также комплекс техногенных и природных процессов формирования новых природно-технических систем.

Отвальные сооружения в горном деле формируются при разработке месторождений ПИ, в том числе угля, и используются для складирования вскрышных пород и отходов обогащения. Отвалы — это горнотехнические сооружения, которые формируются на открытом воздухе и обычно не предназначены для немедленной утилизации. Они представляют собой антропогенные тела геологических отложений, для которых характерно взаимодействие инженерно-геологических, экологических и технико-экономических факторов при их формировании.

В течение долгого времени характер складирования определялся открытыми, незатронутыми участками. Планы земельных участков отвалов основывались на лицензионные границы участка, морфологии, технической инфраструктуре и освоении территории. Для минимизации ущерба для окружающей среды, а также уменьшения экономических затрат, породные отвалы необходимо размещать на непригодных для земледелия, освоения и разработки территориях, таких как: выработанные пространства карьеров, низины, ущелья, овраги, лога, поймы рек и т.д. Выбранное расположение отвала оказывает влияние на физико-механические свойства пород, перемещаемых в отвальные сооружения и, соответственно, его устойчивость. На формирование отвальных ПТС оказывают влияние абиотические, биотические и антропогенные, в т.ч. техногенные, факторы, на протяжении всей технологической цепочки от вскрышных до отвальных работ. В частности, помимо условий хранения и характеристик породы, на отвал влияют технологии, используемые при добыче, подготовке и транспортировке вскрышных пород, а также способ отвалообразования [48].

Выбор технологии отвалообразования зависит от ряда геоэкологических факторов: рельефа местности, условий залегания пород и их характеристики, климатических и ландшафтных особенностей местности [62]. Отвалы подразделяются на временные и

постоянные. Отвалы угольных разрезов Кузбасса, сформированных в процессе разработки месторождений открытым способом, можно классифицировать, опираясь на разработанные классификации ученых [44, 55, 95, 96, 105], следующим образом (таблица 2.3):

Таблица 2.3 – Классификация отвальных сооружений

Характеристика	Тип
Технология разработки месторождения	Бестранспортная; Транспортный; Специальный (гидромеханизация)
Способ механизации	Автомобильный, бульдозерный, экскаваторный (мехлопаты, драглайны, многоковшовые экскаваторы), конвейерный, гидромонитор
Местоположение относительно разреза	Внутренний (в выработке); Внешний (бывш. внутренний, который вышел за верхний контур разреза на дневную поверхность); Внешний (за контуром разреза)
Способ транспортировки	Ж/д; Автомобильный; Конвейерный; Комбинированный
Число ярусов (горизонтов)	Одноярусные; Многоярусные
Число рабочих горизонтов	Группа горизонтов; Отдельный горизонт; Не действующий горизонт
Высота	Высокие Средние Низкие
Рельеф местности	Нагорный, нагорно-долинный, равнинный
Деформационное состояние	Устойчивое, динамичное, неустойчивое,
	Локальное, глобальное

При внешнем отвалообразовании на разрезах Кузбасса применяются 2 основные схемы работ, в первом случае используется автомобиль в качестве средства доставки вскрыши, бульдозер - для размещения ее отвале, во втором - ж/д транспорт и экскаваторы [111].

Отвальные горнотехнические сооружения состоят из основания, тела техногенного массива (насыпного, намывного) и дополнительных конструктивных элементов (дренажных систем, дамб, пригрузов и др.) предназначенных для обеспечения устойчивости ГТС. Основание отвала может быть как естественным (природным), так и искусственным (техногенным), представленным вскрышными породами существующих отвальных массивов.

Основными параметрами отвалов являются: «высота и результирующий угол откоса сооружения в целом, количество ярусов и их высоты, ширины межъярусных берм» [46].

Высоты техногенных массивов Кузбасса широко варьируются в зависимости от целевого назначения и конструкции.

Интенсификация добычи углей в Кузбассе, форма местного рельефа, неупорядоченный процесс отсыпки и последующее их переформирование путем частичного удаления, дополнительных насыпей, расширения основания и т.д., привели к появлению разнообразных форм отвалов.

Разнообразие горно-геологических условий угольных месторождений Кузбасса предопределяет необходимость использования различных технологий угледобычи. Развитие внешних отвальных сооружений исторически условно делится на четыре поколения (насыпные конусные, насыпные усеченно-конические одноярусные, насыпные усеченно-конические многоярусные и намывные - гидроотвалы) (рисунок 2.7).

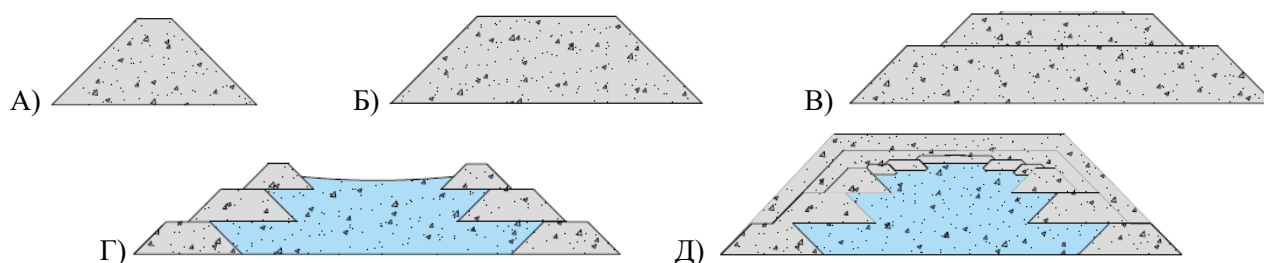


Рисунок 2.7 – Графическое представление типов отвальных сооружений в соответствии с хронологическим развитием

Тип А. Отвалы так называемого первого поколения, остроконечные конусы, возникли в результате постоянной отсыпки материала с помощью конвейерной ленты или аналогичных устройств над центром отвала (насыпной конус). Рыхлая насыпь породы обусловила сегрегацию сыпучего материала так, что грубо зернистый материал накапливался в основании массива. Невысокие отвалы, как правило были размещены внутри или на поверхности по контуру разрезов. При бестранспортной технологии отвалы представляли собой конусовидные отвалы по 10-15 м в высоту. Позже с развитием транспортной системы стали отсыпаться конические отвалы большей высоты с довольно крутыми углами откосов.

Тип Б. Одноярусные отвалы, по форме близкие к усеченному конусу появились только тогда, когда вскрышные породы верхних пластов стали транспортироваться по железной дороге, или как ныне автотранспортом, на большие расстояния во внешние отвалы. Как правило, сооружения данного типа формируются под углами естественного откоса в среднем 37° ($32-40^{\circ}$), при высотах от 15м до 90м.

Тип В. Увеличение высотных параметров от 30 до 200 м предопределяет преобладание многоярусных террасированных отвалов со строгими линиями и четкими контурами над отвалами типа А и Б. В среднем высота отдельных ярусов находится в пределах 30м, а

результатирующие углы варьируют от 21 до 36°. Инженерно-геологические требования к горнотехническим сооружениям данного типа в первую очередь направлены на предотвращение оползневых и деформационных процессов.

Тип Г. В результате гидравлического складирования вскрышных пород, гидротехнического строительства, намыва территорий формируются гидроотвалы. В Кузбассе гидроотвалы представляют собой намывные массивы из покровных в основном четвертичных глин и суглинков. При данном типе происходит гидромониторное разрушение вскрышных пород, после чего они направляются в отвалы по трубопроводу в виде пульпы. Продуктами гидравлического размыва являются компоненты песчано-глинистых пород четвертичного возраста, в твердом (минеральные агрегаты и зерна) и жидком агрегатном состоянии (в зависимости от геохимических условий разрабатываемого месторождения).

Тип Д. В настоящее время отмечается тенденция изменения геометрических параметров ГТС в сторону их увеличения. Дефицит земель под размещение вскрыши предопределил использование намывных массивов типа Г в качестве основания для отсыпки «сухих» пород (В). Соответствие техногенных форм ландшафта естественным является весьма затруднительным ввиду увеличения потребности в площадях земли. Отчуждаемые территории, необходимые для создания ГТС могут достигать нескольких десятков, сотен и даже тысяч гектар. Таким образом, формируются новые отвальные природно-технические системы типа Д – отвал, сформированный на гидроотвале.

При разработке крутопадающих залежей образуется значительное количество пустых и вскрышных пород, поэтому площадь основания отвальных сооружений может превышать площадь разреза, данный факт предопределил необходимость развития отвалов в высоту.

Согласно проектам разработки месторождений на крупнейших разрезах Талдинский и Бачатский планируется формирование техногенных массивов высотой до 300м при площадях от 600 до 2000 га. Также отмечается, что при углубке Бачатского угольного разреза до порядка 600 м, высота может увеличиться до 500м.

Наиболее важными научными задачами для горнодобывающей промышленности при формировании отвалов являются вопросы разработки технологических схем и механизмов отсыпки, обоснования параметров ГТС на этапах планирования, эксплуатации и рекультивации. Их многозадачность определяет необходимость изучения инженерно-геологических и геоэкологических условий формирования новых природно-технических систем.

2.2 Инженерно-геологические условия внешних отвалов

2.2.1 Процессы технолитогенеза при отвалообразовании

Район добычи открытым способом характеризуется повсеместным образованием техногенных отложений («технолитогенез»), включающим выемку, перемещение, складирование, уплотнение и консолидацию вскрышных пород. Измененные породы (изначально разного возраста и происхождения) становятся «техногенным» и приобретают новые состав, состояние и свойства. Этот процесс будет наиболее заметен на участках отвальных сооружений.

Отвал вскрышных пород — это динамическое тело, которое на протяжении всего периода существования от формирования и эксплуатации до ликвидации или рекультивации непрерывно меняется с точки зрения своего пространственного положения, размеров и структуры. В зависимости от инженерно-геологических и геоэкологических условий вскрышные отложения попадают в отдельные внешние отвалы на поверхности за пределами контура разреза. Вскрышные породы отвалов под воздействием давления, времени, температуры и времени преобразуются в техногенные отвальные фации.

Рассмотрим условия технолитогенеза пород вскрышных отвалов угольных разработок.

Накопление на поверхности земли техногенных отложений есть результат антропогенного воздействия, а процесс образования таких отложений называется технолитогенез. Процессы образования и накопления техногенных пород обусловлены интенсивным развитием горного производства. Существенные отличия условий формирования отвалов заключаются в различии исходного материала и преобразующих этот материал технологий.

В процессе технолитогенеза, по аналогии с естественным природным литогенезом, также можно выделить три стадии: 1) деградация первичной породы; 2) перемещение разрушенного материала; 3) седиментационное породообразование.

Процесс преобразования вскрышных пород начинается с обнажения отложений и выемке пород при разработке угольных месторождений. Процесс отделения породы от массива осуществляется посредством буровзрывных работ или гидромеханизации. При этом происходит изменение плотности пород. Коэффициент разрыхления для различных пород: 1,1-1,25 - для песков; 1,2-1,3 - для глинистых пород; $>1,3$ - для скальных. Также на данном этапе определяется исходный гранулометрический состав перемещаемых в отвальные сооружения пород.

Виды техногенных пород отвалов различаются в первую очередь по составу, зависящему от типа производства и первоначального состава материнских отложений. Кроме того,

характеристики пород отвалов также определяются средой их формирования, в зависимости от технологии отвалообразования.

Таким образом, идея технолитогенеза определяется стадийностью реализации связанных между собой природных и техногенных факторов.

Преобразование горной массы в техногенную горную породу начинается еще при разработке месторождения, в процессе которой идет вскрытие пластов пород различной литологии и их одновременное складирование в отвальные сооружения. Технологическая схема разработки, интенсивность отвалообразования во многом определяют формирование состава, состояния и свойств пород. Исходный состав складироваемых пород обуславливается вскрышной технологией, которая оказывает влияние прежде всего на гранулометрический состав, изменяющийся от валунов до тонкодисперсной пыли, также не стоит исключать химическое загрязнение пород под воздействием работы техники.

Перемещение вскрышных пород в отвал различными видами транспортировки занимает не длительное время, соответственно, она не оказывает существенного влияния на форму частиц и вещественный состав вскрыши.

После транспортировки и складирования материала в отвал происходит поэтапное преобразования осадка в породу под действием процессов гравитационного и физико-химического уплотнения (стадии диа- и катагенеза).

Исходный материал зависит от природных свойств углей: степени метаморфизма, окисленности, трещиноватости, состава цемента, составом и распределением в них минеральных примесей и др. В отходах добычи угля можно выделить три группы:

1. минеральную (содержит обломки пород и включения породообразующих минералов);
2. органоминеральную (включает углепородные сростки и вторичные агрегаты тонкодисперсных частиц угля и глинистых минералов);
3. органическую (состоит из свободных угольных частиц).

Также необходимо отметить изменение состава цемента во вскрышных породах в зависимости от стадии катагенеза. Под воздействием температуры, давления, химических реакций и др. происходит трансформация цемента от глинистого к глинисто-карбонатному, затем к карбонатному и карбонатно-сидеритовому.

В то же время различные литологические разности (глинистые, суглинистые и песчаные) при одновременной отработке могут смешиваться в отвалах, таким образом происходит образование крупнообломочных отложений с глинистым заполнением, или глинистые породы с включениями щебня и дресвы. Селективное извлечение и отвалообразование только глины и суглинка предопределяет образование линз и горизонтов глинистого состава.

Непосредственно на этапе формирования отвальных сооружений особую роль играет сегрегация (дифференциация частиц от более крупных в основании отвала к более мелким в верхней части откоса).

Во время последующего формирования отвальных насыпей и их эксплуатации соотношения фракций различного размера изменяются в результате дезинтеграции пород под воздействием вертикальных нагрузок. Таким образом формируется типичная структура, в которой состояние и состав зависят от литологии вскрышных пород, межчастичного цемента, действующей нормальной нагрузки и времени.

Являясь важной частью системы горных работ, результат технолитогенеза фактически во многом определяет будущую направленность и реализацию рекультивации.

2.2.2 Геодинамические процессы, развивающиеся на внешних отвалах

Анализ геомеханической ситуации на откосах отвалов Кузнецкого угольного бассейна и территорий, расположенных по контуру у нижней бровки откоса, позволяет выделить различные геомеханические процессы, которые возникали как при формировании техногенного массива, так и на последующих этапах существования природно-технической системы, а именно:

- оползни различных типов;
- фильтрационные деформации оплывания, связанные с выносом тонкодисперсного материала из отвала гидродинамическими силами;
- склоновое оплывание материала в результате его переувлажнения.

Согласно положению поверхности скольжения относительно подошвы основания сооружения, выделяют три типа (рисунок 2.8):

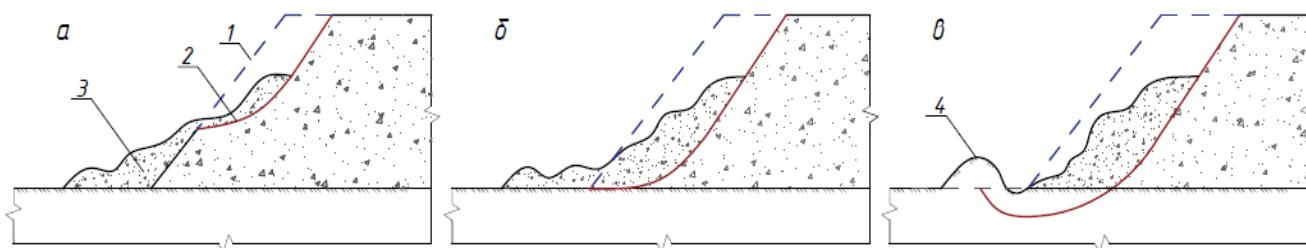


Рисунок 2.8 – Типы оползневых деформаций: а – надподошвенный; б – подошвенный; в – подподошвенный; 1 – исходное положение откоса; 2 – поверхность скольжения; 3 – подошва отвала; 4 – вал выпирания

а) Оползни надподошвенного типа (рисунок 2.8, а) реализуются преимущественно в случае отсыпки более слабых пород на прочное основание. Также подобные деформационные

схемы могут наблюдаться в весенний период снеготаяния, если до этого отсыпка проводилась непосредственно на снежный и ледяной покров.

б) Подошвенные оползни (рисунок 2.8, б) на отвалах в Кузбассе происходят, как правило, в условиях, когда отвал сформирован на пологом или наклонном основании, массив сложен обводненными породами малой мощности с низкой сдвиговой прочностью, а угол откоса превышает оптимальные значения.

в) Наиболее негативными с точки зрения экономического ущерба и деформируемого объема отвала являются оползни подподошвенного типа (рисунок 2.8, в). Деформационная модель данного типа наблюдаются в случае, если прочные породы отсыпаются на основание, представленное более слабыми породами. Поверхность скольжения в данном случае плавно переходит в породы основания. Характерным признаком подобных деформаций является образование вала выпирания у нижней бровки откоса за счет выдавливания «слабых» пород [46].

Исследуемые в данной работе гидроотвальные массивы, которые на сегодняшний день являются значительным площадным резервом для размещения вскрышных пород, наиболее часто демонстрируют последний тип деформационного поведения.

2.3 Характеристика ландшафтов месторождений угля Кузбасса

2.3.1 Ландшафтопреобразующие факторы при ведении отвальных работ

Как известно, на формирование ландшафтов оказывают влияние два основных фактора: природные и антропогенные. При образовании техногенных ландшафтов основное и определяющее влияние оказывает антропогенный фактор, в данном контексте – это технологические процессы разработки месторождения и отвалообразования вскрышных пород. Природный фактор также немаловажен, географическое положение, местный климат, рельеф, почва и растительность окружающих территорий, будет оказывать косвенное влияние и определять тип ландшафта. По биоклиматическим особенностям, ландшафт исследуемых территорий – лесостепной, по природным факторам формирования - резко континентальный межгорно-котловинный с расчлененным рельефом, супераквальный. Изначально рельеф исследуемого района представляет всхолмленную равнину и определяется переходным «положением от Кузнецкой котловины к Салаирскому кряжу» [11, 65].

Добыча угля открытым способом, которая особенно активизировалась в начале XX века простыми средствами механизации, привела к разрушению литогенной основы ландшафта. Многочисленные различные по геометрическим параметрам отвальные сооружения, создают условия для сегодняшней фрагментированной ландшафтной структуры региона.

Промышленная добыча угля создает своеобразный индустриальный ландшафт присваивающего типа вследствие комплексных изменений геосистем и рельефа местности [3].

Например, в Центральном Кузбассе на филиале АО «Кузбассразрезуголь» разрез «Бачатский» в Сагарлыкском логу был сформирован посредством гидромеханизации гидроотвал площадью более 600 га. Перепад высот в районе дамб достигает 40 м, что согласно таблице 2.4 соответствует холмистому типу рельефа. В настоящее время на нем отсыпается отвал сухих пород высотой более 100 м при абсолютных отметках поверхности + 400 м. В перспективе здесь планируется сформировать отвальную природную-техническую систему высотой 250-300 м при максимальных абсолютных отметках поверхности + 600 м. Большое количество высоких отвалов и гидроотвалов позволяют развиваться холмистой местности, которые вносят свой вклад в текущий рельеф.

Таблица 2.4 – Характеристика типов рельефа

Тип рельефа	Перепад высот, м	Абсолютные высоты, м	Продольный уклон, %
Впадины	< 0	< 0	-
Равнинный	<25	< +300	< 10
<i>Низменность</i>	-	< +200	-
<i>Возвышенность</i>	-	+200 - +500	-
<i>Плоскогорье</i>	-	> +500	-
Холмистый	25 - 200	< +500 м	10 - 25
Горный	>200	> +500 м	>60

Ретроспективный анализ изменения топографии территорий размещения отвальных сооружений в регионе свидетельствует о кардинальной эволюции рельефа на достаточно больших территориях. Важнейшим параметром отвальных сооружений является их высота (рисунок 2.9), так как с ее увеличением происходит не только изменение общего рельефа местности, но и трансформируется результирующий угол откоса, что негативно сказывается на устойчивости ОПТС.

Для ретроспективного анализа изменения рельефа было выполнено моделирование поверхности угольного разреза Краснобродский (Новосергеевское поле), которое заключалось в реконструкции рельефа на основе стереоскопических снимков и карт [2].

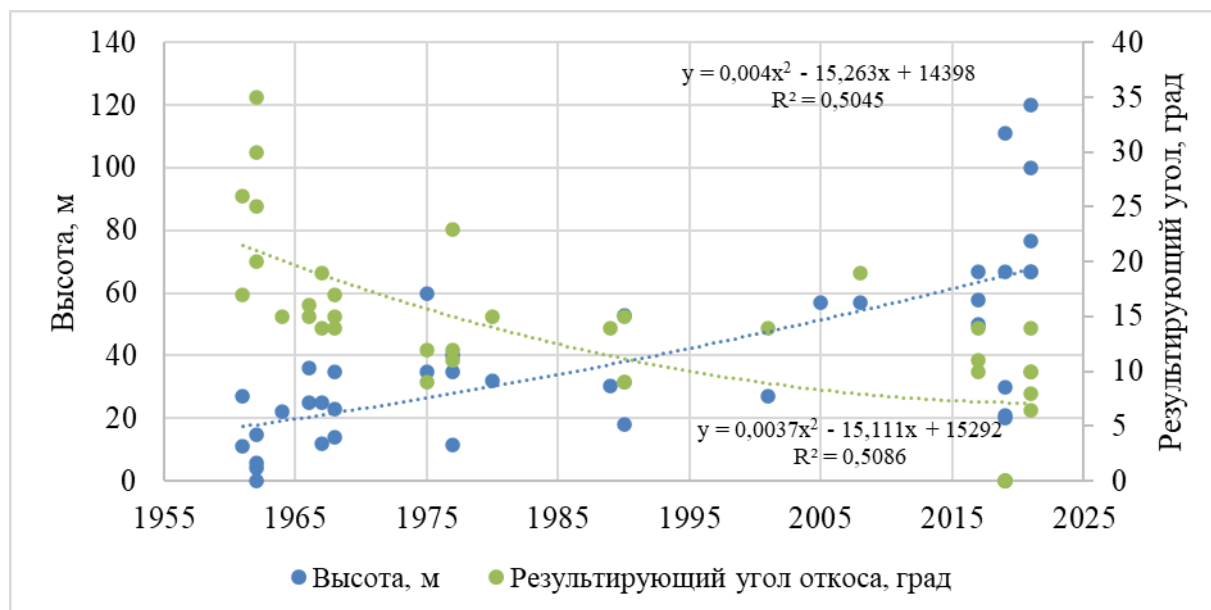


Рисунок 2.9 – Изменение параметров горнотехнических сооружений в хронологическом порядке

Разработка Краснобродского угольного разреза началась в 1947 году. В качестве исходного изображения выбрана топографическая карта местности 1966 года – N4515 (Рисунок 2.10, а). Также использовались карты 2005 и 2021 годов (рисунок 2.10, б, в). После привязки растровое изображение карты представляет собой слой, привязанный в проекции Гаусса-Крюгера (Пулково 1942) к табличной базе данных.

При оцифровке в плоскости изображения необходимо равномерно расставить точки по одноименным изолиниям (рисунок.2.10). Также отмечаются особые точки (экстремумы, седловые точки, линии водотока и др.). Информацию об абсолютных отметках (м) «точках» заносятся в таблицу.

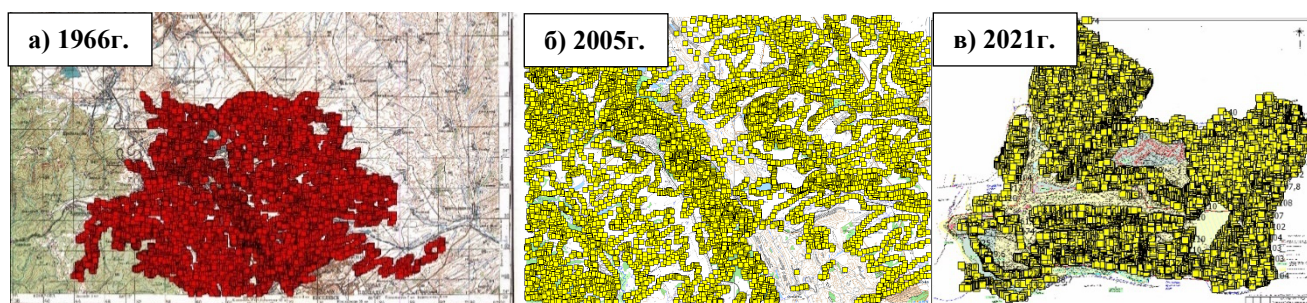


Рисунок 2.10 – Результат оцифровки изолиний и особых точек

Для визуального обобщения результатов оцифровки создаются тематическая карта. При задании необходимых параметров (цвет, освещение, угол падения) также отображается теневой рельеф (рисунок 2.11). На основании полученных данных и карт строится 3D модель рельефа

местности (рисунок 2.12), после чего определяется каркасный профиль (рисунок 2.13) для визуализации изменения топографии исследуемой территории.

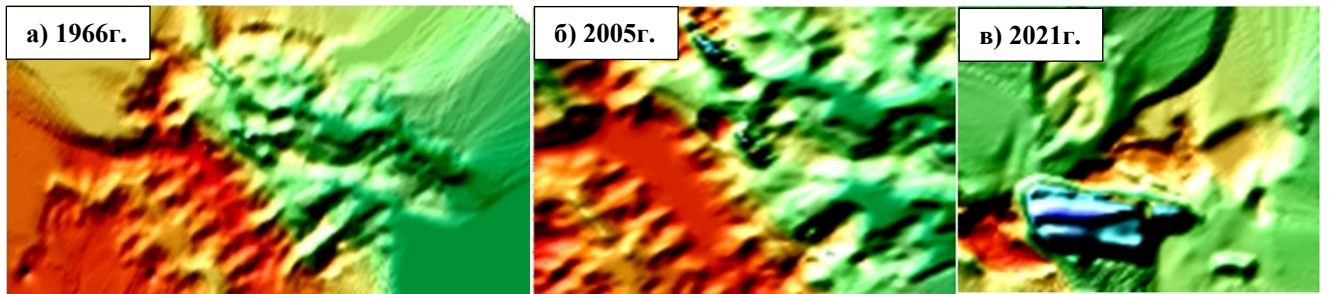


Рисунок 2.11 – Тематическая карта с теньвым рельефом

Согласно ретроспективному анализу, наблюдается изменения топографии территорий размещения отвальных сооружений угольных месторождений Кузбасса, в частности, можно отметить кардинальную эволюцию рельефа от равнинного к горному.

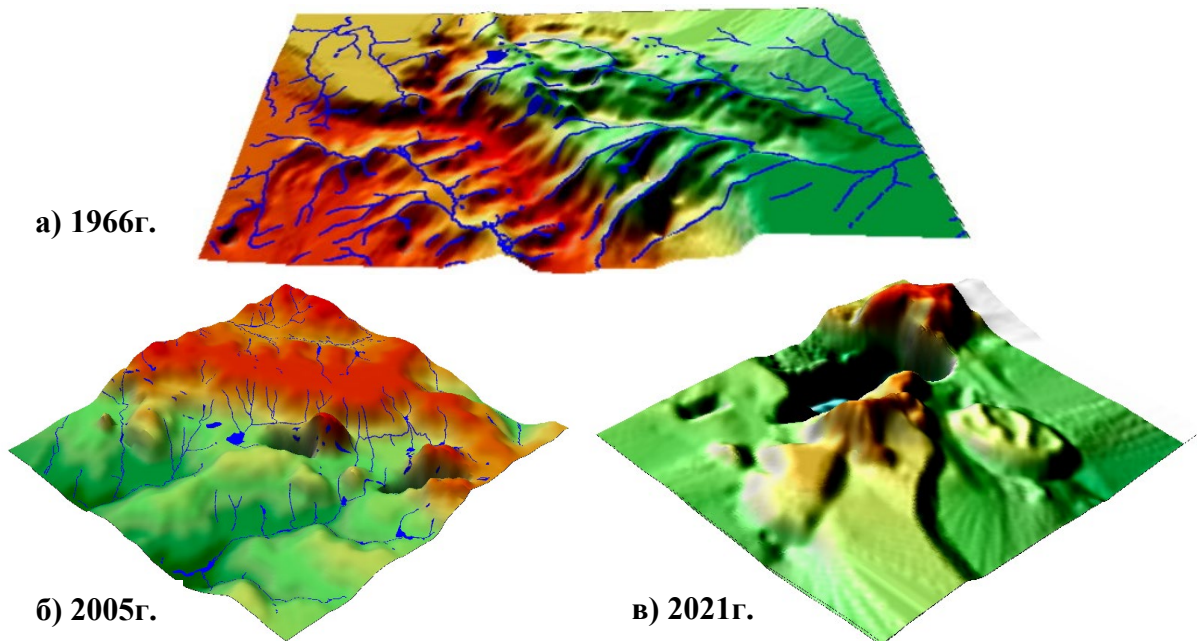


Рисунок 2.12 – Трехмерная модель рельефа

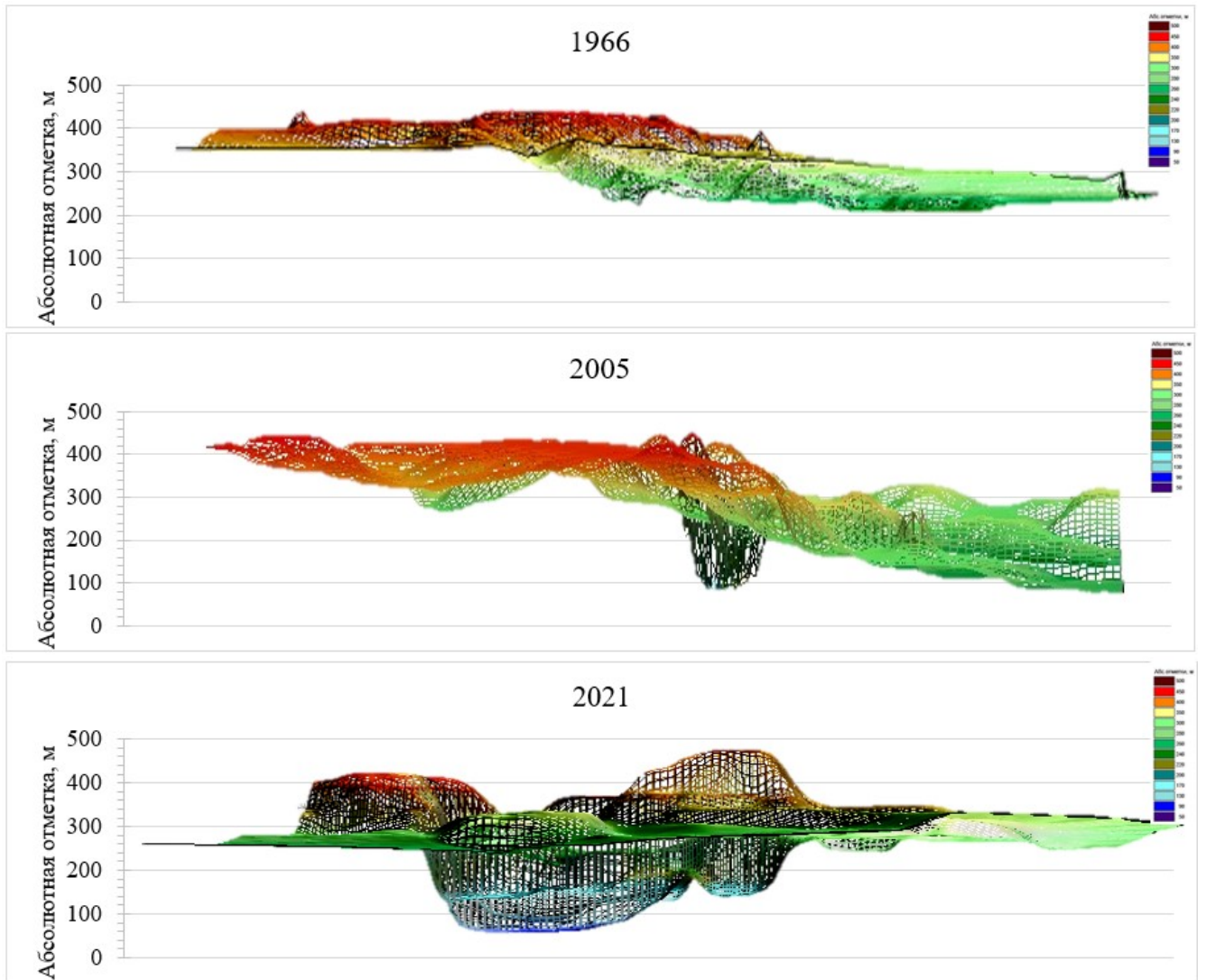


Рисунок 2.13 – Каркасный профиль 3D модели

Таким образом, создается новый техногенный рельеф с перепадами высот и углов. Однако рельеф региона при этом существенно не изменяется.

Вновь созданные формы рельефа, такие как карьеры, насыпи, отвалы и гидроотвалы, формируют новый техногенный пустынный ландшафт, который является результатом полного изменения местного культурного ландшафта. Однако стоит учитывать, что прежнее состояние местности не способно к полному восстановлению, участок пространства, нарушенный разрезотвальными комплексами, теперь можно охарактеризовать как исторический предгорный ландшафт, в котором на протяжении еще долгого периода можно будет найти множество реликвий прошлого горного дела.

В районах открытой добычи углей Кузнецкого угольного бассейна, за многие десятилетия были зарегистрированы значительные сокращения природного пространства и ландшафта, а также социально-экономических структур. Горнопромышленные работы создали вынужденные условия геомеханического характера на оставшихся производственных объектах, которые связаны с опасностями возникновения геодинамических процессов. Кроме того,

существуют потенциальные опасности, вызываемые загрязненными участками. В горнодобывающих районах состояние, предшествующее добыче, было полностью нарушено и уже не может быть восстановлено.

Искусственно созданная территория на некоторых участках покрыта сорно-рудеральной растительностью, а местами она полностью отсутствует. Помимо неблагоприятного внешнего облика на промышленных участках можно увидеть проявления трансформации гидрологических условий, связанных с полным перекрытием или зарегулированием поверхностных водотоков, возникновением деформационных процессов на объектах [117], гигиенического состояния поверхностных и подземных вод, атмосферического загрязнения приповерхностного слоя атмосферы в результате пыления и горения угольных отвалов [80, 81, 93, 111].

Техногенные ландшафты сильно отличаются от окружающих зональных природных объектов и других антропогенных ландшафтов наличием комплекса особых местообитаний со специфическими геоэкологическими условиями и типами сукцессионных процессов.

На сегодняшний день, из-за относительного разнообразия и динамики участков возникла мозаика из местообитаний и сообществ, что может иметь большое значение для сохранения природы.

Важность нового техногенного ландшафта, образованного в результате добычи полезных ископаемых, для сохранения природы заключается, с одной стороны, в его базовой структуре (простор, недостаток питательных веществ, динамика), а с другой стороны, в его специфической функции в качестве среды обитания исчезающих организмов.

Хотя горнодобывающая отрасль с давних пор оказывает негативное воздействия на компоненты окружающей среды, в том числе ландшафты, в современном мире все больше осознают важность естественных процессов самовосстановления в гео- и экосистемах, однако общество все еще далеко от того, чтобы повсеместно признать этот факт.

Ранее главной задачей рекультивации было выполнение социально-экономическое использование, охрана природы рассматривалась как второстепенный приоритет.

Условия техногенного ландшафта отвалов угольных месторождений Кузбасса в общем контексте современного культурного ландшафта уникальны. Огромные по площади и высоте отвальные сооружения, неоднородные по составу и сложению, в значительной степени не содержащие загрязняющих веществ представляют собой новые природно-технические системы, потенциал которых характеризуется высокой энергией рельефа, динамикой, определенным содержанием органического вещества, который способствует образованию новых типов почв.

Как показывает зарубежный опыт, для приемлемой интеграции отвальных насыпей в ландшафт и для успешного озеленения высота отвала должна составлять «вдвое больше высоты

деревя», то есть, в среднем от 20 до 100 м над окружающей территорией [101]. Однако отвалы угольных разрезов Кузбасса значительно превышают этот уровень.

Отвальные сооружения, завершившие эксплуатацию в конце 80х – 90х, такие как отвалы: «Северный» Краснобродского УР, «Западный» - Бачатского УР или отвалы, образованные при разработке пласта Сычевский – I Моховского УР, в настоящее время все-таки интегрируются в ландшафт благодаря естественному развитию растительности, а местные биотопы превратились в особые места (рисунки 2.14 - 2.16).



Рисунок 2.14 – Фото территории самовосстановления Северного отвала. 03.06.2021г.



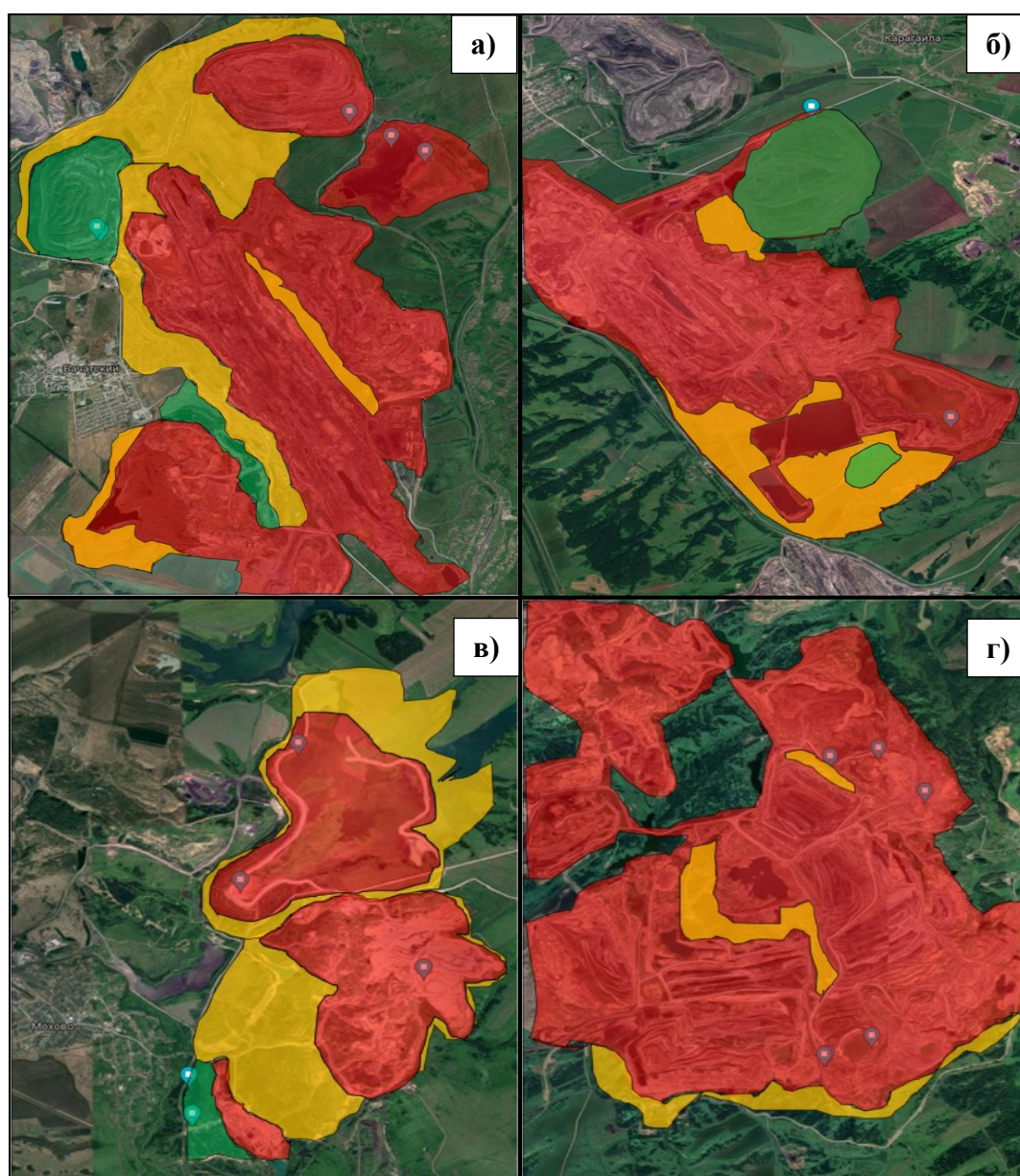
Рисунок 2.15 – Фото территории самовосстановления Западного отвала. 08.06.2021г.



Рисунок 2.16 – Фото территории самовосстановления отвала, образованного при разработке пласта Сычевский - I. Вид на средний ярус 07.06.2021г.

Современная ландшафтная структура исследуемой территории по площадным соотношениям ландшафтных единиц объединяет в своем составе ареалы разной степени нарушенности (рисунок 2.17), в долевым выражении составляющие: сильноизмененные – 68,2-84,3% (76%); слабоизмененные – 30,4-9,0% (20%); восстановленные – 1,4-6,7% (4%). Характер нарушений ландшафтной структуры свидетельствует о промышленном типе деструктивного воздействия.

Таким образом, цель натурных исследований заключалась в оценке потенциала ландшафта после добычи полезных ископаемых в Кемеровской области с точки зрения сохранения природы и создания устойчивых экосистем.



■ – Сильноизмененный ■ – Слабоизмененный ■ – Восстановленный

Рисунок 2.17 – Характеристика ландшафтных единиц исследуемых объектов: а – Краснобродский УР; б – Бачатский УР; в – Моховский УР; г – Талдинский УР

2.3.2 Особенности физических свойств и плодородия почв техногенных ландшафтов Кузбасса

В этом разделе отправной точкой для изучения являются знания о факторах почвообразования в районе исследования.

Согласно карте почвенно-географического районирования СССР, территория исследуемых объектов относится к Бийско-Енисейской почвенной провинции равнинных территорий зоны серых лесных почв и черноземов (оподзоленных, выщелоченных, типичных) лесостепи Центральной лесостепной и степной почвенно-биоклиматической области суббореального пояса (рисунок 2.18).

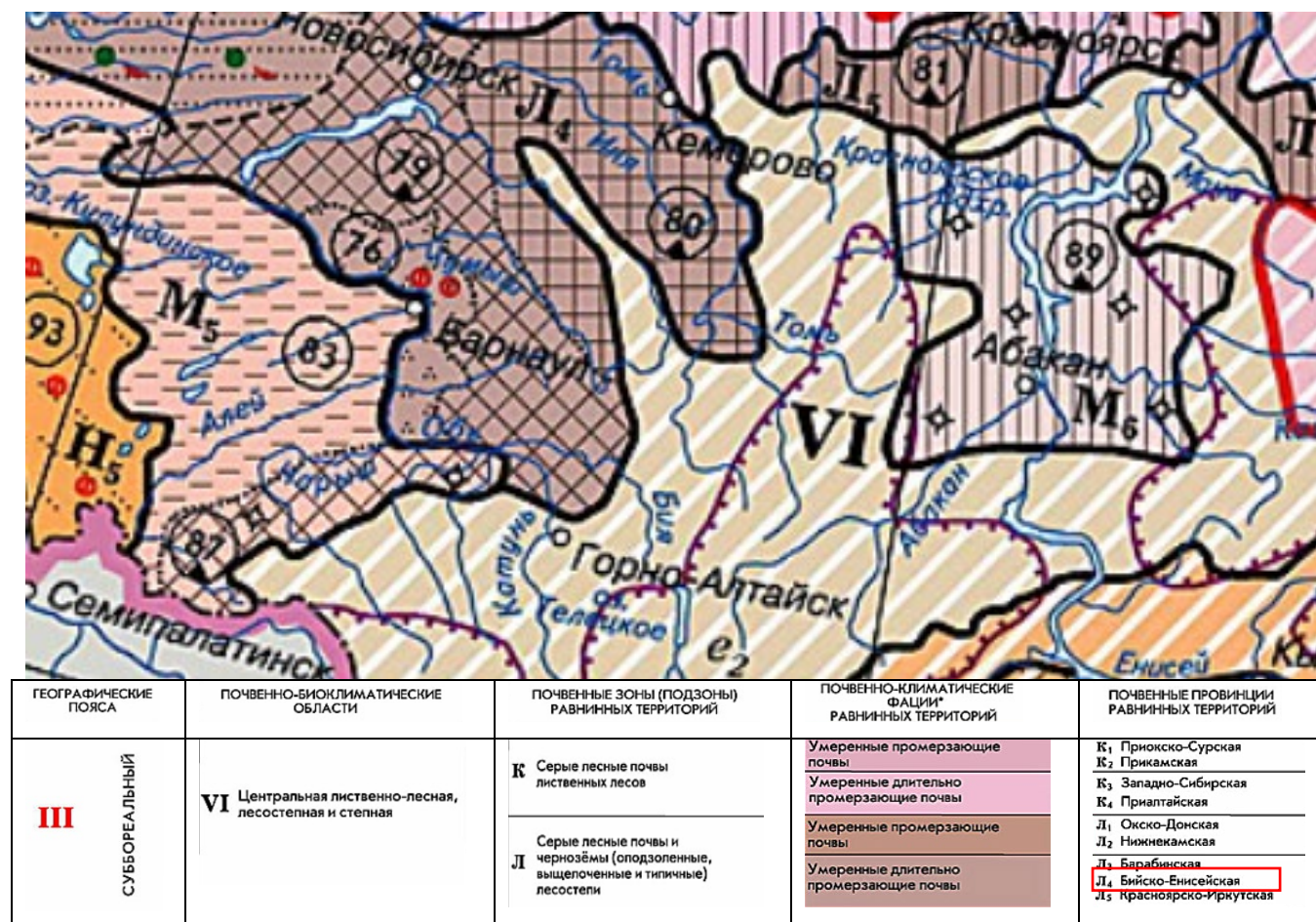


Рисунок 2.18 – Фрагмент карты и легенды почвенно-географического районирования СССР масштаб 1:8000000

Согласно почвенно-географическому районированию на рассматриваемой территории преобладают зоны [88]:

Б - Мариинско-Ачинского почвенного округа расчлененной северной лесостепи и лесостепи предгорий. Почвенный покров исследуемой территории представлен типом серых лесных почв – серых лесных, темно-серых лесных, занимающих водоразделы и склоны, и

черноземами (выщелоченными и оподзоленными). На участках с близким к поверхности залеганием грунтовых вод сформировался подтип лугово-черноземных почв, тип лугово-болотных перегнойных и иловатых почв.

В - островной лесостепи и лесостепи Кузнецкой котловины, к Киселевско-Прокопьевскому лесостепному району выщелоченных и оподзоленных черноземов, серых лесных и темно-серых лесных почв. В целом почвенный покров характеризуется как «относительно однообразный».

Леса преимущественно колочные, березово-осиновые. Расположение их приурочено к понижениям рельефа - лощинам, балкам или речным террасам. Рельеф пологоувалистый, расчлененный логами и речными долинами. Местность характеризуется хорошей дренированностью.

Серые лесные почвы и оподзоленные черноземы обладают хорошей водоудерживающей способностью, но несмотря на данный факт территория характеризуется напряженным водный режимом. Ввиду склонности к заплыванию и образованию корки скорость фильтрации темно-серых и особенно, серых и светло-серых лесных почв очень быстро падает. Питание почв атмосферными осадками осложняется климатическими факторами медленного снеготаяния в весенний период, вследствие чего избыток влаги скатывается по склону в овраги и балки.

Черноземы выщелоченные и оподзоленные являются наиболее ценными в агрономическом отношении почвами, формируются при непромывном типе водного режима, характеризуются значительной мощностью гумусового горизонта, высоким содержанием гумуса и элементов питания для растений, нейтральной или слабокислой реакцией среды, хорошей оструктуренностью гумусового горизонта.

Данные типы почв (**Б, В**) содержат 25-45% крупной пыли (0,05-0,01 мм), что характерно для лессовидных пород, подвергаются сильному разрушению в процессе эоловой (дефляции) и водной эрозии. Высокая карбонатность материнских пород обуславливает нейтральную или слабокислую реакцию почвенной среды.

За многие столетия почвы развили сложную способность к саморегулированию, включая снабжение питательными веществами, химическую буферность, стабилизацию почвенных агрегатов, пористость, аэрацию, водоудерживающую способность, детоксикацию и самовосстановление.

Во второй половине XIX века группа российских почвоведов во главе с Докучаевым В.В. впервые описали взаимосвязь между почвенными процессами и факторами почвообразования.

В результате взаимодействия между этими факторами почвообразования формируются соответствующие вещественный, водный, воздушный и термический баланс почвы, которые в свою очередь определяют развитие почв и экотопов в техногенных ландшафтах. Перенос этих

знаний в динамику и развитие отвальных почвообразующих субстратов приводит к следующим факторам образования почв в техногенных ландшафтах:

- Климатические и атмосферные граничные условия (эмиссии),
- Тип материнских пород
- Технология добычи и отвалообразования
- Микрорельеф, образованный карьерно-отвальными комплексами,
- Почвообразующий субстрат,
- Качество и количество водоносных горизонтов в теле ГТС.
- Пионерная флора и фауна,
- Время.

Поверхность и прилегающая территория отвальных сооружений угольных разрезов «АО «УК «Кузбассразрезуголь» представлена, преимущественно, техногенно-нарушенными землями, сформированными из вскрышных пород различного происхождения и гранулометрического состава (щебня, дресвы, мелкозема), которые характеризуются отсутствием естественного почвенного слоя, органогенных горизонтов и низким содержанием минеральных питательных веществ доступных для растений.

Решающим фактором для гидротермического режима и растительности является то, что, несмотря на максимальное количество осадков в теплый период, имеет место отрицательный климатический водный баланс из-за очень высокого потенциального суммарного испарения. На инфильтрацию воды влияют несколько факторов, включая структуру и агрегацию субстрата.

Помимо описанных региональных климатических условий, в техногенных ландшафтах могут развиваться местные климатические особенности. Экстремальные температурные условия следует ожидать на больших территориях, свободных от растительности, особенно если темные углевмещающие породы расположены у поверхности. Склоны, обнаженные на тенистой или солнечной стороне, например, по откосам отвалов, также вызывают интенсификацию эрозионных процессов, что также влияет на водный баланс почвы.

Минеральная (скелет) и органическая часть почв, их физические и агрохимические свойства в первую очередь определяются литологией почвообразующих материнских пород. Исследуемая территория характеризуется «однообразием почвообразующих пород, представленных карбонатными, светло-бурыми и буровато-желтыми элювиальными лессовидными иловато-пылеватыми тяжелыми суглинками или пылевато-иловатыми легкими глинами» [54] делювиально-пролювиального и аллювиального генезиса.

Технологические процессы (извлечение, транспортировка, отсыпка или намыв и т.д.) оказывает, с одной стороны, значительное влияние на форму поверхности, а с другой стороны, на состав, структуру и свойства отвальных почвообразующих субстратов. Чтобы добраться до

угольных пластов перекрывающие слои удаляются и складываются либо в виде отвалов внутри разреза, либо на их поверхности (отвалы и гидроотвалы).

При формировании отвальных сооружений наблюдается инверсия пород в массиве, то есть покровные отложения закладываются в основание, а глубинные обломочные скальные и полускальные породы углевмещающих толщ оказываются на поверхности.

Углевмещающая толща на разрезах Кузбасса представлена в основном алевролитами и песчаниками балахонской и кольчугинской серий, которые со временем под воздействием эрозионных процессов будут образовывать пески и супеси, которые в настоящее время не характерны для зональных почв Кузнецкого угольного бассейна.

В техногенных массивах под воздействием абиотических и биотических факторов внешней среды породы подвергаются эрозионным процессам и с различной скоростью преобразуются в элювиальные отложения, техногенного происхождения (рисунок 2.19). Геологическое строение Кузнецкого угольного бассейна, общность литологии перекрывающих пород, перемещаемых в отвальные сооружения, предопределили состав и свойства образованного техногенного элювия. Техногенный элювий отвальных пород крайне неоднороден и состоит из несортированной гетерогенной смеси, включающей продукты выветривания: 1- песчаников и алевролитов (пески, супеси); 2- алевролитов и известняков (супеси, легкие и средние суглинки); 3- аргиллитов (суглинки и глины нарушенного сложения), а также содержит значительное количество «угля и гумуса, присутствующего в неоген-четвертичных отложениях» [61].

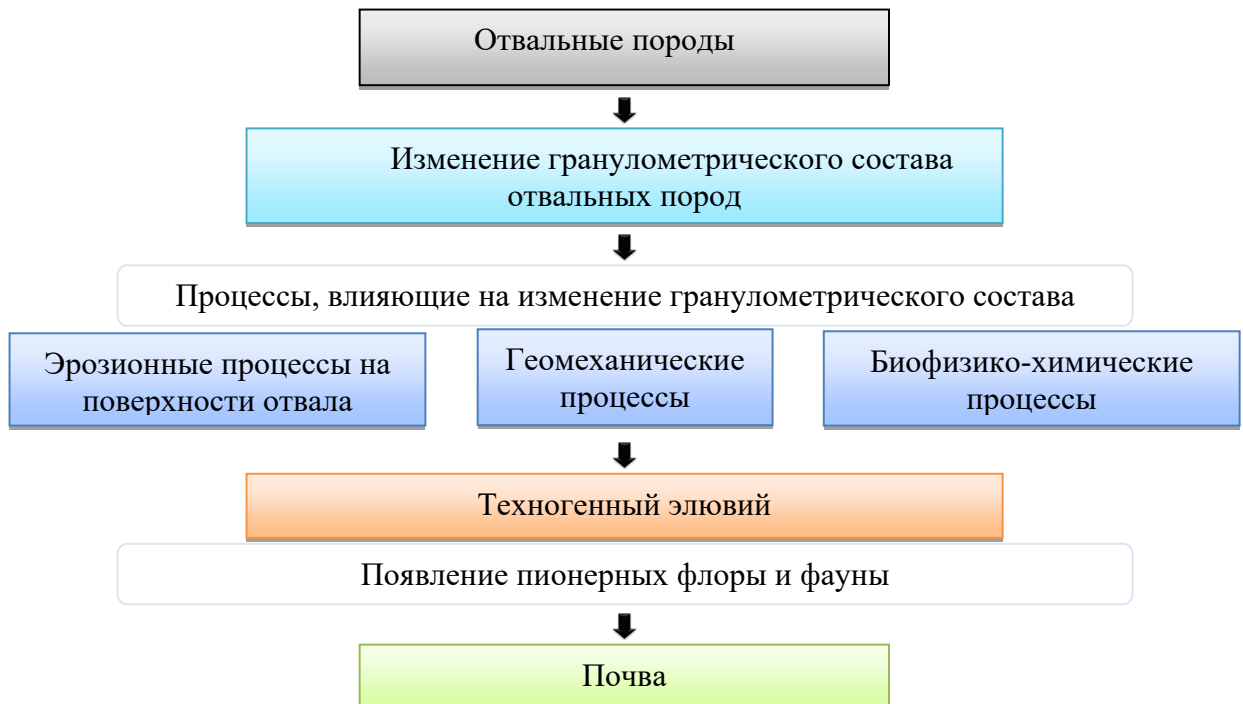


Рисунок 2.19 – Обобщенная схема почвообразования

Одной из основных составляющей физических свойств почв является их гранулометрический состав. Почвообразующий субстрат — это сложная полидисперсная и многокомпонентная система, состоящая из гетерогенной смеси частиц разнообразного размера. Данные частицы унаследованы от добываемых горных почвообразующих пород и представлены зернами различных минералов, а также продуктами биохимического выветривания и почвообразования: вторичными глинистыми минералами, органическими и органоминеральными гранулами, оксидами элементов [34, 40]. Соотношение фракций различного размера и состава определяет дезинтеграцию и синтез органоминеральных веществ, и их накопление, что в свою очередь является решающим фактором скорости почвообразования [35].

Гранулометрический состав определяет практически все физические свойства почв: порозность, плотность сложения, водопроницаемость, влагоемкость, воздушный и гидротермический режимы и др. Также соотношение частиц физической глины и песка определяет и их технологические свойства: твердость и как следствие удельное сопротивление при обработке и крошение.

При формировании отвалов происходит изменение структуры отвальной массы, что определяет плотность и порозность почвообразующего субстрата. Работа техники приводит к уплотнению, что может снизить доступность воды и питательных веществ, аэрацию и продуктивность растений. Уменьшение порового пространства почвообразующего субстрата предопределяет ограничение водо- и воздухообмена.

Почвообразующий субстрат с высоким содержанием обломочных пород и обладающий крупнозернистой структурой (песчаники, пески и супеси), имеет высокий коэффициент фильтрации, что приводит к потере воды и питательных веществ из корневой зоны через инфильтрационный поток. Высокое содержание крупных фрагментов влияет на глубину укоренения, водоудерживающую способность и способность транспорта питательных веществ. Мелкие обломки горных пород более распространены в верхних горизонтах, чем в нижних, вследствие процессов выветривания. Как правило, структура песков и супесей является оптимальной для произрастания травянистых и кустарниковых структур.

Развитие пористой структуры почвы и агрегирование — это длительные процессы, которые зависят от типа цементирующего вещества исходных пород, количества угля во вскрыше и органического вещества, а также от биологической активности.

Механическое разрушение осадочных пород под воздействием эрозионных процессов и процессов биохимического выветривания происходит довольно медленно, поэтому, в зависимости от прочности обломочного материала углевмещающих пород и дисперсных пород неоген-четвертичного возраста нарушенного сложения, при обосновании устойчивых

параметров техногенных массивов отвалообразования и дальнейшей их рекультивации следует учитывать их процентное соотношение во вскрышных породах [29].

Отличительной особенностью хронологии последовательности геогенетических процессов изменения отвального почвообразующего субстрата является высокая динамика геомеханических процессов, изменчивость гранулометрического состава и показателей содержания органического вещества. Потенциальное плодородие техногенного элювия зависит в основном от литологии вскрышных пород, агрегатного состояния почвообразующего субстрата, климатических условий и, немаловажно, пространственно-временных условий отвальных сооружений.

Накопление техногенного элювия в поверхностном слое происходит, как правило, медленно, а содержание основных доступных для растений элементов минерального питания в субстрате отвалов почти в 5-10 и более раз ниже, чем в черноземных зональных почвах. Как правило, формирование минимальных условий для развития корневых систем возможно только спустя нескольких лет после планировки поверхности нарушенных земель, однако наличие в породах Кузбасса угля и процессы его окисления способствуют ускорению данных процессов, и заселение поверхности пионерными растениями [116] происходит уже в течение нескольких месяцев после завершения отвалообразования.

Но стоит отметить, что преобразование гранулометрического, минерального и органического состава зависит от исходного состава вскрышных пород, технологических процессов отвалообразования и параметров горнотехнических сооружений, что в свою очередь оказывает влияние на мощность образующегося техногенного элювия и далее почв.

2.3.3 Оценка содержания угля и его свойств в отвалах угольных разрезов

Уголь представляет собой черную, смолистую или жирно блестящую твердую осадочную породу растительного происхождения. Он состоит из сложной смеси углеродсодержащих соединений с минеральными включениями [116]. Помимо углерода органическая масса углей включает органические соединения, элементный состав которых представлен в основном водородом, кислородом, азотом и иногда серой (таблица 2.5).

Самые маленькие микроскопические отдельные компоненты угля, обнаруживаемые под микроскопом, называются мацерале. Они делятся на три мацеральные группы в соответствии с их различной отражательной способностью, которая хорошо коррелирует с содержанием углерода, а также с содержанием летучих компонентов: витринит, экзинит, инертинит. Количественное соотношение отдельных групп определяет химические, физические и технологические свойства угля. Наиболее распространенными минеральными группами


являются: глинистые минералы, силикаты, алюмосиликаты, карбонатные, рудные минералы и прочие неорганические соединения.

Решающим фактором метаморфизма для образования угля являются повышенные температура, давление и время; при этом в реакционном пространстве должно быть мало кислорода, иначе углерод полностью окислится и, таким образом, сгорит вещество.

Помимо температуры, время является также важным фактором в том, насколько далеко может прогрессировать углеродный диагенез. Например, уголь Московского бассейна, был карбонизирован только до бурого угля из-за небольшой глубины залегания и, следовательно, перекрытия отложений, хотя они происходят из карбона, возраст которого составлял около 350 млн лет назад. Напротив, уголь Верхней Баварии уже имеет сходство с каменным углем. Если богатые углеродом отложения подвергаются воздействию высоких температур и давлений в ходе метаморфоза, образуется минеральный графит, который состоит из чистого кристаллического углерода. В зависимости от состава, свойств, поведения при нагревании и др. угли подразделяются на виды. В большинстве стран маркировка основана на содержании летучих компонентов от низкоуглеродистого бурого угля до антрацита. По сути, это компоненты, которые в процессе карбонизации отщепляются от молекул, первоначально присутствовавших в растительном материале, такие как вода, метан и оксиды углерода. Эта газовая смесь выходит из угольного месторождения и накапливается в других геологических формациях. Остается уголь, который, соответственно, состоит преимущественно из молекулярно-связанного углерода [68].

При длительном хранении на открытом воздухе происходит поверхностное образование оксида, которое в редких случаях может привести к самовоспламенению.

Таблица 2.5 – Классификация углей по элементному составу органической массы углей и выходу летучих веществ

Марки углей		Элементный состав органической массы углей, %			Выход летучих веществ, %	Давление/ Температура Время
		Углерод	Водород	Кислород		
Бурый уголь	Б	55-77	8,0-6,6	30-12	60-43	
Длиннопламенный	Д	70-80	6,6-5,8	>9,8	45-40	
Длиннопламенный газовый	ДГ	70-80	5,8-5,6	9,8-7,3	40-35	
Газовый	Г	83-83	5,6-5,0	7,3-4,5	35-28	
Жирный	Ж	86-86	5,0-4,5	4,5-3,2	28-19	
Коксовый	К	88-90	4,5-4,0	3,2-2,8	19-14	
Тощий	Т	88-92	4-3,75	2,8-2,5	14-12	
Антрацит	А	92-98	<3,75	<2,5	<12	

Отличительной особенностью вскрышных пород угольных месторождений Кузбасса является содержание в них значительного количества угля, а также процессы его окисления. В данной работе «Глава 3» выполнено исследование, каким образом данный фактор влияет на плодородие почвенного субстрата на поверхности отвальных сооружений.

Ископаемое топливо, бурый, каменный уголь и антрацит, представляют собой горючие осадочные породы, которые образовывались за миллионы лет из органических материалов в процессе углефикации. Преобразование растений в анаэробной среде (присутствие кислорода инициирует процессы гниения) условно делится на стадии. Сначала проводится различие между диагенетической фазой, в которой поровая вода выдавливается, и вещество превращается в торф посредством биохимических процессов, а затем медленно превращается в бурый уголь. По мере преобразования состав смещается в пользу повышения концентрации углерода в органической массе, доля которого в случае антрацита составляет почти 100%. (рисунок 2.20)

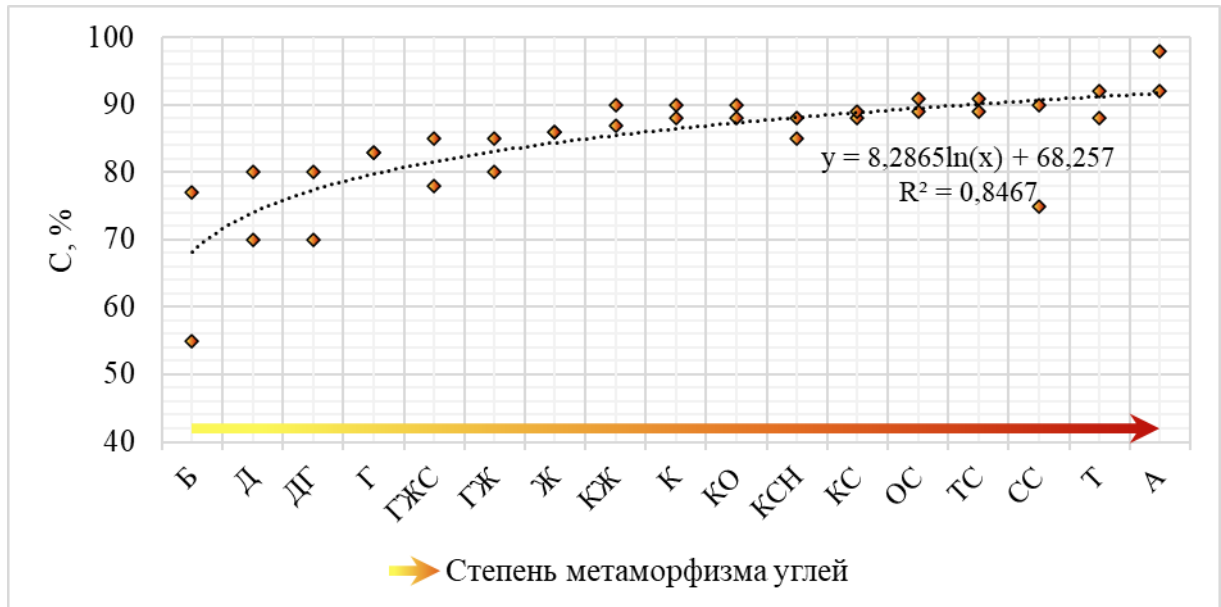


Рисунок 2.20 – Изменение концентрации углерода в органической массе углей согласно классификации

Угли, добываемые на разрезах Кузбасса, имеют широкий спектр марок. Уголь состоит из органической массы (соединений С, Н, N и О) и минеральных примесей. При метаморфизации углей происходит процентное перераспределение элементов в органической массе, и как следствие наблюдается рост концентрации углерода. Содержание углерода в органической массе углей растет от марок Б до А. Район исследования в основном характеризуется почвообразующими субстратами из смеси пород балахонской и кольчугинской серий, покровных четвертичных отложений в различных пропорциях, а также колеблющимся

содержанием угля. Вышеупомянутые смешанные субстраты с преобладанием пород без жестких связей обычно содержат меньше углерода.

Точный процент содержания угля в отвалах установить практически невозможно, однако принято считать, что в среднем от 2 до 6% угля в процессе добычи отправляется не на переработку, а оказывается в отвалах. В прежние времена — это значение было значительно выше из-за технологии добычи и переработки, в том числе масштабы угольных запасов и ограниченность экологических требований позволяли вести «грубую» добычу. В отвальных массивах Кузбасса уголь встречается как в виде спаяк тончайшего угля с второстепенными породами, так и в виде самостоятельных мелкодисперсных, щебнистых или даже валунных фракций (рисунок 2.21).

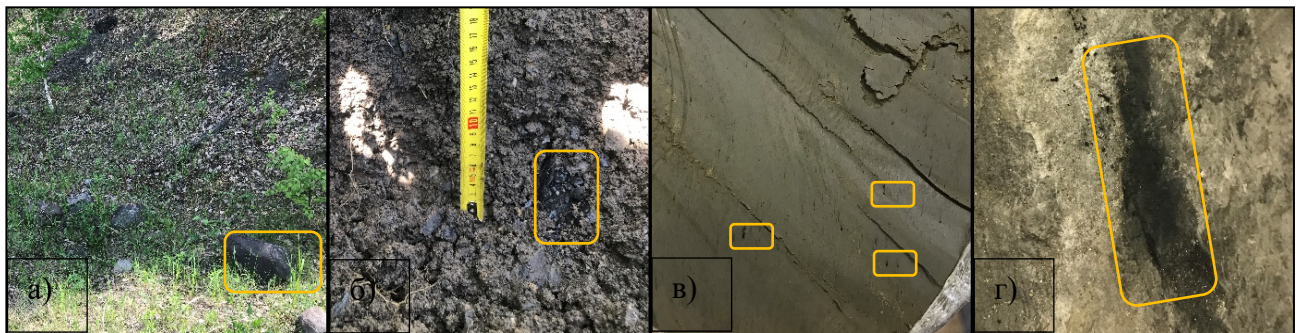


Рисунок 2.21 – Различные фракции углей, попадающих в отвальные сооружения: а – валуны у основания отвала; б – щебнистая фракция в почвенном профиле; в – мелкодисперсная фракция угля в суглинке; г – угольная пыль на поверхности валуна

2.3.4 Сукцессионные аспекты восстановления растительного покрова на отвалах

Такие показатели, как эрозия почвы и характеристики растительности, ранее учитывались при определении успеха рекультивации. Однако эти наземные индикаторы не могут отражать целостные аспекты структуры и функций экосистемы.

Перед началом развития растительности действуют в первую очередь процессы выветривания, которые инициируют почвообразование за счет изменения процессов аэрации и увлажнения, а также температуры в зависимости от климата, рельефа и почвообразующего субстрата. Способность субстрата к самопроизвольному озеленению или к озеленению с помощью соответствующих мер существенно зависит от его литологического характера. В зависимости от характера связей и типа цемента между частиц.

Твердые и рыхлые породы обеспечивают принципиально иные условия для образования почвы, чем материал, который уже подвергся глубокому выветриванию. Ферментативная активность увеличивается с возрастом поверхности и очень четко отражает процесс преобразования вскрышных пород в техногенный элювий и далее в почву.

Как только растения приживаются, их взаимодействие с почвой способствует восстановлению экосистемы (взаимодействие растение-почва является одним из наиболее важных компонентов системы).

Необходимо признать механизм образования техногенного элювия и роль растительности в восстановительных процессах. Поскольку почва является фундаментальным компонентом экосистемы, ее образование и изменения свойств могут повлиять на развитие растительности в будущем. Почвенные системы также обеспечивают важный запас многих биогенных элементов, таких как С, N, P и K, но плохо развитые почвы в районах добычи полезных ископаемых приводят к потере питательных веществ в почве.

С прекращением активного отвалообразования конкретные участки отвальных сооружений угольных разрезов Кузбасса подверглась незначительной планировке и, как правило, были оставлены под самозаращение, рекультивация в полном ее объеме не производилась. Данный способ восстановления естественного ландшафта приемлем не только с точки зрения финансовой доступности, но и с интересов охраны природы и сохранения естественных биотопов.

Каждая территория отличается большим разнообразием ландшафта, почвенного субстрата и водного баланса. Динамика эрозии, развития почвы, растительности и фауны (сукцессии) может происходить на не рекультивированных территориях без прямого воздействия человека.

Концепции природоохранных мероприятий для ландшафтов после добычи полезных ископаемых требуют целевого определения в виде модели. Необходимо определить, какие условия следует поддерживать, развивать и продвигать, после чего можно составить план действий. Следующие три пункта очерчивают проблему природоохранных целей отвалообразования Кузнецкого угольного бассейна.

1. Первоначальные экосистемы были безвозвратно разрушены и заменены техногенными локациями нового типа. Следовательно, модель, основанная на исторических условиях или оригинальном природном ландшафте, должна потерпеть неудачу.

2. Новые биотопы и виды, которые не появлялись здесь в исторические времена, смогли обосноваться в регионе; местные виды нашли убежище в бедных питательными веществами участках. Многие из возникших биоценозов в настоящее время классифицируются как ценные с точки зрения охраны видов.

3. Эти ценные в настоящее время условия меняются в ходе естественной сукцессии. Их постепенно заменяют различные типы последующих стадий, которые в настоящее время нельзя надежно прогнозировать в долгосрочной перспективе и которые также могут содержать ценные природные элементы.

Пионерные сообщества в субстрате отвальных сооружений в бывших угледобывающих районах имеют следующие характерные особенности [87]:

- Выраженная пространственная неоднородность, вызванная неоднородностью минеральной матрицы и сложившегося растительного покрова;
- Наличие множества экологических ниш;
- Высокая биомасса в первые годы сукцессии;
- Увеличение биоразнообразия по мере развития процесса почвообразования;
- Связь биомассы и ее активности с мощностью техногенного элювия.

Начиная с ранних этапов сукцессии (отвальная масса → техногенный элювий) разнообразие условий участка с биоразнообразием, адаптированным к антропогенно-измененной среде, и типичными видами организмов являются лишь временными, и не будут сохранены в долгосрочной перспективе, при этом основные виды на данном этапе будут представлять промежуточные сообщества (рисунок 2.22).

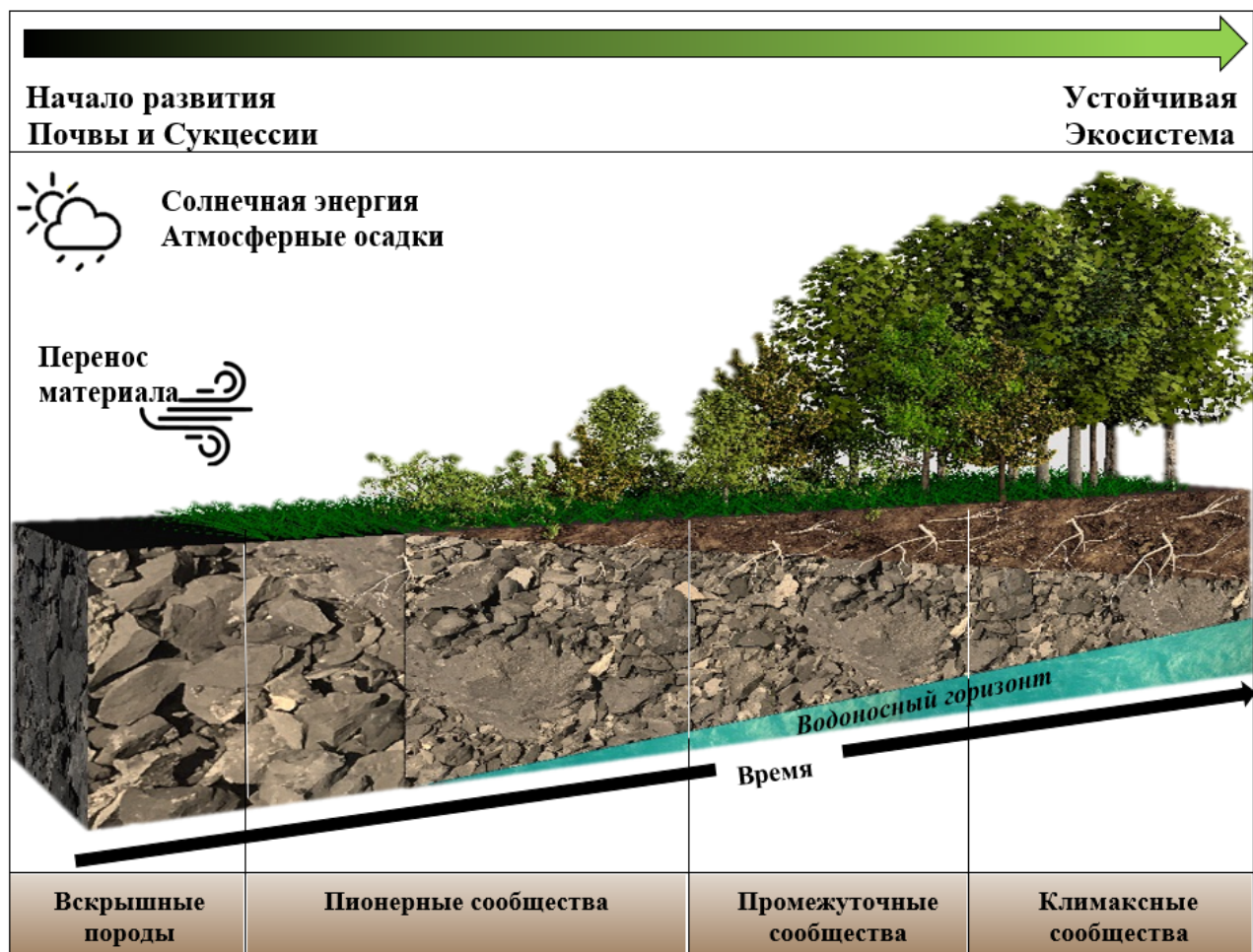


Рисунок 2.22 – Обобщенная схема развития почвы и сукцессии на поверхности отвальных сооружений после завершения отвалообразования

Однако со временем образуется органический слой, насыщенный питательными элементами, и начинается постепенное заселение растений и животных. Разнообразие почвенных факторов, микроклимата и т.д. приводит к образованию независимых и специфических биотопов. Благодаря сбалансированному температурному режиму, например, здесь селится много теплолюбивых видов. С этой точки зрения, и еще больше подкрепленной мерами по созданию сетей биотопов, открываются возможности для использования нарушенных отвалообразованием территорий в качестве природных зон. Тем не менее, преимуществу медленной естественному восстановлению отвалов до сих пор уделяется мало внимания, поскольку процесс этот небыстрый, а восстановление нарушенных территорий ответственными лицами должно быть выполнено в короткие сроки.

Известно, что помимо больших площадей и высот, неоднородность состава вскрыши, наличие в ней угля и динамика отвальных массивов являются решающими предпосылками для появления многочисленных редких и исчезающих видов. Особое значение имеют участки, не задействованные после завершения отвалообразования рекультивацией, на которых в значительной степени происходят автономные длительные сукцессионные процессы, характеризующиеся высокой изменчивостью биогеоценозов.

В целом, на ранних стадиях сукцессии преобладают организмы *r*- стратеги, способные к быстрому распространению, предпочитающие бедные питательными веществами почвенные субстраты. Техногенный ландшафт угледобычи является лишь продолжением среды обитания для тех видов, которые все еще распространены за его пределами в естественных условиях. С другой стороны, другие виды, среда обитания которых сокращается за пределами, находят здесь убежище или находят техногенно-измененные условия более благоприятными для своего роста и развития.

Часто отмечают, что вскрышные породы препятствуют развитию корневой системы, но доказано, что это не так, когда дело касается адаптированных травянистых растений. Преобладающими типами местообитаний являются почвенные субстраты с малой растительностью, разнообразной синантропной пионерной растительностью, кустарниками и предлесами.

Активными пионерами естественного зарастания наряду с многолетними рудеалами выступают многолетние растения зональных лугово-степных и лесостепных сложных фитоценозов [54]. На следующих стадиях происходит снижение количества одно- и малолетних видов растений. Сукцессия протекает аналогичным образом в отдельных районах добычи, поэтому всегда встречаются относительно неприхотливые виды с широкой экологической амплитудой. При образовании сукцессий проявляется зональность процесса, т.е. происходит

привнесение материала с прилегающих ненарушенных территорий по принципу *донор* (окружающая территория) → *реципиент* (отвалыные сооружения) [121].

Несмотря на многочисленные научные источники по изучению техногенных ландшафтов и сукцессий, практически нет информации о постоянных участках наблюдения, и в очень немногих случаях есть достоверные фотографии растительности и точная информация о их местоположении и происхождении, что можно предположить естественность озеленения массива без вмешательства человека. Однако требуется значительное время – от 10 до 60 лет пока не разовьется сукцессия II-III порядка [36].

Из большинства описаний растительности неясно, действительно ли это стихийные растительные экосистемы или же они образованы в результате искусственного селектогенеза. Как утверждают А.Н. Куприянова и Л.П. Баранник, массовые посадки облепихи на территории отвалов Кузбасса связаны с интродукцией, причем на некоторых отвалах возраст сообществ облепихи составляет порядка 20 лет [5,6,38].

На всех изученных отвалах угольных разрезов Кузбасса на образование сукцессий, в большей мере, влияют частичные насаждения. Колонизация растений начинается только через несколько лет после прекращения отвалообразования. При неблагоприятных условиях речь идет о десятилетиях, в зависимости от конкретных условий отдельных геоэкологических и инженерно-геологических условий отвалов.

Например, при натурных исследованиях отвала «Южный» был установлен факт подтопления территории исследования, по состоянию угнетённых деревьев и растительности сделан вывод, что процесс подтопления имеет циклический характер и проявляется вследствие изменения гидрогеологических условий при формировании отвала и будет неоднократно повторяться [43, 64].

Причины этого определяются экстремальными факторами параметров ГТС и вещественным составом, важную роль играют гранулометрический состав, эрозионные процессы или дефляция техногенного элювия.

Геометрические параметры отвалыных сооружений, а также их положение на местности относительно других объектов, являются решающими для сохранения образовавшегося плодородного слоя и растительности. Так экспозиция откосов влияет на нагрев поверхности. В случае отвалов без растительности темная поверхность вскрышных пород нагревается под воздействием солнечных лучей (60-70 ° С - не редкость, особенно на южных склонах). Благодаря аккумулярованию тепла, в непосредственной близости от отвала происходит выравнивание суточной и сезонной температуры.

Очевидно, что интенсивное озеленение начинается с подножия отвалов или с участков, образованных отдельными ярусами и откосом, т.к. условия более благоприятны с точки зрения

водного баланса. запас питательных веществ здесь выше из-за смыва мелкодисперсного материала и вдуваемого детрита (рисунок 2.23). Со временем из этих мест растительность будет постепенно распространяться.



Рисунок 2.23 – Условия озеленения поверхности отвальных сооружений

Горные породы, перемещенные на дневную поверхность, обладают свойствами отличными от лесостепных почв и черноземов. Как правило, для них характерны низкое содержание питательных элементов (фосфор, калий, азот и др.), доступных для растительности, и общий потенциал плодородия.

Вскрышные породы Кузбасса не содержат токсичных веществ, вполне пригодны для произрастания высших растений. Однако, высокая каменистость субстрата (до 90%) в течение первых нескольких лет определяет неблагоприятный гидротермический режим, что приводит к гибели пионерных растений [9, 10, 79, 80]. В дальнейшем происходит дезинтеграция крупных фракций, но, несмотря на это гранулометрический состав коры выветривания по-прежнему значительно отличается от зональных почв.

На горнотехнических сооружениях типа «Гидроотвал» сукцессионные процессы протекают согласно иной схеме, существенно быстрее, чем на отвалах сухих пород. Благоприятные факторы среды, такие как однородный гранулометрический состав, избыток влаги, органические отложения, равнинный микрорельеф намывного пляжа и др., способствуют быстрому зарастанию поверхности и развитию техногенных сукцессий «болотных» экосистем. Также стоит отметить, что процент содержания глинистых и песчаных разностей вскрышных пород в пульпе оказывает значительное влияние на скорость развития и способность растительности удерживаться на поверхности отвальных массивов.

Техногенный элювий, образованный из пород различных геологических эпох, пригоден для демутации разного вида растительности, несмотря на сложные условия техногенного экотопа. Эмбриоземы техногенных ландшафтов Кузбасса отличаются от зональных почв и характеризуются интразональной растительностью мезо- и олиготрофного состава [39].

В то время как биотическая характеристика техногенного ландшафта и основные процессы сукцессии в настоящее время относительно хорошо изучены имеется сравнительно мало информации о влиянии абиотических параметров горнотехнических систем, в частности, климатических, геоморфологических, гидрологических, геологических и почвенных, а также в отношении их разнообразных взаимодействий. Факторы влияния на развитие и скорость сукцессионных процессов часто остаются неясными, а их сложность не фиксируется.

Это, безусловно, объясняется, с одной стороны, тем фактом, что между различными переменными окружающей среды существует множество взаимосвязей, и поэтому их влияние на сукцессию трудно обнаружить. С другой стороны, в техногенном ландшафте, как и в естественном, основное внимание уделяется балансу и преобразованию почв, поэтому возникает необходимость в проведении исследования физических и химических свойств, прежде всего в отношении плодородия техногенного элювия.

Более того, можно предположить, что помимо абиотических и биотических характеристик исследуемых участков, технические и технологические условия, особенно на ранних стадиях сукцессии, могут иметь решающее влияние на иммиграционные и сукцессионные процессы в период после добычи полезных ископаемых. Таким образом, информация о формировании отвалов необходима как для понимания текущего состояния, так и для заявлений о природоохранном потенциале развития территорий.

Таким образом, линейный процесс сукцессии на территории техногенных ландшафтов практически невозможен. Прогноз развития биоценозов должен строиться на основе причинно-следственных связей между существующей растительностью первичных сукцессий и характерными геоэкологическими и инженерно-геологическими условиями участков. Следовательно, прогноз естественного развития растительности на нарушенных территориях, затронутых отвалообразованием, все еще является предметом высокой степени неопределенности.

В ходе исследования развития почвообразующего субстрата и растительности во время ранней сукцессии на овалах угольных месторождений выявлены изменения субстрата, способствующие увеличению сложности растительного сообщества. Хотя долгосрочные эффекты (желательные или нежелательные) все еще неизвестны, все хронологические последовательности имеют тенденцию двигаться к стабильному равновесию в долгосрочной перспективе и улучшению экологии.

2.4 Инженерно-геологическая и геоэкологическая типизация внешних отвалов

Изъятие территорий под отвальные сооружения, опасность геодинамических процессов, самовозгорания, отсутствие интеграции отвальных массивов в общий ландшафт местности и сложность их восстановления определяют необходимость типизаций местных геоэкологических условий для обоснования способов их рекультивации.



Предлагаемая типизация разработана для условий Кузнецкого угольного бассейна и учитывает исходный литологический состав вскрышной толщи. При разработке месторождений угля, отрабатывающих пласты балахонской серии, во внешние отвалы перемещаются в основном смеси песчаника и алевролита, в большинстве своем с карбонатным цементом пленочного типа. В меньшей степени в сооружения поступают дисперсные покровные отложения, аргиллиты и угли. Для угольных месторождений, разрабатывающих угли кольчугинской серии, характерно преобладание алевролитов с глинистым цементом. Данные литологические разности попадают в отвал в нарушенном состоянии, смешиваются в определенных соотношениях, образуя техногенные массивы различных типов.

Согласно ретроспективному анализу, наблюдается изменения топографии территорий размещения отвальных сооружений угольных месторождений Кузбасса, в частности, можно отметить кардинальную эволюцию рельефа от равнинного к горному. Таким образом, их высоты варьируют от 15 до 40 м в случаях одноярусной отсыпки и от 40 до 160 м - при многоярусной. При этом результирующие углы, которые напрямую зависят от высотных параметров сооружений, изменяются в диапазоне 12 - 26°, а площади изменяются от первых десятков до нескольких сотен гектар [116]. С увеличением высоты отвалов происходит не только изменение общего рельефа местности от равнинного к холмистому и даже предгорному, но и создается жесткий ветровой режим, а изменение результирующих углов откосов приводит к увеличению градиентов поверхностных стоков и, соответственно, смыву почво-растительного слоя. Высота отвальных сооружений Кузбасса варьирует от низких до высоких : низкие (< 50 м), средние (50-100 м) и высокие (> 100 м) [11].

В районах открытой добычи углей Кузнецкого угольного бассейна, за многие десятилетия были зарегистрированы значительные сокращения природного пространства и ландшафта. Горнопромышленные работы создали вынужденные условия геомеханического характера на оставшихся производственных объектах, которые связаны с опасностями возникновения геодинамических процессов. Кроме того, существуют потенциальные опасности, вызываемые загрязненными участками. В горнодобывающих районах состояние, предшествующее добыче, было полностью нарушено и уже не может быть восстановлено.

Современная ландшафтная структура территории исследования по площадным соотношениям ландшафтных единиц объединяет в своем составе ареалы разной степени нарушенности: 1. Сильноизмененные, 2. Слабоизмененные; 3. Восстановленные (рисунок 2.17).

Таблица 2.6 – Характеристика ландшафтных единиц

Условное обозначение	Деление ландшафта по антропогенным факторам	Характеристика ландшафта	Проявление антропогенного фактора
	Восстановленный	Не используемый в настоящее время. В процессе самозарастания или рекультивированный	Привнесение и переопределение вещества и энергии в природе – слабое, либо отсутствует
	Слабоизмененный (нарушенный)	Не используемый в настоящее время, подвергающийся косвенному воздействию	Привнесение и переопределение вещества и энергии в природе – от слабого до сильного, локальное, смешанное, периодичное
	Сильноизмененный Промышленный (нарушенный)	Используемый в настоящее время, подвергающийся прямому воздействию.	Привнесение и переопределение вещества и энергии в природе – сильное, локальное, смешанное, постоянное.

– сильноизмененные (нарушенные), подвергшиеся интенсивному прямому воздействию, затронувшему почти все компоненты (растительность, почвы, воды и др.), что привело к существенному необратимому нарушению структуры. К данному виду ландшафта относятся существующие, карьерно-отвалыные комплексы, автомобильные дороги, склады ПСП и ППП, незначительные участки дорог, а также территории, нарушенные в результате оползневых процессов.

– слабоизмененные (нарушенные), подвергающиеся преимущественно экстенсивному и косвенному антропогенному воздействию (загрязнение атмосферы, почвы, воды и др.). К данному виду ландшафта также относятся участки, сохранившие естественный рельеф местности и представленные не используемым в настоящее время ландшафтом. Антропогенное воздействие здесь проявляется косвенно, в виде осаждения техногенных выбросов, загрязнения почвы нефтепродуктами при движении горной техники по существующим дорогам. Особо сильно такую своеобразную техногенную нагрузку испытывают зоны отчуждения вдоль дорог. Но стоит отметить, наиболее значимое влияние может быть оказано в результате миграции загрязняющих веществ с прилегающих территорий;

– восстановленные, длительное время не подвергающиеся какому-либо негативному воздействию, находящиеся в процессе самовосстановления или рекультивированные участки;

Характер нарушений ландшафтной структуры свидетельствует о промышленном типе деструктивного воздействия.

Потенциал опасности техногенных промышленных ландшафтов определяется выходом загрязняющих веществ (ЗВ) и их миграцию в атмосферу, поверхностные и грунтовые воды.

Известно, что углевмещающая толща помимо основных горных пород включает в себя сопутствующие породы и минералы. Во многих зарубежных источниках описываются примеры негативного воздействия кислых стоков отвалов, содержащих в своем составе сульфиды. Так, например, в отвалах бурого угольных месторождений Германии содержится большое количество пирита [101, 102, 104, 112]. Эрозионные процессы способствуют его окислению, что приводит к образованию серной кислоты и мобилизации тяжелых металлов. Помимо этого, полученная серная кислота инициирует растворение других минералов (например, глинистых или карбонатных). Инфильтрационная вода из отвала оказывает негативное влияние на объекты гидросферы (подкисление, развитие агрессивного химического состава воды и др.), почвы и растительность в непосредственной близости от отвала.

Угленосный комплекс балахонской и кольчигинской серий практически не содержит в своем составе серы в сульфидной форме, поэтому химическое загрязнение инфильтрационными стоками не характерно для отвальных массивов Кузбасса [65, 66].

Если рассматривать результирующее негативное воздействие на естественный баланс отвальных сооружений не только Кузнецкого угольного бассейна, а в целом угольных месторождений с различным геологическим строением и литологическим составом пород, то при типизации техногенных ландшафтов необходимо учитывать фактор загрязнения.

По особенностям миграции элементов промышленные ландшафты резко отличаются от всех биогенных их можно также классифицировать в зависимости от нагрузки: I. Выход ЗВ приводит к значительной продолжительной нагрузке; II. Выход ЗВ приводит к умеренной, среднесрочной нагрузке; III. Выход ЗВ приводит к небольшой кратковременной нагрузке.

Основной целью предлагаемой типизации (таблица 2.7) является идентификация геоэкологических условий формирования отвальных сооружений различного типа для обоснования выбора направления и способа восстановления нарушенных территорий, а также разработки рекомендаций по технологии ведения высотного складирования вскрышных пород и возможности совмещения рекультивации и отсыпки отвалов.

Таблица 2.7 – Типизация геоэкологических условий внешних отвалов угольных месторождений Кузбасса

Тип отвальной массы	I. Балахонская серия, преимущественно карбонатный цемент	II. Кольчугинская серия, преимущественно глинистый цемент	III. Неоген-четвертичные отложения
Тип отвальных сооружений по консистенции пород	A. Насыпные		B. Намывные (Гидроотвалы)
Параметры ГТС	a. до 50 м	б. 50-100 м	в. более 100 м
Тип техногенного ландшафта	1. Сильноизмененный	2. Слабоизмененный	3 Восстановленный
Геохимическое загрязнение	i. Сильное, выход ЗВ приводит к значительной продолжительной нагрузке	ii. Умеренное, выход ЗВ приводит к умеренной, среднесрочной нагрузке	iii. Слабое, выход ЗВ приводит к небольшой кратковременной нагрузке

В качестве примера, рассмотрим отвальные ПТС Краснобродского и Талдинского угольных разрезов. Краснобродский УР: отвал «Ускацкий» (II/III-В-в-1-III); отвал «Северный» (I-A-б-3-III). Талдинский УР: отвал «Южный» (II/III-В-в-1-II); отвал «Восточный» (II-В-в-1-II).

Важно осуществлять выбор направления на основе условий Кузбасса, в результате чего объекты, подлежащие восстановлению, распределяются в соответствии с инженерно-геологическими и геоэкологическими условиями территории размещения отвалов, т.е. их типизации.

Чтобы иметь возможность определить необходимую потребность в действиях по охране природы и предотвращения опасностей в соответствии с конкретными условиями участка и потенциальным риском аварийных ситуаций, связанных с нарушением устойчивости, необходимо разработать методику оценки нарушенных отвальными комплексами участков для выполнения рекультивации.

Решение инженерно-технических задач по рекультивации отвалов следует осуществлять с использованием методологии, включающей комплекс работ и исследований, направленных на изучение условий образования техногенных ландшафтов, рассмотренных в разработанной типизации (рисунок 2.24).



Рисунок 2.24 – Система обеспечения рекультивационных работ (COPP)

Первый этап необходимо начинать с изучения физико-географического положения, природных, инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических условий, а также изучить состав и свойства пород внешних отвальных сооружений. Оценить фактическое состояние земель, нарушенных отвалообразованием и определить наличие и потенциал вскрышных отвальных пород для целей биологической рекультивации;

Обоснование параметров, направлений и способов рекультивации, проводится на основании данных, полученных на первом этапе. Оно базируется на изучении параметров и свойств пород, обеспечивающих устойчивость ГТС, с применением расчетов и моделирования [115, 118].

Обязательным условием формирования внешних отвалов и рекультивационных насыпей является мониторинг безопасности, включающий выполнение маркшейдерско-геодезических и гидрогеологических наблюдений; оценку устойчивости откосов отвала в его формирования и рекультивации, а также - технологический контроль параметров ярусов, направления их развития и последовательности, состава отсыпаемого материала. Также мониторинг подразумевает наблюдение и контроль за экологическим состоянием ОПТС, включающие локальную и региональную оценку состояния атмосферы, гидросферы и литосферы, флоры и фауны.

2.5 Выводы по Главе 2

1. Во внешние отвальные сооружения исследуемых объектов в большем количестве попадают породы, относящиеся угленосным отложениям балахонской ($C_{2-3-P1bl}$) и кольчугинской ($P_{2-3} kl$) серии, а также покровные, представленные отложениями неоген-четвертичных ($N-Q$) возраста.

2. В процессе отвалообразования происходит резкое изменение профиля почв под отвалом, что приводит к ее полнейшей деградации и потере. В результате нанесенный ущерб почвенной системе отрицательно сказывается на продуктивности земель и функциональности экосистемы. Полная ликвидация отвальных сооружений в современных реалиях невозможна, поэтому необходимо рассматривать ОПТС как новую ландшафтную единицу, таким образом, восстановление почвенно-растительного слоя необходимо изучать уже непосредственно на поверхности техногенных массивов.

3. В период отработки месторождения происходит снижение биотического, водного, рекреационного потенциала ландшафта. Однако, что при условии, что по завершению отвалообразования будут проведены мероприятия по рекультивации нарушенных земель, данный потенциал будет восстановлен, а его снижение носить временный характер.

4. Выполненный анализ геоэкологических условий позволил разработать типизацию внешних отвалов, основной целью которой является идентификация геоэкологических условий формирования отвальных сооружений различного типа для обоснования выбора направления и способа восстановления нарушенных территорий, а также разработки рекомендаций по технологии ведения высотного складирования вскрышных пород и возможности совмещения рекультивации и отсыпки отвалов.

5. Разработана методология организации проведения исследований для обеспечения рекультивации отвальных сооружений, которая отражает полный комплекс работ и исследований в рамках выделенных направлений, последовательность реализации на каждом этапе и их функциональные взаимосвязи.

ГЛАВА 3 НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ВЫСОКИХ ОТВАЛОВ НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА

3.1 Характеристика внешних отвалов разрезов Кузбасса

Объектами исследования были выбраны техногенные массивы отвалов сухой вскрыши и гидроотвалов вскрышных пород разрезов АО «УК» Кузбассразрезуголь», разрабатывающих угли балахонской и кольчугинской серий. Различие двух рассматриваемых разновидностей вскрышной толщи заключается в литологическом составе пород. Балахонские отложения характеризуются большей степенью литификации (степень метаморфизма угля соответствует углям марок К и СС), наличием карбонатного и карбонатно-сидеритового межчастичного цемента, повышенной в 1,5-2 раза прочностью вскрышных пород. Кольчугинские отложения менее литифицированы (степень метаморфизма угля соответствует маркам Д и Г), имеют глинистый цемент и низкую прочность. Выбранные для изучения отвалы различались по времени стояния от 50 лет до свежееотсыпанных.

3.1.1 Отвалы Краснобродского угольного разреза. Новосергеевское поле

Новосергеевское поле филиала ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» «Краснобродский угольный разрез» расположено в северо-западной части Прокопьевско-Киселевского геологического района Кузбасса. Административно-территориально разрез находится в границах Краснобродского городского округа и Прокопьевского муниципального района Кемеровской области (рисунок 3.1).

Ближайшими населенными пунктами являются: пгт Краснобродский, расположенный в северо-западном направлении, п ст Углерод, расположенный в юго-западном направлении. В 3 км к северу от Новосергеевского поля находится Краснобродское поле.

В непосредственной близости от филиала проходит железнодорожная магистраль Артышта – Томусинская. Станции Тырган и Углерод являются ближайшими отдельными пунктами ОАО «РЖД» к разрезу. На территории Краснобродского поля расположена станция Угольная, которая выполняет функции углесборочной и соединена со станцией Тырган.

В пределах Новосергеевского месторождения выделены отложения верхнебалахонской подсерии, включающей промежуточную, ишановскую, кемеровскую и усятскую свиты, а также ограниченно распространена кузнецкая свита, которая вскрыта лишь на юге в западном крыле I Западной синклинали. Вся толща продуктивных отложений покрыта четвертичными отложениями.

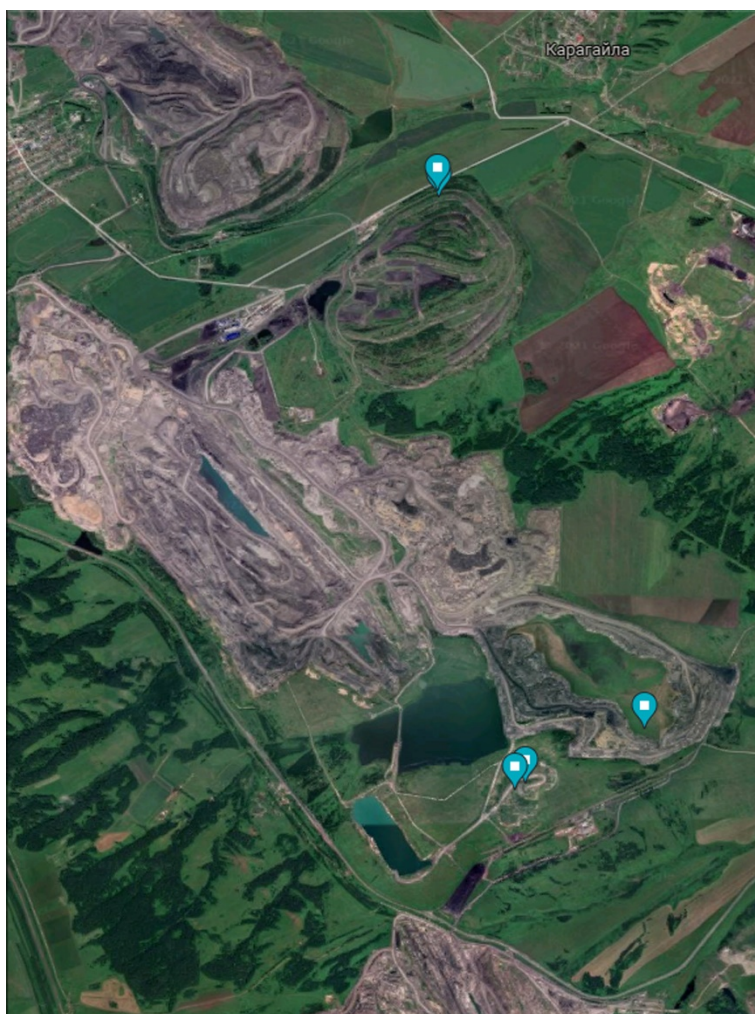


Рисунок 3.1 – Карта-схема расположения объектов исследования на в пределах УР «Краснобродский»

Новосергеевское месторождение характеризуется очень сложным строением. Основными пликативными структурами являются: I Западная синклираль, Нулевая и Центральная синклинали, разделенные II Тырганской антиклиналью.

Крылья складок осложнены структурами более высокого порядка (Сложная синклираль, Северная и Дополнительная антиклинали) и большим количеством разрывных нарушений, различных по характеру, амплитуде и протяженности.

Вскрышная масса перемещается в отвальные сооружения внешнего и внутреннего типа автотранспортом.

Внешний отвал Ускатский (бывший гидроотвал). Площадь 379,9 га.

Гидроотвал на р. Прямой Ускат построен в 1967 г, эксплуатировался до 1996 года для складирования вскрышных четвертичных грунтов, удаляемых при разработке месторождения средствами гидромеханизации, осветление технической воды в цикле оборотного водоснабжения. Его емкость создана перегораживающими долину р. Прямой Ускат основной дамбой (поперечной плотиной) и ограждающей дамбой (продольной) общей протяженностью

около 5 км. На момент завершения эксплуатации его максимальная высота равнялась 55,5 м, емкость составляла 54,8 млн. м³ при площади - 228 га. При указанных параметрах гидроотвал являлся гидротехническим сооружением I класса, а в дальнейшем, утратив свое функциональное назначение, был ликвидирован как ГТС с перспективой использования поверхности для размещения отвалов сухой вскрыши (рисунок 3.2).

Начиная с 2017 года, на гидроотвале формируется автоотвал «Ускатский», на первом этапе, отсыпкой пригрузов основной плотины и боковых дамб, а также по всему периметру сооружения. В последующем, производится отсыпка первого яруса на намывной поверхности. В настоящее время отвал достиг проектной отметки +341 м.

Северный отвал (внешний) Площадь 361,3 га.

Северный отвал был сформирован более 50 лет назад при разработке новосергеевского поля. Отвалообразование велось ж/д транспортом начиная с 50х годов прошлого столетия, что делает его одним из старейших отвалов Краснобродского УР. Отвал достигает абсолютные отметки +305 м. Углы откосов составляют порядка 23-47°. Территория отвала в настоящее время готова к передаче землепользователю. Площадь вдоль западного борта Новосергеевского поля находится в стадии самозарастания и оценивается 35,5 га (рисунок 3.3).

Участки покрыты зарослями древесных растений, кустарника, а также травяным покровом, отмечается изобилие грибов и ягод.

Автоотвал Южный (внешний). Площадь- 39,1 га.

Отвал образован в результате отработки запасов угля на участке «Разген».

Поверхностный слой породы из-за физического воздействия выветривания относительно рыхлый, приживаемость насаждений характеризуется как удовлетворительная. В рамках проведенной рекультивации были высажены следующие древесные породы: сосна обыкновенная, береза бородавчатая, облепиха (рисунок 3.4).

На участках, предусмотренных для сельскохозяйственного использования, осуществлена лесохозяйственная рекультивация, в связи с тем, что плато автомобильного отвала непригодно для использования под пашню при помощи сельскохозяйственной техники из-за наличия существенных уклонов рельефа, углы откосов на некоторых участках более 45°. Относительно малая высота, крутая экспозиция и уклоны приводят к смыву образовавшегося плодородного слоя, но, несмотря на это, на участке наблюдается фаза активного восстановления.



Рисунок 3.2 – Фото бывшего гидроотвала на р. Прямой Ускат (03.06.2021г.)



Рисунок 3.3 – Фото отвала «Северный» 03.06.2021г.



Рисунок 3.4 – Фото отвала «Южный» 03.06.2021г.

3.1.2 Отвалы Талдинского угольного разреза. Талдинское поле

В административном отношении Талдинский угольный разрез входит в состав Прокопьевского и Новокузнецкого районов Кемеровской области РФ (рисунок 3.5). Ближайшие крупные промышленные центры с железнодорожными станциями городов Киселевск, Новокузнецк и Прокопьевск расположены к югу и юго-западу от разреза на расстоянии 50-60 км. Ближайшие населенные пункты – деревни и села Большая и Малая Талда, Демьяновка и Жерново. От станции Ерунаково Кемеровской ж/д до Талдинского угольного разреза имеется железнодорожная ветка и автодорога с щебенистым покрытием. Непосредственно на разрезе имеется сеть технологических дорог, которые пересекают описываемый участок.

Площадь района Талдинского месторождения представляет собой таежную зону с лиственными и хвойными лесами.



Рисунок 3.5 – Карта-схема расположения объектов исследования в пределах УР «Талдинский»

В орографическом отношении исследуемая территория до начала отработки месторождения представляла собой всхолмленную лесостепь возвышенной равнины. К

восточной и юго-восточной границе примыкают внешние отвалы вскрышных пород разреза Талдинский: Восточный и Южный.

В процессе открытых работ и строительства объектов инфраструктуры в границах участка русла рек были сработаны, либо перегорожены технологическими перемычками. В долине р. Еланный Нарык, южнее границы лицензии, был построен гидроотвал участка гидромеханизации, в настоящее время ликвидированный. В результате бывшие реки на сегодняшний день представляют собой сеть мелких водоемов в районах бывших русел.

В геологическом отношении участок работ расположен в пределах Ерунаковского геолого-экономического района. Усредненный состав вскрышных пород, складываемых в отвалы, представляет собой смесь алевролита и песчаника с содержанием суглинка менее 30 %, а также незначительной примесью аргиллита и угля.

Техническим заданием на корректировку горнотранспортной части проекта отработки Талдинского месторождения одноименным разрезом до глубины 450 метров предполагается выполнение вскрышных горных работ с вывозом пород в отвальные горнотранспортные сооружения предприятия. Вскрышные породы при отработке месторождения Талдинским разрезом перемещаются автомобильным транспортом на внешние автомобильные отвалы «Восточный» и «Южный», а также внутренний отвал.

Внешний автомобильный отвал «Южный». Площадь отвала составляет 1152,6 га.

Отвал расположен вдоль южной границы карьерного Талдинского поля. Его формирование осуществляется с 2015г. на поверхности ликвидированного гидроотвала на р. Еланный Нарык. В центральной части расположен недействующий гидроотвал. На момент закрытия имел отметку заполнения +310,0. Мощность намывных отложений на большей площади гидроотвала колеблется от 5 до 20 м. На момент проектирования не засыпанная площадь гидроотвала составляет 96,0 га.

Отвал «Южный» предусматривается отсыпать ярусами по горизонтам +280 м, +300 м, +330 м, +360 м, +390 м, +420 м +450 м. Общий объем отвала 820 353 тыс. м³. В настоящий момент отвал «Южный» отсыпан в соответствии с техническим проектом до горизонта +365 м (рисунок 3.6).

Внешний автомобильный отвал «Восточный». Площадь более 800 га.

Действующий отвал «Восточный» расположен вдоль северо-восточной границы Талдинского поля (рисунок 3.7). Отвал формируется с использованием автомобильно-бульдозерного комплекса. Доставка вскрышных пород осуществляется автосамосвалами. Ранее данное горнотехническое сооружение использовалось в цепочке циклично-поточной технологии и формировалось с помощью отвалообразователя.

В настоящее время отвал отсыпан до горизонта +405 м, при этом проектом предполагается осуществление наращивание высоты существующего сооружения до максимальной высоты 300 м до отметки +540.

Стоит отметить особую сложность при формировании Восточного отвала представляет наличие наклонного рельефа в основании, осложненной несколькими логовыми системами, которые расположены преимущественно в северо-западной части. По опыту предприятия отвалообразование в таких условиях сопровождается деформациями отдельных участков отсыпаемых отвалов.



Рисунок 3.6 – Фото автоотвала «Южный» (бывш. гидроотвал на р. Еланный Нарык)
(04.06.2021г.)



Рисунок 3.7 – Фото внешнего отвала «Восточный» (04.06.2021г.)

3.1.3 Отвалы Моховского угольного разреза. Моховское поле

«Моховский угольный разрез» входит в состав ОАО "УК «Кузбассразрезуголь» и расположен в юго-восточной части Ленинского геолого-экономического района Кузбасса, являясь частью Егозово-Красноярского месторождения. Образован при слиянии нескольких разрезов (Моховского, Сартакинского и Караканского). Административно площади поля разреза относятся к Беловскому району Кемеровской области (рисунок 3.8). Вблизи расположены г. Полысаево, г. Ленинск-Кузнецкий, с. Мохово, д. Красноярка. Участки удалены друг от друга на значительные расстояния — от 5 до 25 км. В районе широко развита горнодобывающая промышленность.

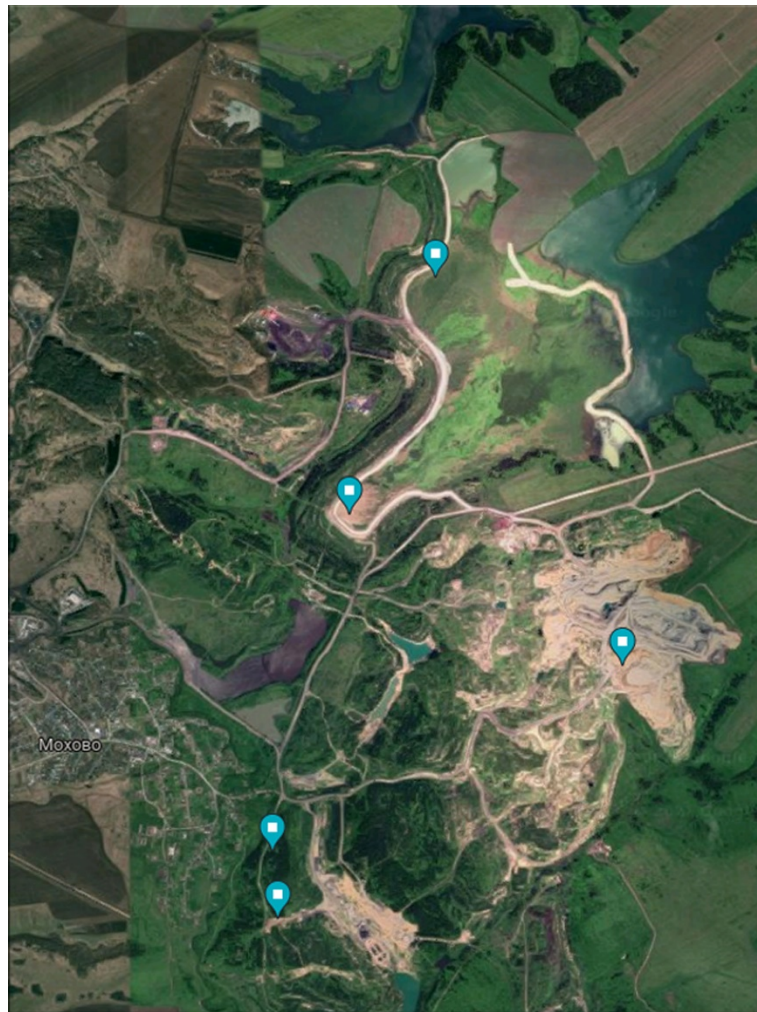


Рисунок 3.8 – Карта-схема расположения объектов исследования в пределах УР «Моховский»

Геологическое строение участка определяется его положением в центральной части Кузнецкой котловины, которая выполнена в основном лагунно-континентальными верхнепермскими отложениями, перекрытыми повсеместно рыхлыми образованиями четвертичного возраста.

Непосредственно в пределах участка работ продуктивные отложения участка представлены тайлуганской (P_{3tl}) и грамотеинской (P_{3gr}) свитами ерунаковской подсерии кольчугинской серии Кузбасса. Вмещающие породы представлены переслаиванием песчаников и алевролитов.

Гидроотвал на р. Еловка. Площадь \approx 920 га. Гидроотвал введен в постоянную эксплуатацию в 1970 г., располагается в долине р. Еловка в 2,5 км к востоку от промплощадка Моховского угольного разреза (рисунок 3.9). С трех сторон (за исключением северной) к гидроотвалу примыкают горные выработки разреза, часть которых являются действующими.

Гидроотвал на представляет собой 2х-секционный накопитель жидких промышленных отходов, овражно-равнинного типа с трехсторонним обвалованием. В настоящее время пруд осветленной воды представляет собой водоем неопределенной геометрической формы, расположенный западнее накопительной секции гидроотвала в нижнем бьефе разделительной (Ульяновской) дамбы. Его емкость сформирована в понижениях естественного рельефа (в логах) и только на небольшом участке с юга и юго-востока ограничена ограждающей и разделительной дамбами. В 2021г. эксплуатация гидроотвала полностью прекращена.



Рисунок 3.9 – Фото гидроотвала на р. Еловка (07.06.2021г.)

Отвал, образованный в результате отработки пласта Сычевский – I расположен в границах Егозово-Красноярского месторождения на территории Беловского муниципального района Кемеровской области (рисунок 3.10). Вблизи находится село Мохово. Изначально отвал предполагался как внутренний, но в период отработки месторождения его объем вышел за контур разреза. Высота отвала 15-20 м. На сегодняшний день рекультивирован и находится в стадии активного зарастания.



Рисунок 3.10 – Фото отвала, образованного при разработке пласта Сычевский – I (07.06.2021г.)

Отвал (внутренний), образованный в результате отработки пласта Грамотеинский – II открытым способом. Расположен на отработанном участке в южной части пласта Высота внутреннего отвала до 20-30 м, с углами откоса 37° (рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 – Фото отвала, образованного при разработке пласта Грамотеевский- II
07.06.2021г.

3.1.4 Отвалы Бачатского угольного разреза. Бачатское месторождение

Бачатское каменноугольное месторождение приурочено к северо-западной части Кузнецкого бассейна. Административно расположен в Гурьевском районе Кемеровской области (рисунок 3.12). В непосредственной близости находятся ж/д пути «Новокузнецк-Новосибирск». На разрезе ведется отработка угленосных отложений балахонской серий. Отложения неоген-четвертичного возраста представлены в основном суглинками и глинами, при этом их

мощность в основании может достигать 80 м. Породы, перемещаемые в отвальные сооружения, представлены в основном песчаниками и алевролитами.

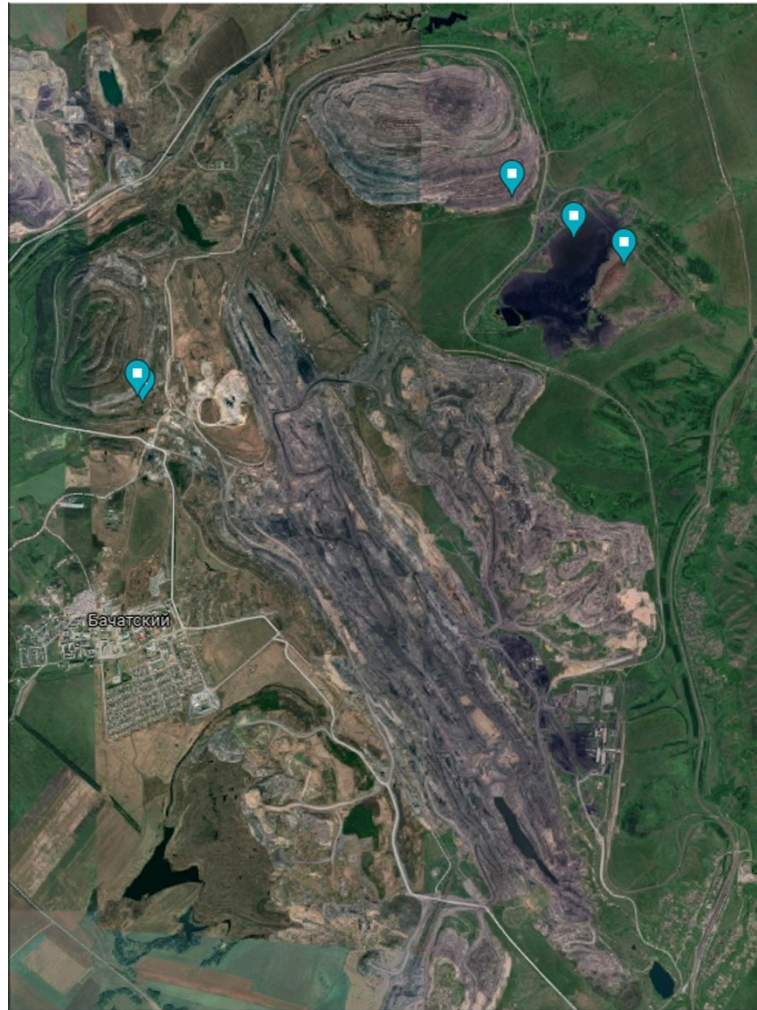


Рисунок 3.12 – Карта-схема расположения объектов исследования в пределах УР «Бачатский»

Внешний породный отвал «Западный». Площадь 304,2га.

Внешний породный отвал Западный расположен в 0,6 км северо-западнее лицензионных границ участка (рисунок 3.13). Отвал начал отсыпаться на площади одноименного гидроотвала после прекращения его эксплуатации. Институтом ВНИМИ были обоснованы рекомендации по параметрам отвала высотой 100 м при результирующих углах откосов 16-22 град. После выполнения предварительного дренажа основания отвальные работы здесь начали производиться с отсыпки пионерной насыпи под ж/д и далее сформировался первый и второй ярусы отвала в направлении от реки в сторону пруда гидроотвала. На момент завершения эксплуатации отвал представлял собой четырехъярусное горнотехническое сооружение при следующих параметрах: высота - до 100 м; результирующие углы откосов 8-20 град. Всего емкость отвала составила около 254 млн м³ вскрыши. В настоящий момент времени в связи со сворачиванием железнодорожной технологической схемы транспорта вскрышных пород

отвалообразование здесь прекращено. Длина отвала в плане 2500 м, ширина 1400 м, высота отвала до 90 м. Отвальные работы на объекте достигли отметок +314,0 м.

При дальнейшей отработке запасов Бачатского разреза планируется продолжить отсыпку отвала по автомобильной технологии.

Внешний породный отвал «Северный». Общая площадь отвала 537,0 га.

Северный экскаваторный отвал расположен в 2,7 км северо-восточнее лицензионных границ участка, на территориях, приуроченных к пойме реки Малый Бачат и склону холма (рисунок 3.14). Отвал начал эксплуатироваться в 1967 году двумя отвальными горизонтами +225,0 и +250,0 м.

Отвал отсыпается по железнодорожной технологии. Складирование пород осуществляется с применением экскаваторов типа «мехлопата» и драглайн. Длина отвала в плане 3200 м, ширина 2150 м, высота отвала 140 м. В настоящее время отвальные работы достигли отметок +365,0 м.

Гидроотвал «Бековский» эксплуатировался с 1971г по 2016г. За этот период сооружение использовалось главным образом для намыва вскрышных пород разреза «Бачатский», разрабатываемых средствами гидромеханизации.

Гидроотвал относится к намывным сооружениям овражно-балочного типа с 3х-сторонним обвалованием. Его емкость обеспечена многоярусной поперечной плотиной (основной), перегораживаемой лог, и двух боковых дамб по западной и восточной границам гидроотвала. Высота плотины при фактической отметке гребня +301,6 и отметке естественного основания у нижней бровки низового откоса дамбы в тальвеге лога +225,0 м составляет 76,6 м.

С 2004 года гидромеханизация на разрезе закрыта, а оставшаяся емкость гидроотвала-1,8 млн. м³ использовалась до 2016 года для складирования жидких отходов от ОУ с КНС (породоугольных шламов). Намывные породы представлены обводненными бурыми суглинками мягкопластичной, тугопластичной и полутвердой консистенции с прослоями глин и супесей. С 2004 года гидромеханизация на разрезе закрыта, а оставшаяся емкость гидроотвала-1,8 млн. м³ использовалась до 2016 года для складирования жидких отходов от ОУ с КНС (породоугольных шламов). Всего на площади 260 га к настоящему времени уложено более 80 млн. м³ пород. В настоящее время эксплуатация его полностью завершена (Рисунок 3.15).



Рисунок 3.13 – Фото отвала «Западный» (08.06.2021г.). Вид на верхний ярус



Рисунок 3.14 – Фото отвала «Северный» 08.06.2021г.



Рисунок 3.15 – Фото гидроотвала «Бековский». Вид на намытый пляж 08.06.2021г.

3.2 Обоснование оптимальных параметров внешних отвалов

Геометрические параметры сооружения обосновываются исходя из принципов минимизации материальных затрат на его формирование, а также обеспечения максимальной емкости, т.е. высота и полезная площадь должны быть минимально достаточны для выполнения его функционального назначения, но с максимальным объемом размещения вскрышных пород при условии удерживания его в устойчивом состоянии.

Выбор оптимальных параметров отвальных сооружений заключается в расчетном обосновании высоты и результирующего угла откосов; при этом устойчивость всей ОПТС должна обеспечиваться коэффициентом запаса устойчивости (k_{st}), близким к нормативной величине (k_n).

Учитывая сложность условий отвалообразования (наклонное основание отвала, слабые водонасыщенные грунты, развитие опасных геодинамических процессов), в качестве нормативного k_n часто принимается значение 1,20 - для основного сочетания нагрузок и воздействий в период эксплуатации и рекультивации.

Исследование параметров горнотехнических сооружений выполнялось на угольных разрезах «Бачатский», «Калтанский», «Вахрушевский», «Осинниковский», «Кедровский», «Краснобродский», «Талдинский», «Моховский», «Заречный», «Кыргай», «Таежный» и др, отрабатывающие месторождения балахонской и кольчугинской серий. Анализ параметров отвальных сооружений показал, существенное отклонение фактических и проектных данных (рисунок 3.16 -3.17).

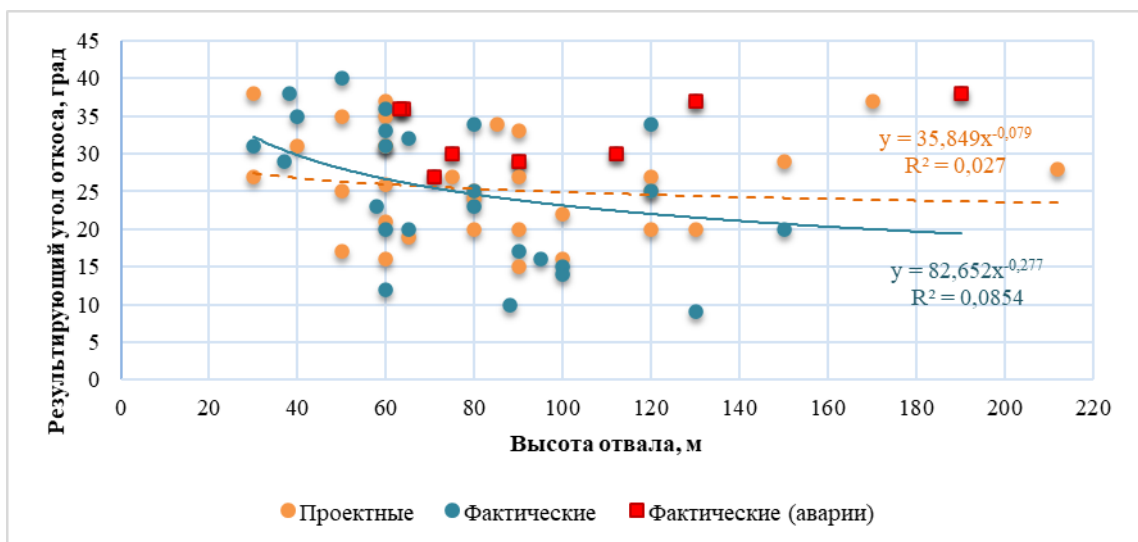


Рисунок 3.16 – Параметры отвалов, сформированных при разработке месторождений балахонской серии

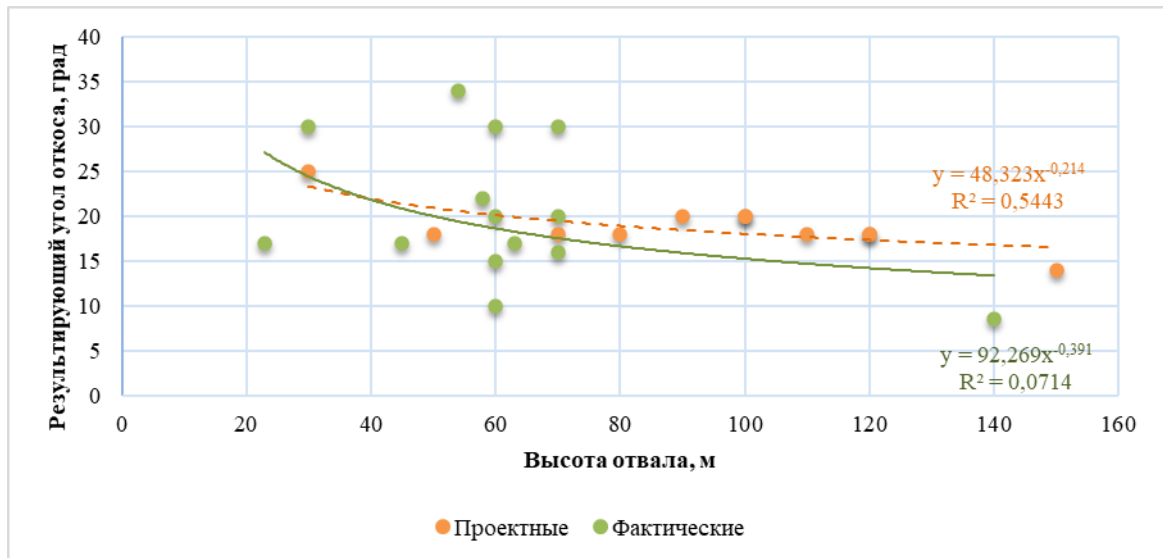


Рисунок 3.17 – Параметры отвалов, сформированных при разработке месторождений кольчугинской серии

Обеспечение устойчивых параметров отвалов может быть достигнуто уменьшением их высоты. Однако снижение высоты яруса не всегда приводит к положительному результату при использовании тяжелого горнотранспортного оборудования, может произойти нарушение устойчивости откосов вследствие действия дополнительных нагрузок [46].

Также стоит отметить, что отклонение от проектных значений, может привести к потере устойчивости сооружений, однако в случае объектов, где произошли аварии, проектные параметры не были превышены, а причиной нарушения устойчивости стало наличие осложняющих факторов [8, 11]. Одной из вероятных причин оплывания откосов в данном случае может являться потеря прочности техногенных пород верхней части разреза отвального массива при избыточном увлажнении.

При формировании техногенного массива из вскрышных пород с применением сухого способа автомобильно-бульдозерными комплексами происходит уплотнение пород под действием собственного веса. Это сопровождается уменьшением водопроницаемости пород. При этом коэффициент фильтрации пород в отвале уменьшается до сотых долей единицы.

Интенсивное отвалообразование и затрудненный режим водоотведения может привести к образованию водоносного горизонта. При таких значениях проницаемости техногенного массива и существующем инфильтрационном питании в нем формируется техногенный водоносный горизонт, действие которого, выражающееся в виде гидростатического взвешивания и гидродинамического давления, необходимо учитывать при выполнении расчетов устойчивости и обосновании оптимальных параметров ПТС на всех этапах (от формирования до ликвидации/рекультивации).

Не соблюдение безопасности функционирования водонасыщенных массивов может привести к нарушению устойчивости их откосов и растекание тиксотропно-разжиженных масс на значительное расстояние. Подтверждением данного вывода служат установленные ранее причины и механизм образования деформаций на внешнем отвале №1 разреза «Заречный» АО «СУЭК-Кузбасс». Отвал, характеризующийся 40-60 -% степенью обводнения насыпного массива, при развитии оползня переместился от границ земельного отвода на расстояние около 2 км, уничтожив на своем пути автомобильную и железную дороги, перекрыл реку, создав плотинный эффект и угрозу подтопления территории.

Еще одним примером может послужить Балаковский отвал фосфогипса. Исследованиями Горного университета установлено в 2010 -2012 гг. 70-% обводнение техногенного массива отвала. Для снижения уровня воды в массиве по предложению университета была пробурена горизонтальная дренажная скважина, доказавшая эффективность предложенного мероприятия. На отвале в г. Воскресенске, эксплуатация которого завершена в 1990 г, в настоящее время сохраняется техногенный водоносный горизонт с 60-% степенью обводнения массива.

В отличие от отвалов «сухих» пород гидроотвалы практически всегда имеют водоносный горизонт. Гидрогеологические условия гидроотвалов определяются распространением двух водоносных горизонтов: техногенного, функционирующего в обводненном намывном массиве гидроотвала, и естественного грунтового горизонта, приуроченного к толще четвертичных отложений. В период эксплуатации в гидроотвал поступает значительное количество воды, которая, аккумулируясь в теле, формирует водоносный горизонт в слабопроницаемых отложениях намывного массива.

После прекращения намыва уровень техногенного водоносного горизонта постепенно снижается, но все равно остается высоким, т.к. его разгрузка весьма затруднена ввиду слабой проницаемости намывных грунтов. Разгрузка техногенного горизонта происходит главным образом в откосных частях гидроотвала через насыпные грунты дамб, и частично – за счет перетекания в четвертичную толщу на участках, где присутствуют относительно проницаемые прослойки в толще распространенных глин и суглинков.

В связи с этим, обоснованию устойчивости высоких отвала должны предшествовать прогнозы уровня режима подземных вод в формируемых техногенных массивах. Позитивным примером является намыв пород на гидроотвалах Бачатского и Кедровского разрезов. На данных ГТС намыв производился менее интенсивно, с созданием дренажных коммуникаций в теле отвала и выведением инфильтрационной воды у основания через систему труб. Поэтому отвалы устойчивы.

Гидрогеологический фактор является одним из основных при обосновании устойчивости водонасыщенных гидроотвальных массивов. Ввиду трудности прогнозирования гидродинамического режима гидроотвала аналитическими методами, для его изучения применяется гидрогеомеханический мониторинг.

При выполнении расчетов устойчивости откосов горнотехнических отвальных сооружений необходимо располагать информацией о физико-механических свойствах пород «сухих» отвалов. Прочность отвальных пород непостоянна и зависит от формирования структурных связей и одновременного их уничтожения под действием гравитационного уплотнения (наращивания отвала по высоте).

Выполнение ряда научно-исследовательских работ по изучению прочностных свойств отвальных пород месторождений Кузбасса при нормальных нагрузках от отвального массива [11, 20, 21, 50, 67], позволило сделать вывод, о возможности использования результатов исследований, полученных на разрезах, для выполнения расчетов устойчивости аналогичных ГТС, поскольку литология углевмещающих пород и степень их метаморфизма практически одинаковы.

Экспериментальные исследования проводились на образцах единой исходной литологии нарушенного сложения, а также подготовленных смесей различного соотношения. Анализ данных по определению прочностных свойств, позволил определить их зависимости от исходного состава пород, который определяется литологическими разностями вскрыши, и нормальной нагрузки от веса насыпного материала при формировании и эксплуатации отвальных сооружений (рисунок 3.18- 3.19).

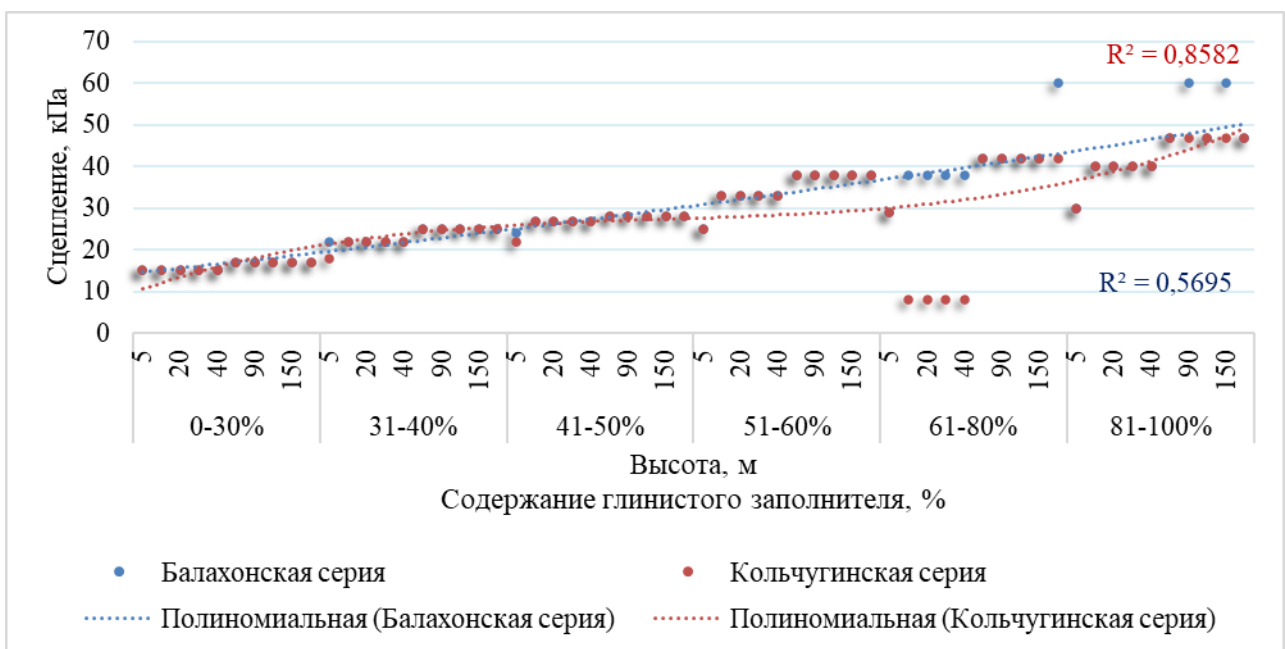


Рисунок 3.18 – Сравнение влияние нагрузки и содержания глинистого заполнителя на сцепление пород в отвале, сложенных породами кольчугинской и балахонской сериями

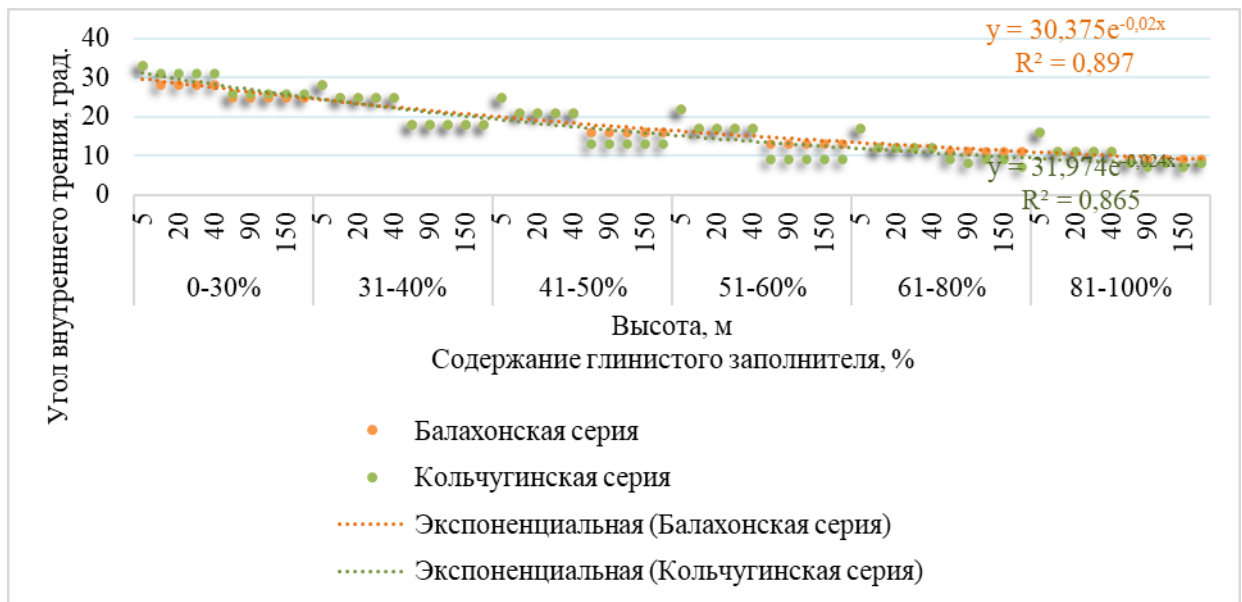


Рисунок 3.19 – Сравнение влияние нагрузки и содержания глинистого заполнителя на угол внутреннего трения пород в отвале, сложенных породами кольчугинской и балахонской

Согласно результатам исследований, для всех разностей отвальных пород, кроме преобладания суглинистого наполнителя, отмечается тенденция уменьшения угла внутреннего трения с ростом уплотняющей нагрузки; для суглинистых пород угол внутреннего трения определяется их влажностью [11, 47], что негативно сказывается на устойчивости отвалов.

Сцепление отвальных пород определяется двумя факторами. Первый из которых, является, по сути, зацеплением, возникающим между обломками скальных пород при их сдвиге относительно друг друга, а второй – собственно сцепление, есть результат физико-химического взаимодействия между глинистыми частицами. При наличии в составе пород глинистых частиц в показателе сцепления роль физико-химического взаимодействия между частицами возрастает.

На рисунке 3.20 приведены результаты изучения смесей с различным сочетанием глинистого наполнителя и обломочного материала скальных пород. Стоит отметить, что при содержании глинистого наполнителя менее 30 % показатели свойств смеси близки по значениям к параметрам смеси коренных пород, при его увеличении до 70% и более, показатели смеси становятся близки по значениям к свойствам суглинков [41].

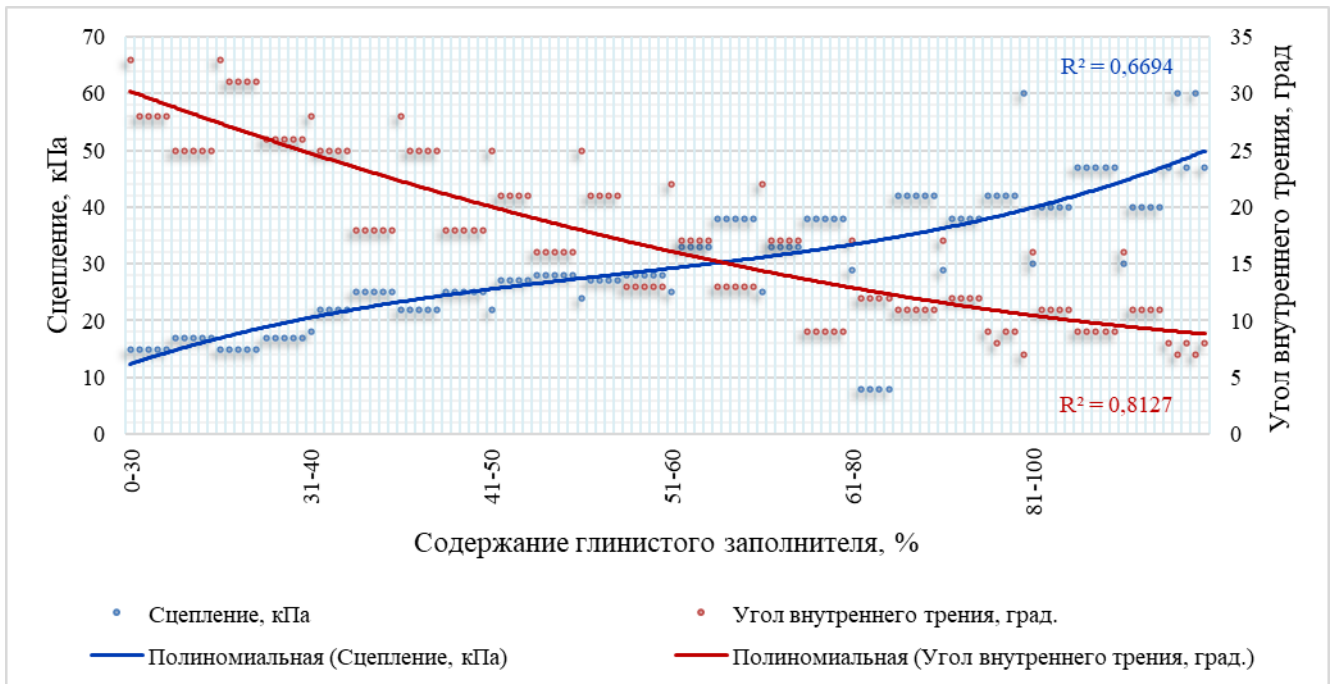


Рисунок 3.20 – Влияние содержания глинистого заполнителя на прочностные свойства отвальной смеси

Многолетний опыт изучения физико-механических свойств пород, поступающих в отвальные сооружения [11, 15, 46, 50], позволил разработать базу данных, которая может быть использована для выбора предварительных физико-механических свойств при проведении оценки устойчивости отвальных массивов Кузбасса, как на этапе проектирования, так и эксплуатации. На основании принятых от 13.11.2020 г. Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов», в отсутствие фактических данных о физико-механических свойствах отвальных пород (в частности, при разработке проектов новых отвальных сооружений) допустимо принимать расчетные свойства по аналогии с объектами со схожими горно-геологическими и инженерно-геологическими условиями, с учетом их литологического и гранулометрического состава (Приложение А) [78].

База данных содержит значительный объем сведений о прочностных свойствах отвальной массы, полученный при испытании образцов различных горно-геологических типов Кузбасса (вскрышных пород балахонской и кольчугинской серии) во время их многолетнего научного изучения, а также учитывающий разнообразный гранулометрический состав техногенного массива, определяющийся количеством глинистого заполнителя в единичном объеме породы.

Данные классифицированы по геолого-экономическим районам, к которым относятся угледобывающие разрезы. При выборе определенного района, предлагается перечень отвалов-

аналогов со схожими горно-геологическими условиями. При задании дополнительных критериев (высота отвала, технология отвалообразования, процент содержания глинистого заполнителя) предоставляется перечень объектов, наиболее близких по условиям, и значения основных расчетных характеристик (сцепления и угла внутреннего трения), полученных на данных объектах. Учитывая аналогичный состав вскрышных пород, схожий петрографический состав пород и тип цемента для месторождений Кузбасса, для отвальных пород исследуемых объектов рекомендуется принимать показатели физико-механических свойств отвальной массы, согласно рисунку 3.20.

Таким образом, определение наиболее корректных расчетных свойства при оценке устойчивости, позволяет выполнить ТЭО или принять технические решения в условиях отсутствия фактических данных.

3.3 Оценка пригодности техногенного элювия в качестве плодородного субстрата для биологической рекультивации

В современных реалиях, когда интенсификация добычи углей открытым способом ежегодно растет, а площадь пригодных земель значительно сокращается, существует острая необходимость восстановления промышленных нарушенных территорий, с целью восполнения утраченных их прежних функции. Достижение этого может быть осуществлено путем рекультивации, целью которой является стимулирование процессов самовосстановления экосистем промышленных нарушенных территорий путем создания условий для развития процессов формирования почв. Складируемый слой ПСП за годы отработки запасов углей утратил свои плодородные свойства при условии его озеленения срок хранения не более 20 лет.

Анализ восстановления экосистемы техногенных ландшафтов является сложной задачей, поскольку он требует не только характеристик ОПТС, но также требует наблюдений в течение длительных периодов времени. Хронопоследовательность образования мощности техногенного элювия (и далее почвы) являются признанным подходом к проблеме и использовались во многих исследованиях [27, 75, 119]. Подход, основанный на преобразовании во времени важен для понимания физических, химических и биологических изменений свойств субстрата в экосистеме отвальных сооружений, особенно потому, что исходные свойства и состав вскрышных пород часто неизвестны. В районах добычи углей восстановление нарушенных систем является в первую очередь процессом, определяемым почвообразующим субстратом, поэтому изучение хронологических последовательностей образования горизонтов техногенного элювия после завершения формирования и эксплуатации отвалов является весьма ценным геоэкологическим вопросом.

3.3.1 Полевые и натурные методы исследования образования техногенного элювия

Выявление и выбор репрезентативных участков для отбора проб техногенного элювия основывались на следующих критериях:

- Исследуемые участки вскрышных пород отвалов должны быть разного возраста и литологического состава;
- Территории должны быть расположены в приоритетных ландшафтных зонах (действующие, рекультивированные, самовосстановленные, с косвенным влиянием);
- По возможности, необходимо иметь предварительную информацию о характеристиках отвальных сооружений.

На этапе полевых работ производилось рекогносцировочное обследование территории с заложением прикопок (поверхностных разрезов) по типам ландшафтов техногенных комплексов, из которых производился отбор проб для дальнейших лабораторных исследований (Приложение Б).

В ходе проведения полевого обследования из всех прикопок и разрезов, заложенных на рассматриваемой территории, отобраны образцы почвообразующих субстратов (по генетическим горизонтам) для исследования на физико-химические и агрохимические показатели.

Количество точек пробоотбора варьирует в зависимости от неоднородности локации, микрорельефа и условий проходимости территорий.

Исследования, отобранных образцов выветрелого слоя вскрышных пород, показали, что долгосрочное развитие техногенного элювия приводит к характерным сдвигам физических, химических и биологических свойств вскрышных пород.

3.3.2 Почвенно-грунтовая характеристика нарушенных участков

Техногенные нарушенные территории отвальных сооружений представлены вскрышными породами различного возраста и происхождения. В приложении Б, таблица Б2 приводится описание морфологического строения верхнего слоя техногенного элювия в прикопках на различных участках отвальных сооружений. В ходе почвенного обследования рассматриваемой территории выявлено, что на поверхности техногенных экосистем образуются молодые инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные техноземы.

Техноземы нарушенных участков свежееотсыпанных отвалов или гидротоотвалов, не подвергшихся самовосстановлению, представляют собой вскрышные породы различного гранулометрического состава.

Малая мощность профиля и слабая дифференция минеральной части ограничивает диагностику генетических горизонтов (приямки №: 4-6Т, 3-М, 4-Б – св/о; 7-8Т - >5 лет; 1-К, 1-Т, 4-5М, 3-Б – гидроотвалы). Приповерхностный слой свежееотсыпанных или с малым временем стояния вскрышных пород безгумусовый, поэтому инициальная стадия почвообразования морфологически не выражена [22].

Свежееотсыпанные участки 5-6Т, 3-М, 4-Б не дифференцируются на горизонты, но при этом стоит отметить, на отвалах с преобладанием обломочных скальных пород практически полностью отсутствует какая-либо растительность (5-Т, 8-Т, 4-Б).

Прикопки, расположенные на гидроотвалах, характеризуются однородностью гранулометрического состава и обводненностью.

В соответствии с полученными результатами описания профилей сделаны выводы:

Все прикопки исследуемых участков (за исключением 1-К, 1-Т, 4-5М, 3-Б, относящимся к гидроотвалам) по горизонтали и вертикали характеризуется очень неоднородным составом субстрата, в целом уровень агрегирования следует оценивать, как сложный. Гранулометрический состав содержит от глинистых фракций до ванунных (от <0,01мм до 800 мм).

Восстановление почвенно-экологических функций и экосистем в целом зависит от активизации освоения субстрата живыми организмами и растительностью. Важнейшим показателем эффективности восстановления почвенно-экологических функций служит образование аккумулятивных горизонтов на поверхности техноземов [97, 98]. К сожалению, естественным путем это происходит очень медленно.

В ходе обследования профилей на земельных участках самовосстановления, на которых сформировались аккумулятивно-элювиальные горизонты, особенностью которых является наличие на поверхности слоя подстилки, состоящей из растительного опада различной степени разложения и наличия дернины (приямки № 2-5К, 2-4Т, 1-2М, 1-2Б).

С началом развития растительности формируется слой гумуса, который по мере накопления вещества и его смешивания с техногенным элювием превращается в органо-аккумулятивный горизонт [19].

Формы развития гумуса являются результатом разложения, минерализации и включения органических веществ в минеральную почву. В качестве наиболее важного источника органического вещества в естественных экосистемах является детрит, отмирающие растительные компоненты, в случае техногенных отвальных массивов немаловажную роль играет наличие угля во вскрыше. Техногенный элювий может проявлять признаки почвообразования уже через несколько месяцев после завершения отвалообразования и может образовывать слабые горизонты (прикопка № 4-Т, 7-Т). На старых отвалах, сформированных в

70-90 гг. (прикопки 2-5К, 1-2М, 5М, 1-2Б) как правило, формируется один – два горизонта: различимый поверхностный, содержащий некоторое количество органического вещества и высокий процент мелкоземельного материала (Гумусово-аккумулятивная зона (горизонт IA1), и нижний неструктурированный горизонт с обломками горных пород различных размеров (Аккумулятивно-элювиальная зона (горизонт IA2). Также, вследствие крутых углов откосов, наблюдается смыв образующегося плодородного слоя в нижние горизонты, что особенно четко выражено в профиле 2-К, 4-К и 2-М верхних частей откосов, где переход в следующий горизонт резкий, выражены полости, а лопата упирается в крупные обломки вскрыши, по причине чего приходилось смещать участки прикопок и точки пробоотбора. У основания также наблюдаются крупные куски пород (от 50 до 100 см), не задержавшиеся на откосе при формировании отвалов.

Изучение процесса накопления техногенного элювия в слое 0-40 см показало, что аккумуляция элювия в поверхностном слое происходит довольно медленно. Следует отметить ключевые моменты, отображенные на графике (рисунок 3.21):

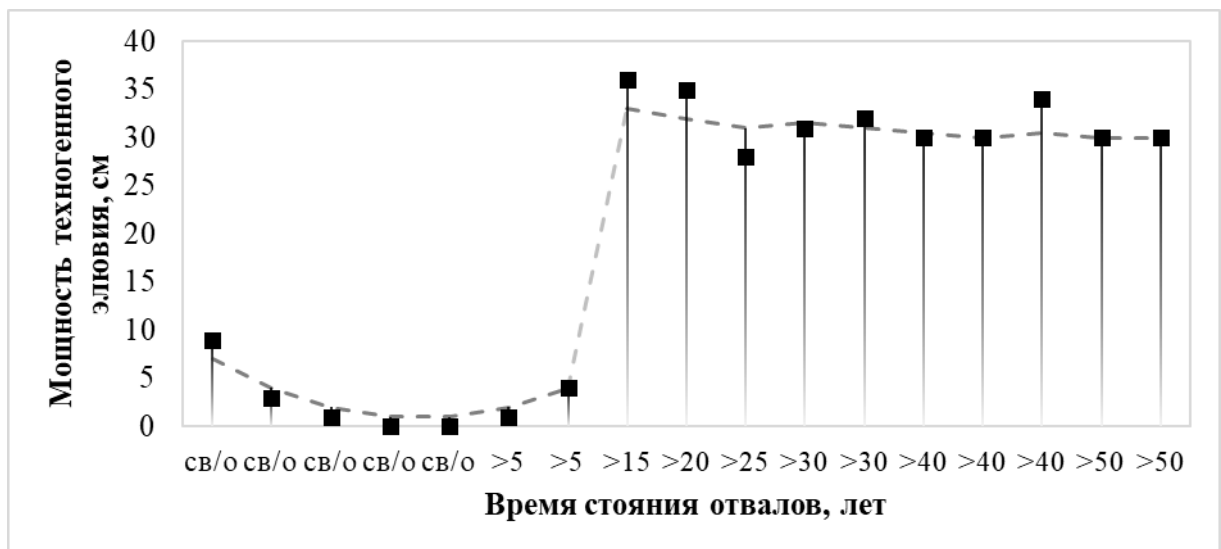


Рисунок 3.21 – Изменение мощности техногенного элювия во времени

В целом на отвалах различного возраста мощность техногенного элювия, образованного в процессе выветривания вскрышных пород, варьирует от 0 до 36 см, а на его основе сформированы техноземы с высоким потенциалом для образования почв.

Плотность сложения зависит от минералогического состава вскрышных пород и содержания органических компонентов. Типична следующая закономерность: чем больше в слое техногенного элювия органических веществ, тем ниже их плотность, и чем больше минералов окислов железа, тем выше плотность твердой фазы.

Под воздействием атмосферных агентов (температуры и влаги) вскрышные породы превращаются в щебнисто-глинисто-супесчаный техногенный элювий. Толщина

поверхностных выветрелого слоя составляет от 0 до 36 см при времени стояния отвалов от нескольких месяцев до 50 лет и более. Установлено, что мощность техногенного элювия увеличивается с возрастом отвальных сооружений. Более того, на свежесыпанных отвалах отмечаются массивные структуры, в то время как старые отвальные сооружения имеют почвоподобные горизонты. Структурные единицы и унаследованные от материнских свойства вскрышных пород с увеличением возраста отвальных сооружений нивелируются.

3.3.3 Изучение агрохимических свойств техногенного элювия, формируемого на поверхности отвалов открытой добычи угля в Кузбассе

Объекты проведения исследования характеризуются значительной площадью, по этой причине количество проб устанавливалось с учетом условий территории. Площадки отбора проб почв были приурочены к различным геохимическим ландшафтам, характеризующимися разной интенсивностью миграции и аккумуляции веществ и соединений. Поэтому, пробы отбирались:

- в верхней части откосов, где вынос веществ по профилю сочетается с поверхностным переносом;
- в нижней части откосов, где перенос веществ сочетается с аккумуляцией.

Опробование для проведения агрохимических, физико-химических и физических анализов в почвах производилось по профилю, из почвенных горизонтов, каждая отобранная проба представляла собой часть, типичной для генетических горизонтов. В техногенных грунтах отбор проб осуществлялся методом «конверта», по диагонали, с глубины 0-40 см (путем объединения точечных проб). Отобранные пробы пронумерованы (рисунок 3.22) и зарегистрированы в полевом журнале (приложение Б, таблица Б1).

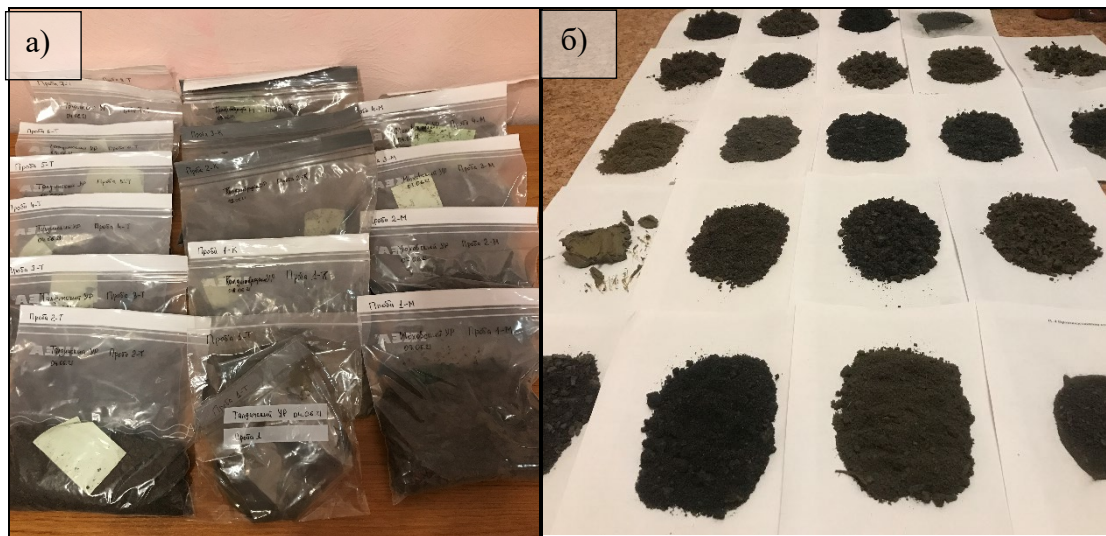


Рисунок 3.22 – Пробоподготовка: а – Отобранные образцы, упакованные в герметичные пакеты для сохранения основных показателей; б – Пробы, высушенные до воздушно-сухого состояния

3.3.3.1 Рентгенофлуоресцентный анализ проб

Анализ проб отходов минерально-сырьевого комплекса осложняется фактором неизвестности состава анализируемого материала. При полном отсутствии информации об элементном и вещественном составах проб, рекомендуется начать лабораторный анализ с метода рентгенофлуоресцентной спектрометрии. Расчет концентрации при данном методе производится на полный 100% состав, следовательно, предварительно необходимо определить потери при прокаливании образцов при 900^oC (рисунок 3.23), для учета присутствия органических соединений и влаги в анализируемой пробе. Также необходимо отметить, для РФА весьма важен этап пробоподготовки (рисунок 3.24), который обеспечивает получение представительной пробы.

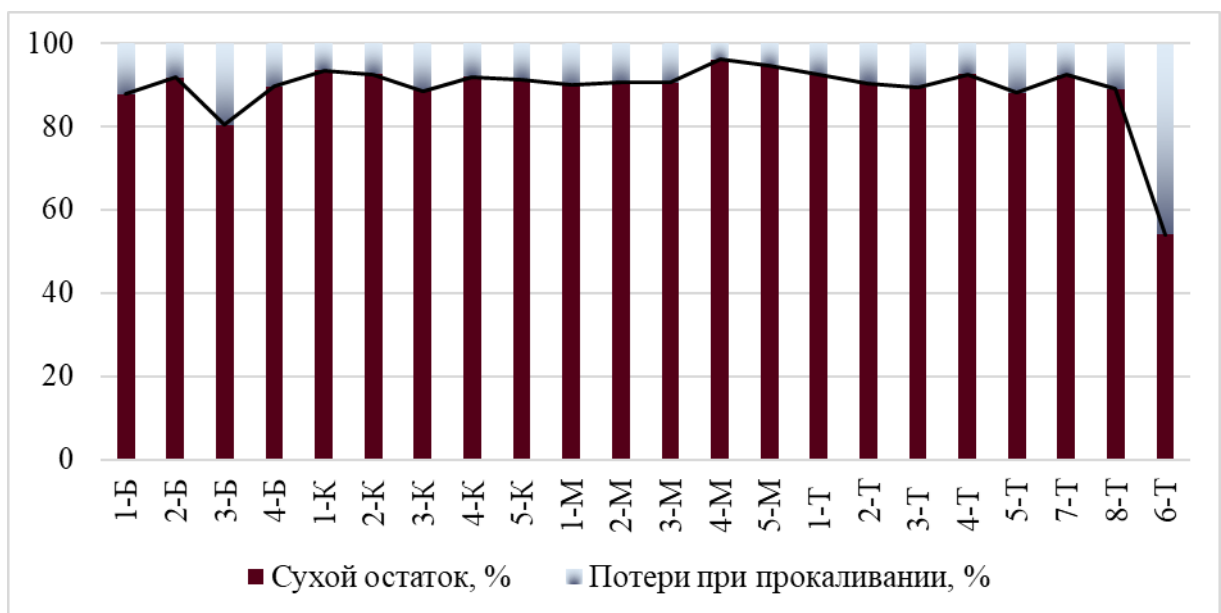


Рисунок 3.23 – Результаты определения потерь при прокаливании

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа представлены на рисунке 3.25, подробные данные – в таблице В1 Приложения В. Полученные показатели характерны для вскрышных пород Кузнецкого угольного бассейна. В составе разностей преобладает SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, CaO, MgO, наиболее распространенными в земной коре, также в заметном количестве содержатся TiO₂, Na₂O, BaO, MnO, ZnO, P₂O₅ и др.

Таким образом, на основании рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) подбирается дальнейшая методика исследования образцов по различным показателям.

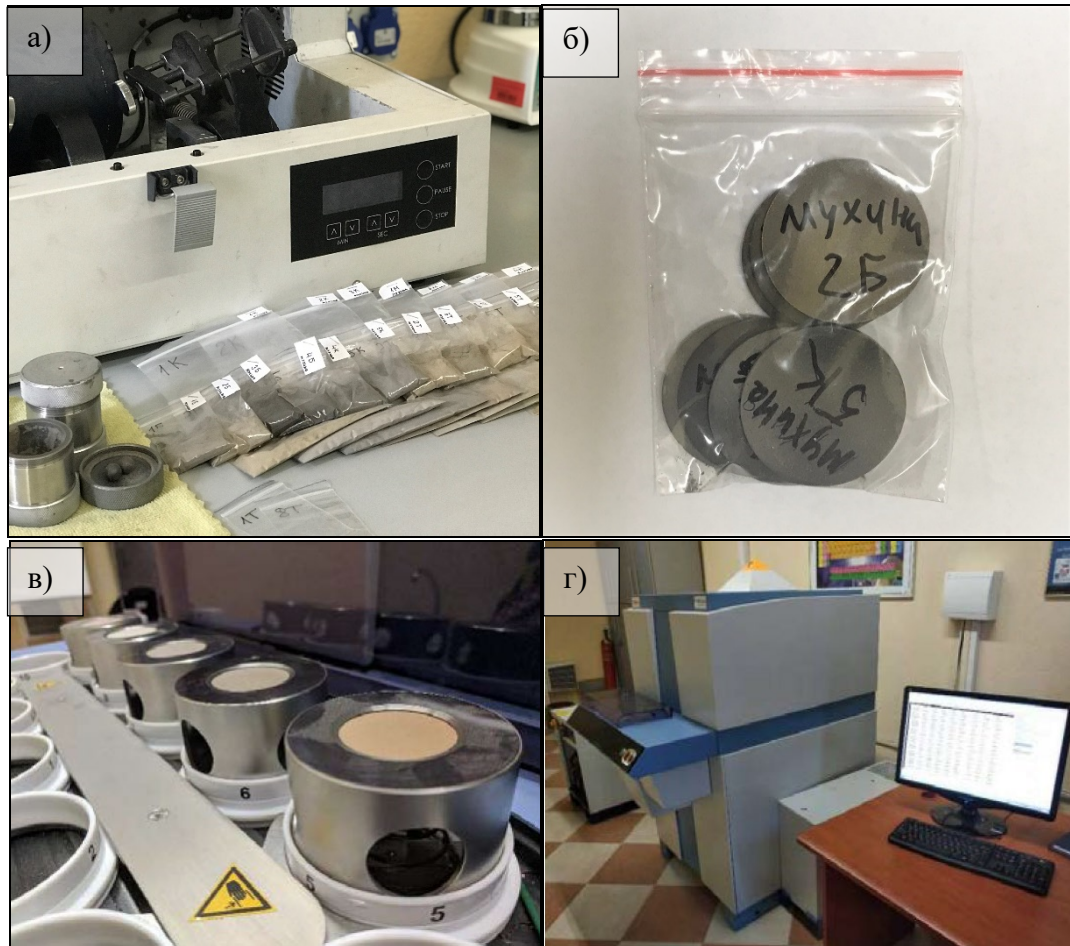


Рисунок 3.24 – Пробоподготовка и проведение РФА: а – Пробы, измельченные до фракции 4 мкм на шаровой мельнице Spx Dual Mixer/Mill; б – Спрессованные пробы; в, г – Рентгенофлуоресцентный спектрометр Thermo Scientific ARL 9900 X-Ray WorkStation [77].

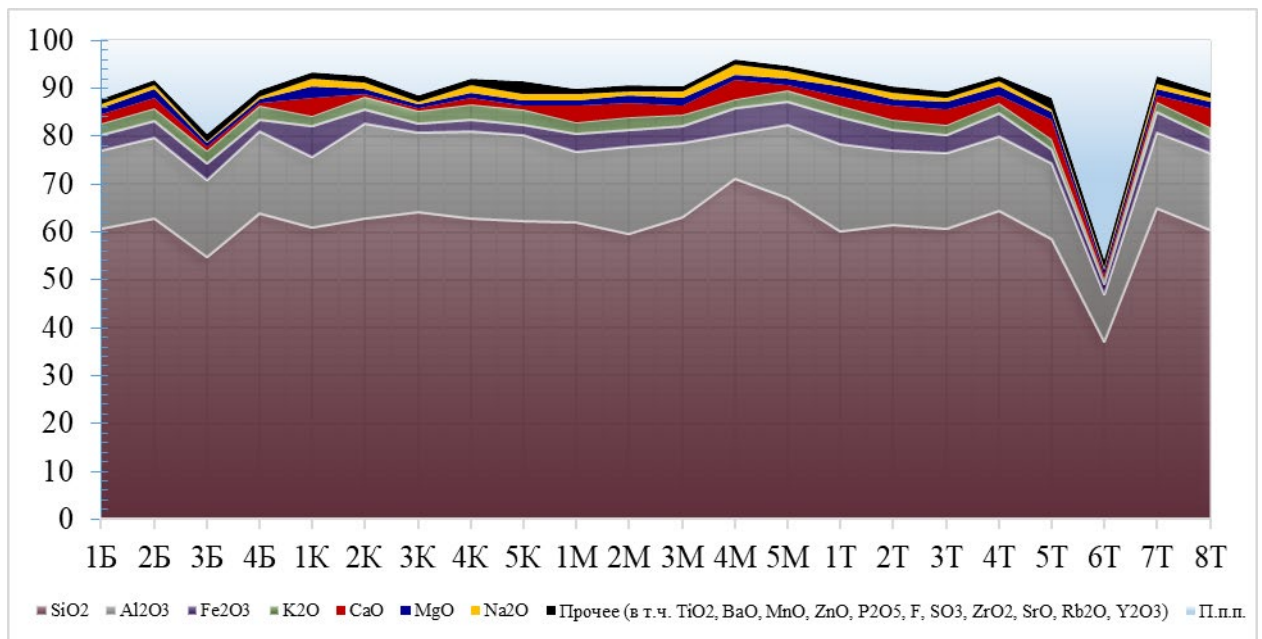


Рисунок 3.25 – Содержание макроэлементов в анализируемых пробах, %

3.3.3.2 Определение содержание углерода в органической массе углей вскрышных пород

В ходе анализа отобранных образцов на отвальных сооружениях Кузбасса выявлена характерная зависимость процентного содержания углерода в органической массе углей вскрышных пород от возраста отвальных массивов. Наиболее интенсивно увеличение концентрации углерода от 0,9% до 8,2 происходят в отвалах, сложенных обломочным материалом углевмещающих пород кольчугинской серии с глинистым цементом, которые приурочены к угольным месторождениям, добывающих угли длиннопламенной и газовой марок, то есть Талдинскому и Моховскому угольным разрезам (рисунок 3.26).

Изменение содержания углерода во вскрышных породах, образующихся при добыче более литифицированных, прочных улей балахонской серии (коксовой и слабоспекающейся марок) происходит менее интенсивно, однако % С достигает почти 18% (Бачатский и Краснобродский разрезы) (рисунок 3.27).

3.3.3.3 Анализ проб на содержание органических веществ в образцах

Определение содержания органического вещества в образцах проводилось с помощью термогравиметрического анализатора LECO TGA 70 (рисунок 3.28). Метод основан на определении потери массы исследуемого образца за единицу времени при его прокаливании [1]. Согласно ГОСТ 26213-91, ч.2, исследуемые образцы необходимо выдержать при температуре 525 оС, однако в ходе эксперимента уголь начал окисляться. Было принято решение провести анализ под крышкой в бескислородной среде. Навеску пробы массой 1,9-2,0 г отбирают с помощью лабораторных весов в керамический тигль, который ставится в весовую ячейку на позицию в карусели.

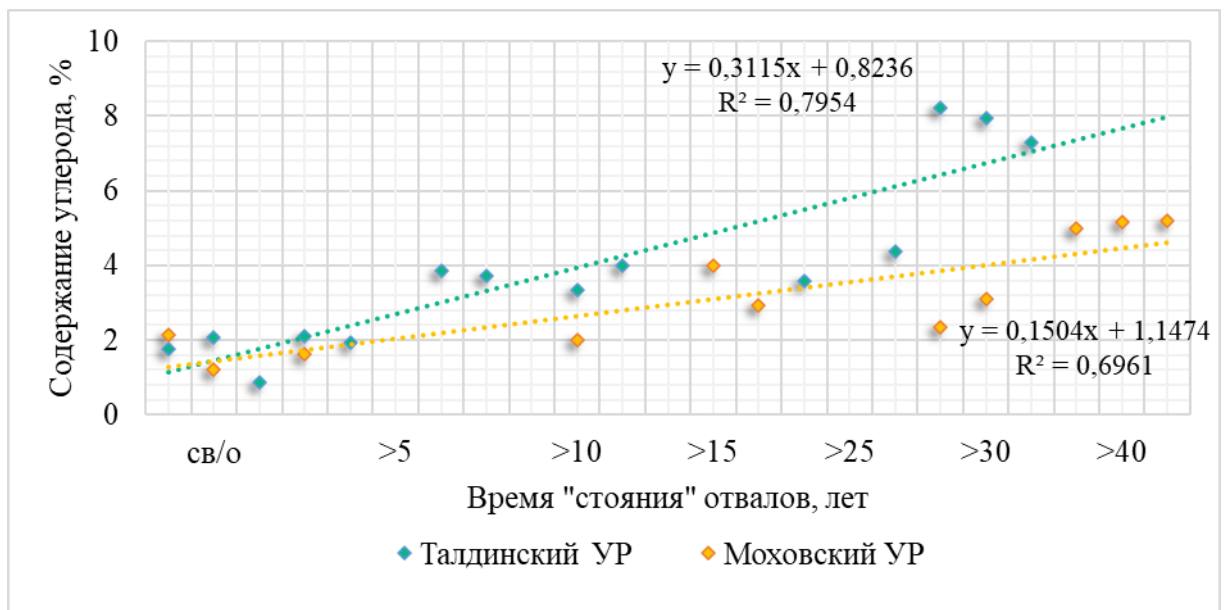


Рисунок 3.26 – Содержание углерода в органической массе углей вскрышных пород кольчугинской серии в зависимости от времени стояния отвальных массивов

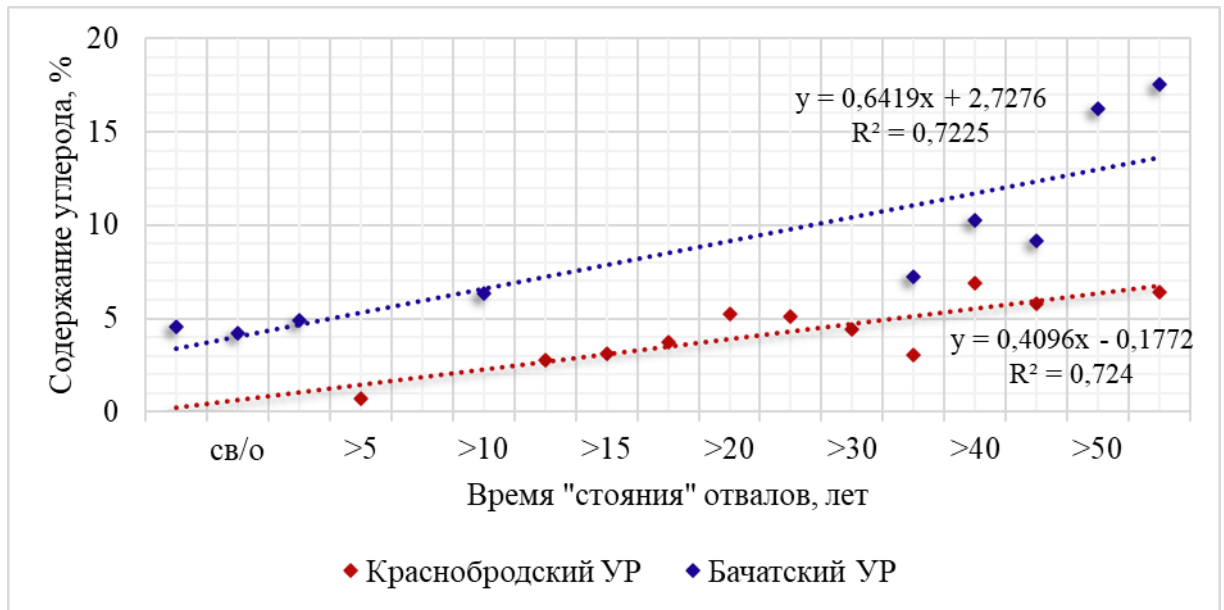


Рисунок 3.27 – Содержание углерода в органической массе углей вскрышных пород балахонской серии в зависимости от времени стояния отвальных массивов

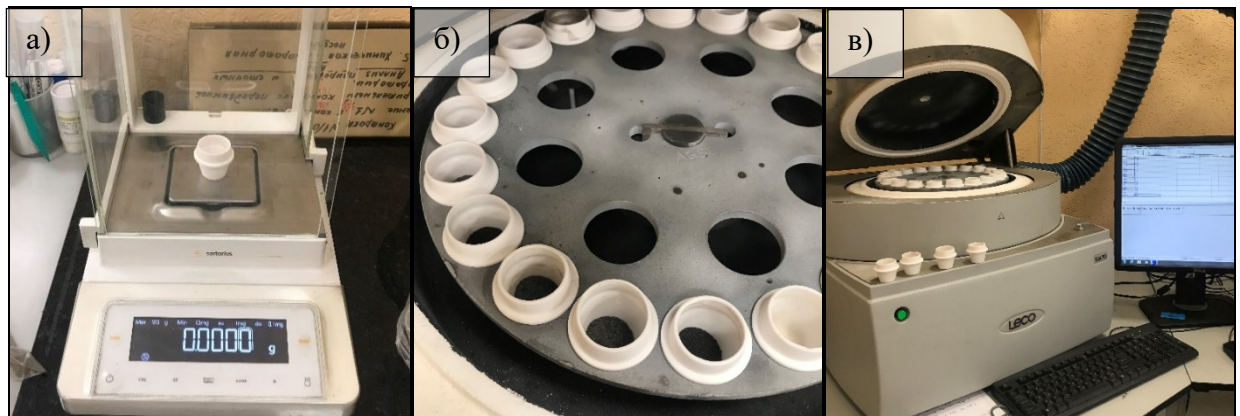


Рисунок 3.28 – Определение органического углерода термогравиметрическим методом на LECO TGA 701: а – Взвешивание навески пробы на лабораторных весах; б – Тигли с подготовленными образцами в карусели; в – Анализатор LECO TGA 701

Результаты определения содержания органического углерода термогравиметрическим методом на LECO TGA 701 Почвы (ГОСТ 26213-91, ч.2) представлены на рисунках 3.39 и 3.30, а также в Приложении В таблице В2.

При выполнении анализа термогравиметрическим методом проба №6-Г, отобранная на действующем Восточном отвале вскрышных пород Талдинского УР, вспыхнула, что, вероятно, связано с высоким содержанием частиц угля, сконцентрированном в одной точке пробоотбора. Полученные результаты анализа проб с данной точки считать аномальными и не учитывать в дальнейшем.

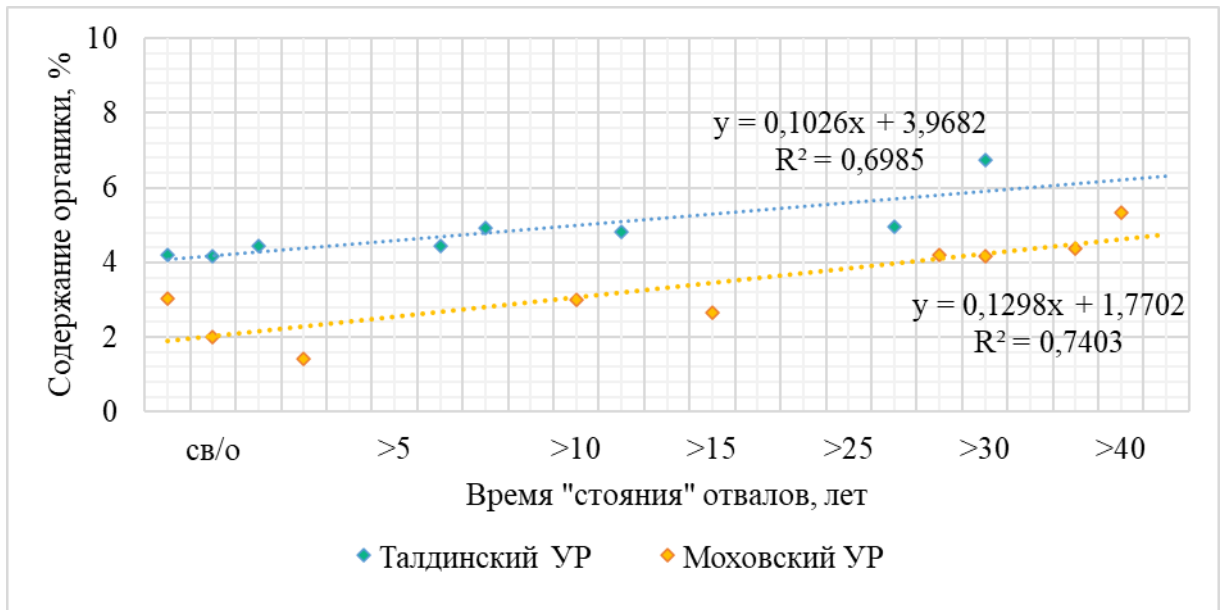


Рисунок 3.29 – Содержание органики в техногенном элювии вскрышных пород кольчугинской серии в зависимости от времени стояния отвальных массивов

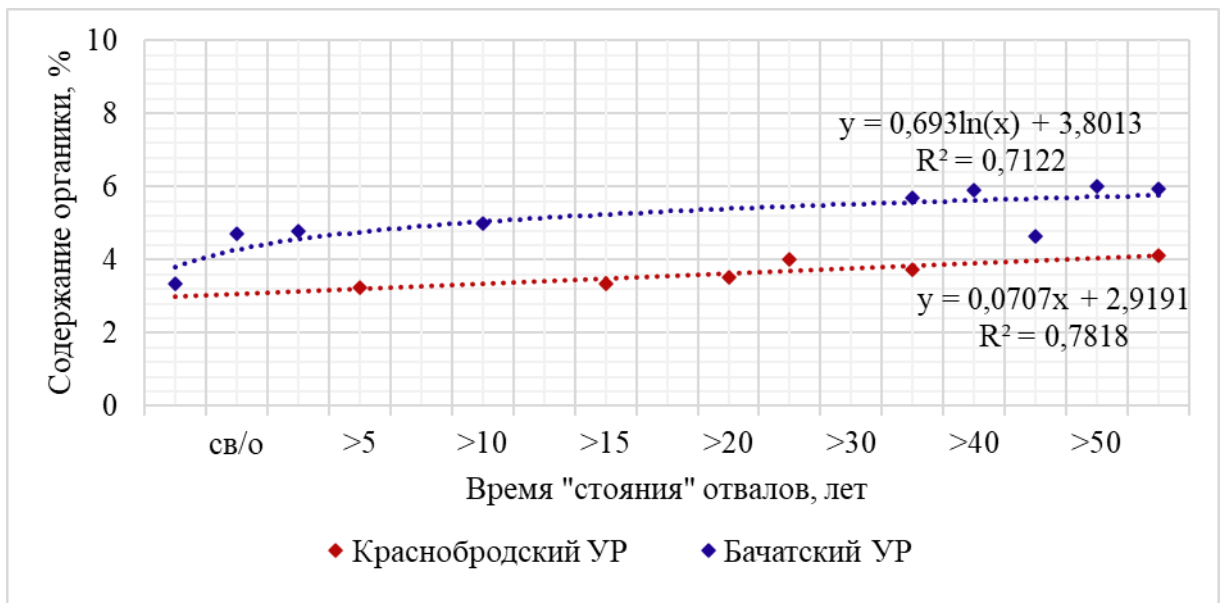


Рисунок 3.30 – Содержание органики в техногенном элювии вскрышных пород балахонской серии в зависимости от времени стояния отвальных массивов

При изучении динамики содержания органических веществ в техногенном элювии отвальных сооружений угольных разрезов Талдинский, Моховский, Бачатский и Краснобродский обнаружена значительная линейная корреляция между возрастом (от свежееотсыпанных до 50 и более лет) отвальных массивов и содержанием органики в техногенном элювии (r близок 1).

Плодородные свойства почв и почвообразующих субстратов определяются содержанием в них гумуса. По мере накопления органического вещества техногенный элювий дифференцируется на выветренную исходную вскрышную породу и гумусовый верхний слой.

Для пересчета полученных результатов на гумус использован общепринятый коэффициент 1,724, впервые введенный К. Шпренгелем еще в конце 19в. Несмотря на различные противоречивые мнения ученых, которые утверждают, что данный коэффициент дает примерные, вероятно, заниженные значения, он все же является нормированным и применяется во многих странах мира [70]. Таким образом, содержание гумуса в техногенном элювии изменяется от 2,47 до 20,31 % и зависит от наличия в них углесодержащих пород.

Но гумус техногенного элювия не идентичен почвенному гумусу, так как регенерация гуминовых веществ проходит очень медленно. Скорость регенерации гуминовых кислот, а также биологическую активность субстрата повышает калий. Наличие во вскрышных породах углесодержащих пород значительно улучшает их биологические качества, так как гумины углей повышают емкость поглощения, сорбционные и водно-физические свойства.

На участках с густой растительностью можно наблюдать более интенсивное накопление гумуса в сочетании с сильным укоренением и структурной агрегацией по сравнению с участками с аналогичными условиями субстрата, но меньшего возраста. Это ясно выражает эффект развития почвы определенного вида.

Полученные значения коэффициента детерминации при определении зависимости содержания углерода в органическом веществе углей и концентрации органических веществ от возраста отвальных сооружений показывают точность выбранных трендовых линий теоретического распределения относительно реального и подтверждают достоверность полученных результатов.

Установлено, что коэффициент корреляции между возрастом отвальных сооружений и концентрациями углерода и органики в техногенном элювии находится в пределах от 0,70 до 0,79, что позволяет сделать вывод, что изменение концентрации исследуемых веществ действительно зависит от фактора возраста. Например, можно утверждать, что 70,19% колебаний содержания органики в техногенном элювии проб, отобранных на Талдинском угольном разрезе, обусловлено фактором изменения возраста отвалов (таблица 3.1)

Таблица 3.1 – Сводные данные коэффициентов детерминации и корреляции

		Кольчугинская серия		Балахонская серия		Согласно класс-и углей
		Талдинский УР	Моховский УР	Краснобродский УР	Бачатский УР	
C%	R ²	0,7954	0,6961	0,724	0,7225	0,8467
	r	0,89	0,83	0,85	0,85	0,9202

Продолжение Таблицы 3.1

Орг. %	R ²	0,6985	0,7403	0,7818	0,7122	
	r	0,84	0,86	0,88	0,84	

Таким образом, можно сделать вывод, что при попадании угольных частиц в отвальные сооружения со вскрышей процесс их углефикации продолжается соотносимо с естественными процессами метаморфизма углей в геологическом профиле.

3.3.3.4 Анализ проб на содержание общего азота в образцах

Анализ содержания общего азота в отобранных пробах проводилось с помощью элементного анализатора LECO 628-CNH (рисунок 3.31) согласно ГОСТ 32979-2014. Принцип действия заключается в сжигании образцов в токе чистого кислорода, после чего происходит анализ выделившихся газов методом сравнения теплопроводностей газов (оксиды азота восстанавливаются до азота). Навеска пробы массой 0,1 г в фольгированной капсуле помещается в загрузочное устройство, далее в печь, где и происходит полное сгорание. Результаты определения содержания общего азота на LECO CNH 628 приведены на рисунке 3.32 и в Приложении В.

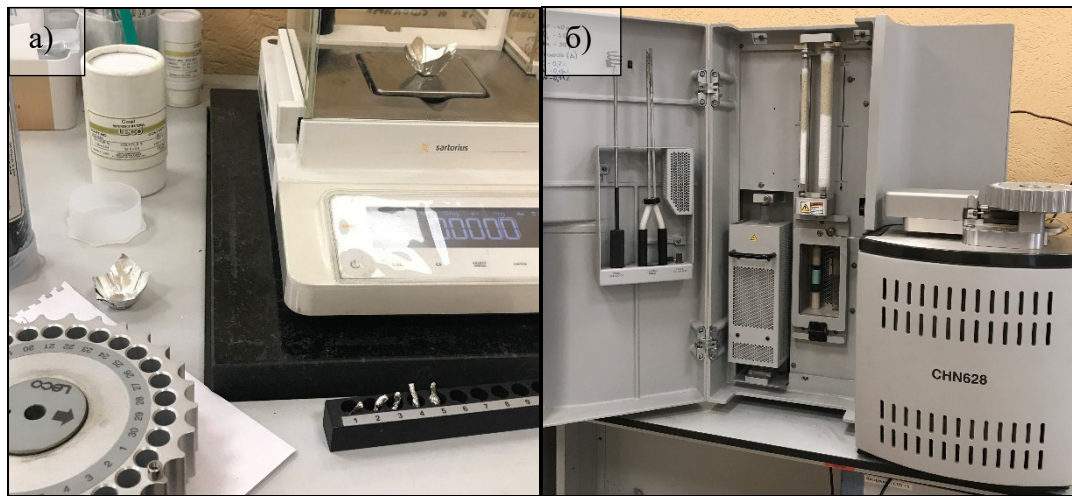


Рисунок 3.31 – Определение общего азота на LECO CNH 628: а – Взвешивание навески пробы на лабораторных весах, б – Анализатор CNH 628

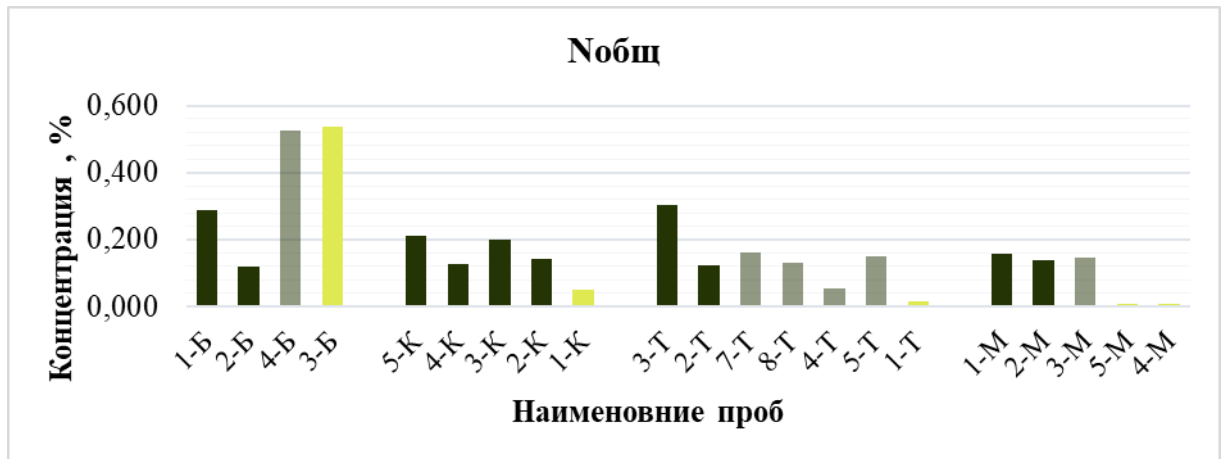


Рисунок 3.32 – Содержание общего азота в пробах техногенного элювия вскрышных пород, отобранных на разрезах Кузбасса

3.3.3.5 Анализ проб на содержание подвижного фосфора и калия

Для определения содержания подвижных соединений фосфора и калия анализируемые образцы массой 4,0 г экстрагируются раствором уксусной кислоты, перемешиваются и отстаиваются в течение суток по ГОСТ 26204-91 (Почвы), после чего фильтруются.

Определение содержания подвижного фосфора проводилось методом фотометрии окрашенных растворов при длине волны 710 нм на спектрофотометре Nach DR 1900 (рисунок 3.33), измерение подвижного калия в анализируемых образцах выполнено на оптическом эмиссионном спектрометре параллельного действия с индуктивно-связанной плазмой ICPE-9000 (рисунок 3.34). Результаты определения содержания подвижных форм фосфора и калия представлены на рисунках 3.35 и 3.36, подробная информация изложена в приложении В.

Фосфор – один из макроэлементов. Растения поглощают элемент в больших количествах. Фосфор входит в состав многих важных соединений и, таким образом, влияет на общий метаболизм растений, является источником энергии и накопления. Растения поглощают фосфор в виде фосфатов, наличие которых в почве сильно зависит от водородного показателя рН.

Общий запас фосфора в почве, как правило, очень высок. Но только часть его доступна для растений, а именно в растворенном или лабильном состоянии.



Рисунок 3.33 – Определение подвижного фосфора фотометрическим методом на DR 1900: 1 – фильтрование подготовленных вытяжек проб по ГОСТ 26204-91, 2 – Приготовленные анализируемые растворы проб, 3 – Фотометр DR 1900

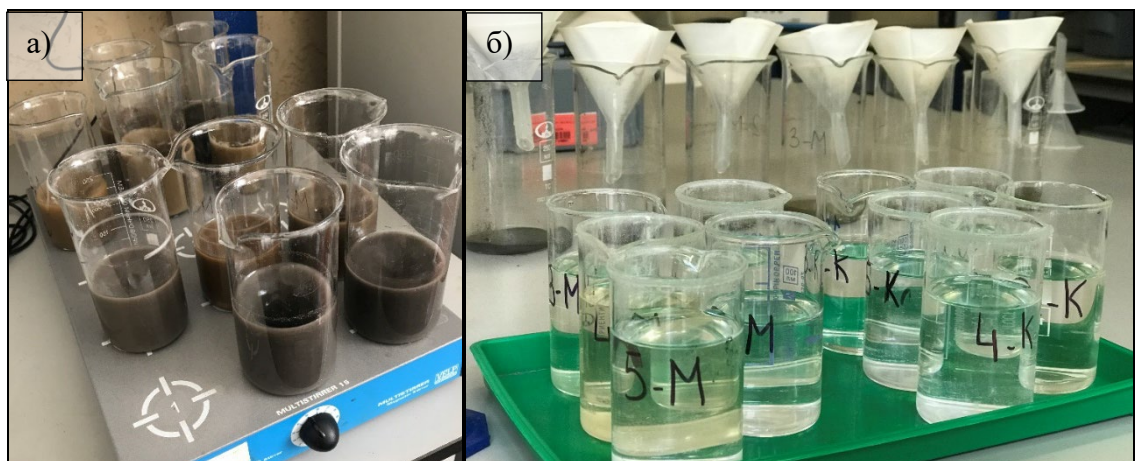


Рисунок 3.34 – Определение подвижных форм калия методом спектрометрии на ICPE-9000: а – приготовление вытяжек проб, б – приготовленные анализируемые растворы проб

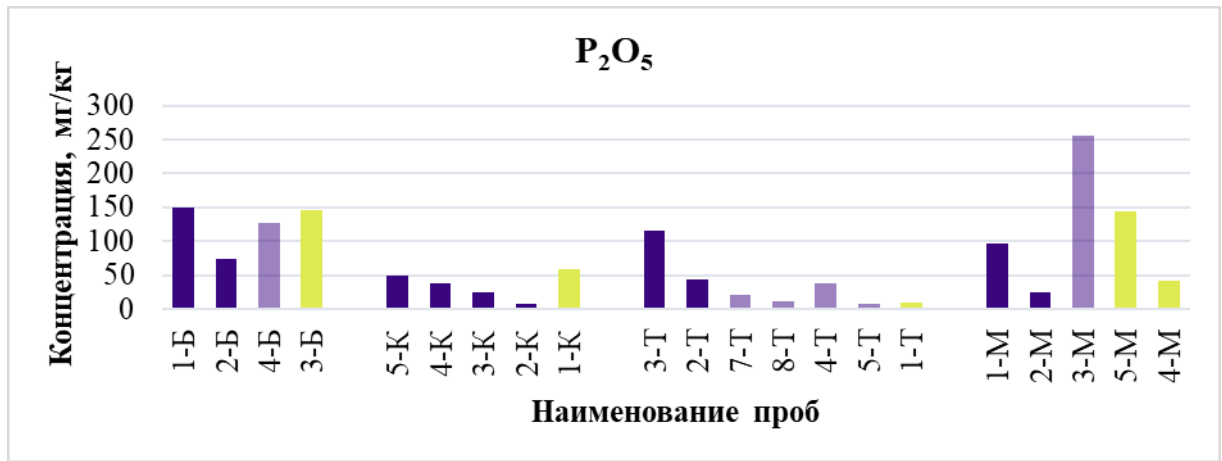


Рисунок 3.35 – Содержание подвижного фосфора в пробах техногенного элювия вскрышных пород, отобранных на разрезах Кузбасса



Рисунок 3.36 – Содержание обменного калия в пробах техногенного элювия вскрышных пород, отобранных на разрезах Кузбасса

Растения поглощают калий в ионной форме, а почвенный субстрат естественным образом содержит от 0,3 до 3 % калия, в зависимости от исходной породы. Растения могут использовать только тот калий, который находится в подвижной форме в почвенном растворе или слабо связан с частицами гумуса и глинистыми минералами. К калию, связанному с глинистыми частицами или исходной породой, корни растений подходят только после выветривания.

Тяжелые почвы должны содержать от 150 до 250 мг калия на кг почвы, легкие песчаные почвы-100 мг/кг калия. Положительно заряженные ионы, такие как кальций, аммоний или магний, в качестве так называемых антагонистов могут блокировать поглощение калия, а также низкий рН (<4). Это может вызвать дефицит калия, несмотря на то, что питательное вещество присутствует в достаточном количестве.

Концентрация обменного калия в почвах зависит от его связи с минеральной основой. На рисунке 3.36 видно, что в образцах, отобранных на отвалах разреза «Талдинский», содержание калия в техногенном элювии отвалов увеличивается от более старых к молодым. Это связано с малой степенью выветрелости приповерхностного слоя складированных пород, а также отсутствием «густой растительности», которая нуждается в питательных элементах, как на отвалах других разрезов [116].

3.3.4 Оценка уровня загрязнения техногенного элювия токсичными соединениями

По сравнению с другими параметрами, такими как текстура почвы, pH и органическое вещество, питательные микроэлементы и тяжелые металлы не являются доминирующими факторами, контролирующими качество техногенного элювия, однако комплексная оценка должна учитывать наличие опасных и потенциально токсичных химических веществ. Семь основных микроэлементов растений (Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl) становятся токсичными, если текущие концентрации превышают пороговые значения. Кроме того, тяжелые металлы (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb, Se и др.), могут накапливаться в результате антропогенной деятельности в процессе добычи, транспортировки и отходаобразования. Таким образом, воздействие на окружающую среду загрязняющих веществ отходов добычи угля, остается серьезной проблемой в практике рекультивации.

Вскрышные породы, удаляемые при разработке месторождений Кузбасса, имеют высокое содержание угля, которые при контакте с водой и воздухом окисляются с выделением тепла [77]. При понижении pH могут инициироваться процессы выщелачивания макро- и микроэлементов, таких как Al, Fe, Ca, Mg и др. в результате окисления, а также токсичные химические вещества, такие как Zn, Pb, Ni, Cu, и Cr. Без надлежащего обращения с отвальными массивами, большое количество микро- и макроэлементов может мигрировать в поверхностные и подземные воды, а также аккумулироваться в растениях.

Для эколого-геохимической оценки состояния техногенного элювия рассматриваемых объектов, в отобранных пробах было определено содержание тяжелых металлов. Выбор элементного состава для анализа обоснован результатами рентгенофлуоресцентного анализа (таблица В1 приложения В), а также результатами инженерно-экологических изысканий на объектах [85].

Отбор почвенных проб для проведения анализов на содержание тяжелых металлов производился в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017, ГОСТ 17.4.4.02-2017, а именно: в техногенных грунтах отбор проб осуществлялся методом «конверта», по диагонали, с глубины 0-40 см (путем объединения точечных проб). Опробование проводилось пластмассовым шпателем, в целях предотвращения попадания загрязняющих веществ и вторичного

загрязнения. Масса каждой смешанной(объединенной) пробы составляла 1кг. Содержание загрязняющих веществ в исследованных образцах представлено в таблице В3 приложения В.

Степень химического загрязнения почв/грунтов оценивалась по величине коэффициента контрастности K_k , рассчитываемого по формуле

$$K_k = C_i / \text{ПДК}_i \text{ (ОДК}_i\text{)}, \quad (1)$$

где C_i – фактическое содержание i -го загрязняющего вещества;

$\text{ПДК}_i/\text{ОДК}_i$ – значение предельно допустимых концентраций/ориентировочно допустимых концентраций химических веществ в почве.

Опасность химического загрязнения почв и грунтов тем выше, чем больше фактическое содержание загрязняющего вещества превышает величины ПДК (ОДК), или чем больше величина K_k превышает единицу (рисунок 3.37).

Из полученных результатов (рисунок 3.37 и таблица В3 Приложения В) следует, что в исследуемых образцах коэффициент контрастности (K_k) менее единицы, то есть превышений фактического содержания тяжелых металлов над величинами ПДК (ОДК) в большинстве проб не обнаружено. Концентрации свинца в анализируемых образцах оказались ниже предела обнаружения. Исключением являются пробы с гидроотвалов Бачатского (ЗБ), Краснобродского (1К) и Талдинского (1Т) углеразрезов, в которых выявлено превышение содержания никеля в размере 1,10 ОДК, 1,63 ОДК и 1,07 ОДК соответственно; пробы, отобранные в точках 1Б и 3Б, в которых зафиксировано превышение в размере 1,10 и 1,40 ОДК по цинку. Для бария ПДК и ОДК не установлены, поэтому для расчета K_k использовалась фоновая концентрация данного элемента по региону. По барии отмечены превышения фона от 1,04 до 1,43 раза в образцах 3,4Б и 3,5К, отобранных на отвалах, образованных при отработке отложений верхнебалахонской подсерии верхнепермского возраста.

Согласно, исследованиям Томского филиала ИНГГ СО РАН содержания химических компонентов вмещающих пород Кемеровской области, а также результатам изучения свойств и состава подземных вод Кузбасса [66], микрокомпонентный состав пород включает в себя барий, свинец, бор, (галлий, барий, литий, цирконий, свинец, бор, скандий, никель, бром, рубидий, стронций, ниобий, молибден, иод, серебро, кадмий, цезий, ртуть, поэтому наличие в исследуемых пробах вышеперечисленных элементов обосновано литологией вскрышных пород. Грунтосмеси в отвалах разреза такие, как и вскрышные породы, пригодны для биологической рекультивации. Потенциально токсичных пород нет.

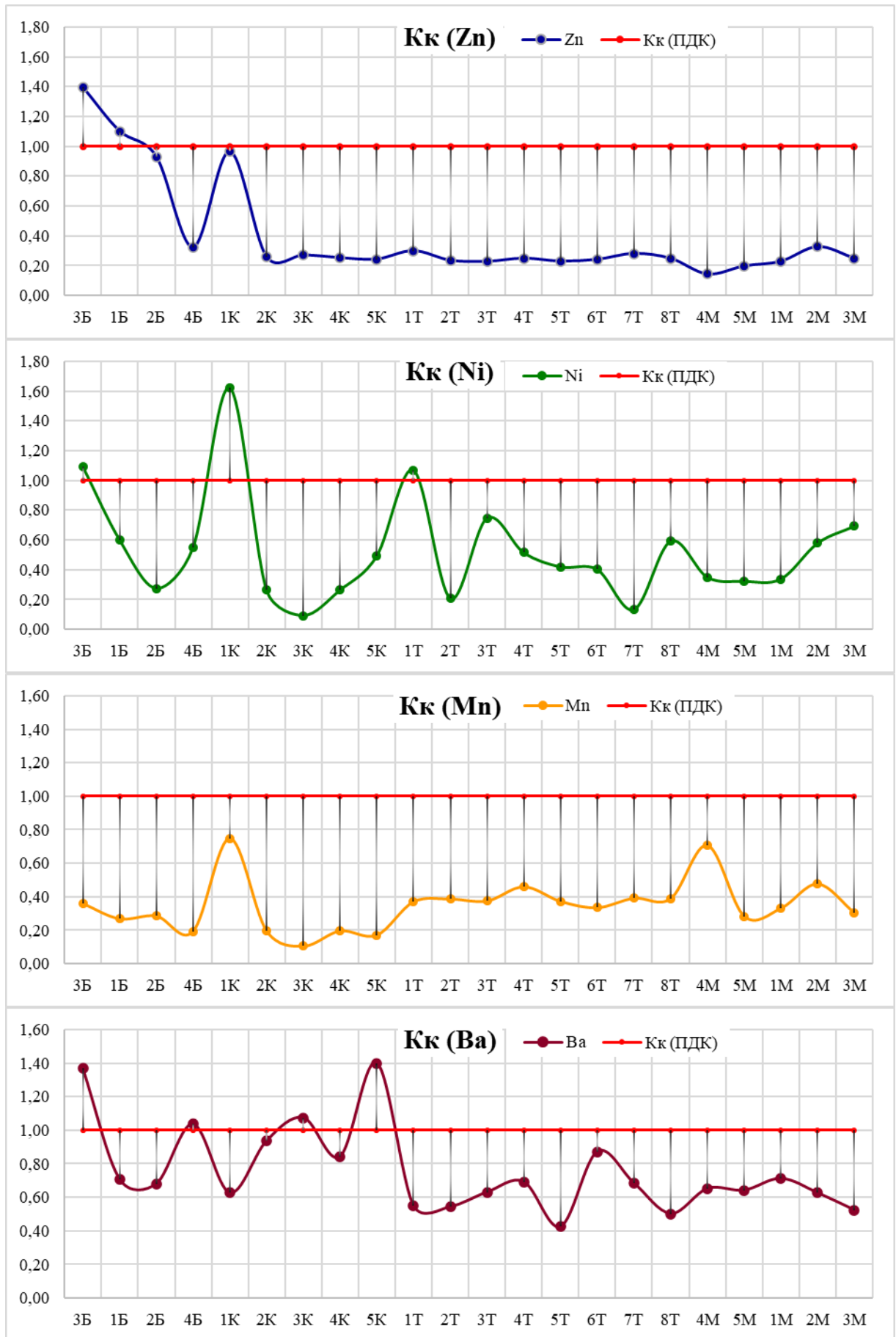


Рисунок 3.37 – Содержание токсичных веществ в анализируемых образцах.

Таким образом, при недостатке плодородного слоя почвы и потенциально-плодородных пород грунтосмеси в отвалах могут быть использованы для лесохозяйственного, природоохранного и рекреационного направления рекультивации без нанесения рекультивационного слоя. Временной промежуток между техническим и биологическим этапом рекультивации (не менее 2 лет) позволяет улучшать агрохимические свойства пород за счет процесса выветривания и накопления минимального запаса влаги. Техногенный элювий, сформированный из вскрышных пород песчаного, супесчаного, суглинистого и глинистого гранулометрического состава, характеризуются наличием плодородного слоя достаточной мощности от 5 до 36, не загрязнены токсичными веществами, что делает их пригодными для целей биологической рекультивации.

3.4 Разработка рекомендаций по рекультивации высоких внешних отвалов

Изучение морфометрических параметров отвальных массивов ОАО «УК» Кузбассразрезуголь» позволило получить график зависимости результирующих углов откосов от общей высоты отвала (рисунок 3.38). при выборе данных фактические параметры сооружений, на которых происходили или происходят аварии были исключены.

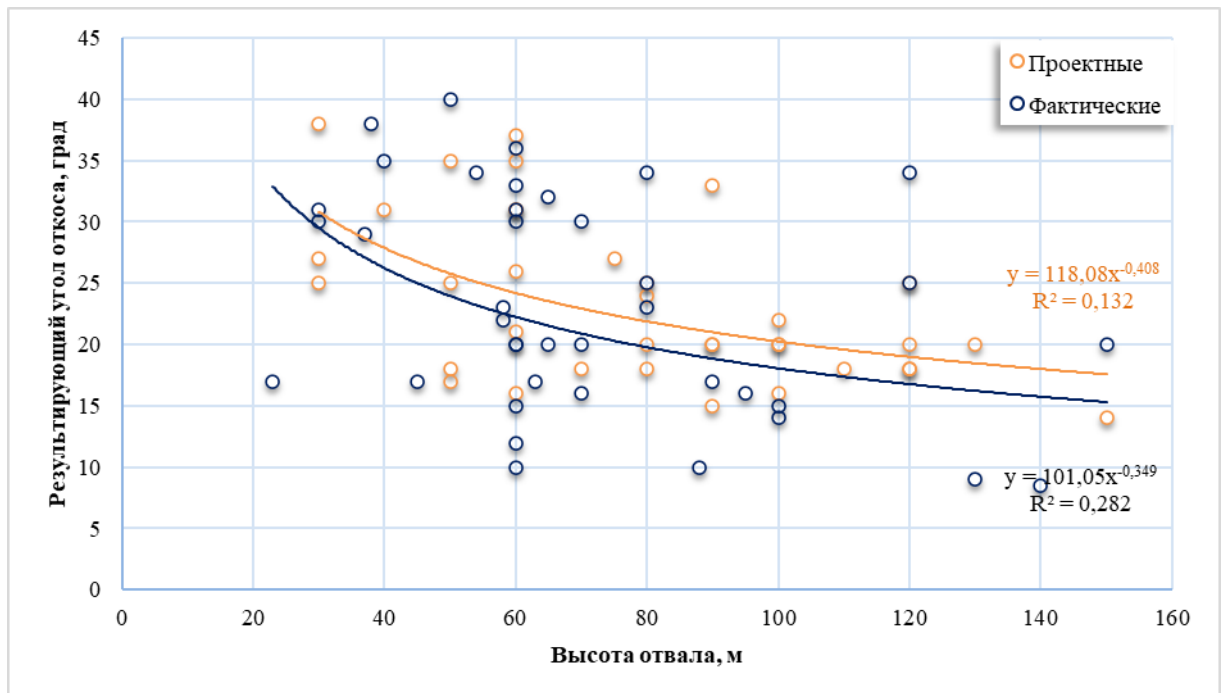


Рисунок 3.38 – Параметры, обеспечивающие устойчивость отвальных сооружений

Полученную зависимость можно использовать для анализа устойчивости отвальных сооружений, и соответственно, безопасности работ на нем, при отсутствии данных инженерно-геологических изысканий и проектной документации.

На основании имеющихся фактических параметров (высота и результирующие углы) исследуемых отвалов данные переносятся на график (рисунок 3.39). Анализ безопасности сооружений производится по визуальной оценке расположения точек на графике (рисунок 3.39) согласно таблице 3.2. Также необходимо учитывать, согласно нормативной документации, результирующий угол для различных направлений рекультивации, при исключении дополнительных расчетов устойчивости сооружений, не должен превышать 12-25°.

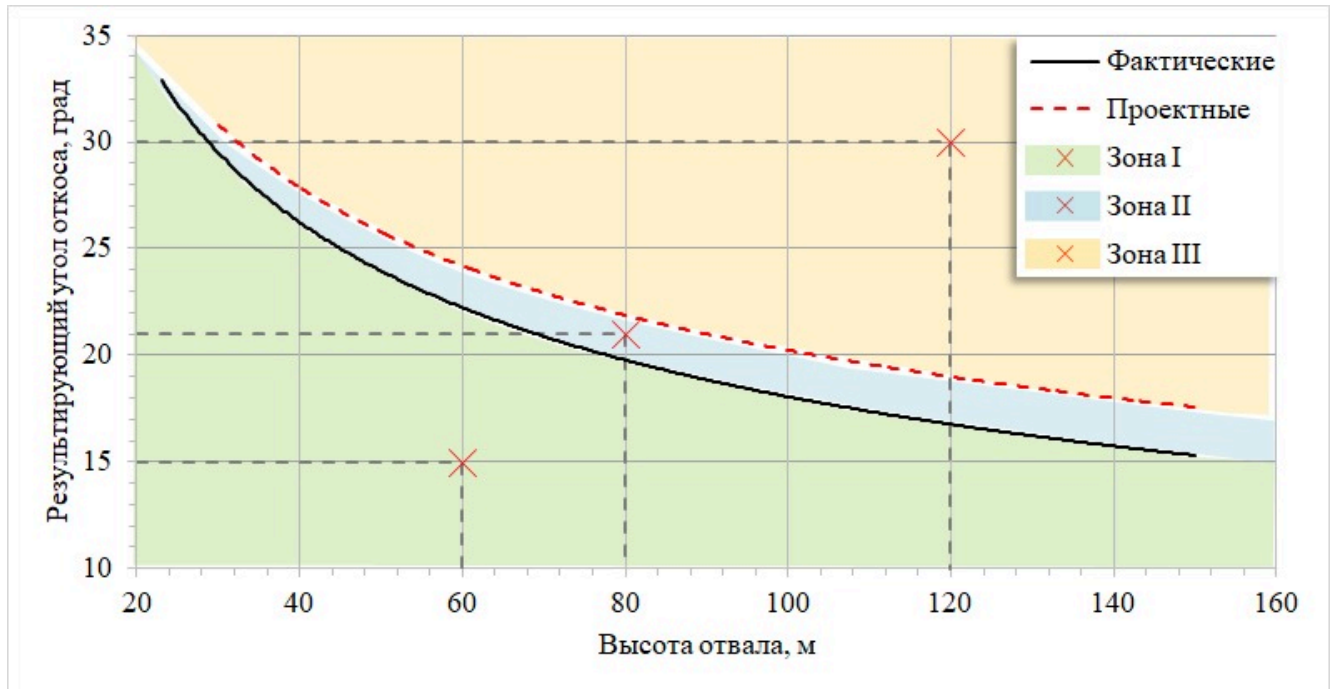


Рисунок 3.39 – График для подбора параметров, обеспечивающих устойчивость ОПТС

Таблица 3.2 – Характеристика безопасности отвальных сооружений

Положение точек на графике		Характеристика условий эксплуатации	Рекомендации*	
Зона I	Ниже фактических	Безопасные	-	
Зона II	Между фактических и проектных	Небезопасные, Некритичные	Анализ данных об инженерно-геологических изысканиях и возможном развитии геодинамических процессов в теле массива	
			При необходимости выполнение расчетов устойчивости	- по всем точкам - по точкам, превышающим проектные параметры
Зона III	Выше проектных	Критические	Незамедлительная проверка состояния устойчивости	
			Повторное выполнение инженерно-геологических изысканий	
* Для всех отвальных сооружений рекомендуется вести мониторинг устойчивости откосов				

3.5 Выводы по Главе 3

1. В результате выполненного анализа многочисленных исследований авторов, выполненных при инженерно-геологических исследованиях оснований отвальных сооружений в Кузбассе, установлено, что прочность техногенных пород в отвалах зависит от вещественного состава и свойств разрушенного скального материала в куске, поступающего в горнотехническое сооружение, а также величины нормальной нагрузки, определяющейся высотой отвала.

2. Анализ данных результатов позволяет отметить тенденцию увеличения сцепления в зависимости от нагрузки предварительного уплотнения и содержания глинистого наполнителя и уменьшение угла внутреннего трения.

3. Обобщение результатов инженерно-геологических исследований на различных участках существующих и ликвидированных отвалов, а также выполненная статистическая обработка данных лабораторного определения физико-механических свойств, позволили создать базу данных расчетных характеристик и свойств пород, для обоснования оптимальных параметров внешних отвальных сооружений и устойчивости откосов.

4. В ходе натурных исследований территории отобраны образцы выветрелого слоя вскрышных пород. Изучение процесса накопления техногенного элювия в слое 0-40 см показало, что аккумуляция элювия в поверхностном слое происходит довольно медленно. В первые годы образуется незначительный слой от 1 до 9 см, затем происходит резкое изменение мощности ТЭ в диапазоне времени стояния отвалов от 5 до 15 лет после чего изменение гранулометрического состава выходит на своеобразное плато без характерных изменений. Накопление техногенного элювия происходит интенсивнее на отвалах, характеризующихся относительно небольшими высотами (отвал «Южный» Краснобродского УР и отвал, образованный при разработке пласта Сычевский – I Моховского УР). Также параметры отвальных массивов оказывают влияние на поверхностный смыв образовавшегося ТЭ, поэтому мощность элювия увеличивается от верхних участков откоса к основанию. Данные обстоятельства являются решающими при обосновании способов и направлений рекультивации.

5. В рамках диссертационного исследования проанализированы пробы техногенного элювия на показатели плодородия и загрязненности. На основании результатов лабораторного анализа отобранных образцов техногенного элювия, пробы характеризуется следующими агрохимическими и химическими показателями:

— Содержание органического вещества в техногенном элювии определено по объединенной пробе. Массовая доля органики в анализируемых образцах варьирует от очень

низкой - 1,43 до повышенной - 6,74%. Высокое содержание органического вещества в пробах обусловлено наличием угля во вскрышных породах.

— Валовое содержание азота в образцах в пределах нормы – 0,01-1,09%.

— В пробах определено содержание подвижных веществ доступных для питания растений: подвижного фосфора (P_2O_5), обменного калия (K_2O).

— Содержание P_2O_5 находится в диапазоне от очень низкого до очень высокого (3,53-255 мг/кг). Обеспеченность техногенного элювия фосфором оценивается как достаточная.

— Содержание обменного калия (K_2O) составляет 57-474 мг на кг почвы – от среднего до очень высокого. Это характеризует хорошую обеспеченность растений калием.

— Реакция почвенного раствора (кислотность данных грунтов) от нейтральной (рНвод- 6,78) до слабощелочной (рНвод- 8,98). Такая кислотность среды благоприятна для большинства культурных видов растений.

— Валовое содержание тяжелых металлов и бария в техногенном элювии с учетом фоновых показателей не превышает ПДК, ОДК, за исключением Zn и Ni, содержание которых в объединенных пробах 1Б,3Б, 1К и 1Т превышает ОДК от 1,1 до 1,6 раза.

6 Полевые и лабораторные исследования показывают, что накопление питательных веществ (гумуса, азота, калия и фосфора) и развитие почв в техногенных ландшафтах угольных месторождений Кузбасса находятся под значительным влиянием техногенного осаждения угольных частиц, входящих в состав вскрышных пород. Таким образом, мы получаем зависимость плодородия слагающих отвалы пород, а также качества образующегося плодородного субстрата техногенного элювия, от степени метаморфизма углей, которые содержатся во вскрыше, и возраста отвальных сооружений. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что использование отвальных пород для биологической рекультивации позволяет использовать минерально-ресурсный потенциал территории в целях биологической рекультивации.

7. Разработаны рекомендации по выбору устойчивых параметров при обосновании рекультивации высоких отвалов.

ГЛАВА 4 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ГИДРООТВАЛОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД

4.1 Анализ применения гидромеханизации и условий формирования отвалов «сухих» пород на поверхности гидроотвалов

Процессы формирования техногенных насыпных и намывных пород кардинально отличаются друг от друга по используемым технологиям и применяемым в механизмах физическим принципам, а также по среде протекания. В частности, гидравлические технологии используют разрушение пород под действием кинетической энергии струи, их транспортировку напорным гидротранспортом и гидравлический намыв в подготовленную емкость. При их гидравлическом складировании на поверхности земли формируются значительные по высоте и площади намывные техногенные массивы, характеризующиеся распространением слабопроницаемых глинистых и суглинистых пород, неоднородных по составу, состоянию и физико-механическим свойствам как в плане, так и в разрезе [116].

Более 70 лет на разрезах Кузбасса применяется технология гидромеханизации (рисунок 4.1). В общей сложности было перемещено более 1,5 млрд м³ вскрышных пород неоген-четвертичного возраста [91], слагающих верхние части разрезов разрабатываемых месторождений, с размещением в специальные внешние сооружения – гидроотвалы. В общей сложности спроектировано, построено и эксплуатировалось 57 гидротехнических сооружений, занимающих территории порядка 7000 га.

Гидроотвалы характеризуются различными геометрическими размерами с колебанием высот от 4 до 77 м. Высота гидроотвала «Бековский» достигает 76,6 м, «Прямой Ускат» – 54 м, «Моховский» – 51 м, «Кедровский №3» – 57 м и «Акташский» – 61 м. Наиболее крупными по площади являются сооружения: «Моховский» (765 га), «Черниговский №1» (640 га), «Сагарлыкский» (600 га), «Кедровский №5» (545 га), «Черновой Уроп» (460 га). Емкость гидроотвалов изменяется также в широких пределах от 0,6 до 100 млн. м³. По емкости наибольшими сооружениями являются: «Сагарлыкский» (100 млн. м³), «Бековский» (80 млн. м³), «Черниговский» №1 (60 млн. м³) и №2 (52 млн. м³) и «Прямой Ускат» (57,5 млн. м³) [26, 42].

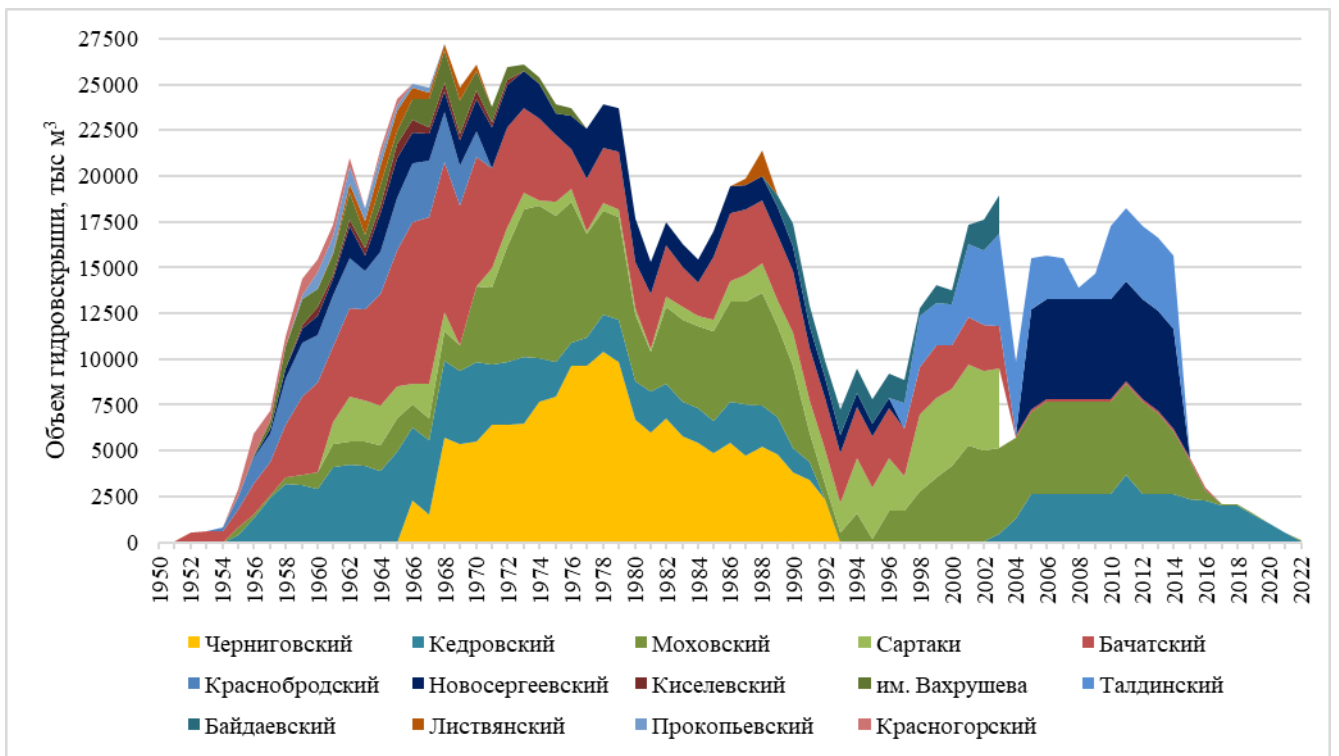


Рисунок 4.1 – Объемы гидровскрыши по годам

По состоянию на 2021 год действующим является только гидроотвал на Кедровском угольном разрезе. Последними из эксплуатации были выведены гидроотвалы на р. Еловка Моховского УР (2021г.), на р. Прямой Ускат Краснобродского УР (2017г.), на р. Еланный Нарык Талдинского УР (2013-2014гг.) и «Бековский» Бачатского УР (в 2002г. прекращен намыв вскрыши, в 2016г. - шлам КНС). После выведения из технологических циклов горнопромышленного комплекса большая часть намывных ГТС используется для размещения на их поверхности отвалов «сухой» вскрыши [91].

Как правило намывные объекты располагаются на близком расстоянии от горных выработок разрезов, поэтому практический интерес к ним в качестве оснований отвалов достаточно высок [29].

В различные годы отвалообразование велось на более чем 40 на намывных массивах, а некоторые из них и в настоящий момент находятся в эксплуатации. Например, после окончания намыва в 1975г. площадь «Сагарлыкского» гидроотвала перешла в статус основания для отвала «сухих» пород, в котором было уложено более 300 млн. м³ вскрыши. В последние годы отвалообразование на нем осуществляется в объеме 25-30 млн. м³ в год. В 2014 году прекращает свое существование гидроотвал на р. Еланный Нарык разреза «Талдинский», поверхность которого также используется под отвалы высотой превышающей 90 метров, причем их отсыпку планируется осуществить в течение 10 лет [13], т.е. с наибольшей и невиданной до сих пор с интенсивностью отвальных работ. В 2017 году ликвидирован

гидроотвал на реке Прямой Ускат и обоснована возможность отсыпки на его поверхности (площадь 270 га) сухого отвала высотой 90 м при ежегодных объемах складирования до 20 млн. м³.

Сдерживающим фактором при формировании новых отвальных природно-технических систем «отвал+гидроотвал» является значительное водонасыщение пород вследствие чего существует проблема транспортной проходимости, а также ограничения возможности произрастания полезной растительности. Однако на фоне существующего дефицита земель для размещения отвалов гидроотвалы являются потенциальным резервом. Сокращении площадей земельного отвода, улучшение логистики вскрышных пород являются серьезным преимуществом формирования отвальных насыпей на поверхности намывных массивов. Также стоит отметить, что в перспективе отсыпку насыпей из более прочных пород на гидроотвале необходимо рассматривать как горнотехнический этап рекультивации.

4.2 Особенности инженерно-геологических и гидрогеологических условий гидроотвалов и основные принципы их изучения для обоснования параметров рекультивации

Опыт возведения отвалов на намывных сооружениях, таких как гидроотвалы, вскрышных пород показывает, что отвальные работы в данном случае отличаются от традиционных, выполняемых на прочном основании, как по обоснованию оптимальных параметров отвалообразования, так и порядку развития отвала, и применяемым технологиям ведения отвальных работ, в том числе и проведение горно-технического этапа рекультивации.

Предшествующие рекультивации инженерно-геологические изыскания должны учитывать специфические особенности функционирования сложнейших природно-технических систем (ПТС) «гидроотвал+отвал». Именно таким образом, с учетом взаимодействия формирующегося насыпного массива из вскрышных пород угольных месторождений с намывным массивом, необходимо рассматривать исследуемые объекты при обосновании параметров новой ПТС.

Проблемы безопасности при создании сложных ПТС «гидроотвал+отвал» заключаются в наличии в основании «сухого» отвала намывного техногенного массива, представленного водонасыщенными слабоуплотненными породами с низкой прочностью и высокой сжимаемостью. По гранулометрическому составу данные отложения представлены, в основном, пылеватыми суглинками, реже - супесями и глинами.

Вскрыша, разрабатываемая посредством гидромеханизации, представляют собой мелкодисперсный материал, которые перекачивается в виде водной суспензии или пульпы. При ее выгрузке образуется дельта, на которой частицы подвергаются гидравлической сортировке, седиментации и консолидации под собственным весом, а также частичному обезвоживанию при воздействии испарения. Характерный гранулометрический состав и суспензионная форма

приводят к образованию влажного мягкого осадка. Традиционная рекультивация намывных сооружений подразумевает укладку слоя потенциально-плодородных пород и создания почвенного покрова на поверхности, однако ограниченная несущая способность гидроотвалов делает укладку покрытия проблематичным. Часто делается ставка на укрепление поверхности за счет образования «корки» при высыхании, однако это не обеспечивает достаточную несущую способность, поэтому работа на таком сооружении небезопасна и малоэффективна [123, 124].

Такие отложения относятся к категории «слабых» и характеризуются низкой несущей способностью. Поэтому при размещении отвалов на намывном основании развиваются различные гравитационные процессы и явления, а именно:

- 1) процессы седиментации и фильтрационной консолидации (гидрогеомеханические процессы), характеризующиеся образованием в породах при их нагружении избыточного порового давления, его рассеиванием во времени и уплотнением намывных отложений;
- 2) процессы технолитогенеза – изменение состояния и свойств намывных пород при их нагружении отвалами;
- 3) геодинамические процессы – оползни откосов отвальных ярусов при их отсыпке на слабое водонасыщенное основание. Наиболее трудно прогнозируемыми при этом являются процессы выдавливания намывных пород из-под насыпей отвалов и замещение их отсыпаемыми массами.

На поверхности намывных сооружений формируются зоны с различным гранулометрическим составом и протяженностью. Таким образом, образуются три зоны песчано-супесчаных пород (10-15 % от общей длины сооружения L , м), суглинистых (50-60 % от L) и глинистых (30-40 % от L) пород (рисунок 4.2).

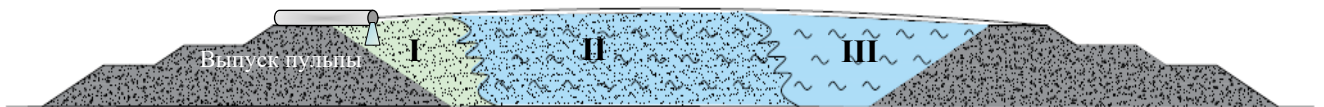


Рисунок 4.2 – Инженерно-геологический разрез гидроотвала: I – зона песчаных-супесчаных пород; II – зона суглинистых пород; III – зона глинистых пород

Выделенные зоны отличаются по физико-механическим и фильтрационным свойствам пород, а также их деформационному поведению под нагрузкой. Данная информация необходима для выполнения геомеханических расчетов при обосновании параметров насыпей и устойчивости откосов формируемой ПТС «гидроотвал+отвал», а также выполнении прогноза оседаний поверхности отвала для разработки рекомендаций по горнотехнической рекультивации объекта.

Консолидация - это процесс уменьшения объема в насыщенных породах за счет. Следовательно, скорость консолидации определяется сжимаемостью, проницаемостью и «длиной дренажного пути». Уровень осадки напрямую связан с изменением коэффициента пустотности, который прямо пропорционален скорости рассеивания (диссипации) избыточного порового давления воды. Ранее считалось, что консолидация одномерна и распространяется только нормально. В настоящее время с развитием способов моделирования, установлено, что рассеивание ИПД происходит, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении, поэтому при расчетах и обосновании устойчивых параметров гидроотвалов недостаточно учета одномерной консолидации, необходимо учитывать трехмерную консолидацию.

Процессы консолидации приводит также к зональности тела намывного массива в вертикальном разрезе. По профилю наблюдается образование подзон текучих, мягкопластичных и тугопластичных пород, а иногда - полутвердой и твердой консистенции (в зависимости от мощности намывных пород). Первая подзона текучих пород в период прекращения намыва составляет 20-25 м, что ограничивает несущую способность поверхности гидроотвалов (рисунок 4.3) [116].



Рисунок 4.3 – Пример подзоны текучих намывных пород на поверхности гидроотвала

Например, на гидроотвале на р. Еланный Нарык Талдинского УР было принято решение произвести отсыпку сухих пород на поверхность гидроотвала в объеме 10 млн т/год. В начале отсыпки высотная отметка достигала 300м, на данное время отсыпка продолжается, однако пляж гидроотвала еще не закрыт, при высотной отметке в 380м. Интенсивные отвальные работы привели к нарушению скелета гидроотвала, т.е. скорость отвалообразования превысила скорость консолидации пород в теле массива. Механическое воздействие на поверхность гидроотвала привело к изменению консистенции намывных пород от тугопластичной к текучей, т.е. тиксотропно-разжиженному их состоянию.

Таким образом, особенности инженерно-геологических условий намывных объектов определяют необходимость разработки специального научно-методического обоснования их использования для отвалообразования и оригинальных технологических схем, обеспечивающих их дальнейшую рекультивацию.

4.3 Геодинамические процессы при формировании природно-технических систем ПТС «гидроотвал + отвал»

Пренебрежение изучением рассмотренных выше процессов может привести к авариям и аварийным ситуациям, имеющим серьезные последствия для окружающей природной среды, инфраструктуры предприятия, зданий и различных сооружений.

Специфической особенностью формирования отвалов на гидроотвалах является развитие в техногенных и естественных массивах различных гравитационных геологических процессов, среди которых особое место занимают геодинамические – оползни, осадки, оседания, оплывание откосов, которые могут привести к авариям, представляющим угрозу окружающей среде, объектам инфраструктуры.

Отсыпка отвальных насыпей на слабое намывное основание практически всегда сопровождается развитием опасных оползневых процессов. Обеспечение безопасности при этом возможно только посредством управления и контроля деформационных процессов.

В результате изучения геодинамических процессов при отсыпке отвалов «сухой» вскрыши на гидроотвалах Кузбасса с использованием автомобильно-бульдозерного комплекса установлено развитие четырех видов деформаций, сопровождающих отвалообразование (рисунок 4.4).

Основными факторами, влияющими на инициирование определённого вида деформации, являются высота и интенсивность отвалообразования, а также прочностные и деформационные свойства пород. Исключением является осадение отвалов: они повсеместны и имеют разную продолжительность (годы и десятилетия в глинистых отложениях, практически равная интенсивности нагружения в песчаных породах).

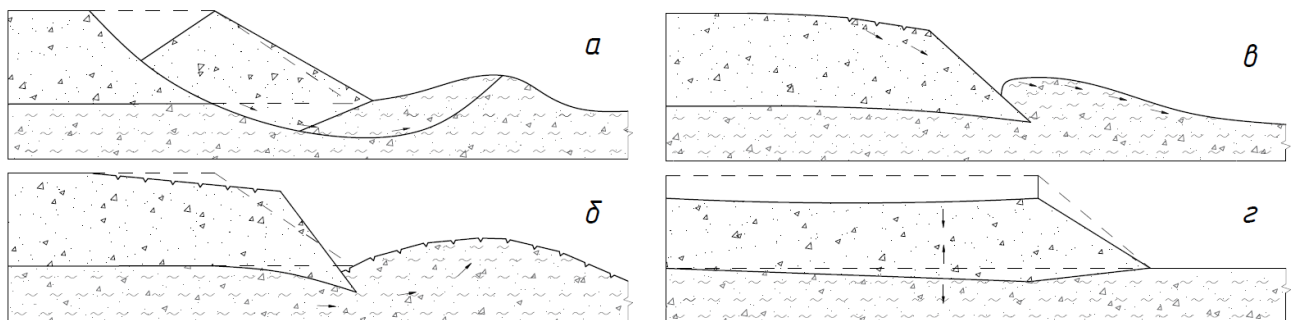


Рисунок 4.4 – Деформации при отсыпке первого яруса на поверхность гидроотвала [92]

а) Оползни, характерны для отвалообразования в зоне песчано-супесчаных и суглинистых отложений, сложенных сложенными более прочными породами.

б) При отсыпке насыпей на участки, приуроченных к глинистым зонам, для которых характерна текучая консистенция, происходят оплывания на склонах, при этом сопротивление сдвигу минимально и, как правило, не превышает 0,01 МПа). Также наблюдаются специфические виды деформаций в виде оседания с выдавливанием намывных пород и их замещением более прочными насыпными. Деформирования отвала на гидроотвале по данному виду происходит в виде плавного погружения насыпных пород в намывные без образования поверхности скольжения.

в) Оседания, характерны для глинистой зоны, представленной осадками осадками текучей консистенции. Имеет место на склонах и выражается в медленном растекании вязко пластичных грунтов под углом, естественного откоса, вследствие перехода в текучее состояние.

Так, подподошвенные оползни и деформации оседания отвалов сопровождаются формированием у нижней бровки откоса некоего поднятия поверхности относительно первоначальных отметок, т. е. происходит образование неравномерной поверхности рельефа с перепадами наклона до 6-8°, при этом процесс сопровождается вязко пластичным растеканием масс под углами естественного откоса, который составляет для текучих глинистых пород 2-3 град.

г) Четвертый вид деформирования – осадки развиваются на отвалах и связаны с уплотнением пород под действием собственного веса. Они не являются опасными, скорее наоборот, данные деформации улучшают устойчивость отвалов за счет процессов уплотнения-упрочнения пород.

Например, в 2005 г. в процессе отвалообразования непосредственно у дамбы на намывном пляже гидроотвала «Бахтыхтинский» произошла аварийная ситуация в виде оползневой деформации. Ее протяженность составила порядка 200м, при это общий объем оползня, включая отсыпaeмы и намывные породы, достигла 500 тыс. м³ (рисунок 4.5) [37].

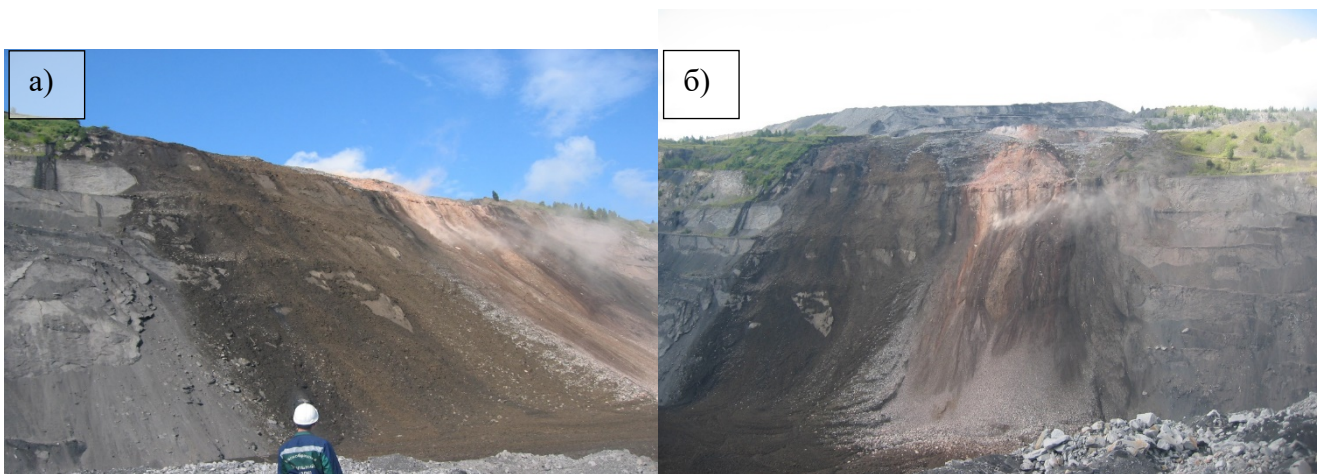


Рисунок 4.5 – Вид на оползень со стороны: а – дамбы гидроотвала; б – борта карьера

Другим примером развития оползневой деформации при отсыпке отвала на намывное основание является гидроотвал №3 Кедровского разреза. Он показателен тем, что в процессе формирования насыпей велись маркшейдерские и гидрогеологические наблюдения. На рисунке 4.6 показано положение отвала до и после развития оползневой деформации.



Рисунок 4.6 – Положение отвала до и после развития оползневой деформации оползня

Наблюдения за состоянием насыпи велись по геодезическим реперам, установленным на откосе насыпи, и по датчикам гидростатического давления, внедренным в намывной массив непосредственно под контуром нагружения и за его пределами (рисунок 4.7). По данным мониторинга в процессе отсыпки был зафиксирован рост порового давления до уровня, при котором увеличились скорости смещения [37], сопровождающиеся дальнейшим неравномерным повышением давления. При этом его рассеивание в намывных породах происходит постепенно после схода оползня (рисунок 4.8). Обратными расчетами по произошедшему оползню с учетом установленной гидрогеомеханической ситуации получено сцепление 0,015 МПа при нулевом трении.

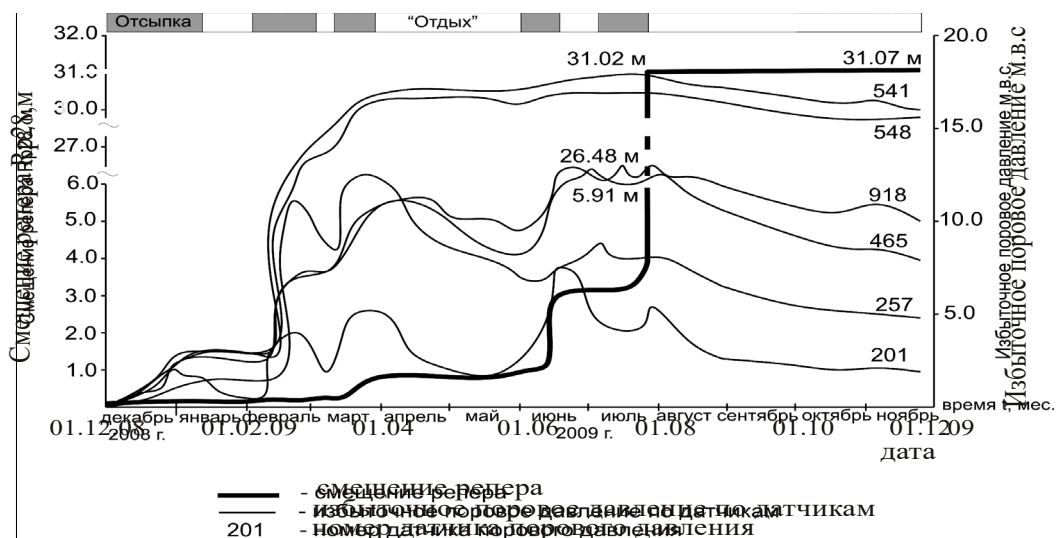


Рисунок 4.7 – Изменение ИПД в намывном массиве и горизонтальные смещения репера при формировании насыпи на гидроотвале №3 разреза «Кедровский» [11]

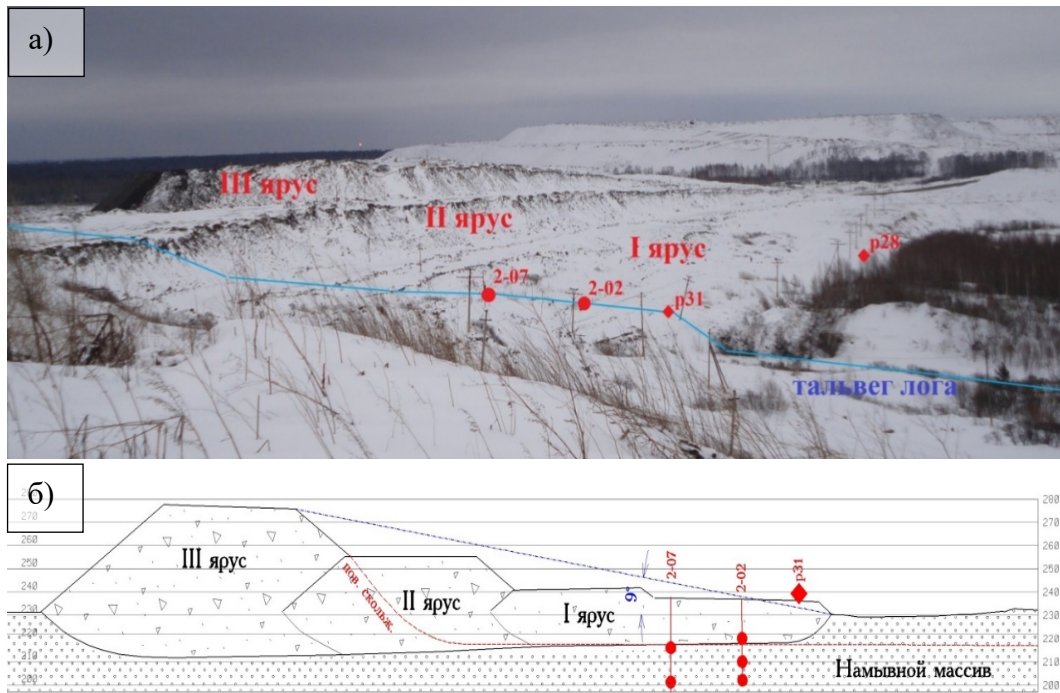


Рисунок 4.8 – Деформация на поверхности на гидроотвале №3 разреза «Кедровский», образованный на этапе формирования насыпи: а – дамба с указанием с указанием точек контрольных пунктов; б – разрез дамбы с указанием поверхности скольжения

4.4 Обоснование параметров формирования природно-технических систем (ПТС) «отвал+гидроотвал»

Фундаментальная проблема обеспечения безопасности отвальных работ и устойчивости техногенных массивов намывных пород возникает из-за того, что прочность на сдвиг при дренируемом (медленном) и недренируемом (быстром) нагружении принципиально различается. В теле гидроотвала под действием напряжения сдвига может возникнуть объемная деформация. Если деформация происходит без избыточного порового давления, прочность на сдвиг достигает высокого значения и устойчивость массива не подвергается опасности. Однако, как только давление в порах создается в избытке, эффективные напряжения уменьшаются и прочность на сдвиг, которая исключительно определяется трением в структуре намывных пород, снижается. Отвальные сооружения, которые долгое время считались устойчивыми, могут внезапно стать неустойчивыми при неблагоприятных условиях нагрузки.

Низкие эффективные напряжения и плотность вызывают очень низкую жесткость структуры намывных пород. Изменения плотности и небольшие деформации поверхности массива, возможные при работе горной техники, могут распространиться от поверхности и привести к нежелательным геодинамическим процессам. Особые трудности возникают, когда намывные, водонасыщенные породы находятся непосредственно под поверхностью земли или

покрыты коркой, то есть скрыты для внешнего обнаружения. Таким образом на поверхности проявляется потеря устойчивости и доступ техники является ограниченным и небезопасным.

На разрезах Кузнецкого угольного бассейна при формировании отвалов, в основном, применяется два вида технологического оборудования: 1) автомобиль и бульдозер; 2) драглайн и железнодорожный транспорт [13].

Стоит отметить, что наибольшее распространение на объектах получила схема с применением мобильных автомобильно-бульдозерных комплексов, грузоподъемность которых в последние годы возросла до 220-320 тонн. При этом на поверхность намывных массивов отсыпаются вскрышные, преимущественно дезинтегрированные, полускальные и скальные породы, включая литологические разности из песчаников, алевролитов и меньшем количестве (до 22%) четвертичных суглинков и глин [27, 29].

Исходя из опыта проектирования отвалов, наиболее рациональным в данном случае является поярусная отсыпка. от периферии выделенной площади к центру. Любые попытки изменить ее на противоположную жестоко карались нарушениями устойчивости внешних откосов, сопровождавшимися расползанием оползневых масс за границы земельного отвода. В некоторых случаях выдавленные намывные массы попадали в горные выработки разрезов, что приводило к их ликвидации и списанию оставшихся запасов.

На участках поверхности гидроотвала Талдинского угольного разреза выполнены опытно-промышленные эксперименты по отсыпке ярусов из вскрышных пород с использованием автомобильного транспорта и бульдозеров в режиме контролируемых оползневых деформаций.

На гидроотвале начали проводить отсыпку вала обвалования по отметкам +320 м на плотинах и периферии намывного массива. Интенсивные отвальные работы первым ярусом непосредственно у дамбы №1 на намывной поверхности сопровождались деформациями «выдавливания-замещения», которые привели к постепенному поднятию намывных пород практически до отметок отвального яруса +320 м, при этом величина внедрения насыпных пород в намывные отложения со стороны дамбы №2 превысила прогнозируемое значение $0,5H$, где H - высота отвального яруса. Это привело к образованию геомеханической ситуации, при которой выдавленные из-под отвала намывные породы поднялись до отметок +315,0 м, поэтому дальнейшая отсыпка отвала по отметкам +320,0 м стала невозможной.

На гидроотвале Краснобродского угольного разреза были осуществлены опытно-промышленные эксперименты по отсыпке ярусов из вскрышных пород. На первом этапе была выполнена отсыпка пригрузов основной плотины и боковых дамб, а также по всему периметру сооружения. После окончательной отсыпки пригрузов по отметкам +325 начиналось формирование первого яруса по отметкам +340 м. Необходимо отметить, что отсыпка ярусов

также сопровождалась процессами «замещения-выдавливания» намывных пород из-под отвала в непригруженную часть намывного массива непосредственно перед фронтом развивающегося отвального яруса. Особое внимание при отсыпке пригрузов и ярусов +340 было уделено участкам, характеризующимся минимальным превышением гребня дамбы над пульпой, в связи с чем могла возникнуть опасность перелива намывных пород при отсыпке ярусов.

Тенденция незначительного снижения или сохранения значения показаний датчиков порового давления в массиве ПТС с сентября 2020 года дает основание считать, что избыточное поровое давление, сформировавшееся в намывных и естественных породах в период отсыпки пригрузов и ярусов отвала до отметки +341 м., постепенно рассеивается, а условия устойчивости откоса – улучшаются. В целом, положение откосов гидроотвала можно характеризовать как устойчивое.

Таким образом, в перечень задач, необходимых для обоснования параметров отвалов на гидроотвале, следует включить:

- прогноз напряженно-деформированного состояния пород намывного массива при отсыпке отвала на его поверхности в зависимости от режима нагружения: высоты отсыпаемого слоя (яруса), направления и порядка отсыпки, интенсивности возведения;

- изучение и прогноз изменения состояния и свойств намывных пород при их нагружении отвалами;

- прогноз выдавливания-замещения при отсыпке насыпей на поверхности гидроотвала;

- прогноз уровня режима в формирующемся техногенном массиве отвала и, при необходимости его снижения, обоснование системы дренажа горизонтальными дренажными скважинами;

- оценка устойчивости откосов и обоснование параметров ПТС «отвал+гидроотвал» на всех этапах формирования с учетом рассмотренных выше процессов, режима нагружения: высоты отсыпаемого слоя (яруса), направления и порядка отсыпки, интенсивности возведения.

До начала отсыпки «сухого» отвала на поверхности гидроотвала необходимо произвести расчеты устойчивости откосов ограждающих дамб по нескольким диагностическим профилям для обеспечения требуемого коэффициента запаса устойчивости 1.40 согласно нормам безопасности, установленных ФНП «Правила обеспечения устойчивости...» [73] для условий формирования отвалов из дисперсных грунтов на слабом основании.

4.5 Рекомендации по формированию рекультивационной насыпи при ликвидации гидроотвала

При отсыпке первого яруса в теле отвала происходит сильное увеличение вертикальных и горизонтальных напряжений, которые простираются до областей, далеко выходящих за

пределы зон статической нагрузки. В частности, небольшое увеличение напряжений приводит к значительному сжатию и структурным изменениям намывных пород. Нагрузка также вызывает изменение порового давления и последующее его снижение (пространственная консолидация), при этом жидкое и газообразное заполнение пор вынуждено перемещаться в поровом пространстве. Величиной создаваемого избыточного порового давления можно осознанно управлять по мере продвижения отвальных работ. Процессы механического нагружения, происходящие в породах текучей и мягкопластичной консистенции, теоретически очень хорошо изучены на основе существующих исследований и уровня знаний, что позволяет производить расчетный прогноз и технический контроль процесса отвалообразования и рекультивации. [116,1118, 123].

Первоначально выполняют работы по отсыпке пригрузов низового откоса для укрепления дамбы гидроотвала. Затем, по периметру гидроотвала на сформированной дамбе отсыпается вал обвалования из вскрышных пород угольных месторождений в виде кольца, с которого осуществляется дальнейшее развитие первого яруса.

При формировании ярусов рекультивации необходимо учитывать бедующий рельеф поверхности. Неоднородность гранулометрического состава и деформационных свойств намывных пород гидроотвалов обуславливает неравномерную осадку поверхности при формировании первого яруса рекультивации. Очевидно, что процессы внедрения-замещения активнее протекают в глинистой зоне, чем в песчано-супесчаной.

Учитывая величину внедрения-замещения отсыпаемых пород в намывные от 0,5 до 1 Н, где Н - высота отвального яруса. Таким образом, минимальная мощность первого яруса рекультивационной насыпи должна быть не менее 7 м, при этом максимальные значения не должны превышать 50 м по условиям безопасности ведения работ. Выбор высоты отвального яруса основывается на от наличия на предприятиях необходимых объемов вскрыши и потребности в ее размещении. Последовательную отсыпку первого ярусов ведут в направлении от периферии к центру гидроотвала с применением бульдозерно-автомобильных комплексов в режиме управляемого деформирования откосов.

Доставка и разгрузка вскрышной породы на поверхность гидроотвала осуществляется у вала обвалования в зоне разгрузки с помощью автосамосвалов. Планировку и перемещение вскрышной породы под откос ведут в зоне планировки с применением бульдозеров.

Когда достигаются заранее определенные предельные значения для избыточного порового давления, риск деформаций может быть снижен путем периодического прерывания работы по отсыпке и рекультивации (интервальная работа). Поэтому отсыпку первого яруса ведут на последовательно сменяемых рабочих отвальных и резервных блоках (заходках) шириной 60-100 м, на которые разбивается весь фронт.

На участках с низкой несущей способностью пород могут возникнуть оползневые деформации подподошвенного типа, которые обычно характеризуются плавным и медленным характером развития. При использовании мобильного технологического оборудования (бульдозеров, автосамосвалов) отсыпку насыпи на каждом рабочем блоке следует вести до возникновения признаков нарушения устойчивости откоса. При этом протяженность оползающего блока по фронту в большинстве случаев совпадает с шириной участка интенсивного отвалообразования. Возникновение критического состояния характеризуется образованием у нижней бровки откоса вала выпирания из намывных пород гидроотвала и формированием на верхней площадке призмы возможного оползания, ширина которой изменяется в зависимости от высоты отвального яруса $0,7-1 H$ (где H - высота отвала) (рисунок 4.9). Начальная стадия данного процесса выражается в появлении трещины отрыва (рисунок 4.10), оконтуривающей тело оползня). При наличии вышеописанных признаков отвалообразование необходимо прекратить и перенести на участок, не затронутый деформационным процессом.

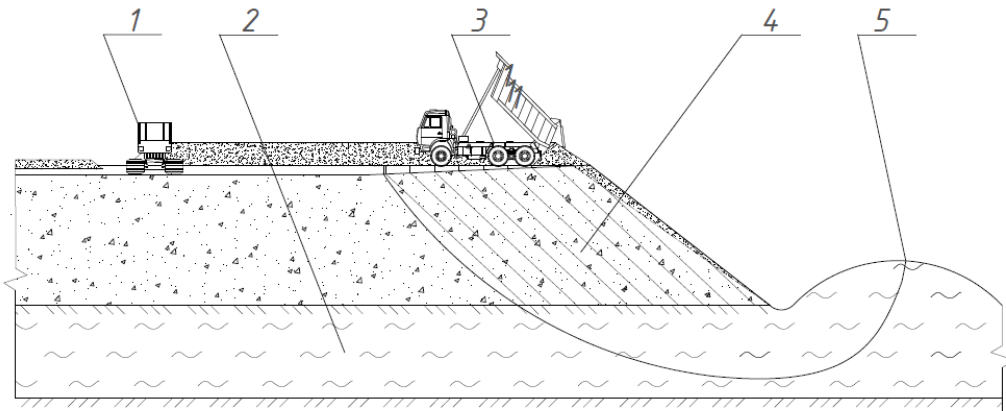


Рисунок 4.9 – Развитие деформации при отсыпке первого яруса рекультивации: 1 – бульдозер; 2 – намывные породы; 3 – самосвал; 4 – призма возможного оползания; 5 – вал выпирания



Рисунок 4.10 – Трещина отрыва на поверхности дамбы бывшего гидроотвала

Возобновление формирования рекультивационной насыпи производят после завершения активной стадии оползневого процесса, затем работы переносят на следующий ярус. Изучение морфологии и динамики подподошвенных оползней откосов отвалов выполняется на гидроотвалах региона на протяжении нескольких десятилетий. За этот период накоплен значительный материал, анализ которого позволяет отметить, что скорость деформаций в период активной стадии может достигать $0,015\text{H}$ м/сут, а при затухании процесса – $0,0015\text{H}$ м/сут.

Последовательное перемещение отвальных работ с участка, охваченного развитием подподошвенного оползня, на недеформируемый участок отвала обеспечит безопасные условия его формирования, а также даст возможность стабилизироваться оползневым процессам на участке развития деформаций и обеспечивает необходимый фронт работ. Такое развитие яруса рекультивационной насыпи позволяет отжать слабые намывные породы от границ гидроотвала к его центру, обеспечивая либо полное их отсутствие в пределах призмы возможного оползания откоса, либо их быстрое уплотнение-упрочнение под весом отсыпанных пород.

Формирование рекультивационной насыпи производят поярусно до полного покрытия поверхности гидроотвала рекультивационной насыпью. Работы на втором и последующих ярусах осуществляется частично на предыдущий после выполнения на нем планировочных работ и создания предохранительного вала и частично на намывную поверхность при условии отсутствия деформационного процесса. Направление развития отвальных работ аналогично отсыпке первого яруса от периферии к центру.

Сформированный практически горизонтальный рельеф поверхности является результатом отвалообразования и выполняет условия горнотехнического этапа рекультивации.

Вскрышные породы угольных месторождений в результате эрозионных процессов преобразуются в техногенный элювий, субстрат, обладающий потенциально плодородными свойствами, содержащий от 1 до 7 % органического вещества (угля), азотные, фосфорные, калийные минеральные соли и др., что обеспечит плодородие почвообразующего субстрата, рост и развитие растений, таким образом будет достигнуто выполнение биологического этапа.

С учетом высокой чувствительности пока неконсолидированных намывных пород и намывных отложений в основании на увеличение нагрузки, связанное с формированием насыпи, а также подвиганием фронта ведения горных работ, на ОПТС следует вести мониторинг безопасности [8, 13, 82, 106].

4.6 Выводы по Главе 4

1. Установлено, что рекультивация территорий гидроотвалов практически не осуществима без нанесения на поверхность слоя вскрышных дезинтегрированных пород.

Мощность этого слоя определяется наличием достаточных объемов вскрыши, позволяющих в зависимости от потребностей производства либо сформировать отвал максимально возможного объема и параметров, либо отсыпать насыпь минимальной высоты и объемов, обеспечивающих выполнение рекультивационных работ.

2. Начальную отсыпку на намывную поверхность первого яруса следует осуществлять в режиме контролируемых деформаций, используя блоковую последовательность развития насыпи в пространстве. Отвальные работы на каждом блоке должны осуществляться до появления критического состояния по деформационному поведению, после чего, их необходимо перенести на следующий отвальный блок.

3. Рекомендованный способ рекультивации гидроотвалов позволяет совместить процессы ведения отвальных и рекультивационных работ, обеспечить проходимость горной техники и безопасность ведения отвальных работ в режиме контролируемых деформаций, снизить затраты за счет вовлечения отходов производства в целях рекультивации, а также инициирования естественных процессов восстановления нарушенных земель.

4. Разработанные рекомендации нашли применение при обосновании рекультивации гидроотвалов отсыпкой на их поверхностях сухих пород на угольных разрезах Кузбасса, что подтверждается актом внедрения (приложение Г).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой законченную научно - квалификационную работу, в которой предлагается новое решение актуальной научной задачи - геоэкологическое обоснование рекультивации внешних отвалов угольных месторождений Кузбасса.

По результатам выполнения диссертационной работы сделаны следующие выводы и рекомендации:

1. Выполненный анализ геоэкологических условий формирования внешних отвалов при открытой добыче угля в Кузбассе позволил установить основные факторы, определяющие современное состояние ОПТС: физико-географическое положение, исходный литологический состав и свойства пород, технология добычи и отвалообразования, параметры отвальных сооружений, процессы техногенеза пород в отвальных массивах и почвообразования на их поверхности.

2. Разработанная система научно-методического обеспечения рекультивации отвалов с учетом геоэкологических и инженерно-геологических условий их формирования базируется на предложенной типизации ОПТС. В ее основу заложены принципы комплексности, последовательности и полноты исследований, направленных на изучение, обоснование и управление состоянием техногенного массива для обеспечения эффективного и безопасного ведения рекультивационных работ.

3. Произведена оценка агрофизических свойств и плодородия пород на поверхности отвалов. Определена зависимость мощности образующегося при их выветривании техногенного элювия – почвенного субстрата, от времени после размещения в сооружение. Установлено, что наличие частиц угля в составе техногенных образований и его окисление во времени, является основным фактором, обеспечивающим биологическую рекультивацию отвалов. При этом, выявлено, что увеличение концентрации углерода (от 0,9 до 8,2%) и органики (от 1,43 до 6,74%) наиболее интенсивное в отвалах, сложенных из углевмещающих пород кольчугинской серии.

5. Разработаны рекомендации по инженерно-геологическому и геоэкологическому обеспечению рекультивации гидроотвалов способом нанесения на их поверхности «сухих» отвальных насыпей определенной мощности в зависимости от наличия объемов вскрыши. Рекультивационные работы при этом предлагается осуществлять нанесением насыпей из вскрышных углесодержащих пород в режиме управляемого деформирования откосов, высота которых зависит от морфологии и динамики геодинамических процессов и применяемой технологии отвалообразования.

6. Результаты диссертационной работы могут быть использованы горными предприятиями и научно-исследовательскими организациями при обосновании проектов и выполнении рекультивации отвальных сооружений угольных месторождений.

7. Перспективы дальнейшего исследования темы заключаются в комплексном изучении геоэкологических условий формирования отвальных массивов применительно к месторождениям не только угля, но и других ископаемых для обоснования их рекультивации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авгушевич, И. В. Стандартные методы испытания углей. Классификации углей [Текст] / И. В. Авгушевич, Е. И. Сидорук, Т. М. Броневец // 2-е изд., перераб. и значительно дополненное изд. – Москва : Реклама мастер, 2018. – 574, [1] с; ISBN 978-5-902989-59-2.
2. Аверченков, В. И. Метод компьютерной реконструкции рельефа поверхности интерпретацией сфокусированности изображений / В. И. Аверченков, Д. В. Чмыхов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2008. – № 2(18). – С. 111-116.
3. Андропова, В. С. Современные изменения рельефа на территории Кузнецкого каменноугольного бассейна под влиянием открытых горных работ / В. С. Андропова, А. М. Шипилова // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2020. – № 4(34). – С. 25-28.
4. Андроханов, В. А. Некоторые подходы к решению проблемы рекультивации нарушенных земель в Кузбассе / В. А. Андроханов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № S7. – С. 178-185.
5. Баранник, Л. П. Лесообразование на породных отвалах угольных разрезов Южного Кузбасса. Почвообразование в техногенных ландшафтах / Л. П. Баранник, Е. Р. Кандрашин // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1979. – С. 172-179.
6. Баранник, Л. П. Проектирование лесной рекультивации на нарушенных землях для использования их в лесохозяйственных и рекреационных целях при разработке экспериментальных схем рекультивации в Кемеровской области / Л. П. Баранник // Биологическая рекультивация земель в Сибири и на Урале / Ответственный редактор: С. С. Трофимов. – Новосибирск: Новосибирское отделение издательства «Наука», 1981. – С. 28-46.
7. Баранник, Л.П. Экологическое обоснование и опыт биологической лесной рекультивации на техногенных территориях в Кузбассе / Л.П. Баранник // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. – Москва: Наука, 1978. – С. 159-165.
8. Бахаева, С. П. Оценка состояния и прогноз устойчивости техногенных грунтовых массивов угольных разрезов на основе комплексного мониторинга: автореф. дисс. д-ра техн. наук: 25.00.16 / Бахаева Светлана Петровна, КузГТУ. – Кемерово. – 2008. – 33 с.
9. Беланов, И. П. Почвенно-экологическое состояние естественных ландшафтов в районе интенсивной добычи каменного угля / И. П. Беланов, И. С. Семина, А. М. Шипилова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 10. – С. 308-313.

10. Брагина, П. С. В. Почвы на отвалах вскрышных пород в лесостепной и горно-таежной зонах Кузбасса / П. С. Брагина, А. С. Цибарт, М. П. Завадская, А. В. Шарапова // Почвоведение. – 2014. – № 7. – С. 878. – DOI 10.7868/S0032180X14050037.
11. Васильева, А. Д. Инженерно-геологическое обоснование устойчивости высоких отвалов угольных месторождений Кузбасса: дисс. соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 25.00.26 / Васильева Анастасия Дмитриевна, СПГУ. – СПб, 2019. – 186 с.
12. Ворончихина, Е.А. В 75: Рекультивация нарушенных ландшафтов: теория, технологии, региональные аспекты: монография. – Пермь: РИО ПГУ, 2010. – 165 с. ISBN 978-5-7944-1547-6.
13. Гальперин, А. М. Мониторинг и освоение техногенных массивов на горных предприятиях / А. М. Гальперин, Ю. И. Кутепов, В. С. Круподеров, О. Д. Семенов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 2. – С. 7-18.
14. Гальперин, А. М. Освоение техногенных массивов на горных предприятиях / А. М. Гальперин, Ю. И. Кутепов, Ю. В. Кириченко [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Горная книга», 2012. – 336 с.
15. Гальперин, А. М. Проблемы геомеханики и инженерной геологии в техногенных массивах / А. М. Гальперин, В. В. Мосейкин, С. А. Пуневский, Е. А. Семенова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № S1. – С. 5-13. – DOI 10.25018/0236-1493-2018-1-1-5-13.
16. Гальперин, А. М. Техногенные массивы и охрана окружающей среды: [Учеб. для вузов по направлению «Горное дело»] / А. М. Гальперин, В. Ферстер, Х.-Ю. Шеф; [МГГУ]. – М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 1997. – 534 с. ISBN 5-7418-0075-0
17. Геологический отчет с подсчетом запасов каменного угля в границах лицензии КЕМ 11672 ТЭ и в оптимальном контуре разреза Талдинского каменноугольного месторождения филиала ОАО "УК «Кузбассразрезуголь» «Талдинский угольный разрез». Книга 1 – Кемерово. 2016.
18. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-45 – Новокузнецк. Объяснительная записка. – СПб.: картфабрика ВСЕГЕИ, 2007. – 665 с. + 10 вкл. (МПР России, ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУП «Запсибгеолсъемка»).
19. Гумусообразование в техногенных экосистемах / С. С. Трофимов, Н.Н. Наплекова, Е. Р. Кандрашин [и др.]; Отв. ред. Р.В. Ковалев АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т почвоведения и агрохимии. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. - 163, [2] с.

20. Дашко, Р. Э. Исследования и анализ процесса консолидации водонасыщенных глинистых грунтов / Р. Э. Дашко // Грунтоведение. – 2014. – Т. 1. № 4. – С. 30-53.
21. Дашко, Р. Э. Механика горных пород [Текст]: [учебник по специальности «Гидрогеология и инженерная геология»] / Р. Э. Дашко. - Москва: Недра, 1987. – 263, [1] с.
22. Двуреченский, В. Г. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов Новокузнецкого промышленного комплекса / В. Г. Двуреченский, В. А. Андроханов // Живые и биокосные системы. – 2017. – № 20. – С. 3.
23. Демин, А. М., Управляемое сдвигание отвалов / А. М. Демин, В. Н. Евсеев. – М: ЦНИИцветмет экономики и информ., 1982. – 27 с.
24. Демин А.М. Оползни в карьерах: анализ и прогноз: [монография] / А. М. Демин; Российская акад. наук; Всероссийский ин-т науч. и технической информации. – Москва: ГЕОС, 2009 (Люберцы (Моск. обл.): ПИК ВИНТИ). – 77, [1] с. ISBN 978-5-89118-462-6.
25. Докучаев, В. В. Наши степи прежде и теперь [Текст]. – [2-е изд.]. - Москва: Сельхозгиз, 1953. – 152 с.
26. Ермошкин, В. В. Опыт и проблемы гидроотвалообразования на разрезах Кузбасса / В. В. Ермошкин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № S4. – С. 281-286.
27. Жариков В. П. Инженерно-геологическое и гидрогеологическое обоснование эксплуатации и рекультивации гидроотвалов вскрышных пород Центрального Кузбасса: дисс. канд. техн. наук: 25.00.16 / Моск. гос. гор. ун-т. – Москва, 2005. – 186 с.
28. Жариков, В. П. Рекультивация гидроотвалов вскрышных пород на разрезах кузбасса / В. П. Жариков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № 1. – С. 42-47.
29. Жариков, В. П. Рациональное землепользование при формировании отвалов и гидроотвалов на разрезах Кузбасса / В. П. Жариков, В. В. Ермошкин, Р. Г. Клейменов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2011. – № 1(83). – С. 34-36.
30. Загоруйко, Л. П. Повышение устойчивости отвалов с помощью технологии открытых горных работ / Л. П. Загоруйко. - К.:УКРНИИНТИ, 1969. – 69 с.
31. Зотеев, В. Г. Нетипичные деформации бортов глубоких рудных карьеров и меры по их предотвращению / В. Г. Зотеев, О. В. Зотеев // Горный журнал. – 2007. – №1. – С. 40-45.
32. Игошин, В. М. Технологические решения по рекультивации нарушенных земель при ликвидации шахт и разрезов: отраслевой нормативно-методический документ / В. М. Игошин, А. П. Красавин, А. М. Навитный, А. А. Харионовский и др. – Пермь: ФГУП «МНИИЭКО-ТЭК», 2002. – 200 с.

33. Колесников, Б.П. К вопросу о классификации промышленных отвалов, как компонентов техногенных ландшафтов / Б.П. Колесников, Г.М. Пикалова // Растения и промышленная среда. – 1974. – Вып. 3. – С. 3-28.
34. Кандрашин, Е. Р. Почвообразование в техногенных ландшафтах / Е. Р. Кандрашин // АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т почвоведения и агрохимии [Сб. статей]; Отв. ред. С.С. Трофимов. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1979. – С. 163-179.
35. Кауричев, И. С. Почвоведение / И. С. Кауричев.. – М.: Колос, 1969. – 543 с.
36. Клебенская, И. Л. Сукцессии и функционирование микрорастительных ассоциаций как консорционных единиц техногенных экосистем / И. Л. Клебенская, С. С. Трофимов, С. А. Таранов, Е. Р. Кандрашин // Материалы III Всесоюзн. научн. конф. «Микроорганизмы в сельском хозяйстве». – М.: Изд-во МГУ, 1986. – С. 89-90.
37. Кузнецова, И. В. Инженерно-геологическое обеспечение безопасности горных работ при ликвидации гидроотвалов: дисс. канд. геол.-мин. наук: 25.00.08 / Кузнецова Ирина Владимировна, СПГУ. – Санкт-Петербург, 2011. – 184 с.
38. Куприянов, А. Н. Начальные этапы формирования растительного покрова на техногенных экотопах Кузбасса / А. Н. Куприянов, Ю. В. Морсакова // Сибирский экологический журнал. – 2008. – Т. 15. – № 2. – С. 255-261.
39. Куприянов, А.Н. Судьба гемерофитов, поселяющихся на отвалах угледобывающих предприятий / А.Н. Куприянов, Ю.А. Манаков // Синантропизация растений и животных. – Иркутск, 2007. – С. 183–187.
40. Курачев, В. М. Классификация почв техногенных ландшафтов / В. М. Курачев, В.А. Андроханов // Сибирский экологический журнал. – 2002. – Т. 9. – № 3. – С. 255-261.
41. Кутепов, Ю. И. Инженерно-геологические условия внешнего отвалообразования на разрезах Кузбасса Кутепов Ю. И., Васильева А. Д. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 10. – С. 122-131. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-10-0-122-131.
42. Кутепов, Ю. И. Инженерно-геологическое и экологическое обоснование рекультивации гидроотвалов Кузбасса / Ю. И. Кутепов, Н. А. Кутепова, В. П. Жариков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 2. – С. 34-42.
43. Кутепов, Ю. И. Оценка влияния гидрогеомеханических процессов в техногенных массивах высоких отвалов на геоэкологические условия территорий их размещения / Ю. И. Кутепов, А. С. Мухина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 1-2(103). – С. 56-59. – DOI 10.23670/IRJ.2021.103.1.034
44. Кутепов, Ю. И. Обоснование устойчивости внешних отвалов Кузбасса и мониторинг их состояния Кутепов Ю. И., Кутепова Н. А., Васильева А. Д.// Горный

информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 4. – С. 109–120. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-109-120.

45. Кутепов, Ю.И. Геомеханическое обоснование отсыпки отвалов «сухих» пород на гидроотвалах / Ю.И. Кутепов, Н.А. Кутепова, М.А. Карасев, Н.Г. Фоменко // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2015. – № 3. – С. 220-225.

46. Кутепов, Ю.И. Научно-методические основы инженерно-геологического обеспечения отвалообразования при разработке угольных месторождений: автореф. дисс. д-ра техн. наук : 05.15.15 / Кутепов Юрий Иванович, МГГУ. – Москва, 1999. – 41 с.

47. Кутепов, Ю.И. Основные закономерности деформирования «сухих» отвалов при размещении их на гидроотвалах / Ю. И. Кутепов, Н. А. Кутепова // Совершенствование методов расчета сдвижения и деформаций горных пород, сооружений, бортов разрезов при разработке угольных пластов в сложных горногеологических условиях. – Л.: ВНИМИ, 1985. – с. 66-72.

48. Кутепов, Ю. И. Техногенез намывных отложений / Ю. И. Кутепов, Н. А. Кутепова // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2003. – № 5. – С. 405-413.

49. Кутепова Н.А. Инженерно-геологические условия формирования войств техногенных отложений углебогатительных фабрик: автореф. канд геол.-мин. наук: 04.00.07 / Кутепова Надежда Андреевна. – Ленинград, 1987. – 20 с.

50. Кутепова, Н. А. Инженерно-геологическое обоснование прогноза гидрогеомеханических процессов при ведении горных работ: автореф. дисс. д-ра техн. наук: 25.00.16 / Кутепова Надежда Андреевна. – Санкт-Петербург, 2010. – 39 с.

51. Лазарева, И. В. Восстановление (рекультивация) нарушенных территорий / И. В. Лазарева // Опыт районной планировки и градостроительства за рубежом. – М: Госстройиздат, 1962. – 135 с.

52. Ламанова, Т. Г. Опыт использования редких и исчезающих видов растений сибирской флоры при рекультивации породных отвалов Кузнецкой котловины / Т. Г. Ламанова, Н. В. Шеремет, В. М. Доронькин // Растительные ресурсы. – 2018. – Т. 54. – № 3. – С. 393-408.

53. Манаков, Ю. А. Добыча каменного угля в Кузбассе в аспекте устойчивого развития региона / Ю. А. Манаков, А. Н. Куприянов, А. И. Копытов // Уголь. – 2018. – № 9(1110). – С. 89-94. – DOI 10.18796/0041-5790-2018-9-89-94.

54. Манаков, Ю. А. Особенности формирования растительного покрова в карьерно-отвальных ландшафтах Кузбасса (на примере Кедровского угольного разреза): дисс. канд. биол. наук: 03.00.05, 03.00.16 / Манаков Юрий Александрович. – Барнаул, 2000. – 186 с.

55. Мельников, Н. В. Краткий справочник по открытым горным работам / Н. В. Мельников // Издание 4-е, переработанное и дополненное. – Москва: Недра, 1982. – 413 с.

56. Методические указания по проектированию рекультивации нарушенных земель на действующих и проектируемых предприятиях угольной промышленности. – Пермь: ВНИИОСуголь, 1991. – 294 с.
57. Михеев, Н. В. Мелиорация антропогенных ландшафтов // Экологические аспекты природопользования. – Новочеркасск: Новочеркасская гос. мелиоративная академия. – 2001. – Т.15. – С. 56-63.
58. Могилин, А. В. Инженерно-геологическое обоснование технологии формирования отвальных насыпей на гидроотвалах: дисс. канд. техн. наук: 25.00.16, 25.00.22 / Могилин Александр Валентинович. – Москва, 2002. – 181 с.
59. Моторина, Л. В. Естественное зарастание отвалов открытых разработок // Растительность и промышленные загрязнения / Л. В. Моторина // Растительность и промышленное загрязнение: Сб. науч. тр. – Свердловск, 1970. – Вып. 7. – С. 118-122.
60. Моторина, Л. В. Промышленность и рекультивация земель / Л. В. Моторина, В. А. Овчинников. – Москва: Мысль, 1975. – 240 с.
61. **Мухина А.С.** Геоэкологическое обоснование рекультивации внешних отвалов угольных месторождений Кузбасса / **А. С. Мухина** // Геология в развивающемся мире: Сборник научных трудов по материалам XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Пермь, 02–05 апреля 2019 года / отв. ред. Ю.А. Башурова. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет. – 2019. – С. 475-477.
62. **Мухина А.С.** Проблемы рекультивации нарушенных земель при внешнем отвалообразовании на разрезах Кузбасса / **А. С. Мухина** // Геология в развивающемся мире : Сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Пермь, 16 апреля 2021 года / Отв. редактор И.С. Зорин. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет. – 2021. – С. 298-301.
63. **Мухина, А.С.** Обоснование необходимости рекультивации внешних отвалов угольных месторождений / **А.С. Мухина** // Фундаментальные и прикладные разработки в области технических и физико-математических наук: Сборник научных статей по итогам работы седьмого международного круглого стола, Казань, 30 ноября 2018 года. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью «КОНВЕРТ». – 2018. – С. 54-55.
64. **Мухина, А.С.** Перспективы использования растительных маркеров для превентивной оценки инженерно-геологического состояния отвалов / **А. С. Мухина** // Молодые – Научкам о Земле: Материалы IX Международной научной конференции молодых ученых: в

7 т., Москва, 23 октября 2020 года. – Москва: РГГУ им. Серго Орджоникидзе. – 2020. – С. 173-176.

65. Ольховатенко, В. Е. Инженерно-геологические условия строительства крупных карьеров в Кузнецком угольном бассейне / В. Е. Ольховатенко – Томск: Изд-во Томского университета, 1976. – 120 с.

66. Ольховатенко, В.Е. Использование подземных вод Кузбасса [Текст]: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по курсу «Промышленная экология» / В.Е. Ольховатенко, Г.И. Трофимова, В.Г. Черемисина. – Томск : Изд-во Том. Гос. Архит.-строит. Ун-та, 2015. – 200 с.

67. Осипов, В. И. Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород / В. И. Осипов. – Москва: Изд-во МГУ, 1979. – 235 с.

68. Пашкевич, М. А. Свойства обводненных отходов обогащения угля и перспективы их рециклинга / М. А. Пашкевич, Т. А. Петрова, И. П. Сверчков // Обогащение руд. – 2017. – № 1(367). – С. 46-50. – DOI 10.17580/or.2017.01.09.

69. Певзнер, М. Е. Горная экология: учебное пособие для вузов / М. Е. Певзнер. – Москва, МГГУ: Горная книга, 2003. – 394 [1] с. ISBN 5-7418-0259-1.

70. Пономарева, В. В. Методика и некоторые результаты фракционирования гумуса черноземов / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова // Почвоведение. – 1968. – №11. – С. 104-117.

71. Попов, С. И. Деформации отвалов на открытых горных работах / С. И. Попов // Горный журнал. – М., 1945. – № 7 (8). – С. 25–29.

72. Потапов, В. П. Геоэкология угледобывающих районов Кузбасса: монография / В.П. Потапов [и др.]; отв. ред. В. И. Овденко; РАН, Сибирское отд-ние, Ин-т угля и углехимии. – Новосибирск: Наука, 2005. – 650 с. – ISBN 5-02-032531-7.

73. Правила обеспечения устойчивости бортов карьеров, разрезов и откосов отвалов, утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13 ноября 2020 года № 439

74. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. – СПб: Минтопэнерго РФ. РАН. Гос. НИИ горн. геомех. и маркшейд. дела – Межотраслевой научн. центр ВНИМИ., 1998. – 208 с.

75. Рагим-заде, Ф.К. Техногенные элювии вскрышных пород угольных месторождений Сибири, оценка их потенциального плодородия и пригодности для восстановления их почвенного покрова: автореф. дисс. канд. биол. наук: 06.01.03 / Ф.К. Рагим-заде. – Новосибирск, 1977. – 22 с.

76. Рекомендации по инженерно-геологическому обоснованию параметров отвалов сухих пород, отсыпаемых на гидроотвалах. – Л.: ВНИМИ, 1985. – с. 66-72.

77. Сверчков, И. П. Снижение выбросов загрязняющих веществ при термической утилизации отходов углеобогащения: дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.36 / Сверчков Иван Павлович. – Санкт-Петербург, 2019. – 197 с.
78. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022621351 Российская Федерация. База данных физико-механических свойств техногенных насыпных грунтов отвалов Кузбасса: № 2022621114 : заявл. 23.05.2022 : опубл. 08.06.2022 / А.С. Мухина, Н.В. Васильева, А.Д. Васильева; правообладатель : СПГУ. – 1 с.
79. Семина, И. С. Влияние технологии отвалообразования на влагообеспеченность молодых почв техногенно нарушенных территорий Кузбасса / И. С. Семина // Научно-методический электронный журнал Концепт. – 2015. – № Т13. – С. 3576-3580.
80. Семина, И. С. О рекультивации нарушенных земель на разрезах Кузбасса / И. С. Семина, В. А. Андроханов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 12. – С. 307-314.
81. Семина, И. С. Природно-техногенные комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования / И. С. Семина, И. П. Беланов, А. М. Шипилова, В. А. Андроханов. – Новосибирск: Издательство Сибирского отделения РАН, 2013. – 396 с. – ISBN 978-5-7692-1292-5.
82. Сергина, Е. В. Комплексный мониторинг состояния природно-технических систем открытой разработки угольных месторождений: дисс. канд. техн. наук: 25.00.16 / Сергина Елена Викторовна. – Санкт-Петербург, 2015. – 165 с.
83. Соболев, Е. Г. Прогноз и контроль оползневых процессов на месторождениях / Е.Г. Соболев // Горный журнал. – 1989. – № 3. – С. 43 - 47.
84. Тарчевский, В. В. Растительность и промышленные загрязнения / В. В. Тарчевский. – Свердловск, 1970. – С. 9.
85. Технический отчет по результатам инженерно-экологических изысканий для подготовки проектной документации. проект расширения разреза «Талдинский» филиала ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» «Талдинский угольный разрез» (Талдинское поле). – Т. 4.1.1. (Ч. 1) – Кемерово: ООО «Сибгеопроект», 2020. – С. 178
86. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах: Утв. Министерством угольной промышленности СССР 29.09.78. – М: Недра, 1982. – 405 с.
87. Трофимов, С. С. Гумусообразование в техногенных экосистемах / С. С. Трофимов, Н. Н. Наплекова, Е. Р. Кандрашин [и др.]. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1986. – 165 с.
88. Трофимов, С. С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области / С. С. Трофимов. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1975. – 300 с.

89. Указания по методам гидрогеомеханического обоснования оптимальных параметров гидроотвалов и отвалов на слабых основаниях. Часть I. Изучение гидрогеомеханических условий строительства, эксплуатации и рекультивации отвальных сооружений. - Л.: ВНИМИ, 1989.
90. Федосеева, Т. П. Рекультивация земель /Т. П. Федосеева. – М.: Колос, 1977. – 48 с.
91. Фоменко, Н. Г. Обоснование параметров отвальных насыпей, размещаемых на гидроотвалах / Н. Г. Фоменко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 5. – С. 401-405.
92. Фоменко, Н. Г. Инженерно-геологическое обоснование параметров и технологии отвалообразования на гидроотвалах при высокой интенсивности горных работ: дисс. канд. техн. наук: 25.00.16 / Фоменко Николай Гаврилович. – Москва, 2016. – 171 с.
93. Фурманова, Т. Н., Техногенная трансформация ландшафтов в зоне влияния активно разрабатываемых месторождений полезных ископаемых региона КМА / Т. Н. Фурманова, М. А. Петина, А. Н. Петин, Л. И. Белоусова // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 11-2. – С. 422-426.
94. Чайкина, Г. М. Рекультивация нарушенных земель в горнорудных районах Урала / Г. М. Чайкина, В. А. Обьедкова; Отв. ред. член-корр. РАН В.Л. Яковлев. – Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 2003. – 266 с. – ISBN 5-7691-1393-6.
95. Черемихина, А. П. Оценка закономерностей изменения инженерно-геологических условий устойчивости гидроотвалов вскрышных пород в зависимости от этапа эксплуатации: автореф. дисс. канд. техн. наук: 25.00.16 / Черемихина Анастасия Петровна. – Санкт-Петербург, 2014. – 23 с.
96. Ческидов, В. И. Технологическо-экологические аспекты отвалообразования вскрышных пород на разрезах Кузбасса / В. И. Ческидов, А. С. Бобыльский // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2017. – № 5. – С. 96-104. – DOI 10.15372/FTPRPI20170511.
97. Шипилова, А. М. Особенности физических свойств почв техногенных ландшафтов лесостепной зоны Кузбасса / А. М. Шипилова, И. С. Семина // Известия Уральского государственного горного университета. – 2016. – № 3(43). – С. 25-28. – DOI 10.21440/2307-2091-2016-3-25-28.
98. Шипилова, А. М. Оценка почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов Кузбасса в зависимости от технологии рекультивации нарушенных земель / А. М. Шипилова, И. С. Семина // Известия Уральского государственного горного университета. – 2017. – № 3(47). – С. 53-56. – DOI 10.21440/2307-2091-2017-3-53-56.

99. Эскин, В. С. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками / В. С. Эскин. – М.: Недра, 1975. – 182 с.
100. Alekseenko, V. A. Environmental impact of disposal of coal mining wastes on soils and plants in Rostov Oblast, Russia / V. A. Alekseenko, Ja. Behc, A. V. Alekseenko [et al.] // *Journal of Geochemical Exploration*. – 2018. – Vol. 184. – P. 261-270. – DOI 10.1016/j.gexplo.2017.06.003.
101. Bartsch, N. Wälder auf Landschaftsebene / N. Bartsch, E. Röhrig. // In: *Waldökologie*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. – 2016. – P. 115-125. – DOI https://doi.org/10.1007/978-3-662-44268-5_11
102. Beer, W.-D. Beiträge zur Kenntnis der pflanzlichen Wiederbesiedlung von Halden des Braunkohlenbergbaus im nordwestsächsischen Raum / W.-D. Beer. // *Wiss. Z. d. Karl-Marx-Universität Leipzig* 1955/56 (1/2). – P. 207 - 211.
103. Beer, W.-D. Die Vogelwelt des Braunkohlebergbaugeländes im Süden von Leipzig / W.- D. Beer. // *Zool. Abh. Mus. Tierkd. Dresden* 26. – 1964. – P. 305–317.
104. Chadwick, M. J. Veränderung der chemischen Charakteristika von Abraumstoffen aus Bergwerken und ihre Beziehung zur Bepflanzung / M. J. Chadwick // In: *Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk [Hrsg.]: Grüne Halden im Ruhrgebiet*. Essen. – 1974. – P.17-38
105. Cheskidov, V. Modern methods of monitoring and predicting the state of slope structures / V. Cheskidov, K. Kassymkanova, A. Lipina, M. Bornman // *E3S Web of Conferences*. – 2019. – Vol. 105. – P. 01001. – DOI: 10.1051/e3sconf/201910501001.
106. Cheskidov, V. V. Slope Monitoring Systems Design for Mining Enterprises. / V. V. Cheskidov, H. Grobler, D. S. Kurenkov, A. V. Lipina // *E3S Web of Conferences*. – 2020. – Vol. 174. – P. 01025. – DOI: 10.1051/e3sconf/202017401025.
107. Dey, R. Progressive failure of slopes with sensitive clay layers / R. Dey, B. Hawlader, R. Phillips, K. Soga // *Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris*. – 2013. – pp. 2177-2180.
108. Dr. Johannes A. Schmitt. Berge- und Industrie-Halden als Sekundärbiotope im Saarland unter besonderer Berücksichtigung der Steinkohlen-Bergehalden von Grube Reden. Deutschland – 2006
109. Dünghoff, J.-M., Bergehalden und Grundwasser / J.-M. Dünghoff, A. Lengemann, M. Plankert, W. Schlimm, W. Schmidt, H. Wilder // *Geologisches Landesamt NRW*. – 1983.
110. Dutta, S., Finite element modeling of partially embedded pipelines in clay seabed using Coupled Eulerian-Lagrangian method / S. Dutta, B. Haw-lader, R. Phillips // *Canadian Geotechnical Journal*. – 2014. – Vol. 52. – No. 1. – Pp. 58-72.144

111. Galperin, M., Moseikin, V. V., Kutepov, Yu I., Derevyankin V. V. Assessment of state of water-saturated mine waste for the justification of engineering structure designs at open pit mines // Eurasian Mining, 2017, nyo. 1. Pp. 6-9. DOI: 10.17580/em.2017.01.02.
112. Jochimsen, M. Reclamation of colliery mine spoil founded on natural succession / M. Jochimsen // . Water Air Soil Pollut. – 1996. – P. 99-108. – DOI.org/10.1007/BF00280926
113. Keilich, W., Seedsman R.W., Aziz N. Numerical Modelling Of Mining Induced Subsidence / W. Keilich, R.W. Seedsman, N. Aziz // Coal Opera-tors' Conference. – 2006. – Pp. 313-326.
114. Kutepov, Y. I. Hydrogeomechanical processes in development of spoil dumps and hydraulic fills / Y. I. Kutepov, N. A. Kutepova, M. A. Karasev, A. D. Vasilieva, Y. Y. Kutepov // Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses: Proc. of the 2018 European Rock Mechanics Symposium. – 2018. – Vol. 2. – Pp. 1645-1652. –DOI:10.1201/9780429461767-106.
115. Kutepov, Y. Y. Geomechanical problems during the hydraulic fills operation in the areas of influence of open pit and underground mining / Y. Y. Kutepov, A. G. Protosenya // Scientific Reports on Resource Issues 2016: Proc. of Freiberg – St. Petersburg Colloquium of young scientists. – 2016. – №11. – Pp. 99-103.
116. Kutepov, Yu. I. Geological, geotechnical and geocological problems of reclamation of land disturbed by dumping in open pit coal mining in Kuzbass / Yu. I. Kutepov, N. A. Kutepova, **A.S. Mukhina**, V. V. Moseykin // MIAB. Mining Inf. Anal. Bull. – 2022. – №5. – P. 5-24. – DOI: 10.25018/0236_1493_2022_5_0_5.
117. Kutepov, Yu. I. Engineering-geological and ecological concerns in operation and reclamation of high slope dumps at open-pit mines in Kuzbass. / Yu. I. Kutepov, N. A. Kutepova, A. D. Vasileva, **A. S. Mukhina** // MIAB. Mining Inf. Anal. Bull. – 2021. – №8. – P. 164-178. – DOI: 10.25018/0236_1493_2021_8_0_164.
118. **Mukhina, A.S.** Geoökologische Ansätze von Rekultivierung der externen Halden der Kohlenlagerstätten / **A. S. Mukhina** // Сборник научных статей по итогам конференции 14. Freiberg – St.Petersburger Kolloquium junger Wissenschaftler «Scientific reports on resource issues, volume 1» - Germany. – 2019. – P. 227-231.
119. Philipps, R. Rekultivieren von Halden, Deponien und Tagebauen / R. Philipps, W. Dachroth // In: Handbuch der Baugeologie und Geotechnik. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, – 2017. – Pp 649-662. – DOI.org/10.1007/978-3-662-46886-9_16.
120. Soloviev, S. Restoration of vegetation cover in reclaimed areas with coal preparation waste in Kuzbass / S. Soloviev, V. Androkhonov, I. Semina, A. Shipilova // E3S Web of Conferences. – Voronezh, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202124401015.

121. Steinhuber, U. Einhundert Jahre bergbauliche Rekultivierung in der Lausitz / U. Steinhuber. Dissertation Philosophische Fakultät der Palacký-Universität Olomouc, Tschechien, – 2005.
122. Tamáskovics, N. Stabilization of liquefaction susceptible soils with static step loading method; Patent application, No.P1100575, Hungarian Patent Office, Budapest, 2011.
123. Tamáskovics, N. Remediation Approaches for Liquefaction Susceptible Dumps of Former Opencast Lignite Mines / N. Tamáskovics, P. I. Pavlov, D. Tondera, & C. Drebenstedt // GIAB. – 2015. – S2. – P. 108.
124. Zerbe S. Berg- bzw. Tagebaustandorte und Deponien / S. Zerbe // In: Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. – 2019. – Pp 441-462. – DOI https://doi.org/10.1007/978-3-662-58650-1_20.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Свидетельство о государственной регистрации базы данных

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2022621351

БАЗА ДАННЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ТЕХНОГЕННЫХ НАСЫПНЫХ ГРУНТОВ
ОТВАЛОВ КУЗБАССА

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Мухина Александра Сергеевна (RU), Васильева Наталья Васильевна (RU), Васильева Анастасия Дмитриевна (RU)*

Заявка № 2022621114

Дата поступления 23 мая 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 08 июня 2022 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

документ подписан электронной подписью
Сертификат 68b80077c1441010a94ed1d24145d5c7
Владимир Зубов Юри Сергеевич
Действителен с 20.05.2022 по 26.05.2025

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2022621351**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ БАЗЫ ДАННЫХ, ОХРАНЯЕМОЙ
АВТОРСКИМИ ПРАВАМИ**

Номер регистрации (свидетельства): 2022621351 Дата регистрации: 08.06.2022 Номер и дата поступления заявки: 2022621114 23.05.2022 Дата публикации и номер бюллетеня: 08.06.2022 Бюл. № 6 Контактные реквизиты: нет	Автор(ы): Мухина Александра Сергеевна (RU), Васильева Наталья Васильевна (RU), Васильева Анастасия Дмитриевна (RU) Правообладатель(и): федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU)
--	---

Название базы данных:
**БАЗА ДАННЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕХНОГЕННЫХ НАСЫПНЫХ
ГРУНТОВ ОТВАЛОВ КУЗБАССА**

Реферат:

База данных может быть использована для выбора предварительных физико-механических свойств при оценке устойчивости отвалов Кузбасса. Расчетные свойства допустимо принимать на основании аналогичных объектов со сложными горно-геологическими и инженерно-геологическими условиями. База данных предназначена для подбора расчетных свойств при оценке устойчивости горнотехнических сооружений на стадии выполнения ТЭО или принятия технических решений в отсутствии фактических данных. База данных содержит следующие параметры: наименование угольных разрезов и месторождений; классификация по геолого-экономическим районам; литологический состав вскрышных пород (отложения балахонской и кольчугинской серии); технология отвалообразования; высота отвала; содержание глинистого заполнителя; данные о физико-механических свойствах отвальных пород (сцепление, угол внутреннего трения). Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК; ОС: Windows XP/Vista/7/8/10.

Вид и версия системы управления базой данных: SQLite

Объем базы данных: 90 КБ

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Журнал отбора проб на объектах АО «УР «Кузбассразрезуголь» и описание профилей

Таблица Б.1 – Журнал отбора проб на объектах АО «УР «Кузбассразрезуголь»

Наименование	№ Пробы	Координаты	Примечание	
«Краснобродский угольный разрез». Новосергеевское поле				
03.06.2021 отбор точечных проб с поверхности отвалов и гидроотвалов методом конверта на пробных участках площадью 25 м² (m объединенной пробы ~1 кг)				
1.	Внешний отвал «Ускатский»	Проба 1-К	54.100534, 86.565257	Бывший гидроотвал на р. Прямой Ускат Намыт песчаник. Время окончания намыва >5 лет. Отбор проб на участке между дамбой и отсыпаемым «сухим» отвалом
2.	Внешний Автоотвал «Южный»	Проба 2-К	54.094817, 86.544474	Верхняя часть откоса. Время стояния >15 лет. Участок самозарастания.
3.	Внешний Автоотвал «Южный»	Проба 3-К	54.094155, 86.542545	Нижняя часть откоса. Время стояния >15-20 лет. Участок самозарастания.
4.	Внешний отвал «Северный»	Проба 4-К	54.155448, 86.529338	Верхняя часть откоса. Время стояния >40 лет. Участок самозарастания. При копании, приходилось смещать точки отбора проб, т.к. Попадают крупные обломки вскрыши до 50-100 см.
5.	Внешний отвал «Северный»	Проба 5-К	54.156145, 86.529053	Нижняя часть откоса. Время стояния >50 лет. Участок самозарастания. Крупные обломки пород, не задержавшиеся на откосе, лежат у подножия.
«Талдинский угольный разрез». Талдинское поле				
04.06.2021 отбор точечных проб с поверхности отвалов и гидроотвалов методом конверта на пробных участках площадью 25 м² (m объединенной пробы ~1 кг)				
6.	Внешний автоотвал «Южный»	Проба 1-Т	54.136003, 87.206210	Бывший гидроотвал на р. Еланный Нарык. Время окончания намыва >10лет. Намыты суглинки, непроходим, затягивает лопату, отбор проб


Продолжение Таблицы Б.1

				производился с дамбы, насколько физически возможно. Растительность характерная для заболоченной территории
7.	Юго-западная часть отвала «Восточный»	Проба 2-Т	54.186684, 87.194391	Участок косвенно затронутый отвалообразованием Верхняя часть. Время стояния >25 лет
8.	Юго-западная часть отвала «Восточный»	Проба 3-Т	54.187150, 87.194284	Участок косвенно затронутый отвалообразованием Нижняя часть. Время стояния >30 лет
9.	Внешний отвал «Восточный»	Проба 4-Т	54.180836, 87.221544	Поверхность отвала. Действующий участок отвалообразования
10	Внешний отвал «Восточный»	Проба 5-Т	54.180936, 87.221744	Поверхность отвала. Действующий участок отвалообразования
11.	Внешний отвал «Восточный»	Проба 6-Т	54.188726, 87.208183	Поверхность отвала. Действующий участок отвалообразования (Двухцветная проба)
12.	Внешний автоотвал «Южный»	Проба 7-Т	54.132621, 87.192625	Нижняя часть откоса. Время стояния >5 лет
13.	Внешний автоотвал «Южный»	Проба 8-Т	54.132735, 87.193286	Средняя часть откоса. Время стояния >5 лет
«Моховский угольный разрез» Моховское поле				
07.06.2021 отбор точечных проб с поверхности отвалов и гидроотвалов методом конверта на пробных участках площадью 25м² (m объединенной пробы ~1 кг)				
14.	Отвал, образованный при разработке пласта Сычевский – I	Проба 1-М	54.576516, 86.370504	Нижняя часть откоса. Время стояния >40 лет. Внутренний отвал, который стал внешним. Участок самозарастания.
15.	Отвал, образованный при разработке пласта Сычевский - I	Проба 2-М	54.571339, 86.371223	Средняя часть откоса. Время стояния >30 лет. Внутренний отвал, который стал внешним Участок самозарастания. Выше не подняться, слишком густая растительность.


Продолжение Таблицы Б.1

16.	Внутренний отвал, образованный при разработке пласта Грамотеевский- II	Проба 3-М	54.590804, 86.417327	Поверхность отвала. Отвалообразование прекращено в марте 2021г.
17.	Гидроотвал на р. Еловка	Проба 4-М	54.602497, 86.380879	Время окончания намыва >5 лет Намыт песчаник? Участок отбора проб намыт в ~2016 г.
18.	Гидроотвал на р. Еловка	Проба 5-М	54.620700, 86.392524	Время окончания намыва >15 лет Участок отбора проб намыт в 2002-2005 г. На дамбу с внешней стороны не пройти, густая растительность, в частности «облепиха». Участок самозарастания.
«Бачатский угольный разрез»				
08.06.2021 отбор точечных проб с поверхности отвалов и гидроотвалов методом конверта на пробных участках площадью 25м² m объединенной пробы ~1 кг				
19.	Внешний породный отвал «Западный»	Проба 1-Б	54.311447, 86.106997	Нижняя часть откоса. Время стояния >50 лет. Участок самозарастания.
20	Внешний породный отвал «Западный»	Проба 2-Б	54.312237, 86.105845	Средняя часть откоса. Время стояния >40 лет. Выше не подняться, слишком густая растительность и крутой угол откоса. Участок самозарастания.
21.	Гидроотвал «Бековский»	Проба 3-Б	54.329659, 86.190746	Время окончания намыва >5 лет Намыт породугольный шлам ОУ с КНС. По периметру дамбы густые заросли облепихи.
22.	Гидроотвал «Бековский»		54.326696, 86.200518	Время окончания намыва >15 лет. Намыт суглинок. Пробу отобрать не удалось в следствие обводненности и низкой проходимости.
23.	Внешний породный отвал «Северный»	Проба 4-Б	54.334335, 86.178764	Нижняя часть откоса. Участок отбора проб образован в период 2018-2021 гг.

Таблица Б.2 – Описание профилей прикопок на объектах АО «УР «Кузбассразрезуголь»

Бланк описания профиля №1_Краснобродский УР. «03» июня 2021 г.			
1. Прикопка №: <u>1-К, 2-К, 3-К, 4-К, 5-К;</u> 2. Адрес: <u>РФ, Кемеровская область, Прокопьевский район;</u> 3. Микрорельеф: <u>техногенно-трансформированный;</u> 4. Растительный покров: <u>густой растительный покров на всех участках;</u> 5. Признаки обводнённости, заболоченности, засоленности и другие характерные особенности: <u>участок 1-К – обводнен;</u> 6. Название почвы: <u>технозем.</u>			
№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
1-К		$IAo \frac{0 - 2}{2}$	Подстилка (горизонт IAo) Дернина, состоящая из обилия корней и растительных остатков различной степени разложения
		$I \frac{2 - 34}{32}$	Техногенный горизонт I Окраска горизонта светло-бурая, бурая, местами буровато-серая; горизонт свежий, горизонт влажноватый в верхней части и мокрый в нижней, с глубины 34 см самопроизвольно медленно сочится вода; структура мелкозернистая, порошистая; сложение рассыпчатое; горизонт пронизан корнями травянистой и кустарниковой растительности. Гранулометрический состав: песчаный и супесчаный

Продолжение Таблицы Б.2

№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
2-К		$IA1 \frac{0 - 12}{12}$	<p><i>Гумусово-аккумулятивная зона (горизонт IA1)</i></p> <p>Окраска горизонта светло-серая, местами буровато-серая с черными пятнами; влажноватый; структура комковато-мелкозернистая; сложение слабоуплотненное; присутствуют единичные корни растений, с включениями углистых частиц и угольной пыли; переход в следующий горизонт резкий по плотности и окраске, четко выражены полости.</p> <p>Дерновый слой смыт (2см) и захоронен на глубине 8-10 см.</p>
		$IA2 \frac{12 - 26}{14}$	<p><i>Аккумулятивно-элювиальная зона (горизонт IA2)</i></p> <p>Окраска горизонта темно-серая, местами черная; горизонт влажноватый; бесструктурный; сложение рассыпчатое; состоит из большого количества обломков вскрышных пород в смеси с углистыми частицами и угольной пылью, характера перехода переход в следующий горизонт резкий, лопата упирается в крупные обломки вскрыши.</p> <p>Мощность техногенного элювия – 36см.</p>
3-К		$IA1 \frac{0 - 18}{18}$	<p><i>Гумусово-аккумулятивная зона (горизонт IA1)</i></p> <p>Окраска буровато светло-серая, местами серо-черная; горизонт влажноватый; структура комковато-мелкозернистая; сложение рыхлое; горизонт пронизан корнями травянистой и кустарниковой растительности, с включениями обломков ГП и частицами углей; переход в следующий горизонт резкий, четко выражены полости.</p>



Продолжение Таблицы Б.2

№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
		$IA2 \frac{18 - 35}{17}$	<p><i>Аккумулятивно-элювиальная зона (горизонт IA2)</i></p> <p>Окраска горизонта светло серо-черная; бесструктурный; сложение рассыпчатое; состоит из большого количества обломков вскрышных пород в смеси с углистыми частицами и угольной пылью, характера перехода переход в следующий горизонт резкий, лопата упирается в крупные обломки вскрыши.</p> <p>Мощность техногенного элювия – 35см.</p>
4-К		$IAo \frac{0 - 3}{3}$	<p><i>Подстилка (горизонт IAo)</i></p> <p>Дернина, состоящая из обилия корней и растительных остатков различной степени разложения</p>
		$IA1 \frac{3 - 33}{30}$	<p><i>Гумусово-аккумулятивная зона (горизонт IA1)</i></p> <p>Окраска горизонта темно-серая, местами серо-черная; горизонт влажноватый; структура комковато-зернистая; сложение рыхлое, при копании стенки обсыпаются на мелкие комочки и щебенистый материал; горизонт пронизан корнями травянистой, кустарниковой и древесной растительности, с включениями обломков ГП и частицами углей; переход в следующий горизонт резкий, лопата упирается в крупные обломки вскрыши</p> <p>Мощность техногенного элювия – 30с.</p>



Продолжение Таблицы Б.2

№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
5-К		$IA_0 \frac{0 - 3}{3}$	<p>Подстилка (горизонт IA_0) Дернина, состоящая из обилия корней и растительных остатков различной степени разложения</p>
		$IA_1 \frac{3 - 32}{29}$	<p>Гумусово-аккумулятивная зона (горизонт IA_1) Окраска горизонта темно-серая до черной; горизонт влажноватый; структура комковато-зернистая; сложение слабоуплотненное; горизонт пронизан корнями травянистой, кустарниковой и древесной растительности, состоящий из большого количества щебнистого материала в смеси с углистыми частицами, включениями обломков ГП и угольной пылью; переход в следующий горизонт плавный по плотности. Мощность техногенного элювия – 29см.</p>
<p>Бланк описания профиля №2_Талдинский УР. «04» июня 2021 г. 1. Прикопка №: <u>1-Т, 2-Т, 3-Т, 4-Т, 5-Т, 6-Т, 7-Т, 8-Т;</u> 2. Адрес: <u>РФ, Кемеровская область, Новокузнецкий район;</u> 3. Микрорельеф: <u>техногенно-трансформированный;</u> 4. Растительный покров: <u>густой растительный покров (2-Т, 3-Т);</u> <u>растительность практически полностью отсутствует на других участках;</u> 5. Признаки обводнённости, заболоченности, засоленности и другие характерные особенности: <u>участок 1-Т – обводнен;</u> 6. Название почвы: <u>технозем.</u></p>			


Продолжение Таблицы Б.2

№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
1-Т		I 0 – 25	<p><i>Техногенный горизонт I</i></p> <p>Окраска горизонта буровато-светло-серая; горизонт мокрый, мажущийся; бесструктурный; сложение плотное, вязкое; включения присутствуют единичные включения корней и углистых частиц.</p> <p>Гранулометрический состав: суглинок тяжелый до глины легкой.</p>
2-Т		$IA_0 \frac{0 - 2}{2}$	<p><i>Подстилка (горизонт IA₀)</i></p> <p>Дернина, состоящая из обилия корней и растительных остатков различной степени разложения</p>
		$IA_1 \frac{2 - 30}{28}$	<p><i>Гумусово-аккумулятивная зона (горизонт IA₁)</i></p> <p>Окраска горизонта серо-бурая, местами ржаво-бурая; горизонт влажноватый; структура комковато-зернистая; сложение уплотненное; горизонт пронизан корнями травянистой и кустарниковой растительности, с включениями щебнистого материала в смеси с углистыми частицами, обломков ГП и угольной пылью; характера перехода переход в следующий горизонт плавный по плотности.</p> <p>Мощность техногенного элювия – 28см</p>

Продолжение Таблицы Б.2

№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
3-Т		$IAo \frac{0 - 2}{2}$	<p>Подстилка (горизонт IAo)</p> <p>Дернина, состоящая из обилия корней и растительных остатков различной степени разложения.</p>
		$IA1 \frac{2 - 33}{31}$	<p>Гумусово-аккумулятивная зона (горизонт IA1)</p> <p>Окраска горизонта серо-желто-бурая, местами черная и ржаво-бурая; влажноватый; структура комковато-зернистая; сложение уплотненное; присутствуют корни травянистой растительности, с включениями щебнистого материала в смеси с углистыми частицами, обломков ГП и угольной пылью; переход в следующий горизонт плавный по плотности.</p> <p>Мощность техногенного элювия – 31см.</p>
4-Т		$IA1 - 30$	<p>Гумусово-аккумулятивная зона (горизонт IA1)</p> <p>Окраска горизонта бурая, местами серо-бурая и ржаво-бурая; горизонт влажноватый; структура комковато-зернистая; сложение уплотненное; присутствуют корни травянистой растительности, с включениями щебнистого материала в смеси с углистыми частицами, включениями обломков ГП и угольной пылью, переход в следующий горизонт плавный по плотности.</p> <p>Мощность техногенного элювия – 3см.</p>

Продолжение Таблицы Б.2

№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
5-Т		10 – 30	<p><i>Техногенный горизонт I</i></p> <p>Окраска горизонта серая, местами белесовато-светло-серая с черными вкраплениями угля; сухой, бесструктурный; рассыпчатого сложения; горизонт состоит из большого количества обломков породы, с включениями частиц угля и угольной пыли.</p> <p>Мощность техногенного элювия – 1см.</p>
6-Т		10 – 30	<p><i>Техногенный горизонт I</i></p> <p>Окраска от серо-черной до желто-бурой (в горизонтальном сечении); свежий, чуть влажноватый; структура мелкозернистая; сложение уплотненное; присутствуют обломки ГП малого диаметра, угольные частицы и угольная пыль.</p> <p>Мощность техногенного элювия – 0см.</p>

Продолжение Таблицы Б.2

№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
7-Т		10 – 30	<p><i>Техногенный горизонт I</i></p> <p>Окраска серо-бурая; горизонт влажноватый; структура комковато-мелкозернистая; сложение уплотненное; присутствуют корни травянистой растительности, с незначительными включениями щебнистого материала; переход в следующий горизонт плавный по плотности.</p> <p>Мощность техногенного элювия – 4см.</p>
8-Т		10 – 30	<p><i>Техногенный горизонт I</i></p> <p>Окраска серая, местами белесовато-светло-серая с черными вкраплениями угля; горизонт сухой; бесструктурный; рассыпчатого сложения; состоит из большого количества обломков породы, с включениями частиц угля и угольной пыли.</p> <p>Мощность техногенного элювия – 1см.</p>

Продолжение Таблицы Б.2

Бланк описания профиля №3_Моховский УР.

«07» июня 2021 г.

1. Прикопка №:1-М, 2-М, 3-М, 4-М, 5-М;

2. Адрес: РФ, Кемеровская область, Беловский городской округ;


3. Микрорельеф: техногенно-трансформированный;

4. Растительный покров: густой растительный покров (1-М, 2-М, 5-М);


растительность практически полностью отсутствует (3-М, 4-М).

5. Признаки обводнённости, заболоченности, засоленности и другие характерные особенности: участок 5-М – обводнен;



6. Название почвы: технозем.

№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
1-М		$IAo \frac{0 - 6}{6}$	<i>Подстилка (горизонт IAo)</i> Дернина, состоящая из обилия корней и растительных остатков различной степени разложения
		$IA1 \frac{6 - 40}{34}$	<i>Гумусово-аккумулятивная зона (горизонт IA1)</i> Окраска горизонта буровато-серая, местами серо-черная; свежая, влажноватая; структура комковато-зернистая, творожистая; уплотненного сложения; горизонт пронизан корнями травянистой, кустарниковой и древесной растительности, с включениями обломков ГП и частиц углей. Гранулометрический состав: песчаный и супесчаный. Мощность техногенного элювия – 34см.


Продолжение Таблицы Б.2

№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
2-М		$IAo \frac{0 - 2}{2}$	<p><i>Подстилка (горизонт IAo)</i> Дернина, состоящая из обилия корней и растительных остатков различной степени разложения</p>
		$IA1 \frac{2 - 13}{11}$	<p><i>Гумусово-аккумулятивная зона (горизонт IA1)</i> Окраска серо-черная, местами буровато-серая; свежая, влажноватая; структура комковато-зернистая, творожистая; уплотненная; горизонт пронизан корнями травянистой, кустарниковой и древесной растительности, с включениями обломков ГП и частиц углей, переход резкий.</p>
		$IA2 \frac{13 - 34}{21}$	<p><i>Аккумулятивно-элювиальная зона (горизонт IA2)</i> Окраска серо-черная, местами буровато-серая; сложение рассыпчатое; горизонт состоит из большого количества обломков породы, с включениями корней и частиц угля. Характер перехода в следующий горизонт резкий, лопата упирается в крупные обломки вскрыши. Мощность техногенного элювия – 32см.</p>


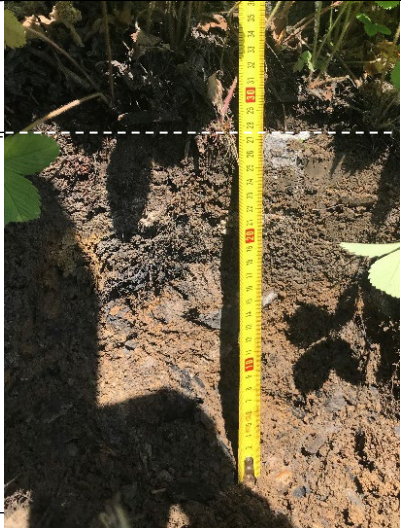
Продолжение Таблицы Б.2

№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
3-М		10 – 40	<p><i>Техногенный горизонт I</i></p> <p>Окраска от серо-бурой к серо-черной; горизонт влажноватый; структура комковато-зернистая; сложение уплотненное; присутствуют корни травянистой растительности, с незначительными включениями щебнистого материала, угольными частицами; переход в следующий горизонт плавный по плотности и окраске.</p> <p>Мощность техногенного элювия – 9см.</p>
4-М		10 – 40	<p><i>Техногенный горизонт I</i></p> <p>Окраска горизонта коричнево-бурая; горизонт влажноватый; структура мелкозернистая; сложение рыхлое; имеются включения травянистой растительности.</p> <p>Гранулометрический состав: супесчаный</p>



Продолжение Таблицы Б.2

№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
5-М		$IAo \frac{0 - 3}{3}$	<p><i>Подстилка (горизонт IAo)</i> Дернина, состоящая из обилия корней и растительных остатков различной степени разложения.</p>
		$I \frac{3 - 33}{30}$	<p><i>Техногенный горизонт I</i> Окраска горизонта коричнево-бурая; горизонт сырой в верхней части и мокрый в нижней, с глубины 33 см самопроизвольно сочится вода; структура мелкозернистая; сложение уплотненное; горизонт пронизан корнями травянистой и кустарниковой растительности. Гранулометрический состав: супесчаный.</p>
<p>Бланк описания профиля №4_Бачатский УР. «08» июня 2021 г. 1. Прикопка №: <u>1-Б, 2-Б, 3-Б, 4-Б;</u> 2. Адрес: <u>РФ, Кемеровская область, Беловский городской округ и Гурьевский район;</u> 3. Микрорельеф: <u>техногенно-трансформированный;</u> 4. Растительный покров: <u>густой растительный покров (1-Б, 2-Б);</u> <u>растительность практически полностью отсутствует (3-Б, 4-Б).</u> 5. Признаки обводнённости, заболоченности, засоленности и другие характерные особенности: <u>отсутствуют;</u> 6. Название почвы: <u>технозем.</u></p>			

Продолжение Таблицы Б.2

№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
1-Б		$IAo \frac{0 - 2}{2}$	<p><i>Подстилка (горизонт IAo)</i> Дернина, состоящая из обилия корней и растительных остатков различной степени разложения.</p>
		$IA1 \frac{2 - 32}{30}$	<p><i>Гумусово-аккумулятивная зона (горизонт IA1)</i> Окраска горизонта серо-черная, местами черная, буровато-серая; горизонт свежий, влажноватый; структура комковато-зернистая, творожистая; сложение слабоуплотненное; горизонт пронизан корнями травянистой, кустарниковой и древесной растительности, с включениями обломков ГП и крупных кусков углей; характера перехода переход в следующий горизонт плавный по плотности и окраске.</p> <p>Мощность техногенного элювия – 30см.</p>
2-Б		$IAo \frac{0 - 6}{6}$	<p><i>Подстилка (горизонт IAo)</i> Дернина, состоящая из обилия корней и растительных остатков различной степени разложения.</p>
		$IA1 \frac{6 - 36}{30}$	<p><i>Гумусово-аккумулятивная зона (горизонт IA1)</i> Окраска горизонта коричнево-бурая; свежий, влажноватый; структура комковато-мелкозернистая; сложение слабоуплотненное; горизонт пронизан корнями травянистой, кустарниковой и древесной растительности, с включениями обломков ГП и крупных кусков углей; переход в следующий горизонт плавный по плотности.</p> <p>Мощность техногенного элювия – 30см.</p>

Продолжение Таблицы Б.2

№	Строение	Горизонт, мощность, см	Морфологическое описание горизонта
3-Б		10 – 35	<p><i>Техногенный горизонт I</i></p> <p>Окраска горизонта серая, на темно-сером фоне видны охристые полосы окисного железа; горизонт чуть влажноватый; структура мелкозернистая; сложение рассыпчатое; имеются включения корней растений и частиц угля.</p>
4-Б		10 – 40	<p><i>Техногенный горизонт I</i></p> <p>Окраска серая, местами белесовато-светло-серая с черными вкраплениями угля; горизонт сухой; бесструктурный; рассыпчатого сложения; состоит из большого количества обломков породы, с включениями частиц угля и угольной пыли.</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Результаты анализа проб в лабораторных условиях

Таблица В.1 – Результаты рентгенофлуоресцентного анализа проб

№ пробы	Массовая доля, % в пересчете на сухое состояние									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	BaO	Na ₂ O	P ₂ O ₅
1Б	60,721	16,410	3,141	2,445	1,750	1,497	0,667	–	0,633	0,209
2Б	62,888	16,797	3,598	2,622	2,204	1,824	0,688	–	0,839	0,165
3Б	54,820	15,967	3,628	2,593	0,764	0,802	0,617	0,090	0,312	0,111
4Б	63,792	17,341	2,194	3,014	0,601	0,784	0,726	0,080	0,544	0,159
1К	61,066	14,627	6,395	2,096	3,698	2,509	0,739	–	1,677	0,234
2К	62,885	19,849	2,788	2,782	0,540	1,083	0,742	–	1,410	0,175
3К	64,065	16,587	1,869	2,809	0,439	0,882	0,584	0,076	0,554	0,098
4К	62,863	18,194	2,434	3,281	1,209	1,061	0,597	0,079	1,556	0,143
5К	62,406	17,785	2,113	3,201	0,910	1,040	0,655	0,104	1,315	0,160
1М	62,054	14,665	3,686	2,439	3,499	1,120	0,608	0,061	1,342	0,212
2М	59,723	18,069	3,643	2,649	2,825	1,619	0,711	–	0,801	0,204
3М	63,210	15,516	3,472	2,412	1,814	1,559	0,593	0,063	1,406	0,186
4М	71,032	9,397	5,415	1,864	4,145	1,085	0,478	–	1,912	0,309
5М	67,073	15,308	4,778	2,428	1,038	1,346	0,624	–	1,568	0,235
1Т	60,260	18,230	5,455	2,420	1,825	2,102	0,725	0,053	0,800	0,204
2Т	61,450	15,632	4,214	2,283	2,741	1,513	0,699	–	1,343	0,186
3Т	60,591	15,822	3,770	2,176	3,316	1,435	0,680	0,053	0,873	0,190
4Т	64,395	15,614	4,677	2,150	1,629	1,883	0,718	0,053	1,069	0,193
5Т	58,594	15,646	2,917	2,300	4,093	1,436	0,662	–	0,707	0,188
6Т	37,014	9,997	2,044	1,227	0,804	1,014	0,475	0,039	0,480	0,134
7Т	64,947	15,879	4,346	2,161	1,154	1,500	0,717	0,054	1,103	0,207
8Т	60,418	16,037	3,151	2,262	4,016	1,374	0,704	–	0,712	0,190
№ пробы	Массовая доля, % в пересчете на сухое состояние									
	SO ₃	MnO	ZrO ₂	SrO	Rb ₂ O	Y ₂ O ₃	ZnO	F	П.п.п.	
1Б	0,180	0,059	0,058	0,021	0,009	0,002	–	–	12,20	
2Б	0,111	0,069	0,043	0,021	0,010	0,001	–	–	8,12	
3Б	0,584	0,054	0,084	0,019	0,010	0,005	–	–	19,54	
4Б	0,306	0,040	0,070	0,027	0,011	0,003	–	–	10,31	
1К	0,083	0,200	0,093	0,029	0,008	0,006	–	–	6,54	
2К	0,178	0,054	0,063	0,021	0,008	0,003	–	–	7,42	
3К	0,521	–	0,037	0,022	0,009	0,000	–	–	11,45	
4К	0,251	0,050	0,259	0,022	0,010	0,015	–	–	7,98	
5К	0,256	0,046	0,060	0,020	0,010	0,003	–	1,329	8,59	
1М	0,162	0,080	0,037	0,026	0,008	0,002	–	–	10,00	
2М	0,111	0,105	0,139	0,023	0,010	0,008	0,012	–	9,35	
3М	0,185	0,069	0,037	0,019	0,009	–	–	–	9,45	
4М	0,148	0,232	0,098	0,024	0,006	0,005	–	–	3,85	
5М	0,092	0,086	0,056	0,018	0,008	0,002	–	–	5,35	
1Т	0,077	0,086	0,212	0,017	0,010	0,013	–	–	7,51	
2Т	0,214	0,090	0,043	0,021	0,009	0,002	–	–	9,56	
3Т	0,279	0,082	0,038	0,025	0,009	0,001	–	–	10,66	
4Т	0,095	0,103	0,044	0,018	0,009	0,001	–	–	7,35	
5Т	0,127	0,077	1,267	0,017	0,008	0,072	–	–	11,89	
6Т	0,820	0,037	0,029	0,011	0,005	0,001	–	–	45,87	
7Т	0,142	0,089	0,116	0,019	0,009	0,006	–	–	7,55	
8Т	0,129	0,080	0,029	0,020	0,008	0,000	–	–	10,87	

Таблица В.2 – Результаты лабораторного анализа агрохимических показателей отобранных образцов

Наименование проб	Органическое вещ-во	Гумус	Азот	K ₂ O		P ₂ O ₅	
	%	%	%	мг/дм ³	мг/кг	мг/дм ³	мг/кг
1-М	4,37	7,53	0,16	3,37	84,25	0,0039	97,83
2-М	4,16	7,17	0,14	6,05	151,25	0,0010	25,83
3-М	4,45	7,67	0,15	4,31	70,50	0,0058	255,00
4-М	1,43	2,47	0,01	2,28	57,00	0,0017	42,64
5-М	2,64	4,55	0,01	2,82	107,75	0,0102	144,90
1-Т	4,83	8,33	0,01	3,60	121,75	0,0046	10,79
2-Т	4,96	8,55	0,12	5,20	130,00	0,0018	44,17
3-Т	6,74	11,62	0,30	4,87	90,00	0,0004	115,76
4-Т	4,46	7,69	0,05	8,32	99,25	0,0005	38,85
5-Т	4,16	7,17	0,15	10,34	289,00	0,0008	7,40
6-Т	11,78	20,31	1,09	3,97	103,50	0,0016	26,75
7-Т	4,94	8,52	0,13	11,56	208,00	0,0003	11,76
8-Т	4,43	7,64	0,16	4,14	258,50	0,0011	20,46
1-К	3,25	5,60	0,05	6,40	75,25	0,0003	58,61
2-К	3,34	5,76	0,13	4,00	100,00	0,0010	24,43
3-К	3,52	6,07	0,21	6,31	160,00	0,0020	7,62
4-К	3,74	6,45	0,14	12,87	321,75	0,0015	38,44
5-К	4,12	7,10	0,20	3,01	157,75	0,0023	49,92
1-Б	5,95	10,26	0,29	18,96	474,00	0,0060	149,14
2-Б	4,64	8,00	0,12	7,54	188,50	0,0029	73,68
3-Б	4,8	8,28	0,54	5,85	146,25	0,0001	3,53
4-Б	4,73	8,15	0,53	5,07	126,75	0,0024	60,13

Таблица В.3 – Содержание токсичных веществ в отобранных образцах

№ Пробы	рН	Элементы по классам опасности (КО)									
		1 КО				2 КО		3 КО			
		Zn		Pb		Ni		Mn		Ba	
		мг/кг	Кк	мг/кг	Кк	мг/кг	Кк	мг/кг	Кк	мг/кг	Кк
1Б	7,71	60,6	1,10	<0,002	н/по*	48,1	0,60	403	0,27	354	0,71
2Б	7,34	51,2	0,93	<0,002	н/по	21,9	0,27	428	0,29	340	0,68
3Б	6,85	76,8	1,40	<0,002	н/по	87,6	1,10	540	0,36	684	1,37
4Б	8,98	70,9	0,32	<0,002	н/по	43,9	0,55	289	0,19	518	1,04
1К	7,41	53	0,96	<0,002	н/по	130	1,63	1123	0,75	313	0,63
2К	7,97	56,9	0,26	<0,002	н/по	21,1	0,26	296	0,20	468	0,94
3К	7,23	59,5	0,27	<0,002	н/по	7,3	0,09	157	0,10	537	1,07
4К	7,39	55,6	0,25	<0,002	н/по	21	0,26	294	0,20	421	0,84
5К	7,30	53,4	0,24	<0,002	н/по	39,4	0,49	256	0,17	700	1,40
1Т	6,91	65,8	0,30	<0,002	н/по	85,5	1,07	555	0,37	275	0,55
2Т	6,80	51,7	0,24	<0,002	н/по	16,6	0,21	579	0,39	272	0,54
3Т	6,79	50,1	0,23	<0,002	н/по	59,7	0,75	562	0,37	315	0,63
4Т	7,51	54,7	0,25	<0,002	н/по	41,2	0,52	689	0,46	346	0,69
5Т	7,77	50,5	0,23	<0,002	н/по	33,5	0,42	559	0,37	212	0,42
6Т	6,78	53	0,24	<0,002	н/по	32,1	0,40	502	0,33	436	0,87
7Т	7,29	61,7	0,28	<0,002	н/по	10,5	0,13	587	0,39	342	0,68
8Т	7,42	54,5	0,25	<0,002	н/по	47,4	0,59	584	0,39	251	0,50
1М	7,06	50,3	0,23	<0,002	н/по	27	0,34	496	0,33	356	0,71
2М	7,47	71,8	0,33	<0,002	н/по	46,3	0,58	715	0,48	313	0,63
3М	6,89	54,7	0,25	<0,002	н/по	55,4	0,69	456	0,30	262	0,52
4М	6,92	31,4	0,14	<0,002	н/по	27,9	0,35	1061	0,71	326	0,65
5М	7,00	43,2	0,20	<0,002	н/по	25,8	0,32	425	0,28	321	0,64
ПДК		23	1	н/у**	1	н/у	1	1500	1	н/у	1
ОДК ¹		55		32		20				***	
ОДК ²		220		130		80					

¹ для песчаных и супесчаных почв

² для почв близким к нейтральным, нейтральных с рН>5,5 (суглинистых и глинистых)

* н/по – ниже предела обнаружения

**н/у – не установлено

***для расчета Кк Ва взята среднее значение Сф= 500 мг/кг.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Акт о внедрении результатов диссертационного исследования



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«УГОЛЬНАЯ КОМПАНИЯ «КУЗБАССРАЗРЕЗУГОЛЬ»

Пионерский бульвар, 4а, г. Кемерово, Россия, 650054
Тел. (3842)44-03-00 факс (3842)44-06-58 Email office@kru.ru
ОКПО 14788090 ОГРН 1034205040935 ИНН/КПП 4205049090/424950001



УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора –
технический директор

Матва С. В.
2022 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационного исследования

Мухиной Александры Сергеевны

«**Геозкологическое обоснование рекультивации внешних отвалов при разработке угольных месторождений Кузбасса**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

Комиссия составе:

председатель: Начальник управления горных работ – Клейменов Р.Г.

член комиссии: Главный маркшейдер - Щупаковский Н.В.

Начальник отдела геомеханического контроля – Сергина Е.В.

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы

«**Геозкологическое обоснование рекультивации внешних отвалов при разработке угольных месторождений Кузбасса**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, использованы в производственной деятельности филиалов АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Галдинский угольный разрез», «Краснобродский угольный разрез» и «Бачатский угольный разрез» для обоснования рекультивации гидротвалов отсышкой на их поверхностях сухих пород, на основании полученных в диссертационной работе закономерностей изменения агрофизических и агрохимических свойств вскрышных пород, содержащих достаточное количество угля, которое обеспечивает плодородие по мере окисления и разложения.

Корректное обоснование пригодности вскрышных пород в качестве безопасного и плодородного рекультиванта позволит синхронизировать процессы отвалообразования и рекультивации, за счет чего снизить затраты на проведение горнотехнического и биологического этапа рекультивации и, соответственно, уменьшить затраты на размещение отходов V класса опасности, за счет вовлечения вскрышных пород ежегодно, в период с 2022 по 2028 год (ставка платы за 1 тонну загрязняющих веществ, руб/т 1,1*1,19)

Председатель комиссии

Р.Г. Клейменов

Члены комиссии

Н.В. Щупаковский

Е.В. Сергина