Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы

УДК 574.42: 581.524.34: 631.618 На правах рукописи

СИМАНЧУК ЕЛЕНА АНДРЕЕВНА

Изучение закономерностей естественного зарастания отвалов предприятий горнодобывающей промышленности Костанайской области

8D05101 – Биология

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Отечественный научный консультант
кандидат биологических наук,
профессор
Г.Ж. Султангазина

Зарубежный научный консультант
доктор биологических наук,
профессор
А.Н. Куприянов

Республика Казахстан
Костанай, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 17.0.0.05-2002. Охрана природы. Открытые горные работы. Земли. Рекульмивация нарушенных земель. Общие требования

ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб

ГОСТ 17.5.1.03-86. Охрана природы. Земли. Классификация вскрьшных и вмещающих пород для биологческой рекультивации земель.

ГОСТ 26107-84. Почвы. Методы опред еления азота

ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО

ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки

ГОСТ 26426-85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке

ГОСТ 26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке

ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке

ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления

ГОСТ Р 59540-2021. Грунты. Методы лабораторного определения степени засоленности

Закон Республики Казахстан. Об особо охраняемых природных территориях: принят 7 июля 2006 года, №175.

Кодекс Республики Казахстан. О недрах и недропользовании: принят 27 декабря 2017 года, №125-VI ЗРК

Лесной кодекс Республики Казахстан: принят 8 июля 2003 года, №477.

МВИ 66373620-005-2015. Методика определения органического вещества в почве с использованием поточно-декадной технологии анализа

ПНД Ф 16.2.2:2.3. 71-2011. Количественный химический анализ почв.

Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан. Об утверждении Инструкции по разработке проектов рекультивации нарушенных земель: утв. 2 августа 2023 года, №289.

СанПиН 42-128-4433-87

Экологический Кодекс Республики Казахстан: принят 2 января 2021 года, №400-VI ЗРК.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

AA	– гербарий института ботаники и фитоинтродукции, г. Алматы
ANOVA	– это статистический метод, который используется для сравнения средних значений двух или более групп
KSPI	– гербарий педагогического института им. У.Султангазина, Костанай
KUZ	– гербарий Кузбасского ботанического сада
LE	– цифровой гербарий ботанического института им. В. Л. Комарова, г. Санкт-Петербург
MW	– цифровой гербарий Московского государственного университета, г. Москва
pH	– водородный показатель
$pH_{водн}$	– реакция почвенного раствора
SVER	– цифровой гербарий института экологии растений и животных, г. Екатеринбург
TOBYLKZ	– гербарий кафедры биологии, экологии и химии Костанайского регионального университета имени Ахмет Байтұрсынұлы
V	– встречаемость
А	– активность
АО «ССГПО»	– Акционерное общество «Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного производственного объединения»
Б	– береза
КОКСНВО МНВО РК	– Комитет по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан
КП	– класс постоянства
КПП	– комплексный природный потенциал
ОПП	– общее проективное покрытие
Ос	– осина
С	– сосна
СО РАН	– сибирское отделение российской академии наук
ТМО	– техногенные минеральные образования
ЦП	– ценопопуляция
ЧПП (Р)	– частное проективное покрытие

ВВЕДЕНИЕ

Проблема истощения природных ресурсов и чрезмерного антропогенного давления на среду обитания сегодня рассматривается как фундаментальная угроза глобального характера [1, 2]. В частности, недропользование вызывает необратимые метаморфозы природных комплексов: разрушается литосфера, деградирует биота, меняется водный баланс. Естественная среда замещается техногенной, создавая «индустриальные пустыни», реабилитация которых крайне затруднена и длительна во времени.

Прошлый век стал периодом радикальной перекройки карты природных зон. Лесные массивы сменились мозаикой полей и лугов, а целинные степи были практически полностью вовлечены в сельскохозяйственный оборот [3-5].

Классик ландшафтоведения Ф.Н. Мильков указывал, что повсеместное хозяйственное воздействие привело к возникновению особого класса территорий — антропогенных ландшафтов. Данное явление тесно связано с понятием катастрофической сукцессии в биогеоценологии. Суть процесса заключается в стрессовом разрушении исходных экосистем, когда на смену устойчивым сообществам организмов приходят временные и нестабильные группировки, сформированные в условиях нарушенной среды [6, 7].

Процесс добычи полезных ископаемых неизбежно приводит к радикальному изменению ландшафта, порождая серьезные экологические риски. Одним из главных последствий разработки железорудных карьеров является накопление отвалов. В результате горнодобывающей деятельности формируются насыпи из отработанных горных масс, включая вскрышу и породу. Данные искусственно созданные тела определяют специфическую среду, контрастно отличающуюся по своим характеристикам от естественных экосистем. Это сопровождается уничтожением гумусового слоя, растительности и искажением рельефа местности.

Негативное влияние отвалов на биосферу многовекторно. Во-первых, это источник интенсивного пыления, опасного для здоровья населения. Во-вторых, происходит химическое загрязнение водных ресурсов через сток дождевых и талых вод. В-третьих, нарушается геологическая стабильность: возникают просадки, воронки и оползневые явления.

Для минимизации ущерба и разработки стратегий восстановления земель проводятся специализированные исследования. Ю.А. Манаков, изучая отвалы, предложил деление на 8 типов экотопов в зависимости от их пригодности для биологического освоения и угла откоса. Эти факторы являются определяющими для скорости самозарастания техногенных пустошей [8-10].

Наивысшую степень научной релевантности в текущий момент демонстрирует проведение исследования растительных сообществ в условиях интенсивного антропогенного технологического давления. Агрессивное влияние контаминирующих субстанций генерирует мультивариантный отклик в биологических структурах диапазон деструктивных эффектов стартует от модификации внешнего и внутреннего абриса и финиширует тотальной дисфункцией ключевых физиологических интенций. Параллельно этому процессу регистрируется флуктуация таксономического наполнения всего фитокомплекса. Императивная необходимость холистической верификации данных феноменов сформировала базис для возникновения Промышленной Ботаники — домена, который был автономизирован В.В. Тарчевским в академический сегмент в 1967 году [11].

Антропогенная нагрузка на экосистемы Казахстана остается высокой. В свете официальных сводных данных, публикация которых была осуществлена к первому числу ноября 2022 года, общий объём земельного фонда Республики Казахстан, подвергшегося деградации, достиг критической отметки в 244,8 тысяч гектаров. Доминирующее большинство этого территориального массива представляет собой участки, аккумулировавшие последствия горнодобывающей активности: это техногенные насыпные формирования, искусственные депрессии и гидротехнические накопители. Более половины от суммарной площади пространственно локализовано в трех регионах-призёрах по уровню прессинга: Мангистауской 70,5 тыс. га, Костанайской 40,4 тыс. га и Карагандинской 33,2 тыс. га административных областях. [12]. Проблема усугубляется накоплением колоссальных объемов промышленных отходов: к 1 января 2023 года их количество составило 31,6 млрд тонн с ежегодным приростом в 1 млрд тонн [12].

Пионерные исследования процессов ревегетации на отвалах железорудных предприятий Костанайской области стартовали еще в 1970-х годах. Более углубленное изучение экосистем Сарбайского рудника было проведено в интервале с 1997 по 2003 год [13, 14]. Однако, несмотря на ценность предыдущих исследований, они носили преимущественно флористико-описательный характер и проводились более двух десятилетий назад. В них отсутствовал комплексный статистический анализ взаимосвязей между стадиями сукцессии и конкретными эдафическими факторами, такими как тип и степень засоления или содержание микроэлементов. Оставался нераскрытым вопрос о том, являются ли процессы самозарастания лишь замедленной версией зональной сукцессии, или же техногенные условия приводят к формированию устойчивых, но незональных, так называемых «застывших» или «арестованных» сукцессионных стадий. Настоящая диссертация направлена на заполнение именно этого пробела путем применения современных методов анализа для выявления ключевых механизмов, лимитирующих восстановление экосистем на железорудных отвалах региона.

Цель работы - изучить особенности зарастания разновозрастных отвалов, входящих в состав АО «ССГПО» и «Качары руда». Актуальность исследования обусловлена его включением в рамки приоритетного вектора развития науки Казахстана – «Экология, окружающая среда и рациональное природопользование». Помимо этого, диссертационная работа имеет прямое соответствие с задачами, выдвинутыми в государственном приоритете «Построение диверсифицированной и инновационной экономики» [183]. Также тема работы находит потенциальное практическое применение в свете «Стратегии достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до

2060 года» за счет восстановления деградированных земель с помощью лесной рекультивации железорудных отвалов и других посттехногенных территорий [184].

Задачи исследования:

1. Проанализировать последовательности сукцессионных стадий и динамики закрепления растений на техногенных ландшафтах АО «ССГПО» и АО «Качары руда».

2. Выявить роль эдафических и орографических факторов в формировании характера и пространственной структуры растительного покрова на отвалах в условиях Костанайской области.

3. Провести анализ флоры отвалов: определить видовой состав, таксономическую структуру, эколого-биологические и географические особенности.

4. Разработать научно обоснованные методические рекомендации по биологической рекультивации отвалов железорудных месторождений Костанайской области.

Объектом диссертационного исследования выступает интегративная система, включающая природные и техногенные компоненты среды (ландшафтная структура, педосфера и растительный покров) в зонах промышленной активности горнодобывающих комплексов Костанайской области — АО «ССГПО» и АО «Качары руда».

Предметом анализа являются фитоценозы, проходящие стадии формирования на поверхностях отвалов.

Эмпирическая база работы сформирована на основе натурных образцов флоры и проб техногенного эллювия, отобранных в ходе полевых исследований.

Научная новизна работы определяется тем, что впервые для техногенных ландшафтов АО «ССГПО» и АО «Качары руда» реализован системный подход к изучению растительного покрова. В исследовании не просто описаны, а математически проанализированы процессы зарастания на отвалах различного времени заложения (разновозрастных). Применение аппарата математической статистики позволило перевести геоботанические данные из качественной плоскости в количественную, выявив достоверные закономерности формирования фитоценозов**.** Выявлены ключевые эдафические и орографические факторы, лимитирующие естественный сингенез, и доказана его ограниченная эффективность, приводящая к формированию на старовозрастных отвалах специфических переходных фитоценозов, не достигающих состояния зонального климакса. В процессе плановой инвентаризационной кампании по изучению техногенного фитокомплекса настоящая научная группа осуществила прецедентную верификацию уровня её синантропного проникновения для данного типа объектов. Синхронно с этим важнейшим достижением, флористический каталог Костанайской административной области был впервые пополнен пятью ранее незафиксированными таксонами: *Sorghum sudanense, Rubus sachalinensis, Chondrilla ambigua*, *Achillea* × *kasakhstanica, Bryonia alba*. Исходя из совокупности аккумулированного исследовательского контента, научным коллективом были введены в оборот специализированные инструктивные руководства с эксплицитным научным фундированием для инициирования процедур биологического восстановления горнопромышленных субстратов железорудного генезиса. Эти рабочие инструменты полностью синхронизированы с аборигенными климатическими прерогативами и специфическими грунтовыми параметрами исследуемой местности.

Практическая ценность работы заключается в создании готового к внедрению прикладного продукта, адаптированного под специфику горнодобывающей отрасли. Разработанные автором «Методические рекомендации по лесной рекультивации» представляют собой верифицированный механизм, позволяющий недропользователям (в частности, АО «ССГПО») повысить эффективность ренатурализации отвалов. Это обеспечивает гармонизацию производственных процессов с требованиями экологического законодательства и целями государственной «Стратегии углеродной нейтральности до 2060 года» в части создания углерододепонирующих насаждений. Важным аспектом практической реализации является систематизация биологических данных. Сформированный массив гербарных материалов прошел научную обработку и включен в фонды международных гербариев TOBYLKZ (Костанай) и KUZ (Кемерово), что закрепляет приоритет исследования. В совокупности с авторским электронным учебным изданием эти материалы образуют документированную базу данных, необходимую как для проведения дальнейшего мониторинга динамики биоразнообразия в техногенных ландшафтах, так и для качественного обучения студентов биологического и экологического профиля.

Теоретическая значимость работы состоит в развитии фундаментальных представлений об экологии техногенных ландшафтов. Доказано, что естественный сингенез на железорудных отвалах приводит не к восстановлению зональных аналогов, а к формированию специфических квази-устойчивых сообществ. Обоснование и описание «переходного фитоценоза» как формы арестованной сукцессии (техногенного плагиоклимакса) вносит вклад в теорию динамики экосистем. Выявленная иерархия экологических фильтров (орография и эдафические факторы) расширяет понимание механизмов сборки растительных сообществ в экстремальных условиях. Полученные данные, включая открытие 5 новых для региона видов, являются весомым вкладом в изучение антропогенной трансформации флоры и биогеографии Северного Казахстана.

Теоретико-методологический фундамент работы сформирован на основе анализа научных изысканий ряда ведущих специалистов. В частности, ключевое значение имели труды А.Н. Куприянова (2010, 2017) и Ю.А. Манакова (2011, 2017), а также региональные исследования Д.Т. Конысбаевой (2003, 2012). При разработке методологии учитывались классические подходы Э.В. Тереховой (1974, 1976) и В.И. Федотова (1978, 1985), дополненные работами В.А. Андроханова (2000). Кроме того, автор опирался на современные данные, представленные в публикациях Н.В. Долгополовой (2020), А.

Чаплыгиной (2023), а также в зарубежных источниках (Noviyanto, 2017; Hendrychová, 2020).

Достижение поставленной цели и решение задач обеспечивалось применением комплексной системы **методов**. На основе анализа и синтеза научной литературы была определена теоретическая рамка исследования. В ходе маршрутно-экспедиционных работ с использованием стандартных геоботанических методов (описания, гербаризация, парцеллярный анализ) был собран эмпирический материал. Для оценки эдафических условий применялся общий агрохимический анализ почв. Для верификации полученных результатов и установления статистически значимых зависимостей применялся аппарат математической статистики, включая дисперсионный (ANOVA) и корреляционный анализы. Обоснование итоговых заключений и разработка практических предложений базировались на методах синтеза, обобщения и компаративного (сравнительного) анализа полученных данных.

К защите представляется совокупность следующих **научно обоснованных утверждений:**

1. Динамика естественной экологической сукцессии на техногенных насыпях АО «ССГПО» и АО «Качары руда» характеризуется стадийностью; однако, темпы и флористический состав данного процесса лимитируются прежде всего степенью содержания солей в субстратах. Несмотря на то, что на незасоленных площадях интенсивность зарастания выше, это не приводит к полному восстановлению естественных зональных сообществ.

2. Формирование растительного покрова на отвалах железорудных месторождений определяется комплексом эдафических и орографических факторов; гетерогенность техногенного рельефа создает мозаику местообитаний, детерминирующую пространственную неоднородность и характер сукцессионных процессов.

3. Техногенная флора отвалов характеризуется специфической таксономической, биоморфологической и эколого-ценотической структурой, отражающей адаптацию растений к условиям нарушенных местообитаний: преобладают травянистые поликарпики евразийского происхождения степного и лугового комплексов; сочетание доминирования зональных видов с постоянным присутствием рудеральных компонентов свидетельствует о направленности сукцессии к зональным аналогам при сохранении нестабильности формирующихся экосистем.

4. Разработанные научно обоснованные методические рекомендации по биологической рекультивации отвалов железорудных месторождений Костанайской области включают в себя критерии оценки лесопригодности, требования к этапам работ, а также адаптированный к местным условиям ассортимент древесно-кустарниковых пород и агротехнику их выращивания на техногенных субстратах.

Личное участие соискателя заключается в непосредственном осуществлении всего комплекса экспедиционных исследований, включая проведение геоботанического описания растительности. Автором выполнен критический анализ библиографических источников, сформирован и детально изучен флористический конспект. Практическим итогом работы стала подготовка методических рекомендаций по лесовосстановлению (представлены в Приложении А) и создание авторского электронного учебного ресурса (Приложение Б). Исследование носит инициативный характер и выполнено автором самостоятельно, вне рамок грантового финансирования.

Апробация и публикации. Основные положения и выводы диссертации изложены в 20 печатных работах. Из них 2 публикации размещены в рейтинговых журналах базы Scopus; 4 статьи — в изданиях, рекомендованных КОКСНВО МНВО РК; 3 работы опубликованы в сборниках международных конференций, индексируемых в Web of Science (Conference Paper):

1. Natural vegetation communities on the iron ore dumpsites in Northern Kazakhstan. Biodiversitas. – 2023. – Vol. 24 (6). – P. 3414-3423 (CiteScore (Scopus) 2022 – 2,2; процентиль по ботанике – 51, CiteScore 2023 – 2.8; процентиль по ботанике – 56).

2. Дополнение к флоре Казахстана // Turczaninowia. 2024. – Vol. 27, 4: 157–16.(CiteScore (Scopus) 1.1; процентиль по экологии – 22).

3. Analysis of the syngenesis pioneer stage on the iron ore enterprises dump sites in the Kostanay region // Вестник Карагандинского университета. Серия Биология. Медицина. География. – 2023. – №3 (111). – С. 159-168.

4. Analysis of group-thicket communities on iron ore industry dumps in Kostanay Region // Вестник Евразийского национального университета Л.Н. Гумилева. Серия Биологические науки. – 2023. – №3 (144). – С. 26-39.

5. Analysis of complex phytocenoses of iron ore companies dumps of the Kostanay region // Вестник Казахского национального университета имени Аль-Фараби. Серия биологическая. – 2023. – №3 (96). – С. 66-79.

6. Taxonomic diversity of the *Ranunculaceae* family in the Tobol-Ishim and Turgai floristic districts of Kazakhstan // Вестник Казахского национального университета имени Аль-Фараби. Серия биологическая. – 2024. – №3 (100). – С. 4-18.

7. A zonal forest approach for restoring degraded lands in the Kostanay region // BIO Web of Conferences: VII International Scientific Conference «Problems of Industrial Botany in Industrially Developed Regions». – 2024. – №128. – 00002.

8. Floristic features of the Kostanay iron ore dump flora // BIO Web of Conferences: VII International Scientific Conference «Problems of Industrial Botany in Industrially Developed Regions». – 2024. – №128. – 00013.

9. Morphometric study of *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen under the conditions of Kostanay Region // BIO Web of Conferences: VII International Scientific Conference «Problems of Industrial Botany in Industrially Developed Regions». – 2024. – №128. – 00022.

Практическая реализация итогов исследования осуществлена по двум направлениям. В операционном сегменте Акционерного Общества «ССГПО» были введены в действие рационализаторские инициативы изыскателя, которые послужили фундаментальным основанием для актуализации проектного пакета технической документации, относящейся к процессу рекультивации. Непосредственно данная коррекционная деятельность касается модернизации Плана восстановительных манипуляций на Юго-Западном автотранспортном техногенном насыпном образовании Сарбайского месторождения (подтверждающие документы — в Приложениях В, Г). В образовательной сфере материалы диссертации интегрированы в учебный процесс и активно применяются в ходе лабораторно-практических занятий. Материалы диссертации были включены в содержание образовательных программ Биологии и Экологии по ряду профильных предметов. Кроме того, данные нашли отражение в спецкурсах «Современные вопросы систематики высших растений» и «Актулаьные вопросы биологии» (Приложения В, Г). Интеллектуальная новизна работы подтверждена получением Свидетельства о государственной регистрации прав на объект авторского права (Приложение Д).

Основные результаты диссертационного исследования доложены на международных конференциях, форумах, опубликованы в прочих источниках:

1. Фиторекультивация как метод восстановления биоразнообразия техногенных ландшафтов // Актуальные проблемы экологии: материалы 15-й международной научно-практической конференции (Караганды, 2023 – 20-21 января).

2. Қостанай облысының темір рудасы кәсіпорындарының үйінділерінде өсімдік жамылғысының түзілуін зерттеу // Путь в науку – 2023: материалы международной научно-практической конференции (Павлодар, 2023 – 12 апреля).

3. Техногендік ландшафттардың өсу ерекшеліктері // Материалы 49-й международной научно-практической конференции Малой академии наук Республики Казахстан (Павлодар, 2023 – 13-14 апреля).

4. Рекультивация отвалов железорудных предприятий как фактор достижения устойчивого развития Костанайской области // Проблемы развития естественных наук и образования в контексте целей устойчивого развития: материалы 2-го международного молодежного научного форума (Алматы, 2023 – 30 ноября).

5. Расширение ареалов: новые свидетельства миграции флоры на железорудных отвалах // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: материалы 8-й международной научно-практической конференции (Рязань, 2024 – 22-23 марта).

6. Биоразнообразие железорудных отвалов: возможности и ограничения естественного восстановления // Актуальные проблемы научных исследований молодых ученых: материалы международной научно-практической конференции (Алматы, 2024 – 29 марта).

7. Анализ влияния отвалов на окружающую среду // Материалы научно-практической конференции «Байтурсыновские чтения – 2024» на тему: «Концепция развития высшего образования и науки Казахстана – основа роста человеческого капитала и инноваций» (Костанай, 2024 – 19 апреля).

8. Рекультивация отвалов как фактор устойчивого развития горнодобывающей отрасли региона // Родной край – основа всех начинаний поколения молодых: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных, магистрантов, студентов и учащихся (Рудный, 2024 – 25-26 апреля).

9. Оценка перспективности выращивания кормовых культур на железорудных отвалах // Агропромышленный комплекс в условиях инновационного развития: наука, технологии, кадровое обеспечение: материалы 1-й международной научно-практической конференции (Минск, 2024 – 6-7 июня).

10. Natural overgrowth of the dump sites of mining enterprises in the Kostanay region // Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2023. – №1.

11. Конспект флоры отвалов Соколовского, Сарбайского и Качарского железорудных месторождений // Ботанические исследования Сибири и Казахстана: сборник научных трудов. – 2024. – №30.

Общий объем диссертации составляет 167 страницы машинописного текста. **Структура работы** представлена введением, шестью разделами, заключением, а также списком источников из 188 наименований (как зарубежных, так и отечественных) и 12 приложениями. Материал содержит 30 табличных форм и 33 рисунка или фотографии.

Автор приносит **глубокую благодарность** административному и профильному персоналу отделов экологии и недропользования компаний АО «ССГПО» и АО «Качары Руда». Их содействие в организации доступа на промышленные полигоны, а также информационная поддержка и сопровождение полевых работ стали основой для получения фактического материала.

Особая признательность выражается научным сотрудникам Кузбасского ботанического сада и Института экологии человека (структурные подразделения ФИЦ угля и углехимии СО РАН). Автор высоко ценит оказанную экспертную помощь в таксономической идентификации и верификации собранных гербарных образцов (в том числе по фотографиям), а также консультационную поддержку в период прохождения научной стажировки.

1 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Геология и рельеф

Костанайская область – обширный регион площадью 196 тыс. км², раскинувшийся в северной части Республики Казахстан. Границы области проходят с Российской Федерацией на севере и северо-западе, с Актюбинской областью на западе и юго-западе, с Северо-Казахстанской, Акмолинской и Карагандинской областями на востоке и юго-востоке [15].

Рельеф области преимущественно равнинный, сформированный под влиянием эндогенных и экзогенных процессов, воздействия антропогенных факторов в неоген-четвертичный период. На севере простирается юго-западная окраина Западносибирской равнины, представленная пологоволнистой равниной с овражно-балочной сетью. Центральную часть занимает Тургайское плато, где равнинные участки сочетаются с мелкосопочником и останцами. На северо-западе возвышается Зауральское плато, характеризующееся холмисто-мелкосопочной возвышенной равниной. Юго-восточная часть области – это отроги Сарыарка, отличающиеся более расчлененным рельефом с сопками и останцами [15, 16].

Разнообразие геоморфологических условий обуславливает пестроту ландшафтов. Пространство начинает свой экологический диапазон с лесостепного биома на севере; эта область отмечена мозаикой древесных сообществ (сосна и береза) и обширными безлесными участками (пашни и травяные угодья). Постепенный сдвиг к центру и югу приводит к доминированию степного ландшафта, где доминирующими элементами флоры являются злаки из рода ковыль и богатое разнотравье. Юго-восточная периферия резко изменяется, переходя в полупустынные экосистемы, где господствующее положение занимают галофитные растения (солянки) в сочетании с полынью.

Главной водной артерией области является река Тобол, которая, протекает через всю область с северо-востока на юго-запад. Питание реки преимущественно снеговое. В Тобол впадают многочисленные притоки, такие как Уй, Аят, Терисаккан, берущие начало в предгорьях Урала и Зауральского плато. С востока впадает река Убаган, начинающаяся в озере Кушмурун, расположенном в Торгайском понижении. В южной части Торгайской ложбины, простирающейся через область от севера до самых южных точек, протекает река Торгай, исток которой находится на Тургайском плато [15, с.3-54; 16, с. 3-84].

Рассматриваемый регион представляет собой равнинную территорию, осложненную мелкосопочником. В геоморфологическом плане она разделяется на аккумулятивную (зандровые равнины, ложбины стока) и денудационную (увалисто-волнистые равнины, плато) равнины. В настоящее время на рельеф области влияют как природные (овражная эрозия, дефляция), так и антропогенные (оврагообразование, ветровая эрозия) факторы. Эти процессы ведут к усложнению рельефа, образованию оврагов, балок, дефляционных котловин [17].

В основе области залегает складчатый фундамент, возраст которого датируется докембрийским и палеозойским периодами. Он состоит из кристаллических пород (граниты, гнейсы, сланцы), которые выходят на поверхность в районе города Костаная. Складчатый фундамент перекрыт осадочными породами платформенного чехла, образовавшегося в мезозойскую и кайнозойскую эры. Мощные толщи осадочных пород (песчаники, известняки, глины) заполняют Тургайский прогиб, являющийся основной геоструктурой области [18, 19, с. 3-50].

Северная часть Костанайской области расположена в границах Западносибирской низменности и образована маломощными четвертичными супесями и песками. Четвертичные породы расположены над соленосными третичными глинами Западносибирской низменности и известняками, кварцево-глауконитовыми песками Торгайского и Зауральского плато. На западе и юго-востоке области происходит обнажение пород складчатого фундамента [18, 19, с. 3-50].

Геологическое строение Тургайского прогиба – это результат длительного геологического развития региона. Породы различных этажей характеризуются различными физико-механическими свойствами, что определяет особенности рельефа и геологических процессов, протекающих в прогибе. Толща пород Тургайского прогиба состоит из трех геолого-структурных этажей [20].

Первый этаж геологического разреза представлен породами докембрийского и раннепалеозойского возраста: это гранитоиды, базальты, также красноцветные породы пермского и триасового периодов, кварциты, гнейсы и сланцы

Второй этаж сложен породами среднего и позднего палеозоя: известняки, порфириты, диабазы и сланцы. Особую ценность представляют месторождения магнетитовых руд, связанные с отложениями нижнего карбона. Эти месторождения служат важной сырьевой базой для черной металлургии

Третий этаж составлен породами мезозойского и кайнозойского возраста – это морские отложения: песчано-глинистые образования; континентальные отложения, сформировавшиеся в течение кайнозоя. В конце триасового и в начале юрского периодов на территории изучаемой области сформировалась большая часть осадочных месторождений железных руд, бокситов и т.д. [20].

Туранская палеозойская плита, расположенная южнее Тургайского прогиба, имеет двухъярусное строение. Нижний слой, фундамент времен палеозоя, состоит из метаморфических и магматических пород. Верхний слой, чехол осадочных отложений мезо-кайнозойского возраста, состоит из осадочных пород, залегающих горизонтально. Горизонтальное залегание пород чехла привело к формированию равнинного рельефа [21].

1.2 Климатические особенности

Климат Костанайской области относится к резко-континентальному типу и характеризуется антициклональным типом погоды, незначительным количеством осадков, низкой влажностью. Изменчивый характер климата области обуславливается, в первую очередь, большой площадью территории, а также влиянием с запада Уральских гор, с востока – Казахского мелкосопочника [20].

Широкие амплитуды изменения годовых и суточных температур являются нормой для области. Зимний период отличается пасмурной, холодной погодой с продолжительным устойчивым снежным покровом; частотны и сильные ветры, метели и туманы. Летний сезон довольно жаркий и короткий [21, с. 3-136; 22].

Климатические условия оказывают серьезное влияние на самозарастание нарушенных территорий: температура, влажность, осадки, ветровой режим, - все данные показатели в той или иной степени регулируют рост и развитие растительных сообществ на карьерно-отвальных ландшафтах. Общие закономерности климата, микроклимат, погодные аномалии, катализированные изменением климата, могут изменять метаболизм и видовой состав экосистем. Некоторые изменения экосистемной динамики могут происходить медленно – с постепенным изменением доминантных видов на определенной территории, другие же изменения могут быть внезапными: вымирание, болезни, пожар [23].

Так, согласно исследованию ученых из Центра энергетических исследований Норвежского института иностранных дел (NUPI) и базирующегося в Осло Центра международных климатических исследований CICERO, рост температур в Центральной Азии опережает среднемировые темпы, что приводит к ускоренному усугублению разнообразных проблем, в том числе таяния ледников, дестабилизации речных стоков и роста засушливости [24].

Каждые 10 лет в период с 1983 по 2019 гг. среднегодовая температура на территории Казахстана повышалась на 0,26°С, что в условиях резко-континентального климата приводит к метеорологической и гидрологической засухе в том числе и в степной зоне северной части страны. В Казахстане, дни атмосферных засух за период 1930-1965 годов составляли 55 дней, а в последние годы их продолжительность достигла 89 и более дней. Засуха крайне негативно влияет на процессы естественного зарастания нарушенных земель, поверхность которых лишена плодородного слоя и подвергается ветровой эрозии, что усложняет укоренение и развитие растительных сообществ [25].

В данном пункте мы рассмотрим климатические особенности Костанайской области, потенциально оказывающие влияние на самозарастание отвалов горнодобывающей промышленности Костанайской области.

1.2.1 Климатические сезоны года

Анализ термических ресурсов региона указывает на существенный широтный градиент: период тепла (при t>0∘C) длится от 200–205 дней на севере до 218 дней на юге. При этом фиксируется несовпадение астрономических дат смены сезонов с реальными климатическими процессами. Устойчивый переход среднесуточной температуры через 0∘C (начало весеннего периода) и через 15∘С (начало летнего периода) происходит неравномерно. Даты наступления этих фаз индивидуальны для каждой локации области и подвержены значительным межгодовым флуктуациям [19, 24].

Границы климатического начала весны по территории области разница от 28 марта по 6 апреля, а продолжительность варьируется в пределах 43-51 суток. Наступление лета также существенно разница: в северной части области – конец мая, в южное же – середина мая. И длительность данного времени года отличается от 93 суток севернее до 124 южнее. Месячную разницу в продолжительности лета можно объяснить большой широтной протяженностью территории Костанайской области. Начало осени также не совпадает на севере (конец августа) и юге (середина сентября). Сроки наступления зимы: конец октября – начало ноября, а продолжительность находится в пределах 144-161 суток [19, с. 5-46].

Исходя из вышеописанного можно сделать вывод, что самый длительный период года в Костанайской области – это зима – более 5 месяцев (ноябрь – март), лето ограничивается 3-4 месяцами. Осенний период в области охватывает менее 2 месяцев, а самый короткий сезон – весна – 1,5 месяцев [19, с. 5-46].

Ветровой режим является одним из факторов, оказывающим значительное влияние на рост и развитие растений, т.к. ветер способствует интенсивному испарению влаги из почвы. Ветровая эрозия повышает уязвимость легкой почвы за счет удаления самой тонкой и наиболее плодородной ее части, включая питательные вещества, что потенциально ограничивает развитие растительности. Ветер сильнее и продолжительнее средней нормы может привести к пригибанию стеблей растений, что негативно сказывается на их дальнейшей жизнедеятельности. Среднегодовая скорость ветра варьируется в пределах 3,2-5,7 м/с. Максимальная зафиксированная скорость ветра в году - 24-35 м/с. Юго-западное направление ветра превалирует над остальными на территории области. Однако, стоит отметить, что на территории Торгайской долины преимущественно друге направление – северо-восточное [19, 20, 25, 26].

По мере продвижения с севера на юг области показатели теплообеспеченности и влагообеспеченности существенно изменяются. Однако, средняя годовая температура воздуха сохраняется положительной для всех районов области, варьируется от 1 до 4°С. Самый холодный месяц январь со вредней температурой в -15-17°С. Самое экстремальное понижение температуры в самые холодные зимы до -44°С. Самая низкая зафиксированная температура за последние 10 лет -47°С – в п. Кушмурун. Месяцем с наивысшей среднесуточной температурой является июль: на севере до +19°С, а на юге до + 24°С [19, 20].

Повышение температуры воздуха днем до 40-45°С возможно в особенно жаркие засушливые дни. Тепловой период с температурой выше нуля сохраняется на территории северной части области 200-205 дней, южной – 210-218 дней [19, 20].

Достаточное потребление воды позволяет растению осуществлять свои физиологические функции. Вода является неотъемлемой частью процесса фотосинтеза, терморегуляции организма, транспорта питательных элементов и т.д.

Рассматривать ресурс влаги необходимо с нескольких сторон:

1) количество и распределение атмосферных осадков;

2) режим снежного покрова;

3) режим увлажненности почвы.

Сравнительная характеристика влагообеспеченности по наиболее теплому и наиболее холодному периоду в области показана в таблице 1 [19, 20].

Таблица 1 – Характеристика атмосферных осадков в Костанайской области по периодам

<table>
<tr><td rowspan="2">Период</td><td colspan="2">Осадки</td></tr>
<tr><td>Север области</td><td>Юг области</td></tr>
<tr><td>Год</td><td>~ 330 мм</td><td>~ 220 мм</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Зима</td><td colspan="2">Наибольшая высота снежного покрова: февраль, март</td></tr>
<tr><td>~ 20 – 30 см</td><td>~ 18 – 20 см</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Лето</td><td colspan="2">70-75% от годовых</td></tr>
<tr><td colspan="2">относительная влажность воздуха < 30%</td></tr>
<tr><td>не более 15 – 20 дней;
длительные обложные дожди</td><td>60 дней и более;
кратковременные ливневые дожди, порывистые сильные ветра</td></tr>
</table>

Для гидрологического режима Костанайской области характерна высокая годовая изменчивость. В засушливые периоды, которые наблюдаются в 2-3 раза чаще, чем влажные, количество осадков может быть в 2-3 раза ниже среднего многолетнего значения. В более влажные годы наблюдается обратная картина: количество осадков значительно превышает норму. Среднегодовое количество осадков в области колеблется от 220 до 330 мм. Эта изменчивость обуславливает необходимость разработки мер по рациональному использованию водных ресурсов, а также по защите земель от засухи. Для черноземной зоны региона количество осадков выше, чем для степной зоны [17; 19, с. 3-136; 22].

Снег в Костанайской области выпадает неравномерно, в зависимости от широты и рельефа. В северных районах, где преобладают возвышенности, снег ложится раньше и лежит дольше. В южных районах, где преобладают равнины, снег ложится позже и лежит меньше. В среднем, в области снег лежит 125-161 день [17; 19, с. 3-136].

Для зимы в области характерны продолжительные и сильные ветры, которые сдувают снежный покров с возвышенностей рельефа в понижения, это приводит к значительно более глубокому промерзанию почв на пустых от снега участках. Часто фиксируются бураны в течение зимы [19, с. 3-136].

Весна достаточно короткая, количество выпадающих осадков низкое, температурный режим быстро меняются в сторону нарастания, это происходит из-за значительно увеличивающегося поступления теплых воздушных масс со стороны южных регионов. Поверхность почвы весной подвергается сухим сильным ветрам и быстро высыхает. Частотны и пыльные бури при частых суховеях [19, с. 3-136].

Лето жаркое и сухое при относительно большом количестве атмосферных осадков. В этот сезон довольно частотны суховеи, усиливающие испаряемость влаги и развеивающие почвы. Нередки засухи [17; 19, с. 3-136; 20].

Для осеннего сезона свойственна пасмурная и сырая погода. Температурные показатели начинают снижаться уже с конца летнего периода, часто достигая точки замерзания в середине осени. В то же время, первое снегопад может не наступить до зимнего солнцестояния, особенно в южных регионах, где снежный покров может отсутствовать до последних дней декабря [17; 19, с. 3-136; 20].

1.2.2 Агроклиматические ресурсы

В ходе данного исследования наиболее целесообразно учитывать не столько отдельные климатические факторы, сколько их совокупность, влияющую на произрастание различных культур. Эта совокупность факторов называется агроклиматическими ресурсами. Агроклиматические ресурсы – это совокупность различных факторов климата, виляющих на возможность возделывания определенных культур. К таким факторам относятся: уровень солнечной радиации, характеристики термического режима и режима увлажнённости почвы в течение вегетационного периода [19, с. 3-136].

Согласно исследованию 2016 года, проводимому ТОО «Институт географии», на территории Костанайской области выделено 4 агроклиматические зоны. В таблице 2 указаны названия этих зон, предельные значения коэффициента увлажнения (К) за вегетативно активный период и суммы температур воздуха выше 10°С, осредненные за многолетний период [17; 19, с. 3-136; 20].

Таблица 2 – Агроклиматические зоны Костанайской области

№ зоны	Название	К	$\sum T_{10}$, ^{0}С
II	Слабовлажная умеренно теплая	0,8-1,0	2200-2500
III-б	Слабо засушливая теплая	0,6-0,8	2450-2750
IV-а	Умеренно засушливая теплая	0,4-0,6	2700-3200
V-а	Очень засушливая умеренно жарка	0,3-0,4	3100-3500
Примечание – Составлено по источнику [21, с. 6-36]			

Полученные данные позволили сделать вывод, что на территории области нет *зоны I – «Умеренно влажная умеренно теплая»*. Также стоит отметить, что территория области почти поровну поделена между парами II-III-б и IV-а-V-а [19, с. 3-136].

Как было описано ранее, агроклиматические ресурсы оцениваются с помощью показателей, влияющих на рост, развитие и продуктивность растений. При оптимальном уровне влаги растения способны максимально эффективно использовать солнечную радиацию и накапливать наибольшее количество биомассы. Недостаточное влагообеспечение приводит к тому, что использование солнечной энергии снижается до минимума, что в дальнейшем приводит к уменьшению продуктивности видов.

Знание агроклиматических зон позволит предположить, какие растения могут существовать и отвалах, а также сопоставить флору нарушенных территорий с предполагаемой и контрольной.

1.3 Почвенный покров

Широтная зональность обуславливает три почвенные зоны и четыре подзоны в Костанайской области, где с севера на юг происходит постепенная смена степени и вида влияния экологических и климатических факторов.

К плоским зонам обычных равнин относятся:

1) степная зона: включает в себя умеренно-увлажненную, умеренно-засушливую и сухую степи;

2) полупустынная зона;

3) пустынная зона.

Стоит отметить, что на территории области также встречаются интразональные почвы, их распределение зависит от природной зональности. Интразональные почвы отличаются от зональных тем, что могут находиться в несвойственных зонах в том числе в виде отдельных массивов. В Костанайской области такими почвами являются солонцы, луговые и пески, все они пустынные с почвообразованием бурого типа [15, 19, с. 3-136; 20].

1.3.1 Характеристика зональных почв

Черноземы обыкновенные

Средняя мощность гумусового слоя – 60-80 см; очень высокий гумусовый статус (6,2-8,0%). Обыкновенные черноземы формируются в северной части степной зоны, на лёссовидных суглинках или элюводелювии коренных пород, преимущественно глинисто-суглинистого состава. Они формируются под разнотравно-дерновиннозлаковыми степями, которые не позволяют воде глубоко просачиваться в почву [19, 27].

Черноземы обыкновенные карбонатные

Средняя мощность гумусового слоя – 40-80 см; очень высокий гумусовый статус (6-8%). Карбонатные черноземы образуются на делювиальных отложениях и элювии коренных пород. Они чаще всего тяжело- и среднесуглинистые, реже легкосуглиниистые. Эти почвы характеризуются высоким содержанием карбонатов в верхнем горизонте, что приводит к неблагоприятным агрофизическим свойствам, таким как высокая рыхлость, повышенная аэрация, непрочная структура и низкая влагоёмкость. Во всех горизонтах карбонатных черноземов широко распространены углесоли кальция [19, 28].

Черноземы обыкновенные солонцеватые

Встречаются на слабодренированных участках, где подстилающие породы залегают близко к поверхности в районах водоразделов Тобол-Убаган,

Убаган-Есиль. Они формируются под угнетенной и разреженной степной растительностью [29].

Средняя мощность гумусового слоя – 40-70 см; очень высокий гумусовый статус (7-9%). Скопление гипса находится на глубине 80-120 см. Отличительная особенность этих почв – это соленосный горизонт в нижней части профиля, сформировавшийся в следствие недостаточного дренирования. Засоление носит в основном сульфатный характер. Чаще данные почвы встречаются в виде массивов или пятен в степной зоне в условиях засушливого климата. Эти почвы формируются на пересеченном рельефе, в местах, где соленосные породы подходят близко к поверхности, а также на древних речных террасах [19, с. 3-136; 31, с. 3-376].

Черноземы южные нормальные

Средняя мощность гумусового слоя – 35-60 см; высокий гумусовый статус (4-7%). Данный тип почвы с низким содержанием фосфора образовался под разнотравно-типчаково-ковыльной растительностью [32].

Черноземы южные карбонатные

Содержание гумуса – высокий гумусовый статус (4-6%). Уровень карбонатности может быть определен как с поверхности, так и с глубины 28-30 см, в зависимости от целей исследования, гипс – 100-120 см [19, с. 3-136; 31, с. 3-376].

Черноземы южные солонцеватые

Средняя мощность гумусового слоя – 30-65 см; низкий гумусовый статус (0,2-0,4%). Эти почвы отличаются от обыкновенных черноземов наличием натрия в составе поглощенных оснований, что является признаком солонцеватости. Максимальная концентрация солей наблюдается в нижних горизонтах почвы. Черноземы южные солонцеватые встречаются на территории области в виде отдельных массивов или в комплексе с солонцами [19, с. 3-136; 31, с. 3-376]. Сформированы на древних речных террасах из рыхлых, лессовидных отложений, которые образовались в результате размыва и переноса горных пород, под злаково-полынными ассоциациями [33].

Лугово-черноземные почвы

Средняя мощность гумусового слоя – 60-80 см; содержание гумуса: высокий гумусовый статус (4-9%). Глубокие горизонты почвы, богатые гумусом, имеют более темную окраску, а ржавые и сизые пятна указывают на специфические процессы, происходящие в почве [19, с. 3-136; 31, с. 3-376].

Несмотря на то, что преимущественной зоной распространения является лесостепь, данные образования могут фиксироваться в ландшафтах степной и лиственно-лесной зон. Специфика их формирования, в противовес обычным черноземам, обусловлена фактором дополнительного увлажнения. Оно возникает вследствие концентрации атмосферных осадков (поверхностного стока) или влияния капиллярной каймы грунтовых вод (уровень 3–7 м). Такое гидрологическое состояние определяет их статус как полугидроморфных — переходного звена, граничащего с автоморфными и гидроморфными почвенными разностями. Лугово-черноземные почвы образуются под растительностью, которая включает в себя разнотравье, злаки и лиственные деревья. Эта растительность растёт на слабодренированных равнинах, в замкнутых понижениях рельефа, на подпойменных террасах и нижних частях склонов [34].

Темно-каштановые почвы

Средняя мощность гумусового слоя – 38-45 см; средний гумусовый статус (2,5-4,5%). Образуются в условиях сухих степей. Благодаря песчаному составу, соли не задерживаются в этих почвах, а вымываются в более глубокие слои [19, с. 3-136; 31, с. 3-376].

Темно-каштановые карбонатные, частично *остаточно-карбонатные* почвы

Средняя мощность гумусового слоя – 30-50 см; средний высокий гумусовый статус (3,0-4,0%). Водорастворимые соли, преимущественно сульфаты - глубже 80-100 см. Образуются на возвышенных равнинах и речных долинах, которые плохо дренированы. Эти равнины и долины состоят из суглинков и глин, содержащих большое количество карбонатов [19, с. 3-136; 31, с. 3-376].

Темно-каштановые солонцеватые почвы

Средняя мощность гумусового слоя – 30-50 см; средний высокий гумусовый статус (2,5-4,5%). Рельеф и гидротермический режим данных мест обуславливают уникальный генезис этих почв, они формируются на пологих участках водоразделов, террасах рек [19, с. 3-136; 31, с. 3-376].

Темно-каштановые малоразвитые и неполноразвитые (ксероморные) щебнистые почвы. Средний гумусовый статус (2,3-3,8%). Рельеф и материнская порода отрогов Зауральского плато являются ключевыми факторами формирования этих почв [19, с. 3-136; 31, с. 3-376].

Средне-каштановые карбонатные (темно-каштановые малогумусные) почвы

Средняя мощность гумусового слоя – 35-45 см; средний гумусовый статус (2,5-3,5%). Среди обменных оснований по составу преобладает кальций – до 90%, содержание магния – 15-25%, а натрия – не более 1-3% [21, с. 3-136; 31, с. 3-376].

Средне-каштановые карбонатные, частично *остаточно-карбонатные*

Восточная часть области богата этими почвами, образовавшимися на крупных водоразделах [21, с. 3-136].

Средне-каштановые солонцеватые почвы

Сформировались на террасах озер, в долинах рек и межсопочных понижениях. Характерная черта данных почв заключается в повышенной щелочности. По содержанию натрия (% от ЕКО) делятся на виды: слабосолонцеватые - 3-5%, среднесолонцеватые 5-10% и сильносолонцеватые - 10-15% [35].

Средне-каштановые малоразвитые и неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые почвы

Рыхлый обломочный материал, образовавшийся в результате выветривания горных пород, стал основой для этих почв [19, с. 3-136].

Светло-каштановые нормальные почвы

Средняя мощность гумусового слоя – 15-18 см; средний высокий гумусовый статус (2-2,5%) [19, с. 3-136; 31, с. 3-376].

Лугово-каштановые почвы

Средняя мощность гумусового слоя – 60-80 см; высокий гумусовый статус (4-6%) – суглинки, и низкий (1,5-2%) для супесчаных и песчаных почв. Ареал данного типа почвы локализуется в ландшафтах, доминирующими почвами которых являются каштановые. При этом он преимущественно приурочен к понижениям рельефа – низменным равнинам, надпойменным террасам рек и озер. Благодаря таким формам рельефа происходит дополнительное увлажнение почвенного профиля посредством поверхностного стока и близкого залегания грунтовых вод (3-6 метров) [19, с. 3-136; 31, с. 3-376].

Бурые пустынные почвы

Средняя мощность гумусового слоя – 25-35см; низкий гумусовый статус (1-2%). Данные почвы характеризуются низким содержанием азота и фосфора. Генезис данных почв связан с карбонатными и засоленными меловыми отложениями, а также палеоген-неогеновыми и четвертичными образованиями, характеризующимися пестротой литологического состава [19, с. 3-136; 31, с. 3-3769].

Бурые пустынные солонцеватые почвы

Благодаря особенностям аридного климата области и геолого-морфологических характеристик данной подзоны, почвы этого подтипа имеют яркую повышенную засоленность [19, с. 3-136].

Луговые почвы

Средняя мощность гумусового слоя – чаще до 25 см; очень высокий гумусовый статус (до 12%). Данные почвы приурочены к понижениям рельефа (террасированные склоны, низкие террасы, лощины). Формируются при близком (до 3 м) залегании пресных/слабоминерализованных грунтовых вод, которые, вместе с водами поверхностного стока, дополнительно увлажняют почвы [19, с. 3-136; 36].

Луговые почвы встречаются на террасах и в поймах рек Тобол и Убаган.

Солонцы

Средний гумусовый статус (2-3%). Генезис данных почв связан с глинистыми и суглинистыми отложениями различного происхождения, характеризующимися первичным или вторичным засолением, обусловленным влиянием грунтовых вод. Особенность солонцов – крайне низкое содержание валового фосфора [19, с. 3-136].

Пустынные *пески с почвообразованием бурого типа* характерны для перевеянных песчаных массивов.

1.3.2 Механический состав почв

Механический состав почвы имеет важное значение в росте и развитии растений, т.к. от него зависит интенсивность почвообразовательных процессов. Именно различия в механическом составе почв оказывает существенное влияние на окислительно-восстановительные реакции, поглотительную способность, накопление гумуса и других необходимых элементов, на водный режим, степень аэрации и т.д. [36, p. 323-343; 37].

В экосистемах с ограниченными водными ресурсами влажность почвы и растительность находятся в тесной взаимосвязи, которая лежит в основе динамики экосистемы. Текстура почвы влияет на водный баланс между растением и почвой через режим водообеспеченности почвы. Характеристики почвы влияют на распределение и продолжительность пребывания воды в почве, а это, в свою очередь, влияет на распределение растений и структуру растительности [38-40].

Некоторые характеристики почвы могут вызывать засуху у растений даже в благоприятных климатических условиях. Для легких супесчаных и песчаных почв характерна высокая скорость прогрева весной, высокая аэрация и водопроницаемость. В следствии хорошей аэрации происходит быстрая минерализация органического вещества растительных остатков, в то время как гумификация и накопление питательных веществ снижается. Большая водопроницаемость, приводящая к низкой влагоемкости, не позволяет почвам накапливать достаточно воды, в результате происходит вымывание элементов питания [36, p. 323-343; 37, c. 961-979].

В то время как, тяжелосуглинистые и глинистые типы почв отличаются от прочих высоким содержанием глинистых частиц, данная особенность объясняет характеристики данных грунтов: плотная структура и низкая пористость, низкая воздухо- и водопроницаемость, недостаток большинства питательных веществ. Такие характеристики имеют негативное влияние на онтогенез растений на почвах с таким механическим составом, в том числе происходит задержка роста, недостаточное развитие корневой системы и повышенная подверженность различным болезням [37, c. 961-979].

В Костанайской области определены различные типы почв, каждый обладает своими характерными особенностями [19, c. 3-134].

1. Высокое содержание глинистой фракции и тяжелых суглинков является характерной чертой для таких типов почвенного покрова, как черноземы и темно-каштановые почвы региона.

2. Формирование карбонатных, засоленных, тяжелых почв происходит на водораздельных плато; их материнскими породами выступают соответствующие карбонатные и солевые глины или тяжелые суглинки.

3. Почвенный покров, относящийся к средне- и легкосуглинистому классу (с долей физической глины 25–30%), преимущественно локализован в западной части области. Их наибольшее распространение отмечено в границах речных систем Тобола, Убагана и Торгая.

4. *Средне- и легкосуглинистые карбонатные и засоленные* почвы сформировались в результате комплексного взаимодействия геолого-геоморфологических, климатических и биотических факторов на карбонатных суглинках и глинах.

5. *Супесчаные* почвы:

Обширно представлены на дренированных территориях вдоль рек Аят, Тобол и Убаган. Кроме того, значительные массивы расположены в районе конфлюенции данных рек.

6. *Щебнистые* почвы:

Представленные почвы представляют собой продукт совместного действия продолжительных процессов вымывания и накопления продуктов выветривания из верхнего почвенного слоя, материнской породой данных почв стали щебнистые суглинки. В качестве подстилающих пород могут выступать как крупные обломки горных пород (щебень), так и плотные лессовидные суглинки.

1.4 Растительность

Распределение растительности по территории области подчиняется основным закономерностям широтной и высотной зональности, а также континентальности климата. Развитие растительных сообществ происходит в соответствии с распределением почв, тепла и влаги. Природные зоны Костанайской области представлены лесостепью, степью и полупустыней [15, 40].

Лесостепь Костанайской области представляет собой фрагментарный ландшафт, занимающий небольшие территории. Она характеризуется чередованием небольших лесных массивов – березовых либо березово-осиновых – с луговыми, богаторазнотравными и ковыльными степями. Почвы в основном здесь представлены черноземами. В водоразделах встречаются небольшие болота [42].

В пределах степной зоны, к югу от лесостепи, встречаются небольшие лесные массивы: *колочные степи*. Эти участки представляют собой особый тип ландшафта, отличающийся от окружающей степи. Центральная часть колочных степей часто занята густыми зарослями ив, влаголюбивых деревьев, хорошо приспособленных к условиям повышенной влажности. В некоторых случаях вместо ивовых лесов в центре колочных степей могут располагаться осоковые болота. Образование колочных степей связано с особенностями рельефа: они обычно располагаются в балках и оврагах, где накапливается больше влаги [15; 42, с. 235-241].

Степная часть области состоит из пяти подзон, далее указана классификация по мере увеличения аридности условий [15; 42, с. 235-241]:

1. Умеренно-засушливая разнотравно-ковыльная степь. Почвы в данной степной зоне – обыкновенные черноземы. Преобладают многолетние травы, составляющие основу травянистого яруса. Наибольшее распространение получили злаково-бобовые травостои, среди которых самые активные типчак, ковыль, клевер, мятлик, люцерна.

2. Засушливая разнотравно-ковыльная образована преимущественно на южных черноземах. В этой подзоне травяной покров становится более однообразным, преобладают ковыль, типчак, полынь, овсяница. Почвы - черноземы южные, менее плодородные, чем черноземы обыкновенные.

3. Умеренно-сухая типчаково-ковыльная подзона располагается на темно-каштановых почвах. В этой подзоне травяной покров становится еще более однообразным, преобладают типчак, полынь, ковыль. Почвы - темно-каштановые, содержат меньше перегноя и питательных веществ, чем черноземы.

4. Сухая ксерофитноразнотравно-типчаково-ковыльная подзона Основной тип почв – каштановые. В этой подзоне травяной покров становится скудным, преобладают полынь, типчак, ковыль. Почвы - каштановые, еще менее плодородные, чем темно-каштановые.

5. Опустыненная полынно-ковыльно-типчаковая подзона (светло-каштановые почвы). В этой подзоне травяной покров практически отсутствует, преобладают полынь, типчак, ковыль. Почвы - светло-каштановые, самые бедные из всех степных почв.

Разделение степи на подзоны обусловлено изменением климатических условий от севера к югу [15; 40, p. 235-241].

На границе степной и лесостепной зон Костанайской области находится переходная зона, где встречаются изолированные островки березово-осинового леса в пределах ксерофильной растительности – преимущественно роды *Stipa* и *Festuca* [15; 40, p. 235-241].

В степной зоне встречаются различные типы степей, которые отличаются друг от друга почвенными условиями и составом растительных сообществ: от лугов до пустынных солончаков. Состав этих сообществ определяется комплексом факторов: климатом, рельефом, типом почвы [15; 40, p. 235-241].

На луговых и аллювиально-луговых почвах произрастают злаковые луга с доминированием вейниковых, пырейных, острецовых и костровых трав. В условиях засоления формируются галофитовые луга с ячменем, лисохвостом, ломкоколосником и другими солеустойчивыми видами [15; 40, p. 235-241].

В заболоченных местах распространены травяные болота с зарослями тростника, пырея и осок. На степных солонцах черноземной зоны встречаются различные группировки: грудницево-типчаковые, ковыльно-типчаковые, полынно-типчаковые. В каштановой степи на солонцах доминируют типчаково-полынные, грудницевые, чернополынные и другие сообщества [15; 40, p. 235-241].

Пустынные солонцы характеризуются кокпековыми и биюргуновыми сообществами. На солончаках преобладает сочно-солянковая растительность [15; 40, p. 235-241].

Лесные сообщества региона представлены березовыми, березово-осиновыми и сосновыми массивами. В их составе встречаются многие виды из родов: *Betula*, *Populus, Alnus, Pinus, Elaeagnus, Larix* и др. На юге региона растут саксаульники [15; 40, p. 235-241].

Пустыня. Ближе к югу области формируются северные пустынные растительные сообщества эфемерово-полынного типа (бурые пустынные почвы).

Таким образом, разнообразие почвенно-климатических условий обуславливает богатство и своеобразие растительного мира области. Сохранение этих уникальных экосистем является важной задачей.

Стоит отметить, что на территории Костанайской области определены 2 лесорастительнные провинции, а площадь лесного фонда достигает 274,1 тыс. га, лесные массивы расположены на 215,1 тыс. га: провинции Зауральско-Убаганских лесов на севере области и Абуго-Тургайских ленточных боров – в центре региона [15; 40, р. 235-241].

На территории Костанайской области расположены 354,4 тыс. га особо охраняемых территорий: Наурзумский государственный природный заповедник, 3 государственных заказника и 9 памятников природы. На территории Наурзумского заповедника находятся под охраной 687 видов высших растений. Сосновые леса являются реликтовыми, сохранившиеся в малоизменённом виде с третичного-начала четвертичного периода [41, 42].

По данным 2008 г., полученным Пережогиным Ю.В., на территории Костанайской области обнаружено всего 1223 вида растений из 454 родов и 107 семейств. Наиболее крупные семейства, встречающиеся на данной территории: *Asteraceae* (201 в.), *Poaceae* (105), *Fabaceae* (80), *Chenopodiacceae* (67), *Brassicaceae* (66), *Caryophyllaceae* (53), *Cyperaceae* (49), *Rosaceae* (49), *Ranunculaceae* (38), *Scrophulariaceae* (36), *Lamiaceae* (33), *Apiaceae* (32), *Boraginaceae* (29), *Polygonaceae* (26) [39, с. 137-138]. Разнообразные исследования отдельных территорий Костанайской области также показывают преобладание семейств *Asteraceae, Rosaceae, Polygonaceae* [43, 44, 186], *Poaceae* и *Fabaceae* [45].

Внутриматериковое положение Костанайской области обуславливает её геоморфологическое, климатическое, эдафическое и растительное разнообразие. Широтная и высотная зональность, а также континентальность климата определяют распределение растительного покрова, который развивается в соответствии с распределением почв, тепла и влаги. Лесостепь, степь и полупустыня - основные природные зоны области. Равнинный рельеф с антропогенной овражной эрозией и дефляцией постепенно меняет морфологию поверхности Костанайской области.

2 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОГО ЗАРАСТАНИЯ ОТВАЛОВ

Горнодобывающая промышленность оказывает многовекторное давление на окружающую среду. Помимо визуального искажения рельефа, добыча ресурсов влечет за собой насыщение атмосферы взвешенными частицами, а также ускоренную деградацию почв под действием ветра и воды. Особую опасность представляют экзогенные геологические риски — оползни и провалы, усугубляемые возможностью самовозгорания пород (эндогенные пожары). Только через всестороннюю оценку этих последствий возможен поиск научно обоснованных решений по реабилитации нарушенных экосистем и защите биоты. Растительность признана ключевым фактором в рекультивации открытых карьеров рядом исследователей, ведется активная разработка эффективных методов восстановления растительности [46-57].

Стратегия восстановления земель, нарушенных горными работами, требует интеграции местных видов растений, адаптированных к конкретным экологическим нишам. При этом критически важно учитывать флористический состав буферных зон, номенклатуру исчезнувших локальных видов и глубину деградации природного комплекса [46, p. 3414-3422; 48, p. 12-24; 53, p. 525-252; 54, p. 101882; 55, p. 105538; 56, p. 658-1-658-28]. Научные данные свидетельствуют, что ревегетация не только купирует эрозионные процессы, но и выступает катализатором восстановления плодородия почв. По мере смыкания крон деревьев и разрастания кустарников трансформируется микроклимат участка: уменьшается инсоляция и тепловая нагрузка, параллельно создается более влажный и мягкий режим атмосферы [46, p. 3414-3422; 57; 58].

В связи с высокой стоимостью и ресурсоемкостью активной рекультивации некоторые горнодобывающие компании прибегают к пассивному восстановлению растительного покров. Различные исследования естественного зарастания позволили выявить виды растений, которые могут выживать в суровых условиях этих участков [46, p. 3414-3421; 47, p. 205-215; 48, p. 12-24; 50, p. 00012; 51, p. 1-16; 53, p. 525-252; 54, p. 101882; 55, p. 105538; 56, p. 658-1-658-28; 57; 59]. Эти данные могут быть использованы для ускорения восстановления путем высадки этих видов в подходящих местах [60-62].

Обзор научных работ, выполненных на сопредельных с Казахстаном территориях, позволяет констатировать, что самозарастание техногенных отвалов протекает по алгоритму первичной сукцессии. Данный механизм подразумевает поэтапное заселение стерильных субстратов пионерной флорой. Выявленные закономерности обладают высокой экстраполяционной ценностью и служат теоретическим базисом для оптимизации стратегий биологической рекультивации в условиях Казахстана [46, p. 3414-3422; 63-68].

Как упоминалось ранее, большинство техногенно нарушенных земель претерпевают сукцессию – процесс, приводящий к развитию растительного сообщества с изменяющимся видовым составом. По мере прогрессирования сукцессии одни биоценозы сменяют другие, замыкая биохимический круговорот веществ [69, 70].

Растительные сообщества формируются на оголенной породе отвалов согласно общим закономерностям первичных сукцессий. Явление сукцессии вызывало интерес многих авторов [71-73; 187], обобщение этих работ было проведено Б. Миркиным [74] (Приложение Е).

Важнейший фактор, влияющий на появление растительного покрова при первичной сукцессии – это близость нарушенной территории к источникам семян – массивам естественной растительности [14; 51, p. 1-16; 53, p. 525-252; 54, p. 101].

Зональностью определяется совокупность видов, чьи семена, безусловно, попадут на поверхность отвалов в результате их расселения. Близость массивов естественной растительности выступает важным фактором в формировании растительного покрова на отвальных территориях, поскольку эти массивы становятся источником семян и оказывают существенное влияние на видовое разнообразие, численность и распространение всходов. Наличие на отвалах растений, несвойственных конкретной зоне, свидетельствует о возможности перемещения семязачатков растений на значительные расстояния [75-82].

Физические свойства, водопроницаемость и влагоемкость техногенного элювия напрямую зависят от литологического состава пород. Толщина вновь образующегося условно плодородного слоя зависит в том числе от угла наклона склона: чем он больше, тем больше вероятность того, что плодородный слой будет смыт водными потоками и тем меньше растительности покроет склоны. Наивысшие темпы демутационных процессов фиксируются в отрицательных формах мезорельефа, характеризующихся благоприятным гидрологическим режимом. В частности, в базальных частях техногенных насыпей — аккумулятивных секторах геохимической катены — наблюдается активная концентрация мелкозема и влаги. Эти факторы выступают катализаторами фитоценогенеза: именно здесь формирование видовой структуры сообществ и накопление фитомассы протекают с максимальной интенсивностью благодаря оптимизации водного баланса [83, 84].

Определенно, важная роль в зарастании отвалов отдается влиянию форм рельефа на всех уровнях. Мезорельеф определяет направленность сингенетических сукцессий в сторону образования лесных, луговых, степных сообществ. Микрорельеф определяет скорость сингенеза. От нанорельефа зависит мозаичность растительного покрова в пределах экотопа [85].

В процессе восстановления растительного покрова на техногенных ландшафтах формируются зональные и интрозональные типы растительности. В зависимости от напряженности экологических факторов этот процесс может продолжиться десятки и сотни лет [86-89].

Изучение большого количества нарушенных земель, в том числе отвалов разного генезиса и характера минерального сырья в северном полушарии исследователями выделены три стадии сингенеза, которые характерны для первичных сукцессий в катастрофически измененных экотопах [90, 91].

Пионерные группировки – это сообщества растений, которые первыми заселяют открытые участки, например, после пожара или вырубки леса. Растения в таких группировках не образуют устойчивых связей друг с другом, так как их главная задача - быстро освоить территорию и создать условия для развития более устойчивых сообществ. Данная стадия развития растительности характеризуется низким проективным покрытием (до 15%), единичным и разрозненным размещением растений, ограниченным видовым разнообразием (до 25 видов), низким участием зональных видов [92-95].

Группово-зарослевые сообщества образуются, как правило, патиентами, между растениями появляются определенные взаимоотношения, взаимовлияние, но характер фрагментарный, особи мало связаны между собой трофическими связями. Диагностические признаки данной стадии: проективное покрытие выше 15%; число видов варьируется от 10 до 30; преобладание эврибионтные виды [90, с. 78-93; 91, с. 3-65].

Диффузные сообщества – это сложные фитоценозы, в которых взаимоотношения между растениями носят смешанный характер. В таких сообществах растения конкурируют друг с другом за ресурсы, но также могут сотрудничать, например, в борьбе с вредителями или болезнями. Диагностические признаки данной стадии: проективное покрытие уже более 30%; число видов 20-50; обычно наблюдается доминирование видов зональной или интрозональной флоры [90, с. 76-91; 92, с. 54-63].

Первичная сукцессия теоретически должна закончиться образованием замкнутого зонального сообщества, но практически на отвалах этого не наблюдаем, поскольку для его достижения требуется чрезвычайно длительный период времени. Возможно образование четвертой стадии сингенеза – *переходного фитоценоза* [83, с.42-60; 93, с. 78-93; 94, с. 3-65; 95, с. 3-25].

Многообразие стратегий обуславливается био- и абиотическими факторами, влияющими на пионерные сообщества и скорость сукцессии. Селективность заноса семязачатков детерминирована биологическими особенностями и экологическими условиями отвалов. Благоприятные экотопы быстро зарастают ограниченным числом видов, чьи семена первыми попали в данную среду. Дальнейшее развитие определяется эдафическими факторами и зависит от энергии прорастания семян [14; 96-102].

Процесс спонтанной ревегетации (самозарастания) техногенно нарушенных территорий детерминирован сложной синергией абиотических и биотических факторов. Ключевым механизмом выступает интеграция зональных климатических параметров с локальными эдафо-орографическими условиями (свойства субстрата и рельеф). При этом фундаментальным драйвером восстановления выступает флористический потенциал сопредельных естественных фитоценозов, обеспечивающих инвазию диаспор на промышленные пустоши. Кроме того, доказано, что скорость и качество самосева отвалов находится в прямой зависимости от ориентации склонов: на северных – процесс идет в 1,8-2,3 раза хуже, чем на других [84, p. 12002].

Временной фактор не всегда играет решающую роль. В оптимальных условиях (достаточная влажность, накопление мелкозема) пионерная стадия может длиться всего 2-3 года. В то же время, в местах с экстремальными условиями (крутые склоны, осыпи, дефицит влаги) она может затянуться на 15-20 лет. Ключевой фактор – это интенсивность экологических факторов, определяющая продолжительность каждой стадии. Восстановление растительного покрова приводит к формированию зональных и интрозональных типов растительности. Флоры больших территорий обычно находятся в равновесии по количеству видов, но с большими интервалами. На нарушенных же территориях элизия (поселение новых видов) превалирует над эцезисом (выбыванием видов). Первые этапы сингенеза на отвалах носят эцезионный характер (с уменьшением видового богатства). В дальнейшем, в ходе сингенеза, видовое богатство сначала возрастает, а затем, к концу начинает снижаться [9, с. 3-14; 76, с. 50-154; 83, с. 3-152].

Смена доминирующих видов – закономерный процесс естественного зарастания отвалов. На начальных стадиях (до 7 лет) доминируют сорные растения, хорошо приспособленные к нарушенным экосистемам. По мере старения отвалов наблюдается перестройка видовой структуры в пользу злаково-бобовых ассоциаций, эффективно утилизирующих скудные ресурсы субстрата. Визуальное увеличение площади, занятой растительностью, на этом этапе может быть незначительным, однако под землей происходит мощный процесс задернения и насыщения верхнего слоя почвы корнями. Эволюция сообщества в сторону «сложного фитоценоза» характеризуется приобретением степных черт (остепнением). В результате этого процесса мезофитные виды лугового типа вытесняются более засухоустойчивыми ксерофитами. Пропорции между стадиями сингенеза также меняются с возрастом: доля пионерных группировок планомерно снижается в течение 30 лет; доля экотопов со сложными фитоценозами возрастает. Однако даже через 30 лет в экотопах с неблагоприятными условиями 5-6% площади занято пионерными сообществами [78, с. 59; 187].

Многочисленные исследования флоры отвалов сходятся во мнении, что она отличается бедностью. Это связано с недостатком элементов минерального питания и неблагоприятными экологическими факторами, препятствующими произрастанию многих растений. На первых стадиях сингенеза на отвалах появляются растения, не характерные для зональной флоры. В основном это сорные и заносные виды. Нередки случаи, когда отвалы превращаются в «коридоры инвазии», через которые проникают инвазионные виды. Эти виды могут на протяжении многих лет доминировать в техногенных фитоценозах, проявляя склонность к экспансии на другие территории [103, 104].

Отвалы горнодобывающих предприятий Костанайской области характеризуются разнообразием экологических условий, что обуславливает их потенциальную пригодность для произрастания растений.

Специфические эдафо-климатические условия техногенных ландшафтов действуют как суровый экологический фильтр. Низкие гидрофизические свойства субстрата, ограничивающие накопление влаги, в сочетании с экстремальными температурными флуктуациями и скудным питательным режимом эмбриоземов препятствуют заселению многих видов. В результате на отвалах формируются обедненные по видовому составу, но специфические растительные сообщества, адаптированные к дефициту ресурсов и сложной орографии местности.

Формирование устойчивых фитоценозов наиболее активно протекает в отрицательных формах рельефа (депрессиях) и у подножий отвалов. Это обусловлено конвергенцией трех благоприятных факторов: повышенной влагообеспеченностью, гравитационной аккумуляцией **мелкозема** (мелкой фракции породы) в нижних частях склонов и формированием мощного снежного покрова зимой, который обеспечивает влагозарядку грунта и защиту растений. Динамика сукцессионных процессов зависит не коррелирует с хронологическим периодом существования отвалов, а регулируется специфическими экологическими условиями каждого участка. Однако даже при оптимальных условиях, могут формироваться незональные и нетипичные для данной местности фитоценозы со слабой способностью к саморегуляции м самовосстановлению.

Состояние и структура развивающегося растительного покрова служат интегральным критерием восстановления экологического баланса. Именно вегетационные характеристики позволяют объективно судить о скорости и качестве реабилитации экосистем, подвергшихся техногенному воздействию. Он отражает степень развития растительных сообществ, их структуру и близость к естественным фитоценозам. Растительность также отражает эколого-географические особенности территории, но имеет и собственное значение, связанное с особенностями техногенного воздействия. Самые чувствительные индикаторы успешного восстановления фитоценозов на отвалах – это динамика флористического разнообразия, проективного покрытия и соотношения возрастных групп в популяциях.

В течение последних полувека Соколовское, Сарбайское и Качарское месторождения рассматриваются научным сообществом как уникальные модельные полигоны. На их примере изучаются фундаментальные механизмы самовосстановления растительного покрова на землях, подвергшихся техногенной трансформации. Длительность наблюдений делает полученные здесь данные особенно ценными для теории рекультивации. Анализ данных, полученных в результате ряда исследований самозарастания отвалов этих объектов, позволяет не только оценить динамику формирования и изменения флористического состава, но и выявить ключевые проблемы и наметить пути их решения [105].

Добыча полезных ископаемых негативно влияет на окружающую среду, изменяя ландшафты, загрязняя воздух и почву, вызывая эрозию, оползни и эндогенные пожары, уничтожая растительность.

На естественное восстановление растительного покрова влияют: близость к источникам семян, зональность, литологический состав пород, рельеф и экологические факторы.

Потенциал природного самовосстановления растительности на отвалах Костанайского региона оценивается как существующий, но недостаточно эффективный ввиду низкой скорости протекания процессов и их зависимости от множества переменных. Пассивное ожидание восстановления экосистем нерационально. Необходимо внедрение комплексных инженерно-биологических решений, направленных на реабилитацию нарушенных земель. Использование выявленных в ходе исследования закономерностей послужит фундаментом для ускорения рекультивации и повышения продуктивности формирующихся фитоценозов.

3 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Объекты исследования

3.1.1 Характеристика горнодобывающих предприятий

Для проведения данного исследования были определены потенциальные предприятия области: АО «ССГПО», «Качары руда», «Варваринское», «Костанайские минералы»; ТОО «Комровское горное предприятие», «ОРКЕН», «БРЕНДТ». Подтвердили согласие на совместные работы АО «ССГПО» и «Качары руда».

АО «ССГПО» – это крупнейший в Казахстане производитель железорудного сырья. Оно также является единственным в стране производителем железорудных окатышей [106].

Хотя первые свидетельства наличия бурых железняков были описаны А. Краснопольским в 1889 году, планомерное изучение минерально-сырьевой базы области началось в 1930-х годах. Инициатива проведения геологоразведки базировалась на выводах академика Ферсмана касательно перспективности структур Торгайского прогиба. В процессе реализации поисковых работ геологи не только исследовали Аятское месторождение, но и обнаружили новые крупные залежи: Соколовскую, Сарбайскую, Куржункульскую и Лисаковскую [106]. Согласно подсчетам 1957 года, выявленные общие запасы железорудного сырья составили колоссальную цифру — 11,8 млрд тонн [107, с. 175-180].

В 1957–1960 годах комбинат введен в эксплуатацию в составе дробильно-сортировочной фабрики доменных и мартеновских руд, фабрики глубокого обогащения, фабрики окомкования, вспомогательных сооружений и цехов [108].

В период с 1957 по 1960 год в Костанайской области была осуществлена реализация масштабного инфраструктурного проекта – строительство ССГПО, в состав которого вошли предприятия:

1. Дробильно-сортировочная фабрика доменных и мартеновских руд осуществляла первичную переработку руды, дробя её и сортируя по фракциям.
2. Фабрика глубокого обогащения повышала содержание железа в руде, удаляя из неё примеси.
3. Фабрика окомкования производила окатыши из обогащенной руды, которые являются более удобным сырьем для производства стали.
4. Вспомогательные сооружения и цехи обеспечивали работу основных производств, например, электростанцию, железнодорожные пути и т.д.

Ввод в эксплуатацию ССГПО стал важным событием в развитии казахстанской металлургии. Оно позволило обеспечить страну собственным сырьем для производства стали, которое ранее импортировалось из других стран.

В 1960 году в Сарбайском карьере был произведен первый массовый взрыв по руде, что позволило запустить первую очередь Сарбайского рудника мощностью 1,5 миллиона тонн сырой руды в год. С 1955 года Соколовское месторождение разрабатывается открытым способом, а с 1976 года –

подземным. Сарбайское месторождение разрабатывается с 1957 года, а Куржункульское – с 1981 года. Проектная глубина Сарбайского и Соколовского карьеров составляет 650 метров. Разработка Качарского карьера началась в 1975 году. Проектная глубина карьера составляет 750 метров [109, 110].

В качестве сырья для производства товарной продукции АО «ССГПО» используются руды, добытые на Сарбайском, Соколовском (открытым и подземным способами) и Куржункульском месторождениях; АО «Качары руда» – Качарском. Доставка руды на обогатительную фабрику осуществляется железнодорожным транспортом [111, 112].

3.1.2 Характеристика месторождений

В северо-западной части Казахстана, в пределах Тургайского прогиба, расположено три крупных месторождения магнетитовых руд – Соколовское, Сарбайское и Качарское. Торгайские отложения образовались в результате вулканической и осадочной деятельности в Зауральской зоне. Эти месторождения, а также ряд более мелких месторождений и проявлений, образуют протяженный магнетитоносный пояс, простирающийся в северо-западном направлении от Сарбайского месторождения на юге до Глубоченского месторождения на севере. Расположение основных месторождений и проявлений магнетита указаны на рисунке 1 [111, p. 216-245].

Расположенная на западе Тургайского прогиба (Казахстан), Тургайская железорудная провинция – лидер по запасам магнетита. Здесь преобладают контактово-метасоматические месторождения, связанные с палеозойскими карбонатами и вулканитами. Пластово-линзовидные рудные тела (до 7 км, мощность 10-300 м) содержат 39,3-43,2% железа (сплошные, вкрапленные, брекчиевые текстуры) и ассоциированы со скарнами. Ключевые месторождения – Сарбайское, Соколовское и Куржункульское – обладают суммарным ресурсом свыше 3 млрд. тонн, активно разрабатываются более 60 лет и обеспечивают сырьем металлургию региона [111, p. 216-245; 112, p. 343-352].

Главный рудный минерал месторождения – магнетит. Второстепенные рудные минералы — гематит, кобальтсодержащий пирит, халькопирит, галенит и сфалерит. Месторождения магнетита преимущественно метасоматического происхождения, образуются в результате замещения известняков. В меньшей степени встречаются месторождения магнетита вулканогенного происхождения [111, p. 216-245; 112, p. 343-352].

Горно-геологические условия месторождения сложные.

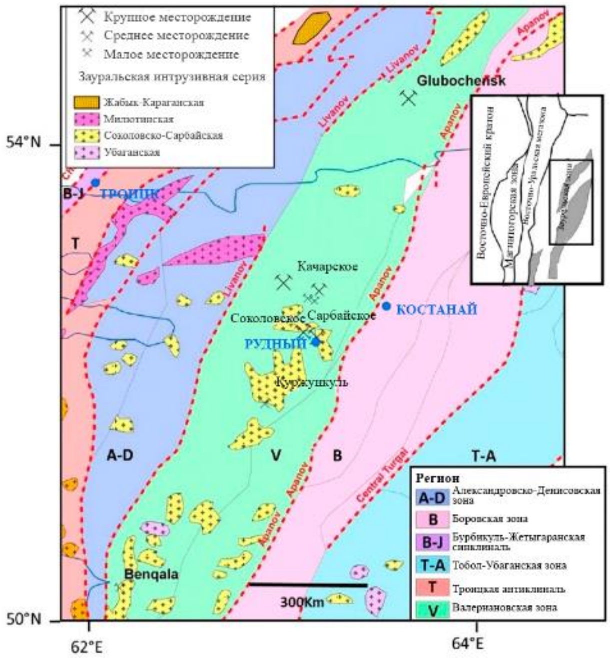


Рисунок 1 – Расположение основных месторождений и проявлений магнетита Тургайского пояса по отношению к основным интрузивным сериям Зауральской зоны

Примечания:
1. Разломы = пунктирная красная линия.
2. Месторождения приурочены к Валерьяновской зоне между Ливановским и Апановым разломами.
3. Составлено по источнику [113, p. 240]

3.1.2.1 Сарбайское месторождение

Объект локализован на западном склоне Соколовско-Сарбайской антиклинальной структуры, в пределах западного сектора Сарбайского диоритового интрузивного тела. Рудный фонд месторождения представлен тремя главными залежами: Восточной, Юго-Восточной и Западной. Эти тела имеют пласто- и линзовидную форму и вмещены в вулканогенно-осадочные комплексы пород нижнего карбона. Габариты рудных зон Сарбайского месторождения варьируются: их протяженность составляет от 1000 до 1900 метров, а ширина – от 170 до 185 метров. Рудные тела залегают на глубине от 700 до 1800 метров. Около половины каждого рудного тела представляет собой ядро более высокого качества, содержащее около 50% железа. Остальная часть рудного тела состоит из руды с содержанием железа от 20 до 50%. Месторождение характеризуется интенсивным развитием сети дизъюнктивных дислокаций, которые послужили причиной смещения ранее сформированных рудных тел и интрузии субвулканических образований, представленных дайками порфиритов диоритового и гранитного составов. Мощность вышележащего комплекса мезозойско-кайнозойских отложений составляет 70 метров в среднем. Рудоносная залежь образована чередованием слоев сплошных и вкрапленных магнетитовых руд, а также безрудных метасоматитов. Общий балансовый запас руды был зафиксирован в 1984 году на уровне 527 миллионов тонн при среднем содержании железа в руде, равном 42,14%[113].

По данным Тереховой Э.Б. [116], на Сарбайском месторождении вскрышные породы представлены: «четвертичными супесями и глинами, неогеновыми песками, супесями и глинами, чеганскими глинами, опоками, кварцевыми песками, меловыми кварцево-глауконитовыми песками, лигнитовыми глинами и песками, меловыми пестроцветными глинами» [104, с. 123-130; 105, с. 279-283; 114, с. 100-119].

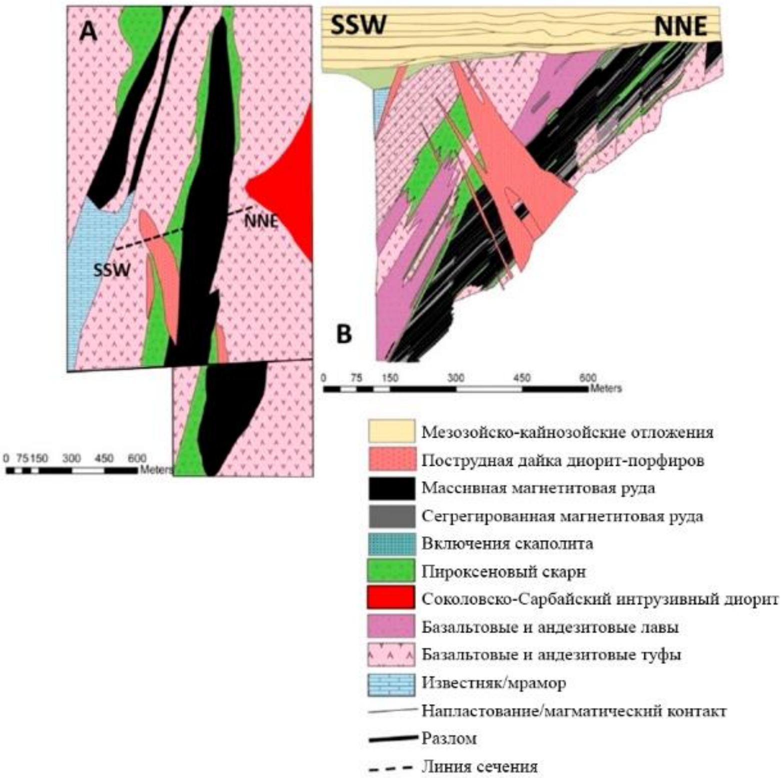


Рисунок 2 – (А)Упрощенная карта-план Сарбайского месторождения, (В) Упрощенный геологический разрез Соколовского месторождения

Примечания:
1. Пунктирная линия ЮЮЗ-ССВ показывает линию разреза на 6В.
2. Составлено по источнику [113, р. 242].

Результаты проведенного анализа работ Тереховой Э.Б. позволяют сделать некоторые частные выводы, представляющие интерес для данного исследования – все вскрышные породы Сарбайского месторождения имеют кислую реакцию. Значения водородного показателя варьируются в широких пределах от 2,5 до 7,7. Среднее значение $pH_{водный}$ равно 5,19. Для различных видов растений оптимален определенный интервал значений, что необходимо учитывать при рассмотрении самозарастания отвалов [114, с. 100-119].

3.1.2.2 Соколовское месторождение

Соколовское месторождение расположено на восточном крыле Соколовско-Сарбайской антиклинали (рисунок 3). Оно сформировалось из нижнекаменноугольных отложений. Этот участок состоит из магматических пород, таких как брекчии и туфы андезитовых порфиров, базальтовые микропорфиры с их туфами, андезито-базальты и их туфы, а также осадочные породы - известняки, красноцветные конгломераты, песчаники и алевролиты верхнего палеозоя. Завершают список мезозойские и кайнозойские песчано-глинистые отложения [115].

Соколовская свита – это главная рудоносная свита месторождения, содержащая наиболее мощные залежи высококачественных магнетитовых руд. Рудная зона прослеживается скважинами на протяжении 9 км (при ширине 100-600 м) и на глубину до 1100 м [111, p. 216-245; 115].

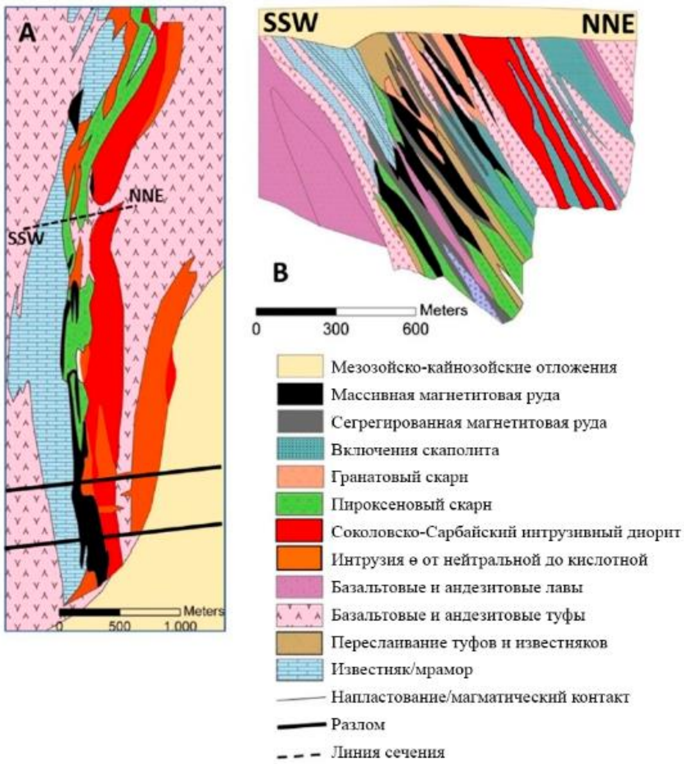


Рисунок 3 – (A) Упрощенная карта-план Соколовского месторождения; (B) Геологические разрезы через месторождение Соколовское

Примечания:
1. Пунктирная линия ЮЮЗ-ССВ показывает линию сечения на 5B.
2. Составлено по источнику [111, p. 242]

Среднее содержание железа – 41%: в богатых рудах 55,6%, в бедных – 39,2%. Также месторождение содержит значительное количество сульфидов с содержанием от 2,5 до 3,3% серы в основной массе руды. Начальные балансовые запасы железной руды составляли 1300 млн. т, при среднем содержании железа 40,2% [111, p. 216-245; 112, p. 343-352; 113, c. 3-550; 115].

Как было указано ранее, Тереховой Э.Б. [114, с. 100-119] был проведен агрохимический анализ вскрышных пород на различных месторождениях Костанайской области, в т.ч. и на Соколовском месторождении. Вскрышные породы данного карьера представлены «четвертичными супесями и глинами, чеганскими глинами, опоками, олигоценовымы песками и супесями; кварцевыми песками, меловыми кварцево-глауконитовыми песками, лигнитовыми глинами и песками, меловыми пестроцветными глинами» [104, с. 123-130; 105, р. 279-283].

По данным Тереховой Э.Б., все вскрышные породы Соколовского месторождения имеют кислую реакцию, как и Сарбайское, с небольшими отклонениями. Значения водородного показателя варьируются в широких пределах от 2,8 до 7,0. Среднее значение $pH_{водный}$ равно 5,06. Для различных видов растений оптимален определенный интервал значений, что необходимо учитывать при рассмотрении самозарастания отвалов [114, с. 100-119].

3.1.2.3 Качарское месторождение

Качарское месторождение магнетитовых руд – самое большое в Тургайской железорудной провинции, расположенное вдоль западного борта Тургайского прогиба (рисунок 4). По разным данным, приблизительные балансовые запасы руд равны от 1 до 2 млрд. тонн, содержащих 44,9% железа [116].

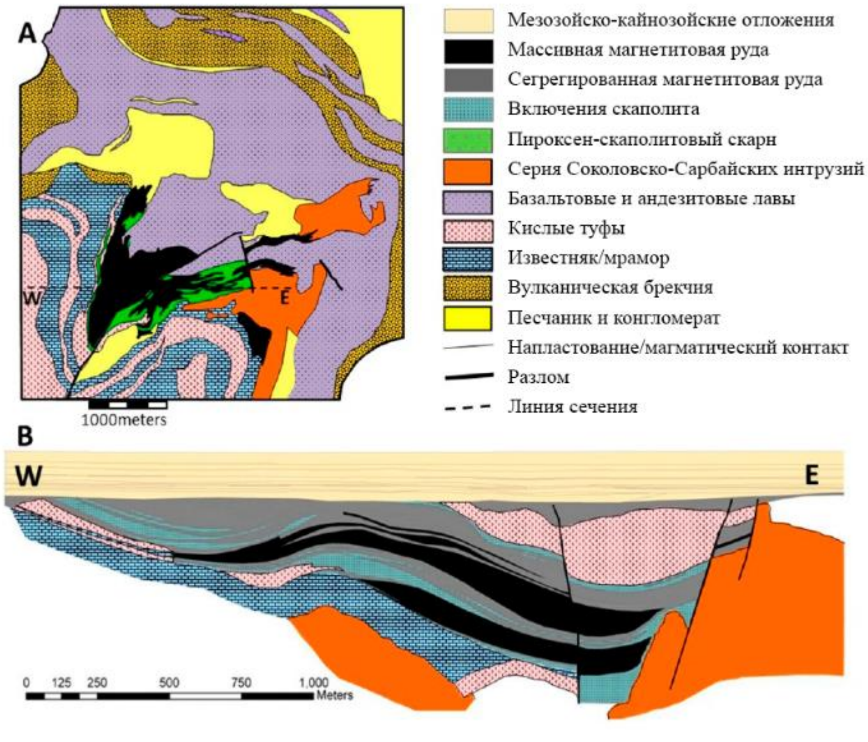


Рисунок 4 – (A) Упрощенный план Качарского месторождения (B) Геологические разрезы месторождения Качар

Примечания:
1. Пунктирная линия ЮЮЗ-ССВ показывает линию разреза на В.
2. Составлено по источнику [111, р. 242]

Месторождение состоит из шести отдельных блоков, разделенных разломами. Литология, морфология и положение складок, а также интенсивность трещиноватости и форма рудных тел значительно варьируются среди блоков. Четыре предоставляют собой последовательность переслаивающихся вулканических и осадочных пород, в то время как остальные сформированы неслоистыми вулканическими породами и, предположительно, образованы в жерле палеовулкана [111, р. 216-245].

Месторождение объединяет 3 крупных тектонических блокаменных участка северного, южного и северо-восточного. В северном находится основная часть рудных тел. Месторождение перекрыто рыхлыми отложениями мезозойско-кайнозойского возраста, мощность которых составляет 130-200 метров. Среди руд месторождения преобладают сплошные магнетитовые. Также встречаются мартитовые, скаполит-магнетитовые, скарновые и другие типы руд, но они менее распространены [111, р. 216-245; 115; 116].

В отличие от других месторождений района, на Качаре интрузивные тела не расположены непосредственно рядом с рудными телами. Высокотемпературные изменения в месторождении и рядом с ним, по-видимому, произошли в отсутствие близко расположенной интрузии. Скаполит образует ореол, простирающийся на несколько сотен метров наружу от руды [116].

Проектом предусмотрена открытая разработка месторождения (до 720 метров) с въездными траншеями, отвалами и комбинированной транспортной системой. Добыча скальных пород и руды ведется циклично-поточным методом с конвейерной выдачей горной массы из карьера. Обогащение руды – двухэтапное: сухое магнитное сепарирование, затем мокрое [115; 116].

Результаты проведенного Тереховой Э.Б. [114, с. 100-119] анализа вскрышных пород на Качарском месторождении, позволил сделать выводы о том, что вскрышные породы данного карьера представлены «четвертичными супесями и глинами, неогеновыми песками, супесями и глинами; чеганскими глинами; опоками; кварцевыми песками; меловыми кварцево-глауконитовыми песками; лигнитовыми глинами и песками; меловыми пестроцветными глинами» [104, с. 123-130; 105, с. 279-283].

Вскрышные породы Качарского месторождения имеют как кислую реакцию, так и нейтрально либо слабощелочную реакцию, что отличает данное месторождение от Сарбайсокго и Соколовского. Значения водородного показателя варьируются в широких пределах от 2,8 до 9,0. Среднее $pH_{водный}$ значение равно 6,57. Для различных видов растений оптимален определенный интервал значений, что необходимо учитывать при рассмотрении самозарастания отвалов [114, с. 100-119].

3.1.3 Технология добычи железной руды

Добыча железной руды из недр земли осуществляется посредством комплекса взаимосвязанных технологических процессов. На Сарбайском, Соколовском и Качарском месторождениях руда добывается открытым (карьерным) способом (рисунок 5). Данный тип добычи целесообразен при близком залегании руды к поверхности. На Соколовском также применяется закрытый способ в недрах с помощью шахт [117].

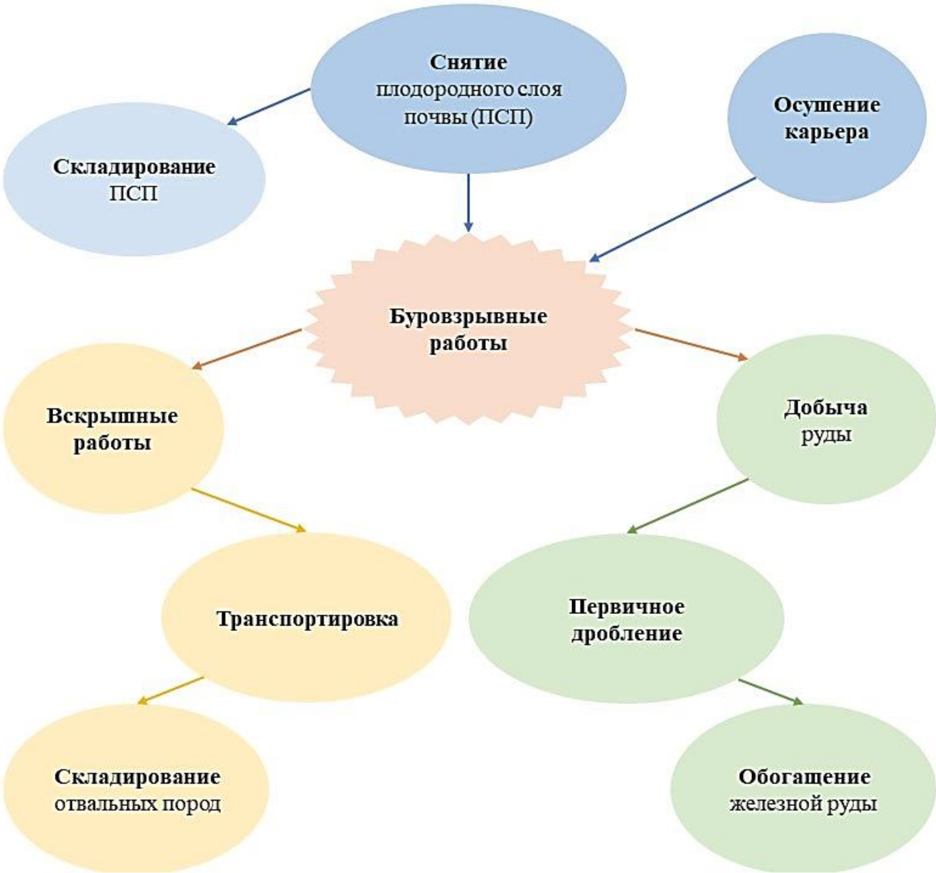


Рисунок 5 – Общая блок-схема процессов открытых горных работ по добыче железной руды

При *карьерном способе добычи* выполняются следующие основные процессы [117]:

1. До старта эксплуатации карьера, для обеспечения доступа к рудным залежам и оптимизации процесса добычи, необходима реализация комплекса мероприятий по удалению и складированию верхнего гумусового горизонта почвы. Работы по выемке плодородного слоя выполняются с привлечением профильной спецтехники. Извлечённый почвенный материал в дальнейшем может быть направлен на восстановление (рекультивацию) территорий, пострадавших от хозяйственной деятельности, либо использован для улучшения характеристик малопродуктивных сельскохозяйственных участков.

Буровзрывные работы – это метод, основанный на бурении скважин и закладке в них взрывчатых веществ. Взрыв приводит к разрушению крепких скальных пород, которая затем удаляется с помощью экскаваторов и бульдозеров.

2. Вскрышные работы. Удаление горной породы, не содержащей полезного ископаемого, осуществляется с помощью экскаваторов-драглайнов, бульдозеров и буровзрывных работ. Данные работы классифицируются на горно-капитальные и текущие. Первые проводят во время начальной стадии для обеспечения первичного доступа к руде путем прокладки капитальных

траншей. Вторые же проводятся в период эксплуатации, нацелены на контроль и регулирование объемов и площадей вскрытых запасов руды в соответствии с нормативами. Вскрышные породы бывают рыхлые (удаление без буровзрывных работ) и скальные (требуют буровзрывные работы).

3. Добыча руды – совокупность процессов извлечения руды из массива горных пород. В карьерах по добыче железной руды добыча производится экскаваторным методом.

4. Транспортировка. В ходе разработки месторождения перевозят различные грузы: вскрышные породы, железная руда, горнопроизводственные материалы. Преимущественно используются автомобильный и железнодорожный транспорт, реже – конвейерный и трубопроводный.

5. Первичное дробление. Добытая руда подвергается первичному дроблению, то есть измельчению до размера, необходимого для дальнейшей транспортировки и переработки. Первичное дробление руды осуществляется с помощью дробилок и возможно на борту карьера. Данный процесс в железорудных карьерах чаще всего используется при конвейерной транспортировке.

6. Складирование отвальных пород. Отвалообразование и складирование – это технологические процессы, завершающие разработку горных пород на карьерах. Насыпь пустых пород называется породным отвалом, насыпи пород плодородного слоя, некондиционных руд и полезного ископаемого – складами или спецотвалами.

При *подземной разработке* месторождений железных руд подземные горные выработки осуществляются под толщей перекрывающих пород. Каждый рудник имеет свои уникальные особенности, определяемые формой, мощностью, углом падения рудного тела и глубиной его залегания. Современная подземная добыча железных руд осуществляется на глубинах от нескольких сотен метров до одного километра и более. Подземная добыча железной руды – это процесс извлечения полезного ископаемого из недр Земли, который включает в себя три основных этапа: вскрытие, подготовку к его выемке сырья и очистную выемку.

Вскрытие – это создание системы горных выработок, обеспечивающих доступ к рудному телу. Оно осуществляется с поверхности или из подземных выработок. Вскрытие может быть вертикальным, наклонным или горизонтальным.

Подготовка – это комплекс мероприятий, направленных на создание условий для эффективной очистной выемки. Она включает в себя [117]:

– проходку дополнительных горных выработок, необходимых для обеспечения безопасной и эффективной работы горных машин и оборудования;

– проведение подготовительных взрывных работ;

– сооружение крепи и водоотливных сооружений.

Очистная выемка – это процесс извлечения полезного ископаемого из недр Земли. Она осуществляется с помощью горных машин и оборудования, таких как экскаваторы, комбайны, погрузчики и вагонетки [117].

В начале разработки месторождения вскрытие, подготовка и очистная выемка выполняются последовательно. Это связано с тем, что вскрытие необходимо для обеспечения доступа к рудному телу, а подготовка - для создания условий для эффективной очистной выемки. По мере разработки месторождения вскрытие и подготовка могут совмещаться. Это позволяет сократить сроки и снизить затраты на добычу железной руды [117].

В ходе исследования в рамках данной диссертации изучались отвалы, образовавшиеся в ходе карьерной добычи железной руды.

3.1.4 Отвалообразование и параметры отвалов

В Костанайской области добывают различные ископаемые: черные и цветные металлы, уголь и асбест, при добыче открытым способом в местах добычи в земной коре образуются выемки, к которым прилегают отвалы. Отвалы представляют собой самый распространённый вид техногенных массивов в горнодобывающей промышленности, образующийся в следствие размещения на поверхности пустых (вскрышных) пород или некондиционного минерального сырья. Формирование отвалов – важный этап горного производства, от которого зависит эффективность и безопасность добычи, а также рекультивация земель после завершения работ [118-120].

В горнодобывающей промышленности применяется разнообразие методов укладки отработанного материала, что приводит к образованию отвалов различных типов: конических (высокая крутизна склона), хребтовых (относительно пологие склоны) и плоских (пластообразная форма, возможно террасирование) [120, с. 3-27].

В процессе открытой добычи полезных ископаемых отвалы, места складирования вскрышных пород, могут размещаться тремя основными способами: внутренние (в отработанном карьере, ограниченная вместимость), внешние (за границами карьера, большая вместимость, занимаются дополнительные площади), комбинированные (сложная организация работ) [120, с. 3-27].

Согласно данным Колесниковой и Пикаловой: «В зависимости от способа механизации работ, отвалы разделяют на: бульдозерные, экскаваторные, конвейерные, гидравлические».

Различия по происхождению, составу и свойствам грунтов, слагающих отвал, позволяют обозначит лимитирующие факторы развития растительных сообществ [120, с. 3-27]:

– для отвалов из минеральных грунтов лимитирующим фактором является недостаток или полное отсутствие органического вещества в усвояемой форме. Органическая жизнь возникает здесь заносом диаспор. Этот тип отвалов характерен для горнодобывающей и рудоперерабатывающей промышленности (уголь, сланцы, руды цветных металлов, железо);

– для отвалов, сложенных субстратами, насыщенными органическом вещество, либо полностью из него состоящими, лимитирующий фактор – избыток органики, недостаток минеральных солей. Органическая жизнь возникает автохтонно – диаспоры или целые организмы могут находить в субстрате. Этот тип образуется на предприятиях, добывающих и перерабатывающих органическое вещество (целлюлозно-бумажная, легка и пищевая промышленность).

3.1.4.1 Отвалы АО «ССГПО»

Сарбайское, Соколовское и Куржункульское рудоуправление занимаются вскрышными работами при добыче железных руд, в ходе которых образуются пустые породы, вывозимые на отвалы авто- и железнодорожным транспортом [121].

Были отобраны отвалы, подходящие для проведения данного исследования, на них не проводились работы по рекультивации, вся растительность – исключительно естественного происхождения. Выбраны участки отвалов, где отсыпка завершена не менее, чем за 1-2 года до проведения данного исследования.

Отвалы ССГПО, рассматриваемые в данном исследовании:

1. Юго-Восточный отвал Соколовского месторождения

Юго-Восточный отвал Соколовского месторождения расположен в 3,5 км от города Рудный Костанайской области (рисунок 6). Параметры отвала: длина – 4,1 км, ширина – 0,9 км, высота – 32 м., проектная площадь – 2,75 км^2 [122].

а б

а – вид со спутника, б – растительность на отвале

Рисунок 6 – Юго-Восточный отвал Соколовского месторождения

Основание отвала представлено тремя типами пород: – *суглинки; – глины неогеновые; – глины чеганские, палеогеновые.*

На данный отвал авто- и железнодорожным транспортом с 1956 г. вывозились техногенные минеральные образования (ТМО) в виде рыхлых песчано-глинистых вскрышных пород платформенного чехла, исходным сырьем для которых служили опоки, пески и глины. Генетический тип месторождения-источника ТМО – контактово-метасоматический. Почвенный покров характеризуется наличием южных, суглинистых, малогумусовых, солонцеватых черноземов [122, с. 2-9].

Средняя скорость ветра в районе отвала равна 5 м/сек, максимальная – более 20 м/сек. Количество атмосферных осадков в год – 300-320 мм, в том числе 70-75% летом [122, с. 2-9]. При загрязнении ТМО отчуждается 2,75 км^2 земель. Отвал является плоским внешним многоярусным.

В рамках данного диссертационного исследования особый интерес вызывают факторы среды, влияющие на онтогенез растений, в т.ч. химический состав поверхности отвалов. Химический состав вскрышной породы с указанием минимального, максимального и среднего значения представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав силикатной части вскрышных пород

Название	Содержание, %		
	минимальное	максимальное	среднее
SiO_2	0.75	33.3	9.50
Al_2O_3	0.15	11.84	3.32
CaO	1.1	52.33	13.1
MgO	0.28	18.46	5.94
SO_3	-	5.98	0.94
K_2O	0.01	2.29	0.60
Na_2O	0.08	1.72	0.46
P	-	-	0.0378
S	0.5	5.3	2.0
Co	-	-	0.006
Ni	-	-	0.0012
Cu	-	-	0.041
Zn	-	-	0.025
Pb	-	-	0.005
Cd	-	-	-
As	-	-	-
Ba	-	-	-
Xr	-	-	-
Hg	-	-	-
Примечание – Составлено по источнику [124, с. 2-9]			

Исходя из полученной в АО «ССГПО» информации, вскрышные породы не содержат рудных компонентов.

2. Юго-Западный отвал Сарбайского месторождения

Юго-Западный отвал Сарбайского месторождения расположен в 11 км от города Рудный Костанайской области (рисунок 7). Параметры отвала: длина – 3,4 км, ширина – от 0,3 до 1,2 км, высота – 10-45 м., площадь – 2,877 км^2 [123].

а б

а – вид со спутника, б – растительность на отвале

Рисунок 7 – Юго-Западный отвал Сарбайского месторождения

На данный отвал авто- и железнодорожным транспортом с 1956 г. вывозились ТМО в виде рыхлых песчано-глинистых вскрышных пород платформенного чехла, исходным сырьем для которых служили опоки (10%), пески (60%) и глины (30%). Генетический тип месторождения-источника ТМО – контактово-метасоматический, скарново-магнетитовый. Почвенный покров характеризуется наличием южных, суглинистых, малогумусовых, солонцеватых черноземов [123, с. 2-8].

Средняя скорость ветра в районе отвала равна 5 м/сек, максимальная – более 20 м/сек. Количество атмосферных осадков в год – 300-320 мм, в том числе 70-75% летом [123, с. 2-8]. При загрязнении ТМО отчуждается 2,877 км^2 земель. Отвал является плоским внешним многоярусным.

В рамках данного диссертационного исследования особый интерес вызывают факторы среды, влияющие на онтогенез растений, в т.ч. химический состав поверхности отвалов. Химический состав вскрышной породы с указанием минимального, максимального и среднего значения представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав силикатной части вскрышных пород

Название	Содержание, %		
	минимальное	максимальное	среднее
1	2	3	4
SiO_2	59	81.4	70.2
Al_2O_3	4.67	19	11.8
CaO	0.4	70	35.2
MgO	0.59	1.91	1.25

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
Fe_2O_3	4.32	17	10.7
P			0.038
S	0.5	5.3	2.0
Co			0.006
Ni			0.0012
Cu			0.041
Zn			0.025
Pb			0.005
Cd			-
As			-
Ba			-
Xr			-
Hg			-
Примечание – Составлено по источнику [123, с. 2-8]			

Исходя из полученной в АО «ССГПО» информации, вскрышные породы не содержат рудных компонентов.

3. Юго-Западный отвал Южно-Сарбайского участка

Юго-Западный отвал Южно-Сарбайского участка месторождения расположен в 10 км от города Рудный Костанайской области (рисунок 8). Параметры отвала: длина – 2 км, ширина – 0,1-0,8 км, высота – 10-25 м., площадь – 1,309 км^2 [124].

а б

а – вид со спутника, б – растительность на отвале

Рисунок 8 – Юго-Западный отвал Южно-Сарбайского участка

На данный отвал авто- и железнодорожным транспортом с 2008 г. вывозились ТМО в виде рыхлых песчано-глинистых вскрышных пород платформенного чехла, исходным сырьем для которых служили опоки (10%), пески (60%) и глины (30%). Генетический тип месторождения-источника ТМО

– контактово-метасоматический, скарново-магнетитовый. Почвенный покров характеризуется наличием южных, суглинистых, малогумусовых, солонцеватых черноземов. Вмещающие породы – скальные-вулканогенно-осадочные и интрузивные породы, метасоматиты [124, с. 2-9].

Средняя скорость ветра в районе отвала равна 5 м/сек, максимальная – более 20 м/сек. Количество атмосферных осадков в год – 300-320 мм, в том числе 70-75% летом.

При загрязнении ТМО отчуждается 1,3 км^2 земель.

Отвал является плоским внешним многоярусным.

В рамках данного диссертационного исследования особый интерес вызывают факторы среды, влияющие на онтогенез растений, в т.ч. химический состав поверхности отвалов. Химический состав вскрышной породы с указанием минимального, максимального и среднего значения представлен в таблице 5.

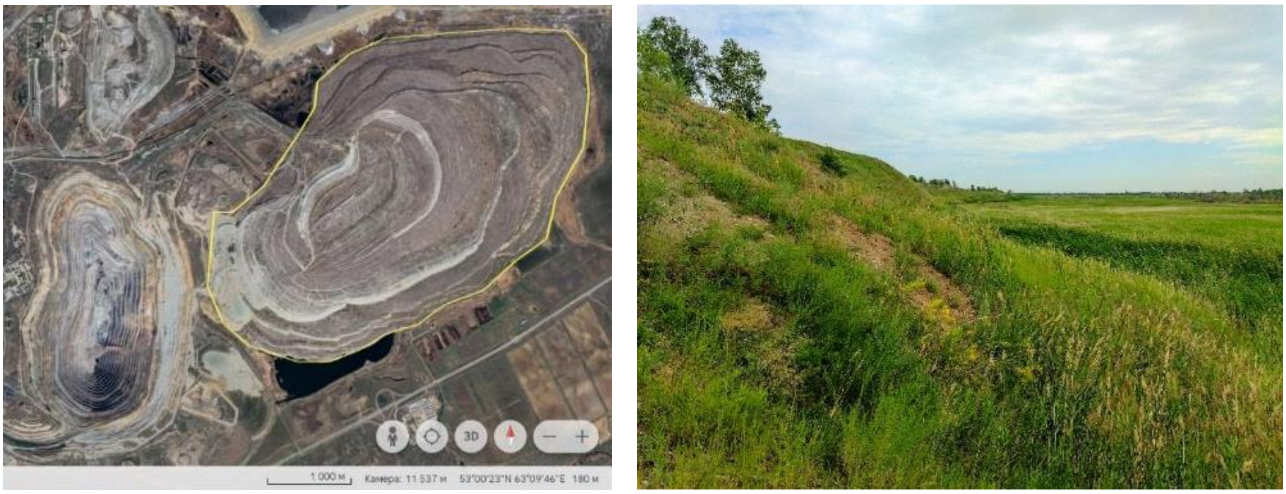
Исходя из полученной в АО «ССГПО» информации, вскрышные породы не содержат рудных компонентов.

Таблица 5 – Химический состав силикатной части вскрышных пород

Название	Содержание, %		
	минимальное	максимальное	среднее
SiO_2	0.75	33.3	9.50
Al_2O_3	0.15	11.84	3.32
CaO	28.4	52.33	40.76
MgO	0.28	18.46	5.94
SO_3	-	5.98	0.94
K_2O	0.01	2.29	0.60
Na_2O	0.08	1.72	0.46
P			0.038
S	0.5	5.3	2.0
Co			0.006
Ni			0.0012
Cu			0.041
Zn			0.025
Pb			0.005
Cd			-
As			-
Ba			-
Xr			-
Hg			-
Примечание – Составлено по источнику [124, с. 2-9]			

4. Отвал «Старый» Соколовского карьера

Отвал «Старый» находится в 5 км от города Рудный (рисунок 9).



а б

а – вид со спутника, б – растительность на отвале

Рисунок 9 – «Старый» отвал Соколовского карьера

Параметры отвала: длина – 5 км, ширина – 0,5-3,3 км, высота – 60 м., площадь – 13,5 км^2.

Возраст отвала – более 50 лет. Выведен из эксплуатации АО «ССГПО». Вскрышные породы вывозились различным транспортом.

Средняя скорость ветра в районе отвала равна 5 м/сек, максимальная – более 20 м/сек. Количество атмосферных осадков в год – 300-320 мм, в том числе 70-75% летом [124].

При загрязнении ТМО отчуждается 13,5 км^2 земель.

Отвал является плоским внешним многоярусным.

3.1.4.2 Отвалы АО «Качары руда»

В октябре 1960 года, при разработке плана открытых работ на Качарском месторождении, контур карьера был определён исходя из экономически целесообразного коэффициента вскрыши 10 м3/м3 и параметров устойчивости откосов. Запасы руды в границах карьера составили $1040 млн. тонн. Общее количество пустых пород достигло 3532.4 млн. тонн, из которых 1800.9 млн. тонн приходится на рыхлые и полускальные, а 1731.4 млн. тонн — на скальные породы [125].

Вскрышные породы, образующиеся при добыче руды на Качарском месторождении: суглинки; глина песчанистая, чеганская, слоистая, лигнинтовая, бокситовидная, зоны окисления; опока послойно-кремнистая, слоистая; песчаник на опоко-глинистом цементе, кремнистый, слоистый, глауконитовый; пироксен-скаполитовые метасоматиты; афириты; туфы порфиритов; порфириты; известняки [126].

На данный момент вывоз вскрышных пород производится на 3 отвала (№3, 4, 8), которые показаны на рисунке 10. Проведен осмотр всех указанных далее отвалов. Для проведения флористических исследований выбран отработанный отвал, не подвергающийся прямому техногенному воздействию на момент исследования.

желтый - №7, фиолетовый - №4, голубой - №3, розовый - №8

Рисунок 10 – Расположение отвалов Качарского месторождения

Отвал №3

Располагается к северо-востоку от Качарского карьера.

Начало отсыпки данного отвала – 1986 г. На данный отвал поступает порода с верхних горизонтов, которую транспортируют железнодорожным транспортом через восточную траншею. Отвальные работы ведутся на 4 ярусах с пометками 205, 217, 229 и 241 м [126, с. 2-9].

Насыпной объем составляет 338034125 м^3 (01.05.2022 г.) [126, с. 2-9].

Отвал №4

Автоотвал №4 располагается к северу от Качарского карьера.

Начало отсыпки отвала – 1975 г.

На данный отвал поступает порода с Северного участка карьера. Отвалообразование происходит на 3 ярусах с отметками 201, 213 и 225 м.

Насыпной объем составляет 124230 378 м^3 (01.05.2022 г.) [126, с. 2-9].

Отвал №7

Железнодорожный отвал №7 располагается на Северо-Западе от карьера. Отвальные работы ведутся в 3 яруса. Отвалообразование на некоторых участках приостановлено в 1980 г, 2002 г., 2009 г., 2017 г., на данных участках происходят процессы зарастания, описанные далее в работе. Отсыпка отвала на момент исследования окончена.

Отвал №8

Автоотвал №8 располагается к югу от Качарского карьера.

На данный отвал порода поступает с Южного участка карьера. Отвалообразование производится на 4 ярусах с отметками 203, 217, 229 и 241 м. В юго-восточной части отвала ведется отсыпка первого яруса с железнодорожного тупика. Отсыпка производится экскаватором ЭШ 10/50. Насыпной объем составляет 142852968 м^3 (01.05.2022 г.) [126, с. 2-9].

3.2 Методика исследований

Геоботанические наблюдения осуществлялись в течение мая-августа двух последних лет: 2022 и 2023. Работа охватывала техногенные насыпи различного периода формирования, находящиеся в юрисдикции предприятий АО «ССГПО» и АО «Качары руда». Предварительно совместно с сотрудниками предприятий были определены разновозрастные отвалы и различным литологическим составом (рисунок 11).

а

б

в

г

а - Склон на второй уступ отвала; б - Пионерная группировка на склоне; в - Зарастание второго уступа; г - Склон на третий уступ

Рисунок 11 – Отвалы предприятий

В ходе выполнения работ был зафиксирован раннелетний и летний аспект растительности. Обследование территории начиналось с определения типов местообитаний, особенностей субстрата; отнесения к определенной стадии сингенеза и перечня основных растительных формаций данной территории. Одновременно проводился сбор полевого материала и почвенных образцов в соответствии с программой полевых исследований. Таким образом, охватывался весь комплекс существующих экосистем и максимально возможная полнота выявления видов растений, присущих данной территории.

Геоботанические описания выполнялись на всех отмеченных типах растительности. Места описаний фиксировались с помощью приборов системы глобального позиционирования (GPS) (Приложение Ж). Флористические данные были обработаны с помощью программного обеспечения IBIS 7.2 [127].

При определении видов и составлении конспекта Флоры отвалов изучались гербарные материалы TOBYLKZ, KUZ, а также данные из гербариев Казахстана (AA, KSPI) и России (MW, LE, SVER), проанализоровано более 3000 листов.

В соответствии с общепринятыми методиками проводился учет численности и встречаемости видов.

Фиксировались следующие показатели: общее проективное покрытие (ОПП, %): доля площади, занятой проекциями всех особей данного вида в фитоценозе; частное проективное покрытие (ЧПП, %): доля площади, занятой проекциями особей данного вида в ярусе, к которому он принадлежит; встречаемость (%) – доля фитоценозов, где был отмечен данный вид [128, 129].

На исследуемых отвалах было выполнено 72 геоботанических описания: 15 – пионерные группировки, 26 – группово-зарослевые сообщества, 22 – сложные фитоценозы, 8 – на старом 50-летнем отвале. Характеристики ценопопуляций представлены в (Приложении Ж). Также были выполнены геоботанические описания для контрольной территории. Результаты исследования опубликованы в различных публикациях [46, p. 3414-3422; 130-136].

Расчет фитоценотических показателей: плотности травостоя (шт./м^2), количество видов (шт.), парциальное проективное покрытие (%) – проводился по указанным ранее показателям. Для оценки степени участия каждого вида в фитоценозе использовался показатель встречаемости, на основании которого выделялись классы постоянства (КП) с шагом 20%: I (единичные виды) – 20%, II (редкие) – 40%, III (обычные) – 60%, IV (доминантные) – 80%, V (константные) – 100% [46, p. 3414-3422; 76, с. 3-175].

Комплексный показатель активности вида позволяет оценить его жизненное преуспевание на конкретной территории. Он отражает вклад вида в состав флоры и его уровень адаптации к условиям среды [137, 139].

Определение уровня активности каждого вида проводилось с использованием специализированных модулей программного комплекса IBIS (разработка А.А. Зверева). Вычислено по формуле 1 (Приложение Н).

Программа IBIS позволяет объединить списки видов в единую таблицу и провести глубокий анализ флоры. Систематический анализ этой таблицы даёт информацию о таксономической структуре (соотношении отделов, классов, порядков, семейств, родов и видов, а также о наличии эндемичных и реликтовых видов), флористическом спектре (процентном соотношении семейств в регионе, что позволяет сравнивать флору разных регионов) и принадлежности флоры к определенной ботанико-географической области (сходстве флористического спектра с флорой других областей и наличии видов, характерных для данной области) [127, с. 3-300; 139-148].

Химические испытания образцов были проведены в аккредитованной испытательной лаборатории ТОО «Агрохимическая компания ДАРКАН ДАЛА» (№KZ.T.1 1.2383). Анализ почв отвалов проводился после многократного отбора проб почвы в 9 точках по ГОСТ 17.4.3.01-2017. Репрезентативные образцы были отправлены в аккредитованную лабораторию «ДАРКАН ДАЛА» (Костанай). Определены: плотный остаток (ГОСТ 26423-85); индикатор pH (ГОСТ 26423-85); анионы солей: CO_4^{2-} (ГОСТ 26426-85), CO_3^{2-}, HCO^{3-}, Cl^- (ГОСТ Р 59540-2021); кальций и магний (ГОСТ 26428-85) натрий и калий (ГОСТ 26427-85) в водной вытяжке; подвижные формы фосфора (ГОСТ 26207-91), азот общий (ГОСТ 26107-84), органические вещества (МВИ 66373620-005-2015), подвижные формы меди, железа, свинца и цинка (ПНД Ф 16.2.2:2.3. 71-2011) [46, p. 3414-3422].

Статистическая обработка выполнена в программах Excel и Jamovi. Для проверки соответствия распределения данных нормальному закону использовался критерий Шапиро-Уилка. В случаях отклонения от нормальности применялась процедура стандартизации данных с использованием Z-оценок, что позволило привести переменные к сопоставимому масштабу и обеспечить возможность дальнейшего статистического анализа.

Для оценки потенциальных прямых взаимосвязей между исследуемыми переменными был проведен корреляционный анализ Пирсона. Данный метод позволил выявить линейные зависимости и определить силу и направление связи между переменными.

С целью углубленного изучения влияния независимых переменных на зависимую переменную был выполнен многофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Этот метод позволил оценить статистическую значимость различий между группами, сформированными на основе комбинаций уровней независимых переменных, а также выявить эффекты взаимодействия между ними.

В рамках исследования был применен метод расчета коэффициента синантропизации флоры железорудных отвалов, основанный на формуле, разработанной Е.П. Прокопьевым и соавторами. Данный показатель интегрирует общую частоту нахождения как видов, связанных с деятельностью человека, так и тех, что избегают антропогенного влияния. Вычисление коэффициента синантропизации дает возможность определить, насколько успешно растительное сообщество адаптировалось к условиям, модифицированным хозяйственной деятельностью на территории отвалов [128, с. 92]. Высчитано по формуле 2 (Приложение Н).

Выделено пять основных групп ареалов: мультирегиональная, голарктическая, евразийская, азиатская, американо-азиатская группа.

Мультирегиональная группа – растение распространено в двух и более царствах флоры.

Голарктическая группа – распространение вида охватывает не менее 3 подцарств Голарктики. Голарктика может характеризоваться не только специфичным набором флоры, но и господством определенного типа флоры, отсутствующие или слабо представленные в южных областях. Голарктика занимает большую часть Северного полушария, от высокоширотной Арктики до субтропической зоны включительно [129].

Евразийская группа. Флористические элементы, относящиеся к Евразийской группе, охватывают территории Европы, включая Западную Сибирь, и достигают западных пределов Древнесредиземноморской области. Эта категория содержит в себе несколько вариаций географического распространения. Евроазиатский вариант включает таксоны, встречающиеся в Европе, Западной Сибири, а также в Средней и Передней Азии. Евро-сибирский вариант включает виды, интенсивно представленные в бореальном секторе Голарктики, однако не зафиксированные на территории Старого Света. Евразийско-атлантический вариант же объединяет виды, преимущественно локализованные в западной зоне Голарктики. Евро-западноазиатский в Западной Сибири проходит восточная граница распространения этой группы [129, с. 7-54].

Азиатская группа – растения Сибири, Центральной и Северной Азии. Включает в себя собственно азиатский тип ареалов, западно-азиатский тип, восточноазиатский, североазиатский, сибирский и южносибирский типы ареалов. Азиатский тип ареалов охватывает восточную часть Голарктики, без Старого Света и Средиземноморья. Западно-азиатский тип приурочен к Западной Сибири и Передней Азии. Сибирский и южносибирский типы теснее связаны с Алтае-Саянской горной области, характеризующейся мощным видообразованием [129, с. 7-54].

Американо-азиатская группа представлена растениями, связанных с флорой Северной Америки.

Изучение жизненных форм видов флоры базировалось на фундаментальных трудах И.Г. Серебрякова, заложившего основы геоботанического районирования и изучения растительных сообществ [140].

Определение жизненных форм осуществлялось с использованием авторитетных ботанических источников, таких как «Флора Западной Сибири» [141] и «Флора Казахстана» [142], содержащих подробные описания и характеристики видов.

Для оценки отношения видов к увлажнению была применена шкала А.П. Шенникова, являющаяся общепризнанным инструментом в экологии растений и позволяющая количественно характеризовать данный фактор [94, с. 249-251].

1. Ксерофиты – растения, приспособленные к условиям с выраженным дефицитом влаги. Обладают рядом адаптаций, позволяющих минимизировать потери влаги и оптимизировать ее использование.

2. Ксеромезофиты – растения, произрастающие в условиях периодической или постоянной, но некритичной нехватки влаги.

3. Мезофиты – растения, предпочитающие среду с постоянным достаточным, но не избыточного увлажнением. Они не имеют ярко выраженных адаптаций к недостатку или избытку влаги.

4. Гигромезофиты (лесные гигрофиты) – растения, нуждающиеся в постоянном увлажнении или высокой влажности воздуха. Обладают рядом адаптация для успешного поглощения влаги из воздуха, облегчения процесса транспирации; неглубокой корневой системой.

5. Гигрофиты – растения береговой и прибрежно-водной зоны, также, как и заболоченных мест. Способны переносить временное полное погружение в воду. Имеют ряд адаптаций для обеспечения плавучести, повышенной скорости транспирации.

6. Гидрофиты – растения, полностью или частично погружённые в толщу воды. Имеется ряд адаптаций для поглощения питательных веществ всей поверхностью тела, газообмена.

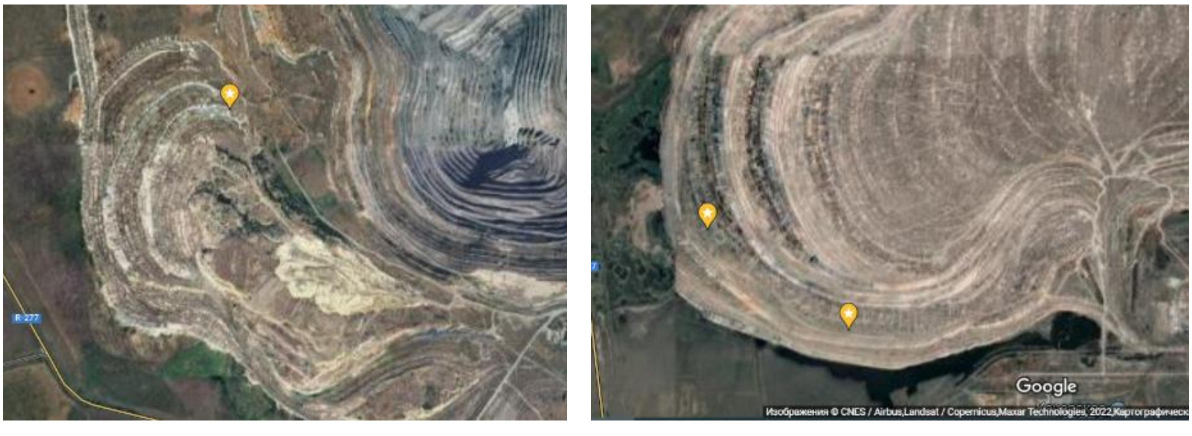
4 ДИНАМИКА ЕСТЕСТВЕННОГО ЗАРАСТАНИЯ ОТВАЛОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

4.1 Пионерная стадия зарастания отвалов

Изучение закономерностей формирования и развития растительных сообществ – одна из важных проблем биологии [143, с. 159-167; 149]. Первые этапы этого процесса можно наблюдать на первично обнаженном субстрате, например, на свежих речных наносах, после отступления ледника или лавового потока. Наиболее ярко этот процесс проявляется на отвалах вскрышных пород при разработке месторождений. В.В. Алехин назвал такие сообщества пионерными [150].

Отвалы горных пород, формирующиеся в результате эксплуатации Соколовского, Сарбайского и Качарского железорудных месторождений, представляют собой антропогенные геоморфологические образования, не имеющие растительного покрова.

С момента их формирования данные объекты являются идеальными модельными системами для изучения закономерностей первичного сукцессионного (стадийного) развития наземных экосистем. Привлекательность отвалов в качестве модельных объектов обуславливается отсутствием на момент формирования абиотических и биотических компонентов, характерных для природных экосистем; точной датировкой начала сукцессионных процессов; вариативностью литолого-геохимических характеристик, морфометрических параметров, ландшафтных условий.



а б

а – Юго-Западный отвал Сарбайского месторождения; б – Отвал №7 Качарского карьера

Рисунок 12 – Расположение изученных экотопов пионерной группировки растений

Проанализировано 15 геоботанических описаний, сделанных на незасоленных и засоленных отвалах, имеющих возраст отсыпки 2-5 лет и попадающих под определение пионерной группировки: ЦП 1-5, ЦП 43-47, ЦП 48-52 (таблица 6, рисунок 12).

Таблица 6 – Описание ценопопуляций пионерной стадии

Шифр	Дата	Доминанты	ОПП %	Количество видов
ЦП-1	18 V 2022	*Artemisia dracunculus*	< 1	3
ЦП-2	18 V 2022	*Koeleria cristata*	< 1	2
ЦП-3	18 V 2022	*Artemisia marschalliana*	< 1	4
ЦП-4	18 V 2022	*Koeleria cristata*	< 1	3
ЦП-5	18 V 2022	*Conyza canadensis*	1	1
ЦП-43	19 V 2022	*Isatis costata, Chenopodium album, Polygonum salsugineum*	30	4
ЦП-44	19 V 2022	*Isatis costata, Chenopodium album, Polygonum salsugineum*	20	5
ЦП-45	19 V 2022	*Isatis costata, Chenopodium album, Polygonum salsugineum*	40	4
ЦП-46	19 V 2022	*Lactuca tatarica, Polygonum gracilius*	30	3
ЦП-47	19 V 2022	*Isatis costata*	40	3
ЦП-48	19 V 2022	*Isatis costata, Chenopodium album*	< 1	2
ЦП-49	19 V 2022	*Isatis costata, Chenopodium album*	< 1	3
ЦП-50	19 V 2022	*Isatis costata, Chenopodium album*	< 1	4
ЦП-51	19 V 2022	*Isatis costata, Chenopodium album*	< 1	4
ЦП-52	19 V 2022	0	0	0

Таблица 7 - Характеристика сообществ пионерной стадии на засоленных грунтах

Виды растений	V*	Р	А	КП
Isatis costata	90	4,9	21	V
Chenopodium album	90	6,6	24,4	V
Polygonum salsugineum	50	3,3	12,8	III
Lactuca tatarica	10	0,05	0,7	I
Tripleurospermum inodorum	10	0,05	0,7	I
Achillea nobilis	10	0,05	0,7	I
Poa angustifolia	10	0,05	0,7	I

Примечания:
1. *V – встречаемость, %.
2. Р – частное проективное покрытие, %.
3. А – активность, балл.
4. КП – класс постоянства.
5. Составлено автором, отражено в источниках [46, р. 3414-3422; 143, с. 159-167]

Рисунок 13 – Пионерная стадия на засоленных отвалах

Растительное сообщество, первым осваивающее засолённые участки грунта, отличается крайней бедностью видового состава, включая всего семь таксонов (см. Таблицу 7 и Рисунок 13). Среднее значение общего проективного покрытия этой растительности составляет 16%. При этом два вида – *Isatis costata* и *Chenopodium album* – демонстрируют наивысший, V класс постоянства. На сильно засоленных грунтах с высоким КП встречается *Polygonum salsugineum.* Все виды относятся к адвентивным или сорным растениям. Отмечено только два вида степной зональной флоры (*Achillea nobilis* и *Poa angustifolia*) с минимальной встречаемостью и активностью [46, p. 3414-3422; 143, c. 159-167].

Таблица 8 – Характеристика сообществ пионерной стадии на незасоленных грунтах

Виды растений	V*	P	A	КП
Artemisia dracunculus	80	0,4	5,6	V
Artemisia marschalliana	60	0,3	2	IV
Artemisia sieversiana	60	0,4	4,9	IV
Achillea nobilis	20	0,1	1,4	I
Koeleria cristata	20	0,1	1,4	I
Conyza canadensis	20	0,1	1,4	I
Tragopogon orientalis	20	0,1	1,4	I

Примечания:
1. *V – встречаемость, %.
2. Р – частное проективное покрытие, %.
3. А – активность, балл.
4. КП – класс постоянства.
5. Составлено автором, отражено в источниках [46, p. 3414-3422; 143, c. 159-167]

Через два года на отвале, сложенным ожелезненным известняком, поселилось 7 видов (таблица 8). Поскольку условия произрастания растений крайне тяжелые (провальная влагопроницаемость, высокая температура на поверхности отвала) поселяющиеся растения крайне маломощные, что отражается на проективном покрытии, которое составляет 1-2% (рисунок 14).

Рисунок 14 – Внешний вид пионерной группировке на отвале, сложенным незасоленными породами

Наибольшим классом постоянства обладают степные виды *Artemisia dracunculus, A. marschalliana* и сорный вид – *Artemisia sieversiana*. Более 70% количества поселившихся видов на пионерной стадии относятся к степным растениям [46, p. 3414-3422; 143, c. 159-167].

Первые несколько лет после отсыпки отвалы железорудных карьеров характеризуются низкой скоростью демутационных процессов и замедленной начальной стадией сукцессии. Постепенное улучшение эдафических условий экотопа и формирование фитосреды обуславливают ускорение сукцессионных процессов. На отвалах формируются пионерные сообщества, представленные как рудеральными, так и видами зональных фитоценозов. Рудеральные виды, обладающие высокой степенью адаптации к экстремальным условиям, доминируют на первоначальных этапах сукцессии [46, p. 3414-3422; 143, c. 159-167].

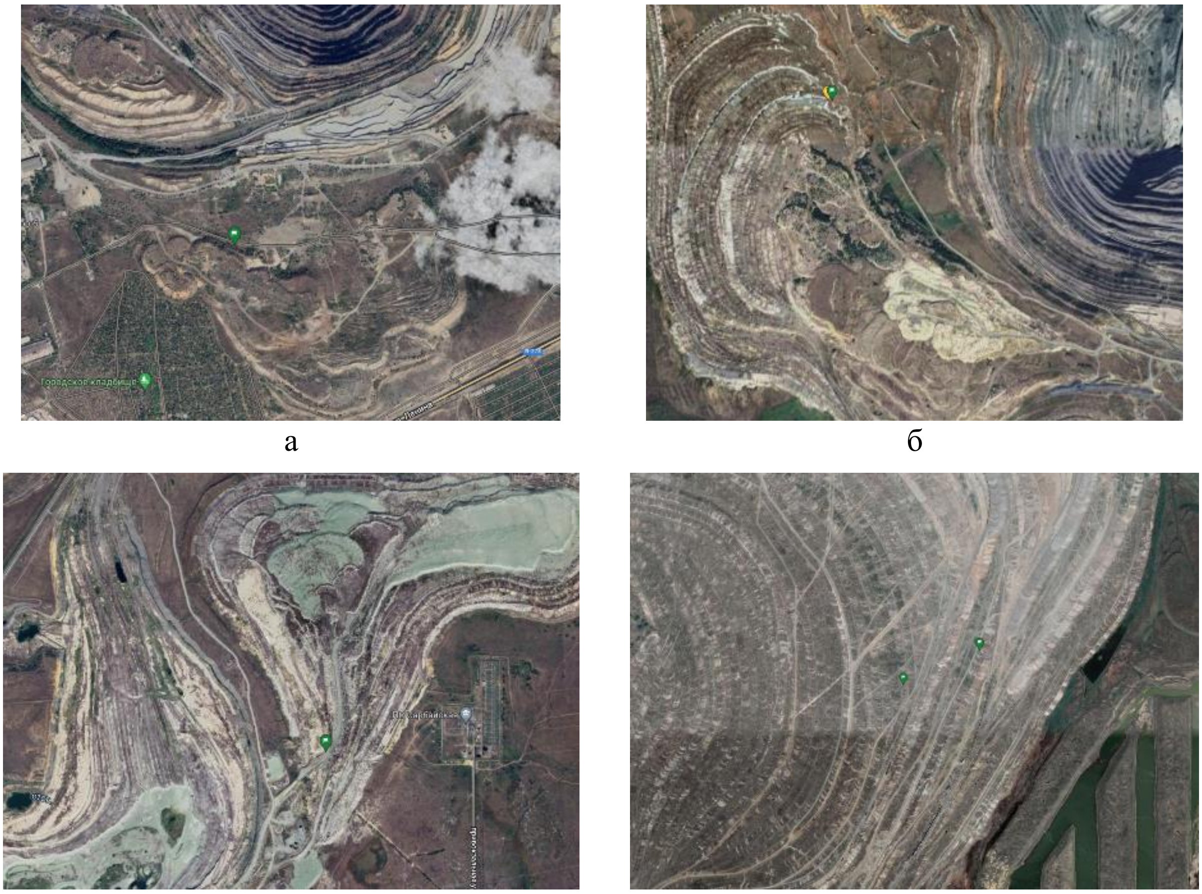
Наивысшим классом постоянства (V) на засоленных грунтах на пионерной стадии обладают *Isatis costata* и *Chenopodium album*, достаточно высоким классом постоянства (III) обладает *Polygonum salsugineum.* В основном это галофиты и сорный вид с широкой экологической амплитудой (таблица 8) [46, p. 3414-3422; 143, c. 159-167].

На незасоленных грунтах наибольшим постоянством обладают полыни: *Artemisia dracunculus* (V), *A. marschalliana* (IV), *A. sieversiana* (IV). Все виды обладают широкой экологической амплитудой [46, p. 3414-3422; 143, c. 159-167].

4.2 Группово-зарослевое сообщество

На стадии группово-зарослевого сообщества 26 описаний: 16 на засоленных грунтах (ЦП-27-42) и 10 на незасоленных (ЦП 6-15) (таблица 9). Возраст отвалов от 6 до 20 лет (рисунок 15).

На засоленных грунтах поселилось 42 вида, а на незасоленных 43 вида (таблицы 9, 10) [46, p. 3414-3422; 144, c. 26-38].



а б

в г

а – Соколовский рудник; б, в – Сарбайский рудник; г – Качарский рудник

Рисунок 15 – Локализация изученных экотопов группово-зарослевого этапа зарастания

Таблица 9 – Характеристика ценопопуляций группово-зарослевого сообщества

Шифр	Доминанты	ОПП %	Количество видов
1	2	3	4
ЦП-6	*Artemisiia austriaca, Arrtemisia dracunculus, Tanacetum vulgare*	2 0	21
ЦП-7	*Calamagrotis epigeios, Festucca valesiaca, Medicaggo sativa*	70	21
ЦП-8	*Artemisia astriaca, Medcago sativa*, *Calamagrosstis epigeios*	30	11
ЦП-9	*Calamagrostis epi geios, Mediicago sativa, Fesstuca valesiaca*	40	10
ЦП-10	*Calamagrosti ss epigeios, Artremisia dracunculus*, *Fesstuca valesiaca*	30	20
ЦП-11	*Calamagrostiss epigeios, Arrtemisia dracunculus*, *Artemiisia marschalliana*	40	11
ЦП-12	*Calamagrostis epiigeios, Artemisia drocunculus*, *Medicago sativa*	30	11
ЦП-13	*Calamagrostis epigeios, Artemisia dracunculus*, *Achilea nobillis*	25	10

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4
ЦП-14	*Achilea nobillis*, *Poligonum salsugineum*	20	5
ЦП-15	*Calamaggrostis epigeios, Tanacetum vulgaree*	20	5
ЦП-27	*Polygonum salsuggineum, Callamagrostis epigeios*	20	5
ЦП-28	*Phragmitees australis, Polygonumm salsugineum*	70	3
ЦП-29	*Polygonum salsugineumm*	3	1
ЦП-30	*Phleumm phleoides*, *Agrostis gigantea*	40	5
ЦП-31	*Elaeagnus anguustifolia*, *Polygonum salsuugineum*	30	7
ЦП-32	*Artemisia drracunculus, Ciirsium setosum*	50	12
ЦП-33	*Artemisia dracuunculus, Cirsium setosum, Polygonu m salsugineumm*	40	6
ЦП-34	*Artemiisia dracunculus, Polygoonum salsugineum, Taraxacum officinale*	70	11
ЦП-35	*Artemisia dracunculus, Polygonum salsugineum, Phragmites australis*	40	8
ЦП-36	*Artemisia dracuinculus, Isatis ccostata*, *Polygonum salsugineum*	60	6
ЦП-37	*Artemisia dracunculus, Chenoopodium album*, *Cirsium setosum*	70	10
ЦП-38	*Artemisia draccunculus, Caalamagrostis epigeios*, *Polygonum salsugineum*	50	6
ЦП-39	*Artemisia draacunculus, Calamagrostis epigeios, Artemisia nitrosa*	70	13
ЦП-40	*Artemisia dracuncculus, Calamagrostis epigeios, Gypsophila perfoliataa*	70	12
ЦП-41	*Artemisia draacunculus, Calamagrostis epigeios, Chamaeneerion angustifolium*	80	5
ЦП-42	*Artemisia dracunnculus, Calamagrostis epigeios, Gypsophila perfoliate aa*	70	7
Примечание – Составлено автором, отражено в источниках [46, p.3414-3422; 144, с. 26-38]			

На засоленных грунтах с высоким классом постоянства (IV) присутствуют *Polygonum bordzilowskii* и *Artemisia dracunculus*. С классом постоянства III присутствуют *Gypsophila perfoliata* и *Calamagrostis epigeios* (таблица 10, рисунок 16) [46, p. 3414-3422; 144, с. 26-38].

Таблица 10 – Характеристика сообществ группово-зарослевой стадии на засоленных грунтах

Виды растений	V*	P	A	КП
1	2	3	4	5
Polygonuum salsugineum	75	5, 7	20, 7	IV
Artemisiia dracunculus	68 ,8	9, 25	25, 22	IV
Gypsophila perfoliataa	43, 8	0,5	4,6 8	III
Calamagrostiis epigeiios	43 ,8	15, 34	25, 91	III
Chamaenerion angustifoliu um	37 ,5	0, 19	2,6 7	II
Artemisia nitrosaa	31, 3	0, 31	3,1 3	II
Artemisia siieversiana	31 ,3	0, 16	2, 24	II

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
Lactuca tatarica	25	0, 69	4, 15	II
Carduus thoermeri	25	0, 125	1, 77	II
Isatis costata	25	0, 125	1, 77	II
Phragmites australis	25	4, 44	10, 54	II
Cirsium setosum	18, 8	0, 84	3,9 7	I
Tragopogon orientalis	18, 8	0, 09	1,3	I
Taraxxacum officinale	18, 8	0, 09	1,3	I
Artemiisia vulgaris	18, 8	0, 09	1,3	I
Gypsopphila paniculata	18, 8	0, 09	1,3	I
Achilleea millefolium	12, 5	0, 06	0,87	I
Convolvvulus arvensis	12,5	0, 22	1,66	I
Elaeagnuus angustifolia	12, 5	0, 06	0,87	I
Melilotuss albus	12, 5	0, 06	0,87	I
Dracocepphalum thymiflorum	12, 5	0, 06	0,87	I
Bromopsiss inermis	12, 5	0, 06	0,87	I
Acer negundo o	6,3	0, 03	0,4 3	I
Eryngium planuum	6,3	0, 03	0,4 3	I
Artemisia comutata	6,3	0, 03	0,4 3	I
Artemisia schhrenkiana	6,3	0, 03	0,4 3	I
Lactuca tatariica	6,3	0, 03	0,4 3	I
Artemisia procceriformis	6,3	0, 03	0,4 3	I
Conyza canade nsis	6,3	0, 03	0,43	I
Achillea nobiliss	6, 3	0, 03	0,4 3	I
Artemisia marschhalliana	6, 3	0, 03	0,4 3	I
Jacobaea vulgariss	6, 3	0, 03	0,4 3	I
Chenopodium albuum	6,3	0, 19	1,0 9	I
Limonium gmelini	6, 3	0, 03	0,4 3	I
Agrostis giigantea	6, 3	0, 31	1,39	I
Phleum phlleoides	6, 3	0, 19	1,0 9	I
Stipa lesingiana	6, 3	0, 03	0,4 3	I
Elytrigiia repens	6, 3	0, 03	0,4 3	I
Festucaa valesiaca	6,3	0, 03	0,4 3	I
Populus x × sibirica	6, 3	0, 03	0,4 3	I
Populus trremula	6, 3	0, 03	0,43	I
Solanum kiitagawae	6,3	0, 03	0,4 3	I

Примечания:
1. *V – встречаемость, %.
2. P – частное проективное покрытие, %.
3. A – активность, балл.
4. КП – класс постоянства.
5. Составлено автором, отражено в источниках [46, p. 3414-3422; 144, с. 26-38]

Рисунок 16 – Группово-зарослевая стадия на засоленных отвалах

На незасоленных грунтах наивысшим баллом постоянства V обладают *Calamagrostis epigeios, Artemisia austriaca.* IV классом постоянства обладают *Artemisia dracunculus, Achillea nobilis* и *Medicago sativa* (таблица 11, рисунок 17) [46, р. 3414-3422; 144, с. 26-38].

Таблица 11 – Характеристика сообществ группово-зарослевой стадии на незасоленных грунтах

Виды растений	V*	P	A	КП
1	2	3	4	5
Calamagrosti epigeios	90	11, 55	32, 24	V
Artemisia astriaca	80	2,9 5	15, 36	V
Artemisiia dracunculus	70	3,6	15, 87	IV
Achillea inobilis	70	1,75	11, 07	IV
Medicagio sativa	70	2,2 5	12,55	IV
Artemisiia marschalliana	60	1,2 5	8,6 6	III
Hieraciuim virosum	50	0,2 5	3,5 4	III
Tanacetuim vulgare	50	1,2	7,7 5	III
Achillea millefolium	50	0,2 5	3,5 4	III
Festuca viialesiaca	50	6,5	18,03	III
Poa angustifolia	50	1,9	9,7 5	III
Bromopsisi inermis	50	0,9 5	6,8 9	III
Centaurea iiscabiosa	40	0,2	2,8 3	II
Hieracium umbellatum	30	0,1 5	2,1 2	II
Artemisia ciommutata	30	0,1 5	2,1 2	II
Taraxacum iofficinale	30	0,1 5	2,12	II
Elaeagnus aingustifolia	30	0,1 5	2,1 2	II
Dracocephalium thymiflorum	30	0,1 5	2,1 2	II
Chamaenerioin angustifolium	30	0,65	4,4 2	II
Stipa pennatai	30	1,5 5	6,8 2	II
Malus domestiica	30	0,1 5	2,1 2	II
Linaria genistiifolia	30	0,1 5	2,1 2	II
Artemisia proiiceriformis	20	0,1	1,4 1	I

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
Loniicera tatarica	20	0, 1	1, 41	I
Gypsiophila paniculata	20	0,3 5	2, 65	I
Acer inegundo	10	0,0 5	0, 71	I
Lactuica serriola	10	0,0 5	0,71	I
Tromimsdorffia maculata	10	0,05	0, 71	I
Cirsiium setosum	10	0,0 5	0, 71	I
Artemisia vulgaris	10	0,1	1	I
Betulia pendula	10	0,05	0, 71	I
Lappiula stricta	10	0,0 5	0, 71	I
Noneia rossica	10	0,0 5	0,7 1	I
Mediicago falcata	10	0,0 5	0,7 1	I
Trigoinella arcuata	10	0,0 5	0,71	I
Trifolium pratense	10	0,05	0,7 1	I
Poa pialustris	10	0,1	1	I
Poa uirssulensis	10	0,0 5	0,7 1	I
Polygionum bordzilowskii	10	0,0 5	0,7 1	I
Potenitilla argentea	10	0,0 5	0,7 1	I
Populus × sibirica	10	0,0 5	0,7 1	I
Populius tremula	10	0,0 5	0,7 1	I
Ulmusi pumila	10	0,0 5	0,7 1	I

Примечания:
1. *V – встречаемость, %.
2. Р – частное проективное покрытие, %.
3. А – активность, балл.
4. КП – класс постоянства

Рисунок 17 – Группово-зарослевая стадия на незасоленных отвалах

4.3 Сложный фитоценоз

Во время стадии сложного фитоценоза (диффузного сообщества) происходит завершение формирования ярусности, что обуславливает более сложную пространственную структуру фитоценоза. Увеличивается видовое разнообразие, достигая 20-40 видов. Происходит смена видов-пионеров на виды зональной флоры, которые становятся доминантами [46, p. 3414-3422; 145, с. 66-78].

На стадии сложного фитоценоза сделано 22 описания: 11 на засоленных грунтах и 11 на незасоленных. Возраст отвалов от 14 до 40 лет (таблица 12, рисунок 18).

Таблица 12 – Характеристика ценопопуляций сложного фитоценоза

Шифр	Доминанты	Полнота	Формула древостоя	ОПП %	Количество видов
ЦП-16	*Hieraciium iumbellatum, Festuca valesiaca*	03	9О с+Б	4 0	18
ЦП-17	*Artemisia astriaca, Biromopsis inermis, Calamagrostiis epigeios*	05	10 С	2 0	13
ЦП-18	*Poa angustifolia,* i *Calamagrostis epiigeios*	04	10с +Б	3 0	10
ЦП-19	*Hieracium umbelliatum, Poa angustifoliai*	03	10 С	3 0	11
ЦП-20	*Festuca valeisiaca, Artemisia driacunculus*	04	10 С	3 0	14
ЦП-21	*Artemisia driacunculus, Festuca valesiacai*	04	5Б5 С	4 0	15
ЦП-22	*Tanacetuim vulgare, Festuca valesiacai*			3 0	19
ЦП-23	*Festuca vialesiaca, Galium verum*			3 0	15
ЦП-24	*Astragaluis buchtormensis, Phragmites australis*			7 0	13
ЦП-25	*Hieraciumi virosum, Calamagroistis epigeios*	04	9Б1 С	5 0	12
ЦП-26	*Festuca valiesiaca, Phragmites iaustralis*	04	9Б1С	4 0	12
ЦП-53	*Calamagrositis epigeios Phragmites australisi*	04	9Б1О с	2 5	6
ЦП-54	*Calamagirostis epigeios Phragmites australisi*	03	5Б5О с	6 0	7
ЦП-55	*Calamagrostis epigeios Phragmites australisi*	03	5Б5 Ос	1 0	5
ЦП-56	*Phragmiites australis*	03	8Б2 Ос	3 0	3
ЦП-57	*Phragmiites australis*	03	7Б3 Ос	5 0	3
ЦП-58	*Calamagirostis epigeios, Polygonum salsugineium*			9 0	14
ЦП-59	*Artemisia dracunculus, Calamagriostis epigeios*			6 5	11
ЦП-60	*Calamagriostis epigeios*			4 0	1
ЦП-61	*Calamagriostis epigeios, Polygonum salsugineuim*			4 0	4
ЦП-62	*Calamagroistis epigeios, Polygonum salsugineuim, Artemisia dracunculus*			4 0	7
ЦП-63	*Calamagroistis epigeios*	0,3	5Б5 Ос	7 0	6
Примечание – Составлено автором, отражено в источниках [46, p. 3414-3422; 145, с. 66-78]					

а б

в

а – отвал Соколовского карьера; б – отвал Сарбайского карьера; в – отвал Качарского карьера

Рисунок 18 – Расположение изученных экотопов растений на стадии сложного фитоценоза

Общее проективное покрытие на засоленных грунтах составляет 47%, на незасоленных – 36%. На наиболее старых отвалах, возраст которых достигает 40 лет сформированы березово-осиновые насаждения с полнотой 05, формула древостоя 8Б2Ос (таблица 13). В подлеске встречается *Salix caprea* и *Rosa majalis*. На засоленных грунтах формируются мозаичные сообщества с участием единичных *Pinus sylvestris* и *Betula pendula*. Поскольку часто засоленные грунты связаны с выходом грунтовых вод отмечен многочисленный самосев березы (рисунок 19) [46, p. 3414-3422; 145, с. 66-78].

Таблица 13 – Характеристика сообществ на стадии сложной группировки на засоленных грунтах

Виды растений	V*	P	A	КП
1	2	3	4	5
Calamagrostis epigeios	81,8	24,55	44,82	V
Achillea nobilis	54,5	0,27	3,84	III
Betula pendula	54,5	0,16	2,95	III
Phragmites australis	54,5	10,91	24,39	III

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5
Artemisia dracunculus	45,5	6,5	17,19	III
Polygonum salsugineum	45,5	0,68	5,56	III
Taraxacum officinale	36,4	0,18	2,56	II
Chamaenerion angustifolium	27,3	0,14	1,95	II
Populus tremula	27,3	0,12	1,81	II
Chenopodium album	27,3	0,14	1,95	II
Agropyron cristatum	18,2	0,09	1,28	I
Chelidonium majus	18,2	0,09	1,28	I
Cichorium intybus	18,2	0,09	1,28	I
Crepis tectorum	18,2	0,09	1,28	I
Hieracium umbellatum	18,2	0,09	1,28	I
Artemisia nitrosa	18,2	0,09	1,28	I
Melilotus albus	18,2	0,09	1,28	I
Pinus sylvestris	18,2	0,09	1,28	I
Conyza canadensis	9,1	0,05	0,67	I
Lactuca serriola	9,1	0,05	0,67	I
Sonchus arvensis	9,1	0,05	0,67	I
Cirsium setosum	9,1	0,05	0,67	I
Erigeron acris	9,1	0,05	0,67	I
Jacobaea vulgaris	9,1	0,05	0,67	I
Lactuca tatarica	9,1	0,05	0,67	I
Artemisia sieversiana	9,1	0,05	0,67	I
Trommsdorffia maculata	9,1	0,05	0,67	I
Elaeagnus angustifolia	9,1	0,05	0,67	I
Melilotus officinalis	9,1	0,05	0,67	I
Vicia sepium	9,1	0,05	0,67	I
Populus × sibirica	9,1	0,09	0,9	I
Solanum kitagawae	9,1	0,05	0,67	I

Примечания:
1. *V – встречаемость, %.
2. P – частное проективное покрытие, %.
3. A – активность, балл.
4. КП – класс постоянства.
5. Составлено автором, отражено в источниках [46, p. 3414-3422; 145, с. 66-78]

Рисунок 19 – Стадия сложного фитоценоза на засоленных отвалах

На засоленных грунтах единственный вид *Calamagrostis epigeios* обладает V класс постоянства, его активность составляет 48,8 балла. С высоким классом постоянства III встречаются 5 видов: *Achillea nobilis, Betula pendula, Phragmites australis, Polygonum salsugineum.* В связи с высокой степенью засоления сложный фитоценоз может иметь незначительное количество видов, такие сообщества встречаются на сильно засоленных глинах в пустыне Бетпакдала [46, p. 3414-3422; 145, с. 66-78; 151].

На незасоленных грунтах на этой стадии формируются естественные березово-осиновые насаждения, а на засоленных насаждениях формируются отдельные пятна древесных насаждений в более благоприятных лесорастительных условиях. На засоленных грунтах обнаружено 32 вида, на незасоленных – 58 видов (таблица 14, рисунок 20) [46, p. 3414-3422; 145, с. 66-78].

Таблица 14 – Характеристика сообществ на стадии сложной группировки на незасоленных грунтах

Виды растений	V*	P	A	КП
1	2	3	4	5
Tanacetum vulgare	90,9	1,14	10,18	V
Festuca valesiaca	90,9	6,6	24,49	V
Artemisia austriaca	81,8	1,73	11,9	V
Betula pendula	81,8	0,37	5,5	V
Artemisia dracunculus	63,6	0,55	5,92	IV
Calamagrostis epigeios	63,6	3,14	14,13	IV
Hieracium virosum	54,5	0,73	6,27	III
Achillea nobilis	54,5	0,5	5,22	III
Achillea millefolium	54,5	0,95	7,2	III
Chamaenerion angustifolium	54,5	0,27	3,84	III
Medicago falcata	45,5	0,23	3,23	III
Phlomoides tuberosa	36,4	1,55	7,51	II
Hieracium umbellatum	36,4	1,55	7,51	II
Centaurea scabiosa	36,4	0,18	2,56	II
Stellaria graminea	36,4	0,18	2,56	II
Astragalus buchtormensis	36,4	1,27	6,8	II
Lonicera tatarica	27,3	0,14	1,95	II
Bromopsis inermis	27,3	1	5,22	II
Poa pratensis	27,3	0,36	3,13	II
Phragmites australis	27,3	4,82	11,46	II
Polygonum aviculare	27,3	0,36	3,13	II
Potentilla chrysantha	27,3	0,36	3,13	II
Asparagus officinalis	18,2	0,09	1,28	I
Lactuca tatarica	18,2	0,09	1,28	I
Taraxacum officinale	18,2	0,09	1,28	I
Sedum telephium	18,2	0,09	1,28	I
Hippophae rhamnoides	18,2	0,09	1,28	I
Astragalus testiculatus	18,2	0,09	1,28	I
Poa angustifolia	18,2	0,95	4,16	I
Stipa lessingiana	18,2	0,32	2,41	I

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5
Galium verum	18,2	0,32	2,42	I
Veronica spicata	18,2	0,09	1,28	I
Veronica incana	18,2	0,09	1,28	I
Acer negundo	9,1	0,05	0,67	I
Eryngium planum	9,1	0,05	0,67	I
Falcaria vulgaris	9,1	0,05	0,67	I
Artemisia marschalliana	9,1	0,05	0,67	I
Pilosella echioides	9,1	0,05	0,67	I
Erigeron acris	9,1	0,05	0,67	I
Helichrysum arenarium	9,1	0,05	0,67	I
Nonea rossica	9,1	0,05	0,67	I
Sisymbrium loeselii	9,1	0,05	0,67	I
Alyssum turkestanicum var. desertorum	9,1	0,05	0,67	I
Gypsophila perfoliata	9,1	0,05	0,67	I
Euphorbia virgata	9,1	0,05	0,67	I
Oxytropis pilosa	9,1	0,05	0,67	I
Ribes aureum	9,1	0,05	0,67	I
Plantago media	9,1	0,27	1,57	I
Stipa pennata	9,1	0,05	0,67	I
Elytrigia repens	9,1	0,05	0,67	I
Poa palustris	9,1	0,27	1,57	I
Agrostis gigantea	9,1	0,05	0,67	I
Rosa majalis	9,1	0,91	2,88	I
Cerasus fruticosa	9,1	0,05	0,67	I
Salix caprea	9,1	0,05	0,67	I
Linaria genistifolia	9,1	0,05	0,67	I
Valeriana tuberosa	9,1	0,05	0,67	I
Populus tremula	9,1	0,05	0,67	I

Примечания:
1. *V – встречаемость, %.
2. Р – частное проективное покрытие, %.
3. А – активность, балл.
4. КП – класс постоянства

Рисунок 20 – Стадия сложного фитоценоза на незасоленных отвалах

4.4 Переходный фитоценоз

В ходе исследования наиболее старовозрастных участков отвалов (возраст 40-50 лет), не подвергавшихся рекультивации (отвал «Старый» Соколовского карьера), были выявлены сообщества, которые по своим структурным и флористическим характеристикам выходят за рамки стадии сложного фитоценоза, но при этом не достигают состояния зонального климаксового сообщества (Рисунок 21). Простое отнесение этих сообществ к стадии сложного фитоценоза не отражает качественного скачка в их организации. В связи с этим, для их характеристики нами вводится понятие «переходный фитоценоз».

Под переходным фитоценозом мы понимаем относительно устойчивое, самоподдерживающееся сообщество, представляющее собой финальную стадию естественной сукцессии в условиях техногенно-трансформированной среды, которая заблокирована (арестована) на пути к зональному климаксу из-за неполного восстановления эдафических и гидрологических условий. По своей сути, такое сообщество можно охарактеризовать как техногенный плагиоклимакс или альтернативное стабильное состояние.

Рисунок 21 – Расположение изученных экотопов растений на переходной стадии

Таблица 15 – Характеристика ценопопуляций в переходных фитоценозах

Шифр	Доминанты	ОПП %	Количество видов
ЦП-65	*Vicia cracca, Berteroa incana, Poa stepposa*	60	14
ЦП-66	*Prunus besseyi, Poa stepposa*	70	12
ЦП-67	*Prunus besseyi, Vicia cracca*	70	18
ЦП-68	*Glycyrrhiza uralesis*	60	10
ЦП-69	*Berteroa incana, Lepidium latifolium*	70	33
ЦП-70	*Glycyrrhiza uralesis*	60	10
ЦП-71	*Achillea × kasakhstanica, Cirsium vulgare, Lappula squarrosa*	60	8
ЦП-72	*Leymus ramosus, Rosa laxa*	75	8

Таблица 16 – Характеристика сообществ в переходных фитоценозах

Виды растений	V*	P	A	КП
1	2	3	4	5
Berteroa incana	80	11	28,1	V
Betula pendula	70	10,1	25,3	V
Glycyrrhiza uralesis	60	12,2	20,2	V
Lepidium latifolium	60	8,2	10,7	V
Vicia cracca	60	12,1	29,7	V
Cirsium vulgare	60	0,6	4,31	IV
Prunus besseyi	60	1,1	4,24	IV
Rosa laxa	70	14,1	37,82	IV
Achillea × kasakhstanica	40	13,2	2,9	III
Erysimum canescens	40	0,2	2,83	III
Erysimum cheiranthoides	40	0,2	2,83	III
Linaria vulgaris	40	0,2	2,83	III
Medicago romanica	40	0,2	2,83	III
Salix caprea	40	0,2	2,83	III
Silene wolgensis	40	11,2	21,1	III
Tragopogon dubius	40	5	10,8	III
Ulmus laevis	40	0,2	2,83	III
Astragalus onobrychis	20	0,1	1,41	II
Euphorbia gerardiana	20	0,1	1,41	II
Glycyrrhiza korshinskyi	20	0,1	1,41	II
Jacobaea erucifolia	20	0,1	1,41	II
Lupinaster pentaphyllus	20	0,1	1,41	II
Malus baccata	20	0,1	1,41	II
Poa stepposa	20	1	4,47	II
Potentilla canescens	20	0,1	1,41	II
Ranunculus pedatus	20	1	4,47	II
Scorzonera stricta	20	1	4,47	II
Sisymbrium polymorphum	20	0,1	1,41	II
Stipa capillata	20	0,1	1,41	II
Verbascum phoeniceum	20	1	4,47	II
Acer tataricum	10	0,05	0,67	I
Amaranthus retroflexus	10	0,05	0,67	I
Astragalus scoparius	10	0,05	0,67	I
Astragalus sulcatus	10	0,05	0,67	I
Atriplex sagittata	10	0,05	0,67	I
Atriplex tatarica	10	0,05	0,67	I
Bidens tripartita	10	0,05	0,67	I
Bidens tripartita	10	0,05	0,67	I
Calystegia sepium	10	0,05	0,67	I
Campanula sibirica	10	0,05	0,67	I
Cannabis sativa	10	0,05	0,67	I
Ceratocarpus arenarius	10	0,05	0,67	I
Chenopodiastrum hybridum	10	0,05	0,67	I
Chondrilla ambigua	10	0,05	0,67	I
Chorispora tenella	10	0,05	0,67	I
Dracocephalum nutans	10	0,05	0,67	I

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
Eremopyrum triticeum	10	0,05	0,67	I
Eremopyrum triticeum	10	0,05	0,67	I
Erucastrum armoracioides	10	0,05	0,67	I
Euphorbia uralensis	10	0,05	0,67	I
Galatella villosa	10	0,05	0,67	I
Glaux maritima	10	0,05	0,67	I
Inula britannica	10	0,05	0,67	I
Inula helenium	10	0,05	0,67	I
Lappula heteracantha	10	0,05	0,67	I
Lappula squarrosa	10	0,05	0,67	I
Lemna minor	10	0,05	0,67	I
Leymus angustus	10	0,05	0,67	I
Leymus racemosus	10	0,05	0,67	I
Linaria ruthenica	10	0,05	0,67	I
Lycopus europaeus	10	0,05	0,67	I
Onobrychis arenaria	10	0,05	0,67	I
Oxybasis rubra	10	0,05	0,67	I
Oxybasis urbica	10	0,05	0,67	I
Persicaria minor	10	0,05	0,67	I
Picris hieracioides	10	0,05	0,67	I
Plantago salsa	10	0,05	0,67	I
Polygonum aviculare	10	0,05	0,67	I
Potentilla bifurca	10	0,05	0,67	I
Pseudosophora alopecuroides	10	0,05	0,67	I
Rubus sachalinensis	10	0,05	0,67	I
Rumex stenophyllus	10	0,05	0,67	I
Salix triandra	10	0,05	0,67	I
Setaria viridis	10	0,05	0,67	I
Sorghum sudanense	10	0,05	0,67	I
Thesium refractum	10	0,05	0,67	I
Typha angustifolia	10	0,05	0,67	I
Typha latifolia	10	0,05	0,67	I
Urtica dioica	10	0,05	0,67	I
Vicia nervata	10	0,05	0,67	I

Примечания:
1. *V – встречаемость, %.
2. P – частное проективное покрытие, %.
3. A – активность, балл.
4. КП – класс постоянства

Диагностическими признаками, отличающими переходный фитоценоз от стадии сложного фитоценоза, являются:

1. Значительное увеличение видового богатства. На данной стадии на незасоленных грунтах было зафиксировано 81 вид растений, что существенно превышает показатель предыдущей стадии (58 видов). Это свидетельствует о заполнении большего числа экологических ниш и усложнении структуры сообщества.

2. Качественное изменение флористического ядра и доминантов (таблицы 15 и 16). Если на стадии сложного фитоценоза доминировали преимущественно пионерные многолетники и луговые травы (*Tanacetum vulgare*, *Artemisia austriaca*), то здесь ведущие позиции занимают более требовательные к среде, долгоживущие травянистые поликарпики и кустарники. Наблюдается смена доминантов на виды с выраженной K-стратегией: формируются устойчивые куртины *Glycyrrhiza uralensis*, *Vicia cracca*, а также синузии кустарников (*Prunus besseyi*, *Rosa laxa*). Это говорит о стабилизации среды и переходе от стратегии захвата территории к стратегии ее удержания.

3. Формирование сложной пространственной структуры. Сообщество перестает быть гомогенным травяным покровом и приобретает четко выраженную мозаичность. Формируются устойчивые парцеллы: кустарниковые заросли, участки высокотравья с доминированием бобовых, плотнодерновинные злаковые поляны. Это свидетельствует о формировании более сложных межвидовых взаимодействий и начале ярусного сложения, характерного для зрелых экосистем.

4. Относительная временная стабильность. Несмотря на возможные ежегодные флуктуации в численности отдельных видов, общая структура и видовой состав переходного фитоценоза сохраняются на протяжении длительного времени (в масштабе десятилетий). В отличие от более ранних стадий, здесь не происходит быстрой смены доминантов, что позволяет говорить о достижении определенного гомеостаза в данных специфических условиях.

Таким образом, переходный фитоценоз не является просто временным этапом на пути к степи или лесостепи. Это финальный результат естественного саморазвития экосистемы на отвале, ограниченный техногенными факторами. Понимание его структуры и функционирования имеет ключевое значение, так как именно это состояние является максимальным достижением природы без вмешательства человека и должно служить отправной точкой для разработки стратегий биологической рекультивации.

4.5 Контроль

В качестве контроля выбран участок в окрестностях поселка Качар, возле отвалов, представленный луговым сообществом с проплешинами солонца на окраине березовых естественных насаждений, N53.32635°, W6283448°, h=322 м над ур. м. Выполнено 5 описаний (таблица 17, рисунок 22).

Таблица 17 – Характеристика ценопопуляций в контрольной точке

Шифр	Доминанты	ОПП %	Количество видов
ЦП-64_1	*Galatella tatarica*, *Fragaria viridis, Stipa capillata*	90	17
ЦП-64_2	*Galatella tatarica*, *Artemisia dracunculus Festuca valesiaca*	80	16
ЦП-64_3	*Galatella tatarica*, *Artemisia pontica*, *Festuca valesiaca*	90	22
ЦП-64_4	*Artemisia dracunculus*, *Festuca valesiaca, Poa pratensis*	100	13
ЦП-64_5	*Astragalus danicus*, *Festuca valesiaca, Galatella tatarica.*	95	13


Рисунок 22 – Фитоценоз в контрольной точке

В контроле отмечено 44 вида, в среднем на учетной площадке 15 видов, проективной покрытие 91% (таблица 18).

Таблица 18 – Характеристика сообществ в контрольной точке

Виды растений	V*	P	A	КП
1	2	3	4	5
Galatella tatarica (Less.) Novopokr.	100	12,1	34,79	V
Artemisia dracunculus L.	100	14,1	37,82	V
Eryngium planum L.	80	1,4	10,58	V
Stipa capillata L.	80	13,2	32,5	V
Festuca valesiaca Gaudin	80	12	31	V
Taraxacum officinale F.H.Wigg.	60	0,3	4,24	IV
Fritillaria meleagroides Patrin ex Schult. & Schult. f.	60	0,3	4,24	IV
Spiraea hypericifolia L.	60	0,8	6,93	IV
Fragaria viridis (Duchesne) Weston	60	4,1	15,68	IV
Filipendula vulgaris Moench	60	2,2	11,49	IV
Galium verum L.	60	0,3	4,24	IV
Kadenia dubia (Schkuhr) Lavrova & V.N.Tikhom.	40	0,2	2,83	III
Artemisia pontica L.	40	6,1	15,62	III
Achillea setacea Waldst. & Kit.	40	0,2	2,83	III
Artemisia nitrosa Weber	40	0,2	2,83	III

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5
Stellaria graminea L.	40	0,2	2,83	III
Atriplex verrucifera Bieb.	40	0,2	2,83	III
Astragalus danicus Retz.	40	13	22,8	III
Plantago media L.	40	0,2	2,83	III
Poa pratensis L.	40	4	12,65	III
Ranunculus pedatus Waldst. & Kit.	40	0,2	2,83	III
Sanguisorba officinalis L.	40	1,1	6,63	III
Potentilla argentea L.	40	0,2	2,83	III
Valeriana tuberosa L.	40	0,2	2,83	III
Allium lineare L.	20	1	4,47	II
Peucedanum morisonii Besser ex Spreng.	20	0,1	1,41	II
Artemisia rupestris L.	20	0,1	1,41	II
Inula britannica L.	20	0,1	1,41	II
Artemisia austriaca Jacq.	20	0,1	1,41	II
Artemisia sericea Weber ex Stechm.	20	1	4,47	II
Artemisia latifolia Ledeb.	20	1	4,47	II
Lappula squarrosa (Retz.) Dumort.	20	0,1	1,41	II
Rorippa palustris (L.) Besser	20	0,1	1,41	II
Erophila verna (L.) Besser	20	0,1	1,41	II
Campanula wolgensis P.A.Smirn.	20	1	4,47	II
Atriplex cana C. A. Mey.	20	0,1	1,41	II
Sedum telephium L.	20	0,1	1,41	II
Limonium gmelinii (Willd.) Kuntze	20	0,1	1,41	II
Poa angustifolia L.	20	0,1	1,41	II
Poa palustris L.	20	0,1	1,41	II
Polygonum bordzilowskii Klok.	20	0,1	1,41	II
Rumex confertus Willd.	20	0,1	1,41	II
Cerasus fruticosa Pall.	20	0,1	1,41	II
Pedicularis dasystachys Schrenk	20	0,1	1,41	II

Примечания:
1. *V – встречаемость, %.
2. P – частное проективное покрытие, %.
3. A – активность, балл.
4. КП – класс постоянства

Наибольшим классом постоянства V обладают *Galatella tatarica, Artemisia dracunculus, Stipa capillata, Festuca valesiaca*, что вполне согласуется с растительностью засоленных лугов степной зоны Казахстана [152].

4.6 Обсуждение полученных результатов

4.6.1 Динамика стадий сингенеза

Стоит отметить, что анализ динамики зарастания отвалов предполагает изучение изменений в численности и видовом составе растительных сообществ. Однако, проведение строго количественного анализа, направленного на выявление одинакового количества ценопопуляций на разных участках отвала, сталкивается с определенными ограничениями.

Гетерогенность условий на поверхности отвалов, обусловленная различными физико-химическими свойствами субстрата, рельефом и микроклиматом, приводит к формированию мозаики растительных сообществ. Кроме того, размеры исследуемых участков часто не позволяют выделить достаточно однородные площадки для сравнительного анализа. В связи с этим, более эффективным подходом является изучение относительной численности различных видов растений и их группировок, а также анализ последовательности смены растительных сообществ во времени [83, с.42-60].

На изученных отвалах отмечаются большие различия зарастания засоленных и незасоленных грунтов.

Обычно пионерную группировку формируют однолетние сорные растения [14, с. 91-107; 46, р. 3414-3422; 52, р. 1009-1017; 77, с. 45-52; 80, с. 163-171; 155]. На отвалах Соколовского и Сарбайского железорудных месторождений на засоленных грунтах поселяются галофиты *Isatis costata* и *Polygonum salsugineum* и сорный вид с широкой экологической амплитудой *Chenopodium album* (таблица 19).

Обращает внимание чрезвычайно низкое проективное покрытие на незасолённых грунтах. Прежде всего это связано с тем, что через два года не закончилась сортировка техногенного элювия, который образует провальную влагопроницаемость, что создает неблагоприятные условия для поселения растений.

Таблица 19 – Характеристика растительных сообществ

Вариант	n	ОПП, %	Общее количество видов, шт.	Плотность видов, шт./100 м^2	Активность, балл
Засоленные породы:					
– пионерное сообщество	10	14,4±4,8	7	3,2±0,4	61,0
– группово-зарослевое сообщество	16	37±3,9	42	14±0,98	127,2
– сложный фитоценоз	11	47±5,5	32	6±1,1	127,0
Незасоленные породы:					
– пионерное сообщество	5	0,8±0,1	7	2,6±0,5	88,1
– группово-зарослевое сообщество	10	32,5±4,7	43	12,5±1,9	182,7
– сложный фитоценоз	11	50,8±4,9	58	8,7±1,0	174,6
– переходный фитоценоз	8	62+2,0	81	15,1±1,0	193,0
Контроль	5	91±3,0	44	16,2±1,7	274,3
Примечание – n – количество					

Количество видов, поселяющихся на этой стадии чрезвычайно мало – около 3. Необходимо отметить, что в более благоприятных климатических условиях видов, поселяющихся на пионерной стадии много больше [154].

Активность видов на пионерной стадии составляет 88,1 на незасолённых породах и 61,0 – на засоленных (таблица 19).

На стадии группово-зарослевого сообщества характер видов с высоким КП не изменяется: на засоленных грунтах доминируют длиннокорневищные виды как *Calamagrostis epigeios,* а также галофиты. На незасоленных почвах растения с наивысшим КП вновь длиннокорневищные виды, например, *Artemisia austriaca* и *Calamagrostis epigeios*.

По сравнению с пионерной группировкой в значительной степени увеличивается количество видов на засоленных грунтах – 42, а на незасоленных – 43. Большинство видов имеет КП I. Общее проективное покрытие на засоленных и незасоленных породах примерно одинаково и составляет 33-37%. Количество видов так же примерно одинаково 12,5-14,0 шт./100 м^2. Активность видов в растительных сообществах на незасоленных грунтах значительно выше, чем на засоленных (таблица 20) [46, р. 3414-3422].

Таблица 20 – Классы постоянства растительных группировок на разных стадиях сингенеза

Засоленные грунты		Незасоленные грунты	
Пионерная группировка			
Isatis costata	V	*Artemisia dracunculus*	V
Chenopodium album	V	*Artemisia marschalliana*	IV
Polygonum salsugineum	III	*Artemisia sieversiana*	IV
Группово-зарослевое сообщество			
Polygonum salsugineum	IV	*Calamagrostis epigeios*	V
Artemisia dracunculus	IV	*Artemisia austriaca*	V
Gypsophila perfoliata	III	*Artemisia dracunculus*	IV
Calamagrostis epigeios	III	*Achillea nobilis*	IV
-		*Medicago sativa*	IV
Сложный фитоценоз			
Calamagrostis epigeios	V	*Tanacetum vulgare*	V
Achillea nobilis	III	*Festuca valesiaca*	V
Betula pendula	III	*Artemisia austriaca*	V
Phragmites australis	III	*Betula pendula*	V
Artemisia dracunculus	III	*Artemisia dracunculus*	IV
Polygonum salsugineum	III	*Calamagrostis epigeios*	IV
Контроль		Переходный фитоценоз	
Galatella tatarica	V	*Betula pendula*	V
Artemisia dracunculus	V	*Vicia cracca*	V
Eryngium planum	V	*Glycyrrhiza uralesis*	V
Stipa capillata	V	*Lepidium latifolium*	V
Festuca valesiaca	V	*Berteroa incana*	V
Taraxacum officinale	IV	*Prunus besseyi*	IV
Fritillaria meleagroides	IV	*Cirsium vulgare*	IV
Spiraea hypericifolia	IV	*Rosa laxa*	IV
Fragaria viridis	IV	-	-
Filipendula vulgaris	IV	-	-
Galium verum	IV	-	-

Стадия сложного фитоценоза начинает формироваться на 15-30 год после отсыпки. На экологически благоприятных участках происходит заложение небольших смешанных лесов (берёза повислая (*Betula pendula*) и осина (*Populus tremula*)) при минимальном включении сосны (*Pinus sylvestris*). На этой стадии засоленные грунты колонизируют 32 вида, а незасоленные — 58 видов. На засолённых почвах растительные сообщества формируют эврибионтные виды с широкой толерантностью: *Calamagrostis epigeios* и *Phragmites australis*. На незасоленных грунтах формируется паразональное лугово-степное сообщество с высоким КП: *Tanacetum vulgare, Festuca valesiaca Artemisia austriaca, Betula pendula* (таблица 20) [46, p. 3414-3422].

Совокупность полученных данных позволяет сделать вывод о том, что на железорудных отвалах Костанайской области наблюдается не просто замедленный, а качественно иной тип сукцессии. Даже за полувековой период на отвалах не происходит полного восстановления зональных сообществ. На наиболее старых участках (40-50 лет) формируются переходные фитоценозы (подробно рассмотрены в разделе 4.4), которые представляют собой финальную, арестованную (или заблокированную) стадию сукцессии в условиях техногенной среды. Процесс естественного восстановления фактически останавливается, не достигая климакса, что подтверждается неполночленностью флористического состава по сравнению с контролем (Таблица 19) и сохранением значительной доли рудеральных видов. Формирующиеся фитоценозы являются квази-устойчивыми — они способны существовать длительное время, но лишены потенциала для дальнейшего развития в сторону зонального климаксового сообщества без кардинального изменения внешних условий или целенаправленной мелиорации. Этот вывод имеет принципиальное значение для практики, доказывая неэффективность пассивного выжидательного подхода к рекультивации на значительной части техногенных территорий.

4.6.2 Влияние эдафических условий на состояние растительных группировок

Пробы техногенного эллювия отбирались на ключевых участках отвалов в течение вегетационных периодов 2022-2023 гг. Геоботанические описания выявили значительные различия во флористическом составе и структуре растительных сообществ на разных стадиях сингенеза. Для оценки влияния эдафических условий определяли стандартные агрохимические показатели: содержание органического вещества (%), актуальную кислотность (pH водной вытяжки), содержание водорастворимых солей (по сухому остатку, %) и ионный состав водной вытяжки (включая SO_4^{2-}, ммоль/100 г). Дополнительно анализировали содержание подвижных форм основных микроэлементов (включая Cu, Fe, мг/кг). Данные по химическому составу проб и расположению точек отбора представлены в Приложении И. Статистическая обработка включала расчет описательных статистик (Таблица И.2), Z-нормализацию данных для устранения влияния разной размерности и гетерогенности выборки, проверку нормальности распределения (критерий Шапиро-Уилка), корреляционный анализ (коэффициент Пирсона для нормализованных данных) и многофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Растительные сообщества характеризовались видовым богатством (КВ, шт) и общим проективным покрытием (ОПП, %).

Анализируемые субстраты характеризовались значительной вариабельностью химических свойств. Содержание органического вещества колебалось в диапазоне 0,3–2,8%, отражая начальные стадии почвообразовательных процессов на исходно стерильных горнопромышленных породах [46, p. 3414-3422]. Водородный показатель (pH) варьировал от сильнокислых (2,7) до щелочных (8,6) значений. Уровень засоления, оцениваемый по величине сухого остатка, изменялся от 0,04% (незасоленные) до 0,36% (засоленные). Анализ ионного состава водных вытяжек показал доминирование сульфат-ионов в засоленных пробах (до 483,30 ммоль/100 г при сухом остатке ≥ 0,3%), что указывает на преимущественно сульфатный тип засоления. Концентрации карбонат-ионов были незначительны (<0,01 ммоль/100 г) [46, p. 3414-3422].

На отдельных участках отмечена обратная зависимость между уровнем сульфатного засоления и развитием растительности. Например, на участке К3 (отвал АО «Качары Руда», пионерная стадия) при максимальной концентрации сульфатов (483,3 ммоль/100 г, сухой остаток 0,36%) зафиксированы минимальные значения КВ (4 вида) и ОПП (10%). На участках С3 и С4 (Сарбайское и Соколовское месторождения, группово-зарослевая стадия) с более низким, но все еще высоким содержанием сульфатов (233,9 и 145,8 ммоль/100 г соответственно), показатели КВ (15; 19) и ОПП (21%; 27%) выше, но остаются умеренными.

Ввиду отсутствия нормативов ПДК сульфатов в почвах Республики Казахстан, для ориентировочной оценки их потенциальной фитотоксичности использовались нормативы СанПиН 42-128-4433-87 [188], с пересчетом содержания SO_4^{2-} на элементарную серу и учетом фоновых концентраций (1700 мг/кг S, по данным АО «ССГПО»). Наибольшие превышения расчетного ПДК зафиксированы для проб К3, С3 и С4, что согласуется с наблюдаемым угнетением растительности. На участках с наиболее развитой растительностью (С1: КВ 40, ОПП 30%; С2: КВ 35, ОПП 33%) превышения ПДК не обнаружено.

Ранее [14, 105] на основании химического анализа субстратов была установлена лимитирующая роль сульфатного засоления и кислотно-щелочного баланса для развития растительности на отвалах. Однако эти выводы не были подкреплены статистической оценкой. Данная работа, используя методы математической статистики для выявления взаимосвязей между эдафическими показателями и характеристиками растительного покрова, частично подтверждает предыдущие наблюдения. Статистически подтверждено негативное влияние засоления на видовое богатство (КВ), но не на общее проективное покрытие в той же мере. Кроме того, анализ выявил статистически значимое влияние и других химических параметров (например, подвижных форм Cu и Fe), что дополняет картину эдафического контроля над процессами сингенеза и указывает на необходимость комплексной оценки факторов.

Необходимо отметить, что интерпретация полученных статистических данных (Приложение И, рисунок И1) должна проводиться с учетом ряда ограничений. Ограниченный объем выборки, обусловленный объективными трудностями доступа и гетерогенностью поверхности отвалов, снижает статистическую мощность тестов и повышает риск ошибки II рода (т.е. вероятность не обнаружить реально существующие, но менее выраженные связи). Поэтому полученные результаты следует рассматривать как надежно указывающие на основные тенденции, требующие дальнейшей верификации на более обширном материале.

Кроме того, данное исследование было сфокусировано преимущественно на химических показателях техноземов. Между тем, их физические свойства — гранулометрический состав, плотность сложения, водопроницаемость — играют критическую роль, особенно на начальных этапах сукцессии, определяя водный режим и условия для прорастания семян. Учет этих параметров в комплексе с количественными показателями орографии (угол наклона, экспозиция) позволил бы построить более полную и точную модель эдафического контроля. В дальнейших исследованиях для анализа подобных комплексных данных целесообразно применение методов многомерного ординационного анализа (например, канонического анализа соответствий – CCA), который позволит оценить совокупное влияние всех факторов среды на структуру растительных сообществ в целом, а не только на их интегральные показатели.

Корреляционный анализ выявил статистически значимые ($p<0.05$) отрицательные взаимосвязи средней силы между КВ и концентрацией сульфат-ионов, а также содержанием подвижных форм меди и железа. Менее выраженные отрицательные корреляции ($p<0.1$) отмечены для КВ с содержанием кальция, магния и валовых форм меди и железа. Для общего проективного покрытия (ОПП) значимых корреляций не выявлено, обнаружены лишь тенденции ($p<0.1$) к отрицательной связи с концентрацией сульфат-ионов, кальция, магния и подвижного железа.

Многофакторный дисперсионный анализ подтвердил статистически значимое ($p<0.05$) влияние концентрации сульфат-ионов, подвижной меди и подвижного железа на видовое богатство фитоценозов (Таблица 21). Влияние кальция и магния оказалось статистически незначимым ($p>0.05$). Ни один из исследованных химических параметров не показал значимого влияния на общее проективное покрытие.

Таблица 21 – Результаты ANOVA для количества видов отдельных ЦП

	SO_4^{2-}	Ca	Mg	$Cu_{под.ф.}$	$Fe_{под.ф.}$
p	0.04	>0.05	>0.05	0.03	0.03
F	6.53	0.05	1.03	8.71	8.71

Эти результаты свидетельствуют о значимости химического состава почвы для биоразнообразия, тогда как факторы, определяющие проективное покрытие, требуют дальнейшего изучения. Особого внимания заслуживает выявленная дихотомия в реакции растительного покрова на химизм субстрата: статистически значимое влияние на видовое богатство (КВ) при отсутствии такового на общее проективное покрытие (ОПП). Этот феномен можно интерпретировать через концепцию экологических фильтров. Экстремальные эдафические условия, в первую очередь высокое сульфатное засоление, действуют как жесткий фильтр, который преодолеть может лишь ограниченное число высокоспециализированных (например, галофитов) или экологически пластичных видов, что и приводит к снижению КВ. Однако те немногие виды-эксплеренты, которые успешно колонизируют такие участки (например, длиннокорневищный злак *Calamagrostis epigeios*), в условиях ослабленной межвидовой конкуренции способны формировать плотные, практически моновидовые заросли с высоким ОПП. Таким образом, общее проективное покрытие в данном случае не является надежным индикатором благоприятности условий, так как может маскировать низкое биоразнообразие и крайнюю степень нарушенности экосистемы.

Выявленное статистически значимое негативное влияние подвижных форм железа и меди на видовое богатство, несмотря на его предварительный характер, заслуживает отдельного рассмотрения, так как в большинстве предыдущих работ [14, 104, 105] основной акцент делался исключительно на засолении. Этот результат может указывать на то, что на отдельных участках отвалов, сложенных породами с определенной геохимической специализацией, могут формироваться очаги с фитотоксичными концентрациями данных металлов. Повышенная кислотность субстрата, зафиксированная на ряде участков (pH до 2,7), резко увеличивает подвижность тяжелых металлов и их доступность для растений. Таким образом, наряду с засолением, токсичность микроэлементов может выступать в качестве дополнительного, а локально и основного, лимитирующего фактора, что дополняет существующие представления об экологических условиях на железорудных отвалах и требует дальнейшего целенаправленного изучения.

4.6.3 Влияние орографических условий на состояние растительных группировок

В ходе данного исследования установлено, что рельеф изучаемых отвалов оказывает значительное влияние на процессы зарастания. Отвалы представляют собой искусственные геоморфологические образования (рисунок 34), чуждые для преимущественно равнинного рельефа Костанайской области. Их появление значительно изменяет структуру ландшафта, создавая резкие перепады высот, крутые склоны и разрозненные микрорельефные формы.

Крутые склоны (рисунок 34, а, б, г), характерные для данных геоморфологических образований, создают неблагоприятные условия для укоренения и распространения растительности. Частично данные по крутизне и экспозиции склонов представлены в Главе 6. Высокий угол наклона ограничивает задержание почвенного субстрата, снижая возможность формирования устойчивых фитоценозов. Следы водной эрозии (рисунок 34, г) дополнительно свидетельствуют о низкой стабильности грунта, что приводит к его вымыванию и формированию механических препятствий для закрепления проростков.


а


б


в


г

а – склон на верхний ярус, ОПП ≈ 10% (АО «ССГПО»); терраса, ОПП ≈ 40%;
б – склон на верхний ярус, ОПП ≈ 15% (АО «Качары руда»); древесные и кустарниковые формы на террасе, ОПП ≈ 70%;
в – первый ярус, участок в понижении, ОПП ≈ 90% (АО «ССГПО»);
г – склон со следами водной эрозии, ОПП ≈ 60%; зона деллювиального смыва, понижение, ОПП ≈ 95%

Рисунок 34 – степень естественного зарастания различных форм рельефа

Кроме того, большие, относительно однородные поверхности подвергаются интенсивному проветриванию, что способствует повышенной аридности субстрата и дополнительному усложнению условий для укоренения растений (рисунок 34, а). Отсутствие естественных преград способствует ускоренному испарению влаги и снижению содержания доступной воды в верхних слоях грунта в аридных условиях региона.

В то же время локальные депрессии рельефа, такие как углубления (рисунок 34, в) и подножия склонов (рисунок 34, г), обеспечивают благоприятные условия для зарастания. В этих зонах накапливаются атмосферные осадки, в том числе талая вода и снег, что способствует повышенной увлажнённости субстрата и замедлению процессов эрозии. Данные участки могут функционировать как микрорезерваты, обеспечивающие укрытие и водообеспечение для первичных видов-заселенцев. Особенности адаптации флоры к орографическим и климатическим условиям отвалов рассмотрены в Главе 5.

Мозаичность растительного покрова на исследованных отвалах в значительной степени обусловлена именно этой гетерогенностью условий, создаваемой техногенным рельефом.

Следует особо подчеркнуть, что орографические и эдафические факторы действуют не изолированно, а в тесной взаимосвязи. Техногенный рельеф выступает в качестве первичной матрицы, детерминирующей перераспределение влаги, мелкозема и инсоляции. Так, крутые склоны южных экспозиций не только страдают от дефицита влаги из-за быстрого стока и интенсивного испарения, но и подвержены смыву мелкозема, что обнажает химически более агрессивные или, наоборот, инертные горизонты пород. В то же время в понижениях рельефа создаются условия не только для аккумуляции влаги, но и для накопления солей в результате их вымывания с вышележащих участков, что объясняет формирование локальных очагов высокого засоления. Таким образом, орография является ключевым фактором, модулирующим проявление эдафических лимитов и создающим сложную мозаику экологических ниш, определяющую гетерогенность сукцессионных процессов на отвалах.

Таким образом, совокупность рассмотренных эдафических и орографических характеристик поверхности железорудных отвалов АО «ССГПО» и АО «Качары Руда» детерминирует мозаичность распределения естественной растительности. Техногенный субстрат (элювий) данных объектов характеризуется низким плодородием, что делает его малопригодным для развития растительного покрова без проведения рекультивационных мероприятий [46, p. 3414-3422]. Установлено, что даже за длительный период существования отвалов на них не сформировались климаксовые (зональные или интразональные) растительные сообщества, что подчеркивает лимитирующее воздействие техногенных условий.

5 ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ФЛОРЫ ОТВАЛОВ СОКОЛОВСКОГО, САРБАЙСКОГО И КАЧАРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

5.1 Конспект техногенной флоры

В рамках данного таксономического обзора принята концепция монотипии единицы «вид», где каждый биологический объект данного ранга репрезентирован только одной формой. Информация о субвидовых подразделениях (т.е., географически или экологически дифференцированных совокупностях особей), а также о мельчайших классификационных ступенях подаётся в дополнительных примечаниях к соответствующей видовой дефиниции. В той же секции сосредоточены данные о документированных естественных кросс-родовых и кросс-видовых гибридах [155-157]. Виды-пришельцы (адвентивные), фигурирующие в каталоге, идентифицированы посредством астериска (*).

Границы семейств флоры были калиброваны исходя из информационного массива, предоставленного С.К. Черепановым [158]. Аранжировка семейств цветущих растений выполнена в соответствии с систематическим каркасом, разработанным А.Л. Тахтаджяном [159]. Порядок размещения видов внутри родовых и семейственных категорий подчиняется латинскому алфавиту, при этом для каждого таксона декларируется его латинское и русское имя. Первоисточником для большинства видовых номенклатур послужили труды С.А. Абдулиной [160], с учётом новейших академических уточнений.

Для квантификации частоты регистрации (встречаемости) различных видов, в настоящей работе применяется специальная ранговая шкала редкости, созданная исследовательским триумвиратом: А.В. Галаниным, Н.И. Золотухиным и Л.В. Мариной [161].

Представленный конспект – это комплексный обзор флоры железорудных отвалов, основанный на собственных сборах (192 вида, более 500 гербарных листов) и данных других исследователей [14, с. 66-90; 162-164]. По собственным сборам даны номера описаний, в которых виды были обнаружены. Собственные сборы [185] оформлены на гербарные листы и внесены в электронную базу университета TOBYL KZ (Приложение К) и коллекцию KUZ.

Далее в данной главе предоставлена основная информация по эколого-ценотической приуроченности вида; более подробно сведения можно найти в работе: Симанчук Е.А., Куприянов А.Н., Султангазина Г.Ж. Конспект флоры отвалов Соколовского, Сарбайского и Качарского железорудных месторождений (Казахстан) // Ботанические исследования Сибири и Казахстана: сб. науч. тр. – Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2024. – С. 3-24 [185].

Ботаническое семейство Pinaceae Spreng.ex Rudolphi – представители группы Сосновые [141, с. 80; 155, с. 120]:

1. «*Pinus sylvestris* L.» [142, с. 69].

Таксон классифицируется как сверхредкий. Единственное документальное обнаружение было зарегистрировано в лимитированной зоне отвального комплекса, датированного 1986 годом. Участок характеризуется как маломасштабный уклон, оккупированный фрагментированным берёзовым лесом

(*Betula*), с высокой концентрацией солей в почвенном покрове и доминированием рыхлых песчаников. Геопространственные координаты фиксации: N 53.39877, W 62.87382. Абсолютная гипсометрическая отметка составляет 213 метров над уровнем морской поверхности. (Протокольные записи ЦП 58, 59) (рисунок 24).

Ботаническое семейство Ranunculaceae Juss. – представители группы Лютиковые [141, с. 1136-1208; 155, с. 123-140]

2. «*Delphinium consolida* L.» [142, с. 34]. Частота обнаружения низкая [14, с. 66-90].

3. «*Ranunculuss pedatus*» [142, с. 115]. Вид относится к редким. Зафиксирован, в основном, на степеподобных территориях (67) [185].

4. «*Ranunculiis polyanthemos*» [142, с. 104]. Степень обнаружения: Малая [14, с. 66-90].

5. «*Ranunculus repens* L.» [142, с. 104]. Степень обнаружения: Малая [14, с. 66-90].

Ботаническое семейство Papaveraceae Juss. – представители группы Маковые [141, с. 1232; 155, с. 141]

6. «*Chelidonium majjus* L.» [142, с. 145]. Степень обнаружения: Малая [14, с. 66-90, 185].

Ботаническое семейство Betulaceae S. F. Gray – представители группы Березовые [141, с. 787; 155, с. 190]

7. «*Betula penndula* Roth.» [142, с. 57]. Морфологическая форма, которую можно охарактеризовать как Тривиальный элемент, проявляет свою повсеместную дистрибуцию по всей совокупности техногенных насыпных образований. Исключение из данного эмпирического правила было верифицировано исключительно на первичных секторах биологической инвазии. Абсолютная выборка таких антитетических контрпунктов мониторинга содержит в себе Участки Эталонного Контроля №№ 10,18-26,54-58 и №№ 66,69 [185].

Ботаническое семейство Caryophyllaceae Juss. – представители группы Гвоздичные [141, с. 991-1091; 155, с. 145-163]

8. «*Dianthus borbasii* Vandas» [142, с. 420]. Нетипичный. Геобиотопическая позиция: период дерновинной степной формации с ассоциированными единичными фитоценозами карагача, зафиксированный на начальном террасированном уровне отвального комплекса, срок генерации которого превышает пять десятилетий. «(Протокольные записи: ЦП 66, 67)» [185].

9. «*Dianthhus campestris* Bieb.» [142, с. 422]. Степень обнаружения: Малая [14, с. 66-90].

10. «*Dianthus rigidus* M. Bieb.» [142, с. 424]. Степень обнаружения: Малая [162, с. 21-23].

11. «*Gyypsophila panicullata* L.» [142, с. 405]. Сравнительно нечастый. Локализация: фаза развитой фитоценотической ассоциации на грунтах с минимальным содержанием солей. Точки регистрации: «ЦП 7, 8,34,38,39» [185].

12. «*Gypsophhila perfoliiata* L.» [142, с. 408]. Статус: Малочисленный. Локализация: стадия зарослевых фитосообществ, развивающихся на грунтах с превышением содержания солей. Обнаружен в точках: 20, 32, 33, 34, а также 39, в диапозоне от 40 до 42» [185].

13. *«Psammophiliela steposa* (Klokov) Ikonn.» [142, с. 411]. Степень обнаружения: Малая [14, с. 66-90].

14. *«Silenee multiflora* (Ehrh.) Pers.» [142, с. 371]. Степень обнаружения: Малая [14, с. 66-90].

15. *«Silene wolgensis* (Hornem.) Besser ex Spreng.» [142, с. 390]. Сравнительно нечастый тип определения. Локализация: первый ярус отвального комплекса над искусственным водоёмом. Субстрат: известняковые породы. Биотоп: остепнённые склоны. Точки регистрации: «ЦП 67-68» [185].

16. *«Stelaria graminea* L.» [142, с. 334]. Малочисленный. На фазе развитой фитоценотической ассоциации на грунтах, не содержащих солей. Обнаружен в точках: «ЦП 22, 23, 25-26» [185].

Ботаническое семейство Amaranthaceae Juss. – представители группы Амарантовые [141, с. 977; 155, с. 164]

17. *«*Amaranthhus paniculatus* L.» [142, с. 324]. Таксон регистрируется нерегулярно, отдельными особями в ценозах [14, с. 66-90, 185].

18. *«*Amaranthus retrroflexus* L.» [142, с. 323]. Малочисленный. Обнаружен в точке: ЦП 69. Локализация: основание склона, участок делювиального смыва. Субстрат: известняковая порода с глинистой компонентой.

Ботаническое семейство Chenopodiaceae Vent. – представители группы Маревые [141, с. 895-924; 155, с. 165-176]

19. *«Atriplex intracontinentallis* Sukhor.» [185]. Степень обнаружения: Малая [14, с. 66-90].

20. *«Atriplex sagitata* Borkh.» [142, с. 206]. Малочисленный. Обнаружен в единственной исследованной точке №69. Локализация: основание склона, участок делювиального смыва. Субстрат: известняковая порода с глинистой компонентой [185].

21. *«Atripllex tatarica* L.» [142, с. 212]. Редкий. Фиксация: в точке № 69». Местонахождение: зона делювиального выноса, расположенная у подножия склона. Вмещающая порода: известняк с преобладанием глинистой фракции [185].

22. *«Axxyris amaranthoides* L.» [142, с. 222]. Встречаемость ниже средней по всем точкам [12; 13, с. 162-173].

23. *«Basssia laniflora* (S.G. Gmel.) A.J. Scott» [142, с. 232]. Встречаемость ниже средней [14, с. 3-40; 164, с. 90-98]

24. *«Basssia prostrata* (L.) Beck.» [142, с. 231]. Встречаемость ниже средней [13, с. 162-173; 14, с. 5-65; 162, с. 21-23; 163, с. 312-316].

25. *«Bassiia scoparia* (L.) A.J. Scot » [142, с. 234]. Объект был зарегистрирован в исследовательском квадрате ЦП 16-20, причем его встречаемость в целом квалифицируется как редкая. Место обнаружения – Юго-Восточный техногенный насыпной массив Соколовского карьера, который насчитывает без малого четыре десятка лет своего существования. Физическая поверхность представлена супесчаным эмбриоземом, характеризующимся наличием кальцитовых фракций. Фитоценоз, в котором было проведено изучение, является смешанным, березово-осиновым древостоем [185].

26. *«Ceratocarrpus arenarius* L.» [142, с. 220]. Встречаемость данного объекта оценивается как незначительная. Регистрация была проведена в единичной точке

фиксации под номером 69, что свидетельствует о фрагментарном характере находок. Локализация соответствует «Старому отвальному комплексу» (возраст которого превышает пять десятков лет); конкретный участок – зона аккумуляции делювиальных отложений у основания склона. В качестве почвенной основы выступают кальцитовые породы, чрезвычайно насыщенные глинистой фракцией.

27. *«Chenopodium allbum* L.» [142, с. 195]. Сравнительно заурядный. Наблюдается на всех последовательных этапах облесения отвалов, кроме фазы первичного заселения (пионерной). Точки регистрации в 37, также в 59, и редко в 62» [185].

28. *«Chenopodiiastrum hybridum* (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch» [142, с. 193]. Сравнительно заурядный. Распространение фрагментарное (отдельными пятнами). Обнаружен в точке № 69. Локализация: «Старый отвальный комплекс» (срок формирования> 50 лет), участок делювиального выноса у подножия склона. Субстрат: известняк, смешанный с глинистым компонентом.

29. *«Corispermum orientalee* Lam.» [142, с. 239]. Таксон встречается нечасто [13, с. 162-173; 14, с. 5-55; 162, с. 21-23].

30. *«Coriispermum declinatum* Steph.ex Ijin.» [142, с. 238]. Таксон встречается нечасто [14, с. 66-90]

31. *«Oxybassis glauca* (L.) S. Fuents, Uotila & Borsch – Оксибазис сизый» [142, с. 191]. Экземпляры этой таксономической единицы встречаются с низкой периодичностью в отдельных фрагментах деллювиального участка [14, с. 66-90,185].

32. *«Oxybasis rubra* (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch» [142, с. 192]. Сверхредкий экземпляр техногенной флоры. Зафиксирован однократно в точке № 70. Локализация: береговая линия водоема на территории «Старого отвального комплекса» (возраст превышает 50 лет) [185].

33. «O*xybasis urbica* (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch» [142, с. 194]. Численно представленный слабо, данный объект был зафиксирован в исследовательской точке 69. Его местоположение – подножие склона «Старого отвального комплекса», период формирования которого превышает пятидесятилетний рубеж. Почвенный субстрат состоит из кальцитовых горных пород, гомогенизированных с глинистой фракцией [185].

34. *«Salsola ccollina* Pall. – Солянка холмовая» [142, с. 262]. Классификация данного объекта соответствует сравнительно ординарному. Его обнаружение приурочено к фитоценозам, образующим групповые заросли, которые расположены на остепнённых территориях, имеющих признаки засоления. Места записи данных определяются следующими точками регистрации диапозон точек от 33 до 36, также в точке 37» [185].

35. *«Sedobasssia sedoides* (Pall.) Freitag & G. Kadereit» [142, с. 228]. Малочисленный. Точка фиксации едиснтвенная - 66. Локализация: «Старый отвальный комплекс» (возраст > 50 лет), второй ярус (ширина 50 м). Субстрат: известняковая порода. Биотоп: сложная фитоценотическая ассоциация, эволюционирующая в переходный фитоценоз [185].

36. *«Teloxys a aristata* (L.) Moq. » [142, с. 189]. Степень регистрации: низкая [14, с. 66-90].

Ботаническое семейство Polygonaceae Juss. – представители группы Гречишные [149, с. 27-66; 157, с. 178-186]

37. *«Fallopia convolvuluss* (L.) A. Love» [142, с. 174]. Частота: ниже средней [13, с. 162-173; 14, с. 5-56].

38. *«Persicaria minor* (Huds.) Opiz» [142, с. 168]. Сверхредкий таксономический экземпляр. Зафиксирован однократно в точке номер 70. Локализация: береговая линия водоема на территории «Старого отвального комплекса» (возраст превышает 50 лет) [185].

39. *«Polygonum* a*aviculare* L.» [142, с. 154]. Нечастый вид. Точка фиксации: ценопопуляция № 69. Локализация: «Старый отвальный комплекс» (срок формирования > 50 лет), участок делювиального выноса у подножия склона. Субстрат: известняковые породы, обогащённые глинистым субстратом [185].

40. *«Polygonum bordzilowskiii* Klokov.» [142, с. 159]. Встречаемость анализируемого таксономического элемента в данной экологической нише соответствует типовым показателям. Его приживаемость и персистенция на поверхности демонстрируются на солесодержащих грунтах независимо от хронологического этапа протекания синэкологического процесса [185].

41. *«Polygonum novoascaniicum* Klokov» [142, с. 168]. Объект имеет относительно типичную встречаемость в данной экосистеме. Его местонахождение приурочено к открытым грунтовым площадям с признаками галогенеза, причем данная связь сохраняется на протяжении всего временного континуума формирования растительного сообщества (синэкологического генезиса) [185].

42. *«Polygonum sal sugineum* Bieb.» [142, с. 158]. Заурядный таксономический экземпляр. Наблюдается на протяжении всех фаз синэкологического развития. Точки регистрации: 14, диапозон 27-29, также 31, 32, 33, 34; точки 36, 37, 38, 40, 42, 45, 47, и точки в диапозоне от 49 до 51, 57-59, 61 и также 62» [185].

43. *«Rumex confetus* Willd.» [142, с. 96]. Частотность фиксации данного биологического вида отмечена как низкая на всех отвальных участках [14, с. 66-90, 185].

44. *«Rumex crispuse* L.» [142, с. 99]. Частотность фиксации данного биологического вида отмечена как низкая на всех отвальных участках [14, с. 66-90, 185].

45. *«Rumex stenophyllus* Ledeb.» [142, с. 100]. Встречаемость данного образца оценивается как низкая. Место первичной и единственной регистрации приурочено к координате 69. Объект был обнаружен на участке аккумуляции вынесенного материала у основания склона «Старого отвального комплекса», период создания которого превышает пятьдесят лет. Почвенная основа представлена кальцитовыми породами, обладающими высоким содержанием глинистой фракции [185].

Ботаническое семейство Limoniaceae Ser. – представители группы Кермековые [141, с. 2154; 155, с. 187]

46. *«Limonium gmelinii* (Willd.) Kuntze.» [142, с. 79]. Встречаемость данного биологического объекта соответствует типовой для данной территории

техногенных земель. Его присутствие фиксируется на грунтовой основе с признаками галогенеза, исключительно в период развития растительного сообщества, когда оно достигло зарослевой стадии. Место первичной фиксации образца обозначено координатой 32 [185].

Ботаническое семейство Primulaceae Batsch ex Borkh. – представители группы Первоцветные [141, с. 2146; 155, с. 199]

47. «*Glaux mariitima* L.» [142, с. 44]. Таксономическая единица относится к категории экстремально редких. Точка ее регистрации зафиксирована исключительно в координате 69. Пространственное положение объекта связано с растительным сообществом, где доминирует высокотравье (например, тростник обыкновенный), у самого основания техногенной насыпной структуры [185].

Ботаническое семейство Salicaceae Mirb. – представители группы Ивовые [141, с. 733-746; 155, с. 207-213]

48. *«*Populus x sibiricae* G. Krylov et Grigoriev ex A. Skvortsov» [142, с. 46]. Встречаемость данного таксона оценивается как типичная для местной техногенной флоры. Его фиксация отмечена как устойчивая на протяжении всей последующей череды стадий формирования растительного сообщества (синэкологического генезиса), за исключением самого начального этапа (пионерной фазы). Данные были записаны в координатах № 9 и № 30 [185].

Согласно данным исследования, опубликованного в 1961 году, ученый Г.В. Крылов [157, с. 3-250] внес вклад в ботаническую науку, представив описание нового гибридного вида тополя, который был назван «сибирский бальзамический тополь». Однако, первоначальное описание не соответствовало стандартам таксономической классификации, так как отсутствовал латинский диагноз, что является ключевым элементом для научного признания вида. Позже, ботаник А.К. Скворцов [165] устранил этот пробел, формально признавая данный вид под наименованием *Populus x sibirica* и классифицируя его как ното-вид. Скворцов подтвердил, что *Populus x sibirica* является результатом натурального скрещивания двух видов: *P. balsamifera*, известного как бальзамический тополь, и *P. nigra* L., известного как черный тополь. Это открытие расширило понимание генетического разнообразия и адаптивных возможностей рода тополей [166, с. 41-44].

49. «*Populus tremulae* L» [142, с. 42]. Данный вид относится к типичным элементам техногенной флоры и демонстрирует устойчивую фиксацию на всех последующих стадиях синэкологического генезиса, исключая первый этап заселения (пионерную стадию). Сведения о местоположении объекта соответствуют следующим контрольным пунктам исследования: 6, диапозон 16–20 и 40, такие точки как 55, 57, 59, 65, и также 69» [185].

50. «*Salix capreae* L. – Ива козья» [142, с. 30]. Заурядный. Локализация: стадия развитых (сложных) и промежуточных фитоценотических ассоциаций на субстратах с минимальным содержанием солей. Обнаружен в точках: 20; 65, 66, 67, 68, а также 69» [185].

51. «*Salix caspiica* Pall.» [142, с. 20]. Таксон регистрируется достаточно регулярно в техногенной флоре отвалов [14, с. 66-90, 185].

52. «*Salix triandra* L.» [142, с. 16]. Малочисленный. Точка фиксации – только 70. Локализация: береговая линия водоема на территории «Старого отвального комплекса» (возраст превышает 50 лет) [185].

53. «*Salix viminaliss* L.» [12, с. 25]. Степень регистрации: Низкая [13, с. 162-173].

Ботаническое семейство Cucurbitaceae Juss. – представители группы Тыквенные [155, с. 213]

54. «**Bryoniia alba* L.» [142, с. 278] (рисунок 25). Сверхредкий. Зафиксирован однократно в единственной точке – 69. Локализация: основание склона «Старого отвального комплекса» (возраст > 50 лет), в пределах фитоценоза из прошлогоднего высохшего тростника (*Phragmites*) в увлажненной части [185].

Ботаническое семейство Brassicaceae Burnett – представители группы Капустные [141, с. 1261-1372; 155, с. 215-230]

55. «*Alysssum turkestanicum* Regel et Schmalh.» [142, с. 280]. Исследованные экземпляры были таксономически идентифицированы как разновидность *var. desertorum* (Stapf) Botsch., причем в качестве альтернативного названия применяется *A. desertorum* Stapf. Популяция отмечена как слабо представленная по численности. Пространственное размещение этого вида зафиксировано в пределах сформированных зарослей растительных группировок, произрастающих на грунте, который не содержит повышенных концентраций солей. Факт обнаружения был документирован в контрольном пункте 19 [185].

56. «Arabidopsis toxophyla (Bieb.) N. Busch» [142, с. 193]. Уровень встречаемости данного таксона не соответствует высокому диапазону для данных территорий [14, с. 66-90].

57. «*Berteroa i incana* (L.) DC.» [142, с. 276]. Заурядный тип для данной техногенной флоры отвалов. Локализация: участки, не подверженные высокому засолению. Точки регистрации: 65, а также 69 [185].

58. «*Camelina ssylvestris* Wallr.» [142, с. 334]. Данный таксономический элемент отнесен к категории слабо представленных по численности в техногенной флоре отвалов [163, с. 21-23, 185].

59. «*Capsella bursapastoris* (L.) Medik.» [142, с. 338]. Статус этой флористической единицы соответствует низкой численности по всей территориии [164, с. 312-316, 185].

60. «*Chorispora tenela* (Pall.) DC.» [142, с. 269]. Малочисленный. Единственная точка фиксации – 69. Локализация: «Старый отвальный комплекс» (возраст > 50 лет), участок делювиального выноса у влажного подножия склона. Субстрат: известняковые породы, обогащённые глинистым грунтом.

61. «*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl» [142, с. 195]. Таксон классифицируется как Малочисленный в источниках [163, с. 623-633].

62. «**Erucastrum armoracioides* (Czern. Ex Turcz.) Cruchet» [142, с. 300]. Встречаемость данного ратсительного образца относится к экстремально низкой категории, поскольку он был зарегистрирован однократно в исследовательской координате – 67. Объект был обнаружен на первой террасе «Старого отвального комплекса», расположенной над антропогенным водоёмом, причем произрастал на отдельных насыпях техногенного материала выветривания (элювия). Это является

прецедентом первичной фиксации указанного таксона на территории флоры изучаемого региона [185].

63. «*Erysimum canescenss* Roth.» [142, с. 202]. Численное выражение данного образца невелико. Точка его фиксации была определена координатой 67. Местонахождение приурочено к первой террасе «Старого отвального комплекса», период формирования которого превышает пятьдесят лет, причем данный участок расположен непосредственно над антропогенным водным объектом. Биотоп представляет собой мелкодерновинную степную экосистему с присутствием разреженного древостоя [185].

64. «*Erysimum cheiranthhoides* L.» [142, с. 202]. Численное представление объекта в техногенной экосистеме определяется как незначительное. Факт его обнаружения был протоколирован в исследовательской координате точки 67. Конкретное пространственное размещение соответствует самой верхней террасе «Старого отвального комплекса», находящейся выше антропогенно созданного водоёма. Окружающий биотоп представляет собой степной покров мелкодернового типа с фрагментарно распределенными древесными единицами [185].

65. «*Isatis costatae* C.A. Mey.» [142, с. 230]. Достаточно регулярно на солончаковых почвах в различных точках: №32, №35, №36, №40, диапозоне точек от 43 до 50, а также в 51» [185].

66. «*Lepidium latifolium* L.» [142, с. 313]. Сравнительно заурядный. Точка фиксации - только 69. Локализация: депрессионные участки (понижения) «Старого отвального комплекса» [185].

67. «*Lepiidium ruderale* L.» [142, с. 311]. Таксон регистрируется равнительно нерегулярно в литературных источниках [14, с. 66-90].

68. «*Odontarrhhena tortuosa* (Waldst. et Kit. ex Willd.) C.A. Mey.» [142, с. 278]. Сравнительно нерегулярно по всем исследуемым отвалам [14, с. 66-90, 185].

69. «*Sisymbrium loeselie* L.» [142, с. 183]. Показатели встречаемости данного образца находятся в диапазоне выше среднего, но ограничены субстратами, совершенно свободными от избыточного содержания солей. Факт обнаружения протоколирован в исследовательских координатах 16 по 20 и 21 по 26 [185].

70. «*Sisymbrium polymorrphum* (Murray) Roth .» [142, с. 183]. Популяционная численность анализируемого таксона оценивается как низкая. Место первичного протоколирования находки было идентифицировано как координата 67. Объект занимает пространство на первой отсыпной террасе «Старого отвального комплекса» (с горизонтальным размером 50 метров), которая доминирует над искусственным гидротехническим сооружением. Окружающий фитоценоз относится к мелкодерновинному степному типу, включающему единичные вкрапления древесных форм [185].

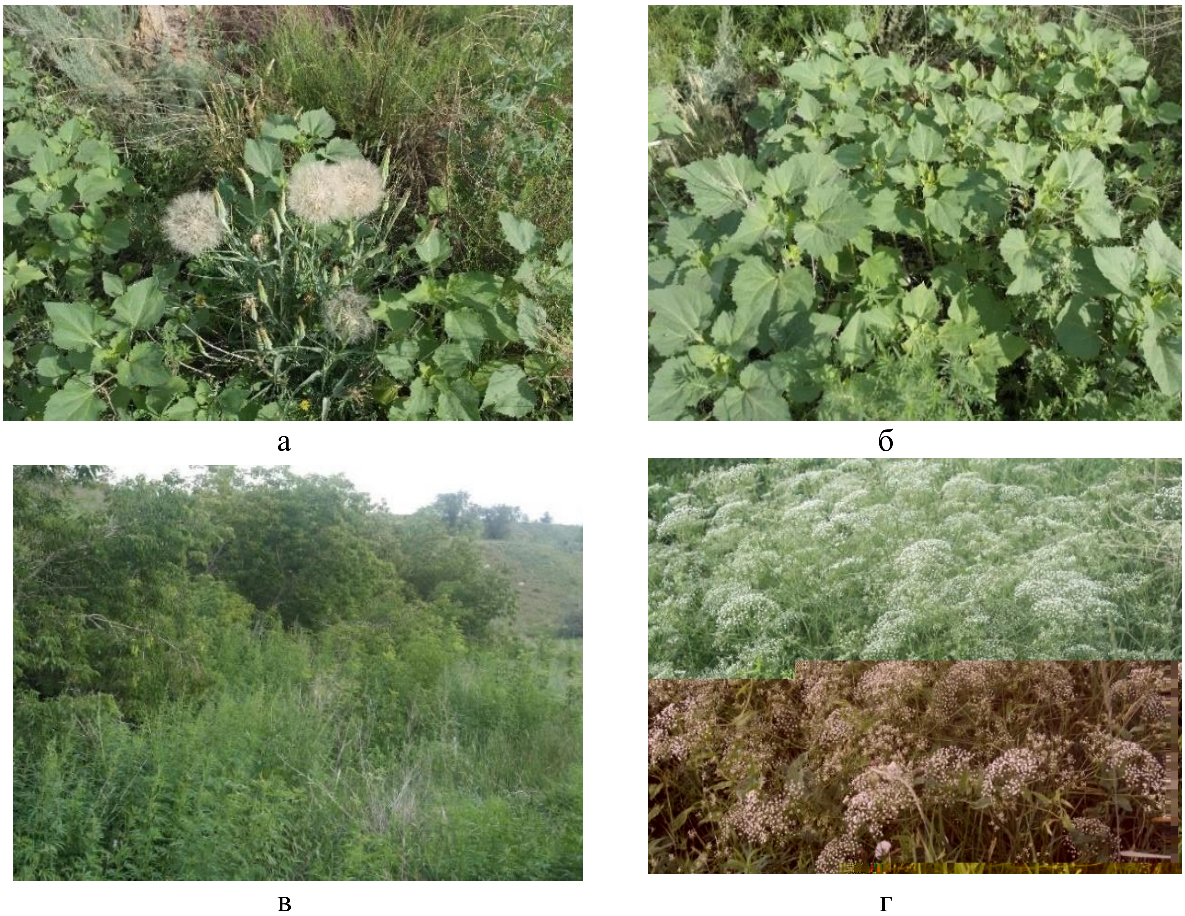
71. «*Thllaspi arvense* L.» [142, с. 331]. Таксон регистрируется достаточно регулярно для данных территорий [14, с. 66-90, 185].

Ботаническое семейство Ulmaceae Mirb. – представители группы Вязовые [141, с. 803; 155, с. 233-234]

72. «**Ulmus laeevis* Pall.» [142, с. 70]. Популяционный статус анализируемого таксономического объекта соответствует низкой численности. Факт первичного протоколирования находки идентифицирован в координате 67. Пространственное

размещение зафиксировано на самой верхней террасе «Старого отвального комплекса», расположенной над антропогенным гидросооружением. Окружающий фитоценоз характеризуется как мелкодерновинная степная формация с единичными или фрагментарными древесными включениями [185].

73. «**Ulmus pumiila* L.» [142, с. 72]. Сравнительно заурядный. Локализация: стадия развитого (сложного) фитоценоза на грунтах, не подверженных засолению [185].



а - *Tragopogon orientalis*; б - *Cyclachaena xanthifolia*, подножье; в - *Acer negundo* и *Cannabis sativa* в понижении; г - *Falcaria vulgaris* у подножья

Рисунок 23 – Флора «старого» отвала

Ботаническое семейство Cannabaceae Martinov – представители группы Коноплевые [141, с. 805; 155, с. 236]

74. «*Cannabis sativae* L.» [142, с. 77] (рисунок 23). Малочисленный. Зафиксирован однократно в точке № 69. Локализация: основание склона «Старого отвального комплекса», в зоне делювиального выноса (смыва). Биотоп: переходный фитоценоз с антропогенным включением (скопление бытового мусора) [185].

Ботаническое семейство Urticaceae Juss. – представители группы Крапивные [141, с. 808; 155, с. 236]

75. «*Urtica dioicca* L.» [142, с. 80]. Малочисленный экземпляр. Зафиксирован однократно в точке номер 69. Локализация: переходный фитоценоз на территории «Старого отвала», в депрессионных участках (понижениях) [185].

Ботаническое семейство Euphorbiaceae Juss. – представители группы Молочайные [141, с. 1874-1879; 155, с. 238-239]

76. «*Euphorbia gerardianna* Jacq.» [142, с. 89]. Численное представление объекта в данной экосистеме относится к незначительному диапазону. Факт первичной фиксации был документирован в исследовательской координате 67. Пространственное размещение связано со склоновой площадкой «Старого отвала», расположенной в переходной зоне между первой и второй террасами отвального техногенного комплекса [185].

77. «*Euphorbia miccrocarpa* (Prokh.) Kryl.» [142, с. 92]. Степень регистрации: Низкая для данных техногенных территорий [14, с. 66-90].

78. «*Eeuphorbia subcordata* C.A. Mey. ex Ledeb.» [142, с. 100]. Количественное представление анализируемого таксона оценивается в диапазоне низкой численности. Объект был зарегистрирован в координате 64. Его пространственная позиция соответствует третьей по счету техногенной ступени «Старого отвального комплекса». Окружающий фитоценоз является мелкодерновым степным сообществом, в состав которого входят изолированные древесные экземпляры [185].

79. «*Euphorbia uralensiss* Fisch. ex Link» [142, с. 97]. Протокол обнаружения указывает на местоположение в координате 69. Объект занимает пространственную позицию внутри сукцессионно-транзитного растительного сообщества (фитоценоза), которое располагается на площади «Старого техногенного отвального массива» [185].

80. «*Euphorbia virgataa* Waldst. et Kit.» [142, с. 98]. Встречаемость данного образца определена как низкая. Объект был обнаружен в пределах сформированных (комплексных) или сукцессионно-промежуточных растительных ассоциаций, произрастающих на грунтовой основе, которая характеризуется исключительно незначительным присутствием солей. Местоположение фиксации отмечено в контрольном пункте 18 и в диапазоне координат 65 по 68 (Контрольные Пункты) [185].

Ботаническое семейство Crassulaceae J. St.-Hil. – представители группы Толстянковые [141, с. 1409].

81. «*Hylotelephium steposum* (Boriss.) Tzvelev» [142, с. 352]. Нечастый представитель техногенной флоры. Локализация: стадия развитого (сложного) фитоценоза на грунтах, не подверженных засолению: точки №17 и № 21 [185].

Ботаническое семейство Grossulariaceae DC. – представители группы Крыжовниковые [155, с. 240]

82. «**Ribes auureum* Pursh.» [142, с. 164]. Локализация: развитые (сложные) фитоценотические ассоциации на субстратах с минимальным содержанием солей: точка №16.

Ботаническое семейство Rosaceae Juss. – представители группы Розоцветные [149, с. 14-35; 157, с. 255-275]

83. *«Cerasus fruticosa* (Pall.) G. Woron.» [142, с. 513]. Локализация вида: развитые (сложные) фитоценотические ассоциации на субстратах с минимальным содержанием солей. Точка регистрации - 17 [185].

84. *«Fragaria viridis* (Duchesne) Weston.» [142, с. 416]. Таксон регистрируется Сравнительно нерегулярно [14, с. 66-90; 163, с. 21-23, 185].

85. *«*Malus baccatae* (L.) Borkh.» [142, с. 405] (рисунок 24). Сравнительно заурядный таксономический элемент техногенной флоры. Локализация: старые отвальные комплексы. Точки регистрации: 65, 66, 67, 68 и 69 [185].

86. *«*Malus dommestica* Borkh.» [142, с. 405]. Локализация вида: развитые (сложные) и промежуточные фитоценотические ассоциации на субстратах с минимальным содержанием солей. Ценопопуляции: 6,7, 9, 67, также 68 [185].

87. *«Potentila argentea* L.» [142, с. 434]. Локализация данного вида: развитые (сложные) и промежуточные фитоценотические ассоциации на субстратах с минимальным содержанием солей: 10, 67 и 68 [185].

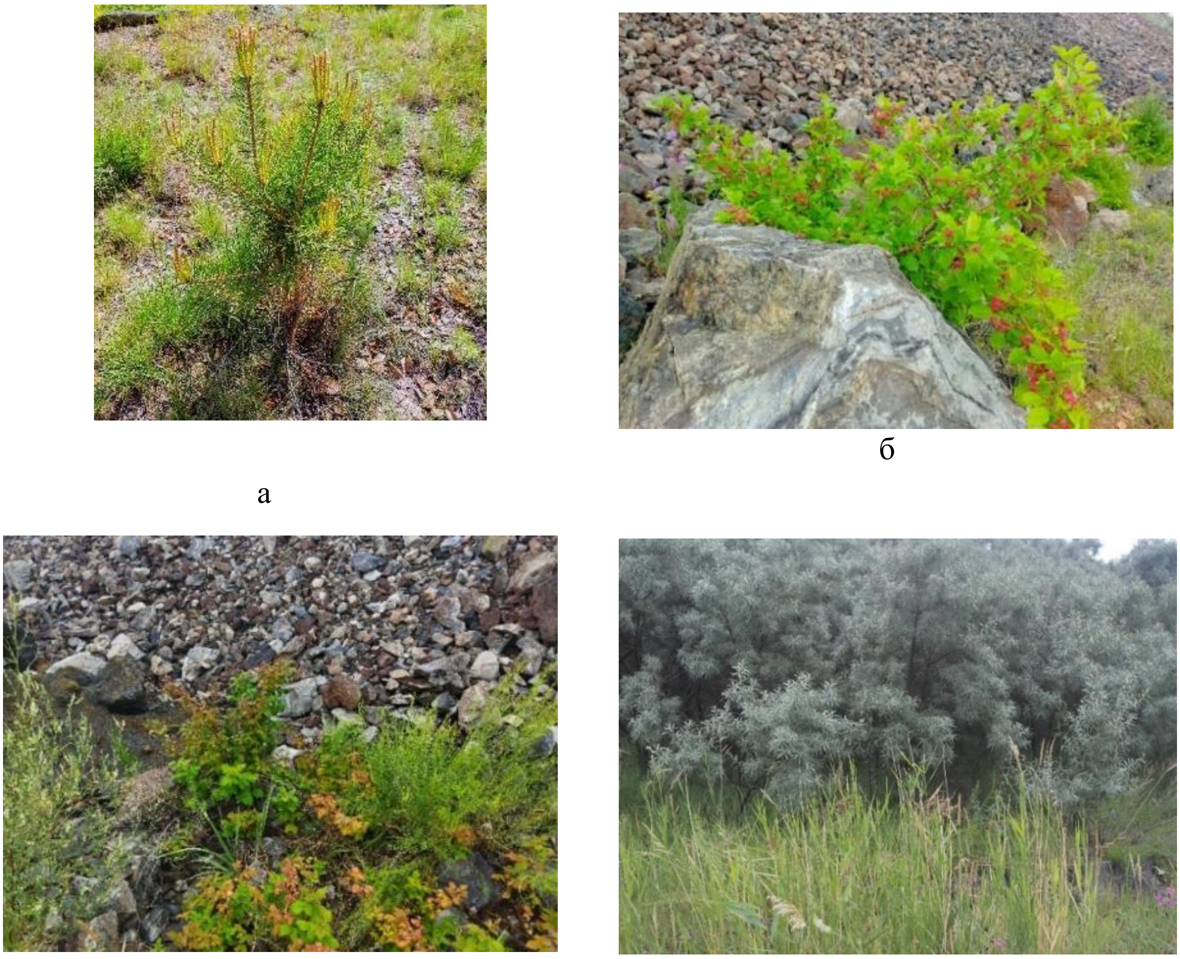
88. *«Potentilla biffurca* L.» [142, с. 424]. Популяционный уровень анализируемого объекта соответствует низкой численности. Место первичного и единственного протоколирования находки идентифицировано в координате 67. Объект занимает пространственное положение на самой верхней доступной террасе «Старого отвального комплекса», находящейся непосредственно над антропогенно созданным водохранилищем. Окружающий фитоценоз классифицируется как мелкодерновинная степь с фрагментарно распределенными древесными единицами [185].

89. *«Potentilla canesccens* Besser.» [142, с. 435]. Популяционный уровень анализируемого таксона оценивается как незначительный. Объект был зарегистрирован только в точке 65. Его пространственное положение соответствует третьей по счету техногенной ступени «Старого отвального комплекса». Окружающий фитоценоз представляет собой находящееся в процессе становления мелкодерновинное степное сообщество с присутствием изолированных древесных экземпляров [185].

90. *«Potentilla chrysanthha* Trevir.» [142, с. 439]. Нечастый представитель техногенной флоры. Локализация: развитые (сложные) фитоценотические ассоциации на субстратах с минимальным содержанием солей: 21 и 22, а также 24 [185].

91. *«Potentilla humifusaa* Willd. ex Schltdl.» [142, с. 443]. Таксон классифицируется как Малочисленный [14, с. 66-90; 163, с. 21-23, 185].

92. *«*Prunus besseyii* L. H. Bailey» [157, с. 15-35]. Сравнительно заурядный представитель техногенной флоры. Точки фиксации: № 66 и № 67. Локализация: первый и второй яруса отвального комплекса, в составе переходных фитоценозов, фрагментарно [185].



а – молодая особь *Pinus sylvestris*; б – *Malus baccata*; в – *Rubus sachalinensis*;
г – *Hippophae rhamnoides*

Рисунок 24 – Естественная растительность отвалов

93. *«Rosa acicularris* Lindl.» [142, с. 487]. Малочисленный вид. Локализация на исследуемых отвалах: развитые (сложные) фитоценотические ассоциации на субстратах, не подверженных засолению: 16-20, к тому же 71 [185].

94. *«Rosa laxae* Retz.» [142, с. 492]. Сравнительно заурядный представитель техногенной флоры отвалов. Точка фиксации одна – 69. Локализация: «Старый отвальный комплекс», у основания склона, в непосредственной близости от зарослей тополя и ивы [185].

95. *«Rosa majjalis* Herrm.» [142, с. 489]. Нечастый вид. Локализация: развитые (сложные) фитоценотические ассоциации на субстратах с минимальным содержанием солей. Точки регистрации: от 21 до 25, а также ценопопуляция 26» [185].

96. *«*Rubus sachhalinensis* H. Lev.» [149, с. 3-56] (рисунок 24). Таксономический элемент характеризуется исключительной редкостью для данной территории. Регистрация была произведена в единственном экземпляре в координате 67. Объект занимает пространственное положение на самой

верхней отсыпной террасе «Старого отвального техногенного комплекса», которая возвышается над искусственно созданным гидросооружением. Фитоценоз окружения представляет собой мелкодерновый степной покров с фрагментарно распределенными древесными единицами. Данный вид установлен как прецедент для флористического перечня Костанайской области [185].

97. *«Spiraea crennata* L.» [142, с. 390]. Встречаемость невысокая для всех территорий [14, с. 66-90; 163, с. 21-23].

98. *«Spiraeae hypericifolia* L.» [142, с. 392]. Встречаемость невысокая [14, с. 66-90; 163, с. 21-23].

Ботаническое семейство Onagraceae Juss. – представители группы Кипрейные [141, с. 1963; 155, с. 277]

99. *«Chhamaenerion angustiifolium* (L.) Scop.» [142, с. 245] (рисунок 26). Заурядный представитель. Пространственная позиция объекта фиксируется на грунтовой основе, лишенной признаков засоления, в пределах сформированных групповых зарослей растительных ассоциаций. Обнаружение было протоколировано в следующих исследовательских координатах: 6, 8, 10, 11, также: 16, 17 и 20. Помимо этого, объект был найден в диапазонах от точки 21 до 23, от 33 до 35 и от 40 до 42. Также в список входят отдельные контрольные пункты с номерами 54, 59 и 61 [185].

Ботаническое семейство Fabaceae Lindl., или Leguminosae Juss. – представители группы Бобовые [141, с. 29-73, с. 152-153, с. 166, с. 176, с. 179, с. 190-191, с. 193-196; 157, с. 277]

100. *«Amoriaa repens* (L.) C. Presl» [142, с. 55]. Показатели частотности обнаружения не соответствуют высокому диапазону [14, с. 66-90].

101. *Astragalus buchtormensiis* Pall.» [142, с. 139]. Малочисленный. Локализация: незасоленные субстраты, в составе группово-зарослевых ассоциаций: ценопопулции с номерами 22, 23 и 24, а также 26 [185].

102. *«Astragalus cornutuss* Pall.» [142, с. 259]. Вероятность фиксации искомого объекта в ходе исследования является минимальной [14, с. 66-90, 185].

103. *«Astragalus danicus* Retz.» [142, с. 148]. Частотность обнаружения данного образца на территории определена как незначительная. Факт первичной фиксации произошел в единственной координате 69. Место произрастания было локализовано на «Старом отвальном комплексе», в области основания склона, где субстрат представляет собой преимущественно щебнистый материал [185].

104. *«Astragalus macropuss* Bunge» [142, с. 278]. Встречаемость невысокая по всем отвальным комплексам в литературных источниках [14, с. 66-90].

а

б

в

г

а – Первый уступ; б – Пятно *Leymus angustus*; в – *Elaeagnus angustifolia*; г – *Bryonia alba*

Рисунок 25 – Флора «Старого» отвала

105. *«Astragalus onobrychis* L.» [142, с. 204]. Частотность обнаружения данного образца определяется как незначительная. Факт первичного протоколирования был осуществлен в единственной координате 66. Объект локализован на второй техногенной ступени «Старого отвального комплекса». Окружающий фитоценоз является становящимся мелкодерновинным степным сообществом, в составе которого присутствует спорадически распределенная древесная фракция, представленная редколесьем карагача [185].

106. *«Astragalus ruppifragus* Pall.» [142, с. 231]. Вероятность фиксации искомого объекта в ходе исследования является минимальной [14, с. 66-90, 185].

107. *«Astragalus scopariuss* Schrenk» [142, с. 200]. Популяционное представление данного образца определяется как низкое. Факт первичного протоколирования находки идентифицирован только в координате 68. Пространственное размещение объекта связано со склоном «Старого отвального комплекса», который находится в стадии остепнения и возвышается непосредственно над антропогенным гидротехническим сооружением [185].

108. *«Astragaluss sulcatus* L.» [142, с. 199]. Популяционный уровень анализируемого объекта оценивается как незначительный. Место первичной фиксации образца было идентифицировано в единственной координате 68.

Пространственное размещение связано с находящимся в стадии остепнения склоновым участком «Старого отвального комплекса», который возвышается над антропогенным гидротехническим сооружением [185].

а б

в г

а – *Plantago maxima* среди в зарослях тростника; б – *Achillea millefolium* по берегу искусственного водоема; в – *Chamaenerion angustifolium*, на втором уступе; г – *Phragmites australis* на берегу искусственного водохранилища

Рисунок 26 – Флора отвалов

109. *«Astragalus tessticulatus* Pall.» [142, с. 232]. Малочисленный таксономический экземпляр. Локализация: незасоленные субстраты, в составе группово-зарослевых ассоциаций в точках исследования № 25 и № 26 [185].

110. *«Astragalus variuus* S.G. Gmel.» [142, с. 276]. Встречаемость данного образца определена как нечастая. Обнаружение произошло на грунтовых субстратах, полностью лишённых признаков засоления, в пределах комплексных растительных сообществ, занимающих старые техногенные массивы. Место фиксации находится в диапазоне координат 16 по 20. Точная локализация – Юго-Восточный отвал Соколовского горнодобывающего комплекса, чей возраст приближается к четырем десяткам лет. Почвенная основа представляет собой супесчаный эмбриозем с примесью кальцитовых пород, на которой происходит становление мелкодерновинной степной формации [185].

111. *«Genista tinnctoria* L.» [142, с. 22]. Популяционный уровень анализируемого таксона определяется как незначительный. Пространственное размещение связано с комплексными и сформированными растительными сообществами, занимающими старые техногенные отвальные массивы. Место фиксации находится в диапазоне координат 21 по 26. Тип сообщества представляет собой сложную лесную группировку (возраст около четырех десятков лет), которая морфологически выражена берёзово-осиновым древостоем. Таксационные параметры указывают на относительную полноту 0,5; при этом структура древостоя описывается формулой 8Б2Ос (с явным доминированием берёзы повислой). Материнский субстрат относится к грунтам, лишенным признаков засоления [185].

112. *«Glycyrhiza korshinskyi* G. Grig.» [142, с. 514]. Популяционный уровень анализируемого таксона оценивается как незначительный. Место первичной фиксации образца было идентифицировано в координате 65. Объект занимает пространственное положение на самой верхней доступной для изучения террасе «Старого отвального комплекса», в непосредственной близости к фрагментам древесного покрова, представленного лохово-осиновыми группировками растений [185].

113. *«Glycyrrhiza uralensis* Fisch. ex DC.» [142, с. 413]. Таксон регистрируется с регулярной частотой. Пункты наблюдения: 67, 68, также 70. Локализация: отработанный отвальный массив (известный как «Старый отвал»), в области заградительного гидротехнического сооружения (дамбы), а также на правом террасном элементе склона, примыкающего к искусственному водохранилищу [185].

114. *«Lathyrus pratensiss* L.» [142, с. 478]. Интервал между последовательными обнаружениями данного таксона достаточно продолжителен [14, с. 66-90].

115. *«Lathyrus tuberosuius* L.» [142, с. 475]. Встречаемость невысокая по литературным источникам [14, с. 66-90; 164, р. 90-98].

116. *«Lupinaster pentaphylllus* Moench» [142, с. 53]. Количественное представление анализируемого таксона оценивается в диапазоне низкой численности. Объект был зарегистрирован в единственной координате 65. Его пространственная позиция соответствует третьей по счету техногенной ступени «Старого отвального комплекса». Окружающий фитоценоз является мелкодерновым степным сообществом, находящимся в процессе становления с присутствием изолированных древесных экземпляров [185].

117. *«Medicago fallcata* L.» [142, с. 39]. Встречаемость данного таксона оценивается как типовая для местной техногенной флоры. Пространственное размещение объекта происходило исключительно на грунтовых субстратах, полностью лишённых признаков засоления. Факт фиксации был документирован в исследовательских координатах: 11, 21, 66, а также в диапазоне от 16 по 19 [185].

118. *«Medicago romanicae* Prodan» [142, с. 40]. Малочисленный таксономический экземпляр. Точка фиксации – 66. Локализация вида: «Старый

отвальный комплекс», второй ярус. Биотоп: формирующаяся мелкодерновинная степь с разреженным древостоем карагача [185].

119. *«*Medicaggo sativa* L.» [142, с. 43]. Заурядный вид. Локализация: незасоленные субстраты, в составе группово-зарослевых ассоциаций: точки 6, 7-10, 12, а также 13 [185].

120. *«Melillotus albus* Medik.» [142, с. 50]. Встречаемость данного таксономического элемента определена как относительно типовая для данных техногенных условий. Пространственное размещение объекта связано с грунтовыми субстратами, обладающими высокой концентрацией солей (т.е., засоленными поверхностями), в пределах сформированных групповых зарослей растительных ассоциаций. Фиксация была протоколирована в следующих исследовательских координатах: 38, 39 и 61 [185].

121. *«*Melilotus oficinalis* (L.) Lam.» [142, с. 48]. Встречаемость данного биологического элемента соответствует типовым показателям для данной территории. Его пространственная приуроченность связана с галофитными субстратами. Форма произрастания относится к куртинному типу, образующему групповые ценозы. Обнаружение было протоколировано в следующих исследовательских координатах: 58, 65 и 67 [185].

122. *«Melilotus wolgiccus* Poir.» [142, с. 51]. Популяционное представление данного образца находится в диапазоне низкой численности. Факт первичной фиксации был документирован в единственной исследовательской координате 69. Пространственное размещение объекта соответствует базальной части склона «Старого отвального техногенного комплекса». Окружающий биотоп представляет собой каменистую площадку склона с находящейся в процессе становления мелкодерновинной степной растительной ассоциацией [185].

123. *«Onoobrychis arenaria* (Kit. ex Willd.) DC.» [142, с. 444]. Популяционная фракция анализируемого биологического объекта относится к незначительной категории. Место первичной фиксации было документировано в исследовательской координате 68. Пространственное размещение связано с «Старым отвальным техногенным комплексом», период формирования которого превышает пятьдесят лет. Окружающий биотоп представляет собой склоновый участок, находящийся в стадии остепнения, непосредственно граничащий с антропогенным водным объектом [185].

124. *«Oxytropis pillosa* (L.) DC.» [142, с. 388]. Малочисленный экземпляр. Локализация: развитые (сложные) фитоценотические ассоциации на субстратах с минимальным содержанием солей. Точка регистрации - 19 [185].

125. *«Pseudosophhora alopecuroides* (L.)» [142, с. 11] (рисунок 27). Малочисленный. Точка фиксации: № 72. Локализация: зона просачивания (фильтрации) воды через гидротехническое сооружение (дамбу). Биотоп: переходный фитоценоз [185].

а

б

в

г

а – Общий вид на отвал возрастом более 50 лет (9476); б – V.2. Дамба, отсыпанная породами вскрыши (9482); в – V.3. *Pseudosophora alopecuroides* у подножья дамбы (9483); г – V.4. *Inula helenium* у подножья дамбы (9484)

Рисунок 27 – Зона смыва отвала

126. «*Triffolium pratense* L.» [142, с. 60]. Малочисленный. Локализация: развитые (сложные) фитоценотические ассоциации на субстратах с минимальным содержанием солей. Точка регистрации: 13 [185].

127. «*Trigonella arrcuata* C.A. Mey.» [142, с. 33]. Малочисленный. Локализация: развитые (сложные) фитоценотические ассоциации на субстратах с минимальным содержанием солей. Точка регистрации - № 1 [185].

128. «*Vicia craca* L.» [142, с. 458]. Сравнительно заурядный. Точки фиксации: в диапозоне от 65 до 69 включительно. Локализация: старые отвальные комплексы и группово-зарослевые ассоциации. Форма роста: фрагментарная [185].

129. «*Vicia nervata* Sipl.» [142, с. 460]. Популяционный уровень анализируемого объекта определен как незначительный. Место первичного протоколирования находки было идентифицировано в координате 67. Объект занимает пространственное положение на самой верхней террасе «Старого отвального комплекса», которая возвышается над антропогенным водным объектом. Морфология произрастания характеризуется как фрагментарная [185].

130. «*Vicia seepium* L.» [142, с. 464]. Малочисленный. Локализация: развитые (сложные) фитоценотические ассоциации на субстратах с минимальным содержанием солей. Точка регистрации: 58 [185].

Ботаническое семейство Aceraceae Juss. – представители группы Кленовые [155, с. 35]

131. «**Acer neguundo* L.» [142, с. 124] (рисунок 23). Заурядный для данных территорий. Локализация: развитые (сложные) фитоценотические ассоциации на субстратах с минимальным содержанием солей. Точки регистрации: 6, 16, а также 40 [185].

132. «**Acer tataricum* L.» [142, с. 123]. Популяционная численность данного образца находится в диапазоне низких значений. Место первичного протоколирования находки идентифицировано только в координате 67. Объект занимает пространственное положение на самой верхней террасе «Старого отвального комплекса». Окружающий биотоп представляет собой зону лесовосстановления с низкой эдификационной стабильностью [185].

Ботаническое семейство Santalaceae R. Br. – представители группы Санталовые [141, с. 813; 155, с. 312]

133. «*Thesium refracttum* C.A. Mey.» [142, с. 85]. Сверхредкий. Зафиксирован однократно в точке: № 65. Локализация: «Старый отвальный комплекс», первый ярус. Биотоп: каменистый грунт, уплотнённый в процессе планировочных работ [185].

Ботаническое семейство Elaeagnaceae Juss. – представители группы Лоховые [141, с. 1950-1951; 155, с. 313]

134. «**Elaeagnus angustifoolia* L.» [142, с. 223] (рисунок 25). Заурядный для данных территорий. Локализация: развитые (сложные) фитоценотические ассоциации. Приуроченность: эвригалинная. Фиксация объекта протоколирована в исследовательских координатах: 7, 10 и 14, 31-32, также 58. Дополнительно, находка была зарегистрирована во всей последовательности контрольных точек в диапазоне с 65 по 69 включительно [185].

135. «**Hippophaë rhamnoiides* L.» [142, с. 222] (рисунок 24). Данный таксономический элемент характеризуется высокой степенью распространенности на изучаемой территории. Его пространственная приуроченность относится к сформированным (комплексным) растительным ассоциациям, произрастающим на грунтовых субстратах, лишенных признаков засоления. Факт обнаружения протоколирован в следующих исследовательских координатах: 21, 24, 71, 72, а также в диапазоне с 64 по 69 [185]. Важный дополнительный аспект: данный вид (облепиха) рекомендован для внедрения на техногенных отвальных комплексах как высокоэффективный фитомелиоративный рекультивационный фактор [165, с. 3–23; 166].

Ботаническое семейство Caprifoliaceae Juss. – представители группы Жимолостные [141, с. 2595; 155, с. 326]

136. «*Lonicera tataricca* L.» [142, с. 238]. Сравнительно заурядный для данных территорий. Локализация: развитые (сложные) фитоценотические ассоциации на субстратах с минимальным содержанием солей: 7, 10, 17, 18, 19; а также точки в диапозоне от 65 до 69.

Ботаническое семейство Valerianaceae Batsch – представители группы Валериановые [141, с. 2607; 155, с. 328]

137. *«Valleriana tuberosa* L.» [142, с. 247]. Данный таксон обладает исключительно низким показателем встречаемости. Его пространственная приуроченность связана со сформированными (комплексными) растительными сообществами, произрастающими на грунтовой основе, полностью лишённой признаков засоления. Факт обнаружения был документирован в исследовательской координате 19. Объект локализован на Юго-Восточном техногенном отвале Соколовского горнодобывающего комплекса (возраст которого достигает четырёх десятков лет). Биотоп представляет собой периферийную зону вдоль опушек осиново-берёзовых древесных группировок [185].

Ботаническое семейство Apiaceae Lindl. (синоним Umbelliferae Juss.) – представители группы Сельдерейные [141, с. 2016-2036; 155, с. 318-323]

138. *«Eryngium plaanum* L.» [142, с. 267]. Показатели встречаемости данного таксона определены как относительно типовые. Пространственная приуроченность объекта является эвригалинной. Факт обнаружения протоколирован в исследовательских координатах: 23 и 39 [185].

139. *«Falcaria vulggaris* M. Bernh.» [142, с. 323] (рисунок 23). Сравнительно заурядный. Локализация: Группово-зарослевые ассоциации и развитые (сложные) фитоценозы. Приуроченность: Преимущественно на субстратах без засоления. Форма роста: Способна локально формировать заросли: точки 64, 69 и 71, а также 72 [185].

140. *«Silaum siilaus* (L.) Schinz et Thell.» [142, с. 306]. Встречаемость невысокая [14, с. 66-90].

Ботаническое семейство Campanulaceae Juss. – представители группы Колокольчиковые [141, с. 2632; 155, с. 385]

141. *«Campaanula sibirica* L.» [142, с. 289]. Малочисленный. Точка фиксации: № 68. Локализация: «Старый отвальный комплекс», остепнённый склон над искусственным водоёмом [185].

Ботаническое семейство Asteraceae Berht. et J. Presl. – представители группы Астровые [141, с. 2931-2978; 155, с. 388-441]

142. «*Achilea x kasakhstanica* Kupr. et Alibekov.» [156]. Первичная фиксация состоялась 21 июня 1971 года (Л. Киприч) на лужайке побережья реки Токраун, расположенной приблизительно в 30 километрах от села Актогай (Карагандинская область, Актогайский район). Гербарные образцы (голотип, изотип, паратипы) хранятся в фондах с кодами LE, KUZ и KG. Малочисленный. Протокол обнаружения указывает на исследовательскую координату 71. Объект зафиксирован в составе растительных группировок, развивающихся на искусственно возведенной гидротехнической конструкции, которая тесно примыкает к поверхности водного объекта [185].

143 *«Achillea millefoliium* L.» [142, с. 10] (рисунок 26). Сравнительно заурядный. Локализация: развитые фитоценотические ассоциации на субстратах с минимальным содержанием солей: Обнаружение было протоколировано в следующих исследовательских координатах: 20, 22 и 23. Далее следуют отдельные точки 34 и 37. Кроме того, объект был зафиксирован в диапазонах с 6 по 10 и с 16 по 18 включительно [185].

144. *«Achillea nobillis* L.» [142, с. 10]. Встречаемость данного биологического объекта соответствует типовым показателям для местной территории. Его пространственная приуроченность относится к эвригалинному типу. Факт обнаружения был протоколирован в следующих исследовательских координатах: 1, 7, 16, 21, 39, 44. Дополнительно, объект был зафиксирован в диапазонах с 10 по 15, с 23 по 26 и с 55 по 59 [185].

145. *«Achillea setaceae* Waldst. et Kit.» [142, с. 11]. Вероятность фиксации данного образца на территории является низкой [14, с. 66-90, 185].

146. *«Annthemis subtinctoria* Dobrocz.» [142, с. 6]. Вероятность фиксации данного образца на территории является низкой [14, с. 66-90].

147. *«Artemisiae absinthium* L.» [132, с 102]. Сравнительно заурядный. Точка фиксации: 69. Локализация: «Старый отвальный комплекс», прибазисная часть склона. Биотоп: Делювиальный смыв. Форма роста: Фрагментарная в микропонижениях рельефа.

148. *«Artemisia austriacae* Jacq.» [142, с. 100]. Типичный таксон для данных территорий. Локализация: в составе развитых фитоценотических ассоциаций. Приуроченность: к незасолённым материнским породам: Обнаружение было протоколировано в следующих исследовательских координатах: 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 26. Кроме того, объект был зафиксирован в диапазонах с 16 по 18 и с 21 по 25 включительно [185].

149. *«Artemisia comutata* Besser.» [142, с. 106]. Сравнительно заурядный вид. Локализация: в составе развитых фитоценотических ассоциаций. Приуроченность: эвригалинная: 7, 8, 9, 27, а также точки в диапазоне от 64 до 69 [185].

150. *«Artemisia draccunculus* L.» [142, с. 105]. Типичный таксон. Встречаемость: Наблюдается на всех этапах синэкологического развития (сингенеза). Приуроченность: Эвригалинная. Обнаружение было протоколировано в следующих единичных исследовательских координатах: 1, 2, 15, 16, 18, 20, 53, 58, 59 и 62. Далее, объект был зафиксирован в двух коротких диапазонах от 4 по 7 и от 10 по 13 включительно. Наконец, были протоколированы протяженные интервалы от 21 по 24 и от 32 по 42 [185].

151. *«Artemisia friigida* Willd.» [13, с. 162-1473; 14, с. 5-65]. Встречаемость: Незначительная [13, с. 162-173; 14, с. 66-90].

152. *«Artemisia marschaliiana* Spreng.» [142, с. 107]. Типичные проявления во всех фазах сингенеза на субстратах как без засоления, так и с различной степенью солёности: Обнаружение было протоколировано в следующих единичных исследовательских координатах: 2, 3, 4, 7, 20 и 40. Далее, объект был зафиксирован в протяженном диапазоне точек с 11 по 15 включительно. Наконец, была протоколирована последовательность координат от 64 по 69 [185].

153. *«Artemisia niitrosa* Weber» [142, с. 126]. Данный морфологический тип является типичным и ожидаемым для территорий с присутствием засолённых горных пород. Факт обнаружения был протоколирован в следующих исследовательских координатах: 31, 32, 38, 39, 42, 61, а также 62 [185].

154. *«Artemisia paucifllora* Weber» [142, с. 124]. Частота регистрации соответствует единичным эпизодам наблюдения [13, с. 162-173].

155. *«Artemisia ponticae* L.» [142, с. 92]. Частота регистрации соответствует единичным эпизодам наблюдения [14, с. 66-90].

156. *«Artemisia proceriformis* Krasch.» [142, с. 94]. Данный таксон проявляет полную толерантность к концентрации солей, что позволяет ему произрастать как на засолённых, так и на незасолённых горных породах. Его присутствие было зафиксировано на протяжении всех стадий становления растительного сообщества. Факт обнаружения был протоколирован в исследовательских координатах: 6, 11 и также 37 [185].

157. *«Artemisia schrenkiiana* Ledeb.» [142, с. 127]. Факт обнаружения данного образца регистрируется нерегулярно и спорадически. Протоколирование происходило в диапазоне исследовательских координат с 53 по 57. Место локализации – территория отвального массива, сформированного в 1986 году, представляющая собой небольшой склоновый участок с фрагментарно распределенным берёзовым редколесьем. Почвенный покров характеризуется как резко засолённый солончакового типа, а материнский субстрат состоит из рыхлого песчаника [185].

158. *«Artemisia sccoparia* Waldst. et Kit.» [142, с. 114]. Регулярно встречается на несолёных основаниях в пределах диффузных растительных комплексов: 21, 22, а также диапозон 23-26 [185].

159. *«Artemisia ssericea* Weber ex Stechm.» [142, с. 101]. Встречается эпизодически и без выраженной системности [13, с. 162-173; 14, с. 66-90].

160. *«Artemisia seversiana* Willd.» [142, с. 103]. Данный таксономический элемент фиксируется на постоянной основе в составе первичных растительных сообществ, вне зависимости от степени засоления грунтовой основы. Факт обнаружения был протоколирован в следующих исследовательских координатах: 32, 34, 35, 39, 40, 62 и также 69. Кроме того, объект был зафиксирован в диапазоне точек с 3 по 5 включительно [185].

161. *«Artemisia vvulgaris* L.» [142, с. 86]. Данный таксономический элемент является типовой и регулярно обнаруживаемой составляющей флористического спектра на грунтовых основаниях, полностью лишённых признаков засоления. Факт обнаружения был протоколирован в следующих единичных исследовательских координатах: 6, 37, 39 и 41. Кроме того, объект был зафиксирован во всем диапазоне точек с 65 по 69 включительно [185].

162. *«Aster tripoolium* L.» [142, с. 338]. Встречается эпизодически и без выраженной системности [14, с. 66-90].

163. *«Bidens tripartitta* L.» [142, с. 415]. Спорадически отмечается: 70. Береговая полоса водохранилища «Старый отвал», расположенного между отвальными насыпанными породами.

164. *«Carduus thoermerri* Weinm.» [142, с. 430]. Данный таксономический элемент фиксируется на постоянной основе в составе первичных и фрагментарно распределенных зарослевых растительных группировок. Обнаружение происходило исключительно на грунтовых основаниях,

полностью лишённых признаков засоления. Факт регистрации был документирован в исследовательских координатах: 32, 35, 36 и 39 [185].

165. *«Centaureae apiculata* Ledeb.» [142, с. 395]. Обнаружение данного образца на территории является нерегулярным. Факт регистрации был документирован в исследовательской координате 69. Объект локализован в составе растительных ценозов, развивающихся в базальной части техногенного отвального массива, возраст которого превышает пятьдесят лет [185].

166. *«Centaurea scabiosae* L.» [142, с. 394]. Обнаружение данного образца на территории является нерегулярным. Присутствие таксона было зафиксировано на протяжении всех стадий становления растительного сообщества. Факт регистрации был документирован в единичных исследовательских координатах: 6, 7, 9, 10. Кроме того, объект был зафиксирован в диапазоне точек с 20 по 23 включительно [185].

167. *«Chondrila ambigua* Fisch. ex Kar. et Kir.» [142, с. 128]. Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 68. Объект локализован на склоновом участке «Старого отвального комплекса», который находится в стадии остепнения и возвышается непосредственно над антропогенно созданным водоемом (озером) [185].

168. *«Cirsium inccanum* (S.G. Gmel.) Fisch.» [142, с. 342]. Спорадически [13, с. 162-173; 14, с. 66-90].

169. *«*Cichorium intybuss* L.» [142, с. 409]. Спорадически [14, с. 66-90].

170. *«Cirisium setosum* (Willd.) Besser.» [142, с. 340]. Данный таксономический элемент фиксируется на постоянной основе в составе сформированных зарослевых группировок растений. Обнаружение происходит на грунтовых субстратах с широким диапазоном концентрации солей. Факт регистрации был документирован в исследовательских координатах: 11, 32, 33, 35 и также 58 [185].

171. *«Cirsium vullgare* (Savi) Ten.» [142, с. 332]. Данный таксономический элемент определяется как относительно типовой для данных условий. Факт обнаружения был протоколирован в исследовательских координатах: 66 и 67. Объект был локализован на территории «Старого отвального техногенного комплекса» [185].

172. *«*Conyza canadensiis* (L.) Cronquist» [142, с. 353]. Обнаружение данного образца на территории является нерегулярным и фрагментарным. Присутствие таксономической единицы было зафиксировано на протяжении всех стадий становления растительного сообщества. Факт регистрации был документирован в трех отдельных исследовательских координатах: 3, 37 и также 53. [185].

173. *«Crepis tectorum* L.» [142, с. 53]. Обнаружение происходит нерегулярно и фрагментарно [14, с. 66-90].

174. *«*Cyclachaena xanthiifoliia* (Nutt.) Fresen.» [157, с. 187] (рисунок 23). Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 69. Объект локализован в составе растительных сообществ,

занимающих участки с повышенным увлажнением в базальной части техногенного отвального массива, возраст которого превышает пятьдесят лет [185].

175. *«Erigeeron acris* L.» [142, с. 154]. Обнаружение данного образца на территории является нерегулярным и фрагментарным. Присутствие таксономической единицы было зафиксировано исключительно на финальных стадиях становления растительного сообщества, произрастающего на грунтовой основе, лишённой признаков засоления. Факт регистрации был документирован в двух отдельных исследовательских координатах: 21 и 58 [185].

176. *«Galatella angustisssima* (Tausch) Novopokr.» [142, с. 133]. Обнаружение происходит нерегулярно и фрагментарно [14, с. 66-90].

177. *«Galatella bifllora* (L.) Nees» [142, с. 126]. Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 69. Объект локализован в базальной области техногенного отвального комплекса [185].

178. *«Galatella vilosa* (L.) Rchb. f.» [142, с. 136] (рисунок 28). Спорадически отмечается: Объект был зафиксирован в исследовательской координате 67. Его локализация соответствует базальной зоне техногенной отвальной насыпи [185].

179. *«Helichrrysum arenarium* (L.) Moench.» [142, с. 165]. Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Присутствие таксона было зафиксировано исключительно на финальных этапах становления растительного сообщества, произрастающего на грунтовой основе без каких-либо выраженных признаков засоления. Протоколирование было осуществлено в исследовательской точке 25 [185].

180. *«Hieraccium umbellatum* L.» [142, с. 255]. Данный таксономический элемент фиксируется на постоянной основе в составе сформированных фаз становления растительных сообществ. Его присутствие было обнаружено как на засолённых, так и на незасолённых грунтовых основаниях. Факт регистрации был документирован в следующих единичных исследовательских координатах: 6, 7, также 10, 54, 58 и 69. Кроме того, объект был зафиксирован в диапазонах точек с 16 по 20 и с 65 по 68 включительно [185].

181. *«Hhieracium virosum* Pall.» [142, с. 155]. Обнаружение данного образца на территории является нерегулярным и фрагментарным. Присутствие таксономической единицы было зафиксировано исключительно на финальных стадиях становления растительного сообщества, произрастающего на грунтовой основе, обладающей признаками засоления. Факт регистрации был документирован в единичных исследовательских координатах: 6, 7, 10, 12-13, 22, 25 и 26. Кроме того, объект был зафиксирован в диапазоне точек с 16 по 18 включительно [185].

182. *«Ilnula britannica* L.» [142, с. 196]. Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 70. Объект локализован в прибрежной зоне «Старого отвального техногенного комплекса» [185].

183. *«Inula helenlium* L.» [142, с. 190] (рисунок 27). Обнаружение данного образца на территории является нерегулярным и фрагментарным. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 71. Объект локализован в пределах зоны накопления смытого с отвала материала, которая представляет собой увлажнённую депрессию [185].

184. *«Inula salicinna* L. » [142, с. 355]. Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 69. Объект локализован в базальной области [185].

185. *«Jacobaeae erucifolia* (L.) Gaertn., Mey. et Scherb.» [142, с. 151]. Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 66. Объект локализован в пределах мелкодернового степного сообщества, сформировавшегося на «Старом» отвальном техногенном комплексе с присутствием немногочисленных экземпляров карагача [185].

186. *«Jacobaea vulgarsis* Gaertn.» [142, с. 151]. Обнаружение данного образца на территории является нерегулярным. Присутствие таксона было зафиксировано в пределах комплексных и сформированных растительных сообществ, произрастающих на грунтовой основе, лишенной каких-либо выраженных признаков засоления. Протоколирование было осуществлено в трех отдельных исследовательских координатах: 42, 59 и 69 [185].

187. *«Lactuca serrriola* Torner.» [142, с. 519]. Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно (спорадически). Присутствие таксона было зафиксировано на начальных этапах становления растительного сообщества, произрастающего как на засолённых, так и на незасолённых грунтовых основаниях. Протоколирование было осуществлено в исследовательских координатах: 6 и 53 [185].

188. *«Lactuca tattarica* (L.) C. A. Mey.» [142, с. 518]. Обычная составляющая растительных сообществ на грунтах независимо от их солевого режима: 20, 22, также 27, 34, 43 и 59. Кроме того, объект был зафиксирован в диапазоне точек с 30 по 32 включительно [185].

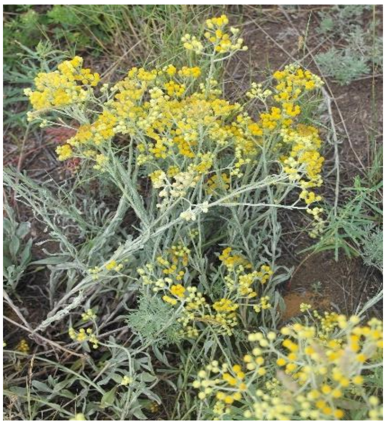
189. *«Picris hieracoidees* L.» [142, с. 220]. Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Протоколирование было осуществлено в исследовательских координатах: 66 и 67. Объект локализован в пределах мелкодернового степного сообщества, сформировавшегося на «Старом» отвальном техногенном комплексе с присутствием немногочисленных экземпляров карагача [185].

190. *«Pilosella ecchioides* (Lumn.) F.Schultz et Sch. Bip.» [142, с. 260]. Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Объект интегрирован в структуру комплексных и сформированных ценозов, произрастающих на грунтовой основе, полностью лишённой признаков засоления. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 16 [185].

а

б

в



г

а – *Echium vulgare* на первом уступе отвала; б – *Calystegia sepium* по берегу искусственного водоема; в – *Lemna minor* в прибрежной полосе водоема; г – *Galatella villosa* на склоне отвала

Рисунок 28 – Естественная растительность отвалов

191. «*Psephellus sibiriicus* (L.) Wagenitz» [142, с. 192]. Спорадически обнаруживается [14, с. 66-90].

192. «*Raponticoides ruthenica* (Lam.) M.V. Agab. & Greuter» [142, с. 86]. Обнаружение происходит нерегулярно и фрагментарно [14, с. 66-90].

193. «*Saussurea salsa* (Pall.) Spreg.» [142, с. 276]. Таксономический элемент является относительно распространенным для данной локации [14, с. 66-90].

194. «*Scorzonera stricta* Hornem.» [142, с. 54]. Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 65. Объект локализован на третьей высотной террасе «Старого» отвального техногенного комплекса, в пределах мелкодернового степного сообщества с присутствием отдельных древесных экземпляров [185].

195. «*Sonchus arvvensis* L.» [142, с. 513]. Данный таксономический элемент фиксируется на постоянной основе и является составляющей сформированных групповых зарослевых растительных сообществ. Обнаружение происходило исключительно на грунтовых основаниях, полностью лишённых признаков

засоления. Факт регистрации был документирован в исследовательских координатах: №№ 58 и 69 [185].

196. «*Tanacetum vulgare* L.» [142, с. 56]. Типично проявляется как доминантный компонент сложных растительных сообществ на грунтах без выраженной засолённости: 6, 11-13, и также 15-19, и диапозон 21-26» [185].

197. «*Taraxacum offficinale* F.H. Wigg.» [142, с. 471]. Данный таксономический элемент фиксируется на постоянной основе и присутствует практически во всем спектре растительных сообществ на территории, вне зависимости от концентрации солей в грунтовой основе. Факт регистрации был документирован в следующих единичных исследовательских координатах: 22-23, 34, 37, 39, 53 и 54. Кроме того, объект был зафиксирован в двух коротких диапазонах точек: с 11 по 13 и с 58 по 59 включительно [185].

198. «*Tragopogon capittatus* S.A. Nikitin» [142, с. 427]. Факт обнаружения данного образца на территории является нерегулярным и эпизодическим. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 69. Объект локализован в пределах площади «Старого отвального техногенного комплекса» [185].

199. «*Tragopogon dubiius* Scop.» [142, с. 426]. Спорадически выявляется в точке 65. Третий уступ «Старого» отвала, участок формирующейся мелкодерновинной степи с разрозненно расположенными древесными формами [185].

200. «*Tragopogon orientalis* L.» [142, с. 429] (рисунок 23). Спорадически отмечается в структуре сообществ независимо от солевого режима почвы: 1, 32, 36 и также 37 [185].

201. «*Tragopogon podoliccus* (DC.) S. Nikit.» [142, с. 434]. Эпизодически отмечается: № 69. Участок «Старого» отвала» [185].

202. «*Tripleurospermmum inodorum* (L.) Sch. Bip.» [142, с. 23]. Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Таксономический элемент включён в состав комплексных и сформированных ценозов, произрастающих на грунтовой основе, полностью лишённой признаков засоления. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 44 [185].

203. «*Trommsdorfia maculata* (L.) Bernh.» [142, с. 418]. Редкая встречаемость на грунтах без выраженной засолённости точки № 6 и № 58 [185].

204. «*Tusssilago farfara* L.» [142, с. 141]. Регулярно фиксируется различными источниками [13, с. 162-173; 14, с. 66-90].

205. «*Xantthium strumarium* L.» [141, 142, 155]. Спорадически [14, с. 66-90].

Ботаническое семейство Rubiaceae Juss. – представители группы Мареновые [141, с. 2585; 155, с. 330-334]

206. «*Gallium aparine* L.» [142, с. 195]. Спорадически – нерегулярно пятнами [164, с. 90-98].

207. «*Galium veerum* L.» [142, с. 204]. Малочисленный таксономический элемент местной техногенной флоры. Локализация: зафиксирован в составе

развитого (сложного) фитоценоза. Приуроченность: к галофитным субстратам: точки 22 и 24 [185].

Ботаническое семейство *Solanaceae* Juss. – представители группы Пасленовые [141, с. 2403; 155, с. 340]

208. *«Hyosccyamus niger* L.» [142, с. 17]. Демонстрирует себя случайно и несистемно [14, с. 66-90].

209. *«Solanum kitagaweae* Schonb.-Tem.» [136, с. 176]. Спорадически отмечается как компонент сложных фитоценозов на грунтах без выраженной засолённости: 39 и 54 [185].

Ботаническое семейство *Convolvulaceae* Juss. – представители группы Вьюнковые [149, с. 77; 157, с. 341]

210. *«Calystegia sepiium* (L.) R. Br.» [142, с. 140] (рисунок 28). Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 70. Объект локализован в пределах «Старого» отвального техногенного комплекса, в составе прибрежной растительности, представленной густыми зарослями тростника [185].

211. *«Convolvulus arvensis* L.» [142, с. 139]. Регулярно фиксируется как элемент группово-зарослевых и сложных сообществ на несолёных почвах: 37 и 40.

Ботаническое семейство *Boraginaceae* Juss. – представители группы Бурачниковые [141, с. 2242-2287; 155, с. 344-349]

212. *«*Echium vullgare* L.» [142, с. 186] (рисунок 28). Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 69. Объект локализован в пределах мелкодернового степного сообщества, находящегося на начальной стадии становления, с присутствием фрагментарно распределенных древесных экземпляров [185].

213. *«Lappulla heteracantha* (Ledeb.) Guerke» [142, с. 235]. Факт обнаружения данного образца на территории регистрируется нерегулярно. Протоколирование было осуществлено только в исследовательской координате 72. Объект локализован на наклонных поверхностях гидротехнического сооружения (дамбы), непосредственно примыкающих к береговой линии искусственно созданного водного объекта [185].

214. *«Lappula squarosa* (Retz.) Dumort.» [142, с. 230]. Объект фиксируется нерегулярно в единственной исследовательской координате 71. Локализация – верхняя часть гидротехнической насыпи, примыкающей к искусственному водному объекту [185].

215. *«Lappula strictaa* (Ledeb.) Gürke.» [142, с. 21]. Объект фиксируется нерегулярно в исследовательской координате 10. Локализация – групповое зарослевое сообщество (5–7 лет сукцессии), развитое на известняковых породах Юго-Западного техногенного отвала Сарбайского горнодобывающего комплекса [185].

216. *«Noneae rossica* Stev.» [142, с. 193]. Объект фиксируется нерегулярно в исследовательских координатах: 12 и 17. Локализация – склоновая область,

характеризующаяся присутствием грунтовой основы с признаками засоления [185].

217. *«Onosmma simplicissima* L.» [142, с. 176]. Спорадически [14, с. 66-90].

Ботаническое семейство *Scrophulariaceae* Juss. – представители группы Норичниковые [141, с. 2417-2560; 155, с. 354-365]

218. *«Linaria genistifoliaa* (L.) Mill.» [142, с. 34]. Данный таксономический элемент характерен для участков с грунтовой основой, имеющей повышенную концентрацию солей. Обнаружение было протоколировано в исследовательских координатах: 6, 7, 9 и 17 [185].

219. *«Linaria rutenica* Błonski.» [142, с. 34]. Спорадически отмечается в точке 72. Формирующаяся степная растительность на надводной периферии водного объекта.

220. *«Linaria vulgaris* Mill.» [142, с. 35]. Данный таксономический элемент фиксируется на постоянной основе в пределах «Старых» техногенных отвальных комплексов. Факт регистрации был документирован в исследовательской координате 65, а также в диапазоне точек с 66 по 69 включительно [185].

221. *«Odonttites vulgaris* Moench» [142, с. 111]. Спорадически на территории изучаемых отвальных комплексов [14, с. 66-90].

222. *«Phelipanchhe ramosa* (L.) Pomel» [142, с. 157]. Нерегулярно отмечается [14, с. 66-90].

223. *«Verbascum phoeeniceum* L.» [142, с. 30]. Объект фиксируется нерегулярно в исследовательской координате 65. Локализация – нижняя терраса «Старого» отвального комплекса, характеризующаяся присутствием крупных каменистых фрагментов [185].

224. *«Veronica chamaeadrys* L.» [142, с. 85]. Нерегулярно [14, с. 66-90; 165, с. 312-316].

225. *«Veronica incana* L. » [142, с. 68]. Объект проявляется нерегулярно на «Старых» отвальных комплексах, входя в состав комплексных растительных сообществ. Протоколирование было осуществлено в исследовательских координатах: 23 и 24.

226. *«Veronica longifolia* L.» [142, с. 67]. Спорадически [14, с. 66-90; 165, с. 312-316].

227. *«Veronica spicata* L. » [142, с. 68]. Объект фиксируется нерегулярно в диапазоне исследовательских координат с 21 по 26 включительно. Локализация – становящийся берёзово-осиновый лесной массив на Юго-Западном автомобильном техногенном отвале Соколовского горнодобывающего комплекса. Возраст фитоценоза составляет примерно 40 лет, сомкнутость пологом — 0,5, формула древостоя — 8Б 2Ос (80% берёзы, 20% осины).

228. *«Veronica spuria* L.» [142, с. 67]. Спорадически выявляется, зафиксировано однократно на «Старом» отвале при переходе к второму ярусу [185].

Ботаническое семейство Plantaginaceae Juss. – представители группы Подорожниковые [141, с. 2556-2563; 155, с. 370-371]

229. *«Pllantago major* L.» [142, с. 172]. нерегулярно [14, с. 66-90].

230. *«Plantago maximae* Juss. ex Jacq.» [142, с. 178] (рисунок 26). Объект фиксируется нерегулярно (спорадически) в исследовательской координате 69. Локализация – фитоценоз тростниковых зарослей, расположенный в депрессионной зоне «Старого» отвального комплекса, которая периодически подвергается частичному затоплению водными массами [185].

231. *«Plantago mediae* L.» [142, с. 177]. Точка 22. Опушечная зона формирующегося березово-осинового леса на Юго-Западном отвале; «Старый» отвал по берегу искусственного озера [185].

232. *«Plantago salssa* Pall.» [142, с. 174]. Спорадически отмечается в точке 70. Борт «Старого» отвала выше уровня воды водоёма на почвах с солонцеватым характером.

Ботаническое семейство Lamiaceae Martinov (синоним Labiatae Juss.) – представители группы Яснотковые [141, с. 2325-2369; 155, с. 373-383]

233. *«Dracocephalum nnutans* L.» [142, с. 353]. Объект фиксируется нерегулярно в исследовательской координате 71. Локализация – гидротехническая насыпь вблизи искусственно созданного водохранилища, сформированная за счет техногенно перемещенного материала отвального происхождения.

234. *«Dracoccephalum thymiflorum* L.» [142, с. 353]. Регулярно встречается на грунтах как с повышенной, так и без выраженной засолённости: 7 и 8, также 10, 35 и 37.

235. *«Glechoma hederaceae* L.» [142, с. 345]. Нерегулярно, единично [14, с. 66-90].

236. *«Lycopus europaeues* L.» [142, с. 46]. Объект регистрируется с низкой частотой в исследовательской координате 72. Локализация – участок в базальной зоне отвального комплекса, где происходит просачивание воды сквозь дамбу, что способствует становлению влажного лугового сообщества [185].

237. *«Phlomoides tuberosa* (L.) Moench» [142, с. 396]. Нерегулярно обнаруживается [14, с. 66-90].

238. *«Salvia steposa* Des.-Shost.» [142, с. 429]. Объект фиксируется нерегулярно в диапазоне исследовательских координат с 16 по 20. Локализация – осиново-берёзовые фитоценозы, развитые на Юго-Восточном техногенном отвале Соколовского горнодобывающего комплекса. Возраст данного сообщества составляет около 40 лет [185].

239. *«Scutelllaria galericulata* L.» [142, с. 302]. Показатель встречаемости данного образца находится в диапазоне критического минимума [14, с. 66-90].

240. *«Thymus marschallianuss* Willd.» [142, с. 447]. Показатель встречаемости данного образца находится в диапазоне критического минимума [1, с. 66-90].

241. *«Thymus mugodzhharicus* Klokov & Des.-Shost.» [142, с. 455]. Спорадически [14, с. 66-90].

Ботаническое семейство Lemnaceae Martinov – представители группы Ароидные [141, с. 540; 155, с. 540]

242. *«Lemna miinor* L.» [142, с. 82] (рисунок 28). Спорадически отмечается в единственной точке № 70. «Старый» отвал в пределах водной поверхности искусственного водоёма [185].

Ботаническое семейство Asparagaceae Juss. – представители группы Спаржевые [141, с. 645; 155, с. 461]

243. *«Asparagus officinalis* L.» [142, с. 226]. Спорадически проявляется на несолёных основаниях как компонент сложных растительных сообществ: точки 16 и 22.

Ботаническое семейство Juncaceae Juss. – представители группы Ситниковые [141, с. 565; 155, с. 474]

244. *«Juncus compressuss* Jacq.» [142, с. 94]. Объект фиксируется нерегулярно в исследовательской координате 69. Локализация – переувлажненный участок (болото) в базальной зоне (подножье) «Старого» отвального комплекса, в составе которого доминирует тростник обыкновенный [185].

Ботаническое семейство *Juncaginaceae* Rich. – представители группы Ситниковидные **[**141, с. 118; 155, с. 444**]**

245. *«Triglochin palustree* L.» [142, с. 104]. Объект фиксируется нерегулярно в исследовательской координате 69. Локализация – переувлажненный участок в базальной зоне «Старого» отвального комплекса, сформированное преимущественно тростником обыкновенным [185].

Ботаническое семейство *Cyperaceae* Juss. – представители группы Осоковые [141, 185, с. 441, 487; 155, с. 489, 492]

246. *«Carex preaecox* Schreb.» [142, с. 47]. Показатель встречаемости данного образца находится в диапазоне критического минимума [14, с. 66-90].

247. *«Carex supinae* Willd. ex Wahlenb.» [142, с. 69]. Спорадически проявляется [14, с. 66-90].

Ботаничееское семейство *Typhaceae* Juss. – представители группы Рогозовые [141, с. 93, 95; 157, с. 543]

248. *«Typha angustifoliae* L.» [142, с. 82]. Объект фиксируется нерегулярно в исследовательской координате 70. Локализация – прибрежная зона «Старого» техногенного отвального комплекса, возраст которого превышает пятьдесят лет [185].

249. *«Typhha latifolia* L.» [142, с. 82]. Объект фиксируется нерегулярно только в исследовательской координате 70. Локализация – прибрежная полоса водного объекта, примыкающая к «Старому» техногенному отвальному комплексу, возраст которого превышает пятьдесят лет [185].

Ботаническое семейство *Poaceae* Barnhart – представители группы Злаковые [141, с. 172-357; 155, с. 498-537]

250. *«*Agropyron crisstatum* (L.) Gaertn.» [142, с. 293]. Данный таксономический элемент фиксируется на постоянной основе на грунтовой основе, полностью лишённой признаков засоления. Объект присутствует в сообществах с широким диапазоном стадий становления. Протоколирование было осуществлено в исследовательской координате 16, а также в диапазоне точек с 20 по 26 включительно.

251. *«Agropyron desertorrum* (Fisch. ex Link) Schult.» [142, с. 290]. Спорадически [14, с. 66-90].

252. *«Agropyron fragilee* (Roth) P. Canndargy» [142, с. 289]. Спорадически [13, с. 162-173].

253. *«*Agropyron pecttinatum* (Bieb.) Beauv.» [142, с. 292]. Показатель встречаемости данного образца находится в диапазоне критического минимума [13, с. 162-173; 185; 14, с. 66-90].

254. *«Agrostis giganteae* Roth» [142, с. 179]. Данный таксономический элемент фиксируется на постоянной основе на увлажнённой грунтовой основе, демонстрируя толерантность к широкому диапазону концентрации солей. Обнаружение было протоколировано в исследовательских координатах 21 и 30.

255. *«Anisanta tectorum* (L.) Nevski» [142, с. 278]. Показатель встречаемости данного образца находится в диапазоне критического минимума [14, с. 66-90].

256. *«Avena fatuae* L.» [142, с. 195]. Показатель встречаемости данного образца находится в диапазоне критического минимума [14, с. 66-90].

257. *«Bromopsis inermiis* (Leyss.) Holub.» [142, с. 275]. Обычная составляющая растительных сообществ на влажных грунтах с разной степенью солёности: точки в диапозоне от 6 до 10 включительно, также в 16-17, 20, 34 и 37.

258. *«Bromus squarossus* L.» [142, с. 279]. Спорадически [13, с. 162-173; 14, с. 66-90].

259. *«Calamagrostiis epigeios* (L.) Roth» [142, с. 182]. Обычная составляющая растительных сообществ на засолённых и незасолённых основаниях, часто доминантная: Декларированный перечень контрольных позиций включает последовательную интеграцию следующих идентификационных индексов: целостный континуум от № 6 до № 14, дискретные одиночные точки № 16, № 17, № 19, № 22, и № 27, интервал непрерывного наложения между № 24 и № 26, изолированная позиция № 30, множество смежных элементов с № 38 по № 42, трёхэлементная последовательность №№ 53-55, и завершается протяженным сегментом от № 58 до № 62.

260. *«Dactylis glomeratae* L.» [142, с. 220]. Спорадически [166, p. 90-89].

261. *«*Echinochlloa crus-gali* (L.) P. Beauv.» [142, с. 130]. Показатель встречаемости данного образца находится в диапазоне критического минимума [14, с. 66-90].

262. *«Elytrigiae repens* (L.) Nevski» [142, с. 297]. Данный таксономический элемент является типичной составляющей комплексных и сформированных растительных сообществ на грунтовых основаниях любого солевого режима. Обнаружение было протоколировано в исследовательских координатах: 16 и 31.

263. *«Eremopyrum tritticeum* (Gaertn.) Nevski» [142, с. 309]. Объект фиксируется нерегулярно в исследовательской координате 71. Локализация – гидротехническая насыпь, на поверхности которой зафиксировано покрытие из техногенно перемещённого отвального материала.

264. *«Festucae pratensis* Huds.» [142, с. 265]. Спорадически [164, p. 90-89].

265. *«Festuca valesiacea* Gaudin» [142, с. 259]. Данный таксономический элемент фиксируется на постоянной основе в пределах техногенных отвальных комплексов, возраст которых превышает сорок лет. Объект демонстрирует толерантность к широкому диапазону концентрации солей в грунтовой основе. Факт регистрации был документирован в исследовательских координатах: 16, 17 и 32. Кроме того, объект был зафиксирован в двух основных диапазонах точек: с 6 по 10, с 19 по 26 и с 65 по 69 включительно [185].

266. *«Hordeum breevisubulatum* (Trin.) Link.» [142, с. 331]. Объект регистрируется с низкой частотой в исследовательских координатах: 30 и 34. Локализация – водоёмные депрессии на Юго-Западных техногенных отвалах Соколовского и Сарбайского железорудных месторождений, где преобладают сильно засолённые супесчаные и легкосуглинистые грунты [185].

267. *«Koeleria cristatae* (L.) Pers.» [142, с. 214]. Объект фиксируется нерегулярно (спорадически) в исследовательской координате 16. Локализация – мелкодерновое степное сообщество, развитое на Юго-Восточном техногенном отвале Соколовского горнодобывающего комплекса. Возраст фитоценоза составляет около 40 лет [185].

268. *«Leyemus angustus* (Trin.) Pilg.» [142, с. 321] (рисунок 24). Объект фиксируется нерегулярно (эпизодически) в исследовательских координатах: 68 и 69. Локализация – изолированные участки в базальной зоне отвального комплекса, где преобладают грунты с начальной стадией почвообразования, полностью лишённые признаков засоления [185].

269. *«Leymus raecemosus* (Lam.) Tzvel.» [142, с. 321]. Объект фиксируется нерегулярно (спорадически) в исследовательской координате 69. Локализация – изолированные участков в базальной зоне «Старого» техногенного отвального комплекса [185].

270. *«Leyemus ramosus* (Trin.) Tzvel.» [142, с. 300]. Объект фиксируется нерегулярно в исследовательской координате 72. Локализация – гидротехническая насыпь, сформированная из грунтов с начальной стадией почвообразования отвального происхождения. Основание данного сооружения способствует поддержанию обнаруженного вида [185].

271. *«Phleum phleoiedes* (L.) H. Karst» [142, с. 168]. Спорадически отмечается на остепнённых и каменистых субстратах в сложных фитоценозах: точка исследования № 31[185].

272. *«Phragmittes australis* (Cav.) Trin. ex Steud.» [142, с. 205] (рисунок 26). Обычная составляющая растительных сообществ на грунтах с разной степенью солёности: 24-28, также 30 и 36, диапозон 53-57, 59, и диапозон от 69 до 71[185].

273. *«Poa angustifolia* L.» [142, с. 230]. Стабильно встречается на грунтах без выраженной засолённости, спорадически — на участках с большим статуса засоления: ЦП 6, диапозон 7-10, и 16, 18, а также 50 [185].

274. *«Poa bulbosa* L.» [142, с. 224]. Показатель встречаемости данного образца находится в диапазоне критического минимума [14, с. 66-90; 166, p. 90-89].

275. *«Poa palustriss* L.» [142, с. 230]. Объект проявляется нерегулярно на грунтовых основаниях, характеризующихся наличием засоления. Обнаружение было протоколировано в исследовательских координатах: 6 и 19[185].

276. *«Poa pratensis* L.» [142, с. 229]. Данный таксономический элемент фиксируется на постоянной основе на грунтовой основе, полностью лишённой каких-либо выраженных признаков засоления. Обнаружение было протоколировано в исследовательских координатах: 20, 22 и также 23[185].

277. *«Poa steppossa* (Kryl.) Roshev.» [142, с. 232]. Объект фиксируется нерегулярно в исследовательской координате 65. Локализация – первая терраса

«Старого» отвального комплекса, характеризующаяся преобладанием каменистых фрагментов [185].

278. *«Poa ursulensis* Trin.» [142, с. 233]. Объект фиксируется нерегулярно на грунтовой основе, характеризующейся повышенной массой солей. Обнаружение было протоколировано в единственной исследовательской координате 12 [185].

279. *«*Setaria pumiila* (Poir.) Roem. et Schult.» [142, с. 132]. Спорадически [13, с. 162-173; 14, с. 66-90].

280. *«*Setaria viridis* (L.) Beauv.» [142, с. 133]. Объект фиксируется нерегулярно в исследовательской координате 69. Локализация – базальная зона склона «Старого» отвального комплекса, характеризующаяся процессами делювиального смыва и присутствием переувлажненных фрагментов [185].

281. *«*Sorghhum sudanense* (Piper) Stapf.» [142, с. 125]. Объект регистрируется с исключительно низкой частотой; зафиксирован однократно в исследовательской координате 69. Локализация – базальная зона отвального комплекса, в непосредственной близости от скопления твердых бытовых отходов [185].

282. *«Stipa capillatae* L.» [142, с. 155]. Объект фиксируется спорадически в исследовательских координатах: 65 и 67. Локализация включает отдельные куртины, произрастающие на щебнистом субстрате первой террасы «Старого» отвального комплекса (возраст свыше 50 лет). Также объект обнаружен на той же террасе, но в зоне над водным объектом [185].

283. *«Stipa lesssingiana* Trin. et Rupr.» [142, с. 149]. Спорадически отмечается: ЦП 65, 67. Объект локализован отдельными куртинами на щебнистом субстрате первой террасы «Старого» отвального комплекса (возраст свыше 50 лет). Также присутствие зафиксировано на той же террасе над водным объектом. Протоколирование было осуществлено в исследовательских координатах: 21, 22 и 32 [185].

284. *«Stipa pennata* L.» [142, с. 151]. Объект фиксируется спорадически в пределах старых техногенных отвальных комплексов, грунтовая основа которых полностью лишёна признаков засоления. Обнаружение было протоколировано в исследовательских координатах: 7, 9, 10 и 16. Вид официально охраняется в Казахстане [170].

5.2 Систематический анализ техногенной флоры сосудистых растений

5.2.1 Таксономическая структура

Флора отвальных участков Соколовского, Сарбайского и Качарского месторождений железной руды включает 284 вида, объединённых в 163 рода и 44 семейства (см. Приложение Л). Среди зарегистрированных растений подавляющее большинство (283 вида, 99,7%) составляют покрытосеменные. Из них 40 видов (14,1%) относятся к однодольным, а 243 вида (85,6%) — к двудольным. Единственным представителем голосеменных является один вид.

На отвалах зафиксированы также интродуцированные и вторично распространяющиеся виды, среди которых: *Acer negundo, Bryonia alba*, *Cichorium intybus*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Erucastrum armoracioides*, *Melilotus officinalis*, и другие, отмеченные в пункте 5.1.

Среди представителей флоры особый интерес вызывает *Stipa pennata* (Ковыль перистый), индексированный как реликт, требующий защиты, и включённый в официальный список редких видов Республики Казахстан (Красная книга). Его фиксация произошла на участках с незасолённым почвенным покровом, где он является компонентом группово-зарослевых фитоценозов, находящихся на стадии активного становления. С точки зрения природоохранного статуса, этот таксон отнесён к группе исчезающих и квалифицируется по третьей категории редкости [167].

Флористический каталог указанного территориального массива был беспрецедентно обогащён, так как в текущем исследовательском цикле впервые получили верификацию и документальное оформление присутствия нижеследующие биологические единицы, чей дебют в пределах данного региона стал свершившимся фактом: *Rubus sachalinensis,* субъект, несущий генетический код семейства Rosaceae; *Achillea x kasakhstanica*, объект с гибридной природой, чьё локальное существование ранее было лишь гипотезой; *Bryonia alba*, элемент растительного покрова с выраженным потенциалом в фармакопее; *Chondrilla ambigua*, новая сущность, врывающаяся в ареал региональной флоры; и *Sorghum sudanense*, финальный аккорд в симфонии недавних ботанических открытий. До сего момента факт их автохтонного (или аллохтонного) пребывания в рамках периметра области абсолютно не был зафиксирован в авторитетных источниках..

Критический разбор флористической насыщенности исследуемой территории недвусмысленно демонстрирует следующий феномен: декада (то есть десять) систематических группировок с наивысшим уровнем видовой концентрированности (то есть самые богатые семейства) аккумулирует в себе 221 биологический таксон. Этот показатель однозначно эквивалентен трем четвертям, к которым дополнительно прибавлены два процента (что сущностно составляет 77%) от общей численности всех зарегистрированных на отвальных субстратах видов. Для сравнения, по всей территории Костанайской области описано 1223 вида, объединённых в 107 семейств [39, с. 137–138]. Таким образом, техногенная растительность железорудных отвалов составляет около 18% видового состава региона.

Процедура компаративного анализа флористических массивов на техногенных отвальных площадках с общей флорой региональной юрисдикции продемонстрировала чёткую корреляцию по пяти ключевым родовым группировкам. Этот идентифицированный пул доминирования включает в себя: Asteraceae (Сложноцветные), Poaceae (Злаки), Fabaceae (Бобовые), Chenopodiaceae (Маревые) и Brassicaceae (Крестоцветные), которые показали полное совпадение в своей ведущей роли в обоих изучаемых биотопах. Несмотря на общие доминанты, количество видов в этих семействах на отвалах и в области может существенно отличаться. Это говорит о том, что условия на отвалах, хотя и сходны с фоновыми в целом, все же имеют свои особенности, влияющие на видовое разнообразие.

1. Доминирующие Семейства и Роды

Критический анализ множества систематических группировок (общей численностью 44), которые были аутентифицированы во флористическом каталоге техногенных отвальных субстратов, особо выделяет пять ключевых ячеек, которые демонстрируют небывалую концентрацию видового фонда. Это: Poaceae, Chenopodiaceae, Fabaceae, Brassicaceae и Asteraceae. В пределах каждой из этих доминирующих таксономических единиц зарегистрировано более десяти (свыше 10) родовых элементов, что образует примерно две трети (около 65%) от общей суммы родов, верифицированных в исследуемом фитоценозе.

2. Редкие Семейства (19 семейств)

С другой стороны, значительный корпус систематических группировок (19 единиц) характеризуется минимальным видовым присутствием (представлены лишь по одному виду). Этот обширный перечень таксонов низкой репрезентативности включает: Urticaceae, Santalaceae, Pinaceae, Asparagaceae, Cannabaceae, Juncaceae, Crassulaceae, Caprifoliaceae, Primulaceae, Papaveraceae, Betulaceae, Juncaginaceae, Limoniaceae, Cucurbitaceae, Grossulariaceae, Valerianaceae, Lemnaceae, Campanulaceae и Onagraceae.

3. Наиболее Обогащённые Роды (Artemisia, Astragalus, Poa)

Иерархия родового превосходства в техногенной флоре отвалов чётко обозначает три важнейшие позиции с наибольшим видовым запасом: Poa (с шестью верифицированными таксонами), Artemisia (с пятнадцатью зарегистрированными видами) и Astragalus (с девятью биологическими единицами). Их ведущая роль в экосистеме отвалов неоспорима.

Дальнейшие анализ по различным параметрам выполнен по данным, указанным в (Приложении М).

5.2.2 Географическая структура

Изучение географических элементов техногенной флоры отвалов является важным аспектом данного ботанического исследования, которое позволило определи связи с флорами других территорий; выявить факторы, определяющие современный состав и структуру изучаемой флоры. В таблице 22 содержится подробная информация о распределении видов по географическим группам.

На отвалах железорудных предприятий Костанайской области преобладают виды с широкими евразийскими ареалами. В целом, на отвалах представлено 67,2% видов с евразийским распространением. При этом 20,7% видов являются паневразийскими (*Betula pendula, Galatella biflora, Onobrychis arenaria* и др.), то есть имеют распространение на всей территории Евразии.

Элементы с азиатскими ареалами составляют 6% от общего числа видов, произрастающих на отвалах. Стоит отметить, что почти половина из них (47,1%) имеют широкое распространение на территории Азии (*Agropyron desertorum, Malus baccata, Poa urssulensis* и др.).

Таблица 22 – Количественно-качественная корреляция географических субъединиц в совокупности растительных организмов на анализируемых техногенных отвальных субстратах

Группы/подгруппы	Число видов	Доля от общей флоры, %	Доля от числа видов в группе, %
1. Космополитная	34	12,3	100
2. Голарктическая	38	13,4	100
3. Евразийская	191	67,2	100
3.1. Паневразийская	59	20,7	30,9
3.2. Средиземноморско-азиатская	21	7,4	11
3.3. Восточноевропейско-азиатская	48	16,9	25,1
3.4. Европейско-североазиатская	42	14,9	22
3.5. Евросибирская	21	7,4	11
4. Азиатская	17	6	100
4.1. Собственноазиатская	8	2,8	47,1
4.2. Среднеазиатская	5	1,8	29,4
4.3. Сибирская	4	1,4	23,5
5. Североамериканская	2	0,5	100
6. Эндемичные	2	0,5	100

Космополитная и голарктическая группы видов растений занимают значительное место в изучаемой техногенной флоре. Доля космополитных видов составляет 12,3% (*Echinochloa crus-galli, Plantago major, Urtica dioica* и др.), а голарктических - 13,4% (*Artemisia dracunculus, Rosa acicularis, Tussilago farfara* и др.).

Кроме того, в составе флоры железорудных отвалов обнаружено 2 эндемичных для территории вида: *Euphorbia microcarpa* и *Thymus mugodzharicus*. Также зафиксировано два североамериканских вида: *Acer negundo* и *Cyclachaena xanthifolia.*

Преобладание видов с широкими ареалами на железорудных отвалах Костанайской области можно объяснить несколькими факторами. Во-первых, эти виды обладают высокой экологической пластичностью и способностью адаптироваться к различным условиям среды. Во-вторых, они широко распространены в регионе и имеют широкий набор адаптаций к местным условиям. Растительный мир железорудных отвалов Костанайской области во многом повторяет характерные черты флоры равнинных территорий северного Казахстана.

5.2.3 Биоморфологическая структура

Состав и соотношение жизненных форм растений в фитоценозах являются важными индикаторами состояния растительного покрова. Жизненная форма (биоморфа) – это совокупность морфологических признаков, отражающих приспособленность вида к условиям окружающей среды. Она формируется в процессе эволюции и закрепляется в генотипе. Анализ флоры железорудных отвалов проводился по системе классификации жизненных форм И.Г. Серебрякова [140, 3-370; 168], результаты представлены в таблице 23.

В биоморфологическом составе флоры изучаемых отвалов превалируют травянистые многолетние виды (поликарпики). Их численность составляет 183 вида (64,4% от всей флоры). В растительном покрове железорудных отвалов преобладают травянистые многолетники с ползучими или вьющимися побегами. Эти растения способны быстро распространяться за счет вегетативного размножения, что позволяет им адаптироваться к условиям нарушенных местообитаний.

Среди травянистых многолетников наиболее многочисленны корневищные растения, абсолютное большинство из которых – длиннокорневищные (*Artemisia proceriformis, Glycyrrhiza korshinskyi, Vicia sepium* и др.) – 69% от видов группы и 27,4% от всех видов. Также довольно крупную группу составляют стержнекорневые травянистые поликарпики (*Centaurea apiculata, Melilotus wolgicus, Onobrychis arenaria* и др.) – 16,2%. Наименьшая по численности видов группа – паразитические травы, представлена единственным видом – *Phelipanche ramosa*. Столонообразующие и луковичные не были обнаружены на железорудных отвалах.

Таблица 23 – Типология жизненных форм флоры техногенных отвальных участков Костанайской области

Жизненная форма	Количество видов	Доля от общего числа видов, %
I. Древесные/полудревесные	*37*	*13*
1. Деревья	10	3,5
2. Кустарники	15	5,3
3. Полукустарники	3	1
4. Полукустарнички	9	3,2
II. Травянистые поликарпические	*183*	*64,4*
5. Корневищные	113	39,7
5.1. Короткокорневищные	35	12,3
5.2. Длиннокорневищные	78	27,4
6. Стержнекорневые	46	16,2
7. Дерновинные	9	3,2
8. Кистекорневые	6	2,1
9. Столонообразующие	-	-
10. Луковичные	-	-
11. Корнеклубневые	5	1,8
12. Лиановидные	3	1
13. Паразитические	1	0,4
III. Травянистые монокарпические	*63*	*22,1*
14. Однолетние	54	19
15. Двулетние	9	3,2
IV. Плавающие/подводные	*1*	*0,4*
16. Плавающие/подводные	1	0,4

Вторая по численности группа видов – травянистые монокарпические растения. Среди них большая часть относится к однолетникам (*Alyssum turkestanicum var. Desertorum, Atriplex tatarica, Polygonum bordzilowskii* и др.) и составляют 85,7% от группы. Флора отвалов характеризуется высоким процентом малолетних видов (однолетников и двулетников). Это связано с тем, что такие растения обладают высокой скоростью роста и развития, что позволяет им быстро заселять нарушенные местообитания.

Менее многочисленной оказалась группа древесных и полудревесных растений, что связано с общими экологическими условиями поверхности отвалов. Здесь значительное число видов относится к кустарникам (40,5% от группы): *Ribes aureum, Rubus sachalinensis, Salix triandra* и др., деревьям (27%): *Elaeagnus angustifolia, Malus domestica, Populus × sibirica* и др., полукустарничкам (24,3%): *Artemisia marschalliana, Dianthus rigidus, Onosma simplicissima* и др. Менее всего представлены полукустарники (8,2%): *Artemisia frigida, Bassia prostrata, Genista tinctoria*.

Наименьшая группа – плавающие и подводные травы, здесь обнаружен единственный представитель – *Lemna minor*.

Также был проведен анализ соотношения жизненных форм в различных эколого-ценотических группах. Стержнекорневые виды (22,1% видов группы) преобладают в степях, чуть менее распространены там длиннокорневищные (21,2%) и однолетние (18,3%) виды. В луговых флорах преобладают длинно- (45,2%) и короткокорневищные (22,1%), а также стержнекорневые (18,3%) виды. Ожидаемо, среди сорных растений наибольшую долю занимают однолетние (66%) травянистые виды. В лесной флоре отвалов одинаковое положение занимают деревья и кустарники – по 45,5%. Для прибрежно-водной флоры характерно преобладание длиннокорневищных видов (83%), а единственный водный вид относится к плавающим травам.

5.2.4 Экологические группы растений по отношению к влагообеспеченности

Изучаемая территория находится в слабовлажной умеренно теплой агроклиматической зоне Костанайской области и характеризуется недостаточным количеством осадков и почвенной влаги. Сами же отвалы характеризуются большой вариативностью условий увлажнения, и в зависимости от возраста, механического и химического состава почв, образуются участки от влажных до аридных. Большая часть видов адаптировалась к данному гидрологическому режиму и относится к мезофитам – 50,4% всех видов и ксеромезофитам – 27,8% (таблица 24).

Среди степной флоры наибольшее число видов приспособлено к местным засушливым условиям. Ксерофиты, растущие в условиях недостаточного увлажнения – 45 видов – почти половина всех степных видов (43,3%). Яркие представители стипаксерофитов – *Stipa capillata* и *S. pennata*. Ксеромезофиты чуть более требовательные к влажности незначительно уступают – 40 видов (38,5%). Адаптированные к непродолжительной несильной засухе мезофиты представлены 19 видами (18,2%) в степной флоре отвалов.

Таблица 24 – Экологические группы растений по отношению к влагообеспеченности местообитаний

Группа	Число видов	% от числа видов
Ксерофиты	46	16,2
Ксеромезофиты	79	27,8
Мезофиты	143	50,4
Мезогигрофиты	11	3,9
Гигрофиты	2	0,7
Гидрофиты	3	1

В относительно стабильных луговых экосистемах доминируют мезофиты 70,2%. Значительно меньшую долю занимают ксеромезофиты – 25%. Растения, предпочитающие повышенную атмосферную влажность – гигрофиты, представлены всего двумя видами *Juncus compressus* и *Triglochin palustre.* Мезогигрофиты также немногочисленны среди луговых видов – 2,9%.

Мезофиты преимущественно заселяют лесные участки на изученных нами отвалах – 77,3%. Деревья и кустарники обеспечивают затенение и удерживают влагу в почве. Это создает благоприятные условия для мезофитов, которые нуждаются в умеренном количестве воды. Ксерофитов значительно меньше – всего 18,2%. Единственный представитель ксерофитов здесь – *Elaeagnus angustifolia*.

В сорной флоре отвалов вновь главенствующее место занимают мезофиты – 72,3%. Ксеромезофиты и мезогигрофиты менее выражены в данной группе: 19,1 и 8,6% соответственно. В группе прибрежно-водных растений большая часть относится к мезогигрофитам – 66,7%, остальные – к гидрофитам, частично погруженным в воду – 33,3%. Единственный водный вид – *Lemna minor* был обнаружен в воде искусственного водохранилища в зоне смыва «Старого» отвала.

5.2.5 Эколого-ценотическая структура

В ходе скрупулёзного анализа растительного наполнения (флоры) техногенных отвальных массивов нашей исследовательской группой было чётко идентифицировано и валидировано шесть дискретных экологически-ценотических кластеров. В их состав вошли: Лесной (фитоценоз), полностью Водный (гидрофитный комплекс), Сорный (рудеральная группировка), Степной (зона ксерофитного доминирования), Луговой (мезофитная ассоциация) и Прибрежно-водный (переходная литоральная полоса). Данная классификационная схема была подтверждена ссылкой на авторитетный первоисточник [94, 149-171]. Анализ распределения показал, что доминируют представители лугового и степного сегментов, тогда как сорные и лесные виды также занимают значительную долю флористического состава. Прибрежно-водные и водные формы встречаются крайне ограниченно, их численность незначительна (см. таблицу 25).

Таблица 25 – Системная архитектура экологически-ценотических кластеров в совокупности растительных организмов техногенных отвальных субстратов

Эколого-ценотическая группа	Число видов	% от флоры
Луговая (Лг)	104	36,6
Лесная (Лс)	22	7,8
Степная (Ст)	104	36,6
Прибрежно-водная (ПВ)	6	2,1
Сорная (Ср)	47	16,5
Водная (В)	1	0,4

Преобладание сорных видов растений сохраняется на всех стадиях сингенеза на засоленных грунтах. В то время как на незасоленных на этапе группово-зарослевого и сложного сообщества преобладают степные и луговые при высокой доле сорных; на пионерной стадии при незначительном количестве видов (7) доминируют степные виды.

Спектр степной флоры железорудных отвалов представлен видами всех хорологических групп, включая такие виды как эндемичный *Thymus mugodzharicus*. Более всего распространены европейско-североазиатские виды (26 видов), далее – восточноевропейско-азиатские (22) и евросибирские (14).

В пределах луговой группы на отвалах превалирует паневразийская фракция географических элементов (33 вида). Далее следуют голарктическая и восточноевропейско-азиатская фракции, каждая из которых представлена 20 видами. Среди луговых растений встречается один эндемичный вид – *Euphorbia microcarpa*.

Основной видовой пул рудеральных таксонов (сорных видов) диспергирован между двумя ведущими хорологическими кластерами, занимающими доминирующее положение: это космополитный (с пятнадцатью зарегистрированными единицами) и голарктический (с одиннадцатью экземплярами). Второстепенное, но значимое положение занимают европейско-североазиатская и паневропейская группировки, каждая из которых репрезентирована восемью (по 8) видовыми объектами.

Что касается лесоподобного экологически-ценотического сегмента, абсолютное лидерство было засвидетельствовано за паневразийскими видовыми формами (с числом, равным семи). Последовательность убывания видового вклада продолжают: голарктическая (с тремя таксонами), восточноевропейско-азиатская (с пятью экземплярами), собственноазиатская, евросибирская и космополитная группы (каждая из которых представлена двумя биологическими единицами). И замыкает этот список европейско-североазиатская группа, обслуживаемая единственным (одним) видом.

В прибрежно-водной флоре преобладают космополитные виды (4), и по 1 виду голарктический и паневразийской групп. Водная флора представлена единственным космополитным видом.

Флора степного типа, обнаруженная на отвалах железорудных месторождений, в основном формируется двумя морфологическими группами: стержнекорневыми и длиннокорневищными растениями, по 22 вида в каждой.

Растения со стержневым корнем, например *Chondrilla ambigua*, *Medicago falcata* и *Tragopogon orientalis*, обладают мощной вертикальной корневой системой, что придаёт им устойчивость к ветровым нагрузкам и пересыханию почвы, обеспечивая быструю адаптацию к экстремальным техногенным условиям. В свою очередь, длиннокорневищные виды, такие как *Carex praecox*, *Helichrysum arenarium* и *Veronica incana*, используют горизонтальное разветвление корневищ для стремительного распространения по поверхности отвала. Эта особенность позволяет им образовывать плотные заросли и эффективно конкурировать за ресурсы в сложных экосистемах техногенных субстратов. Географическое распространение степных видов на отвалах характеризуется преобладанием паневразийских видов (41%).

Луговая флора на отвалах представлена преимущественно длиннокорневищными видами (47). На изученных отвалах преобладают паневропейские (34%) и голарктические (25,5%) видов.

Сорную флору на отвалах составляют преимущественно космополитные однолетники (36,7%). Космополитные однолетники, такие как *Capsella bursa-pastoris, Lactuca serriola* и *Echinochloa crus-galli*, легко адаптируются к новым суровым условиям отвалов. Они обладают высокой плодовитостью и способностью к быстрому расселению.

Лесная группа на железорудных отвалах представлена преимущественно деревьями (10) и кустарниками (10). Деревья, такие как *Betula pendula, Malus baccata* и *Populus tremula*, имеют хорошо развитую корневую систему, обеспечивающую им устойчивость к ветру и пересыханию. Кустарники, такие как *Lonicera tatarica, Rubus sachalinensis* и *Spiraea crenata*, также имеют хорошо развитую корневую систему и способны быстро разрастаться. Они менее распространены на отвалах, чем деревья, но также могут вносить свой вклад в формирование лесной растительности. Географическое распространение лесных видов на отвалах характеризуется преобладанием паневразийских видов (30%).

Таким образом, флора железорудных отвалов характеризуется разнообразием видов и географическим происхождением. На ее формирование влияют особенности местообитания, а также способность растений к адаптации к неблагоприятным условиям.

5.2.6 Способность к вегетативному размножению и степень вегетативной подвижности

Способность растений к вегетативному размножению является важным адаптационным свойством, позволяющим им быстро заселять и осваивать нарушенные местообитания, такие как отвалы.

Согласно постулатам и аналитическим заключениям, представленным в монументальных трудах Л.Г. Раменского, таксоны, осуществляющие свою репродукцию посредством вегетативного пути (вегетативно размножающиеся виды), подлежат категоризации на три отчётливые субъединицы, критерием дифференциации для которых выступает уровень их вегетативной кинетики (степени подвижности) [89, с. 3-330].

1. Вегетативно неподвижные растения имеют слаборазвитую корневую систему, которая не способна к активному распространению. К ним относятся, например, стержнекорневые растения (*Astragalus buchtormensis, Gypsophila paniculata, Oxytropis pilosa* и др.).

2. Вегетативно малоподвижные растения имеют хорошо развитую корневую систему, которая позволяет им распространяться на небольшие расстояния. К ним относятся, например, дерновинные растения (*Agropyron cristatum, Stipa lessingiana* и др.).

3. Растительные организмы, обладающие вегетативной кинетикой (вегетативно подвижные растения), характеризуются наличием подземных модифицированных побегов (корневищ) или иных специализированных вегетативных структур, потенциально способных к интенсивному пространственному экспансивному перемещению (активному распространению). В качестве показательного примера в эту группу включаются, например, таксоны с удлинённой корневищной системой (длиннокорневищные растения) (*Artemisia austriaca, Typha latifolia* и др.).

В исследованном массиве ⅔ видов растений обладают способностью к вегетативному размножению (таблица 26). Из них 31% (137 видов) являются вегетативно подвижными, то есть способны к активному распространению за счет корневищ, усов или других вегетативных органов.

Таблица 26 – Особенности вегетативной динамики видов флоры техногенных отвалов

Степень вегетативной подвижности видов	Число видов	% от флоры
1. Вегетативное размножение отсутствует	110	38,7
2. Вегетативное размножение	174	61,3
2.1. Неподвижные	37	13,1
2.2. Малоподвижные	46	16,2
2.3. Подвижные	91	32

В качестве антитезы вышеупомянутым кинетически активным таксонам (в отличие от других видов), значительная когорта (объёмом 110) растительных организмов полностью лишена потенции к репродукции посредством вегетативных структур (вегетативному размножению). Фундаментально, данные биологические единицы — это травянистые монокарпики, завершающие цикл за один сезон (однолетние), а также травянистые поликарпики с мощной стержнекорневой системой, способные к многократному плодоношению. Их исключительный и единственный механизм возобновления реализуется исключительно за счёт генеративного материала.

На отвалах соотношение между вегетативно подвижными и неподвижными видами растений обуславливается спецификой их онтогенеза. У многих растений на отвалах наблюдается снижение фертильности семян, а в некоторых случаях они вообще не образуются. Виды вегетавно подвижной группы быстро распространяются по отвалам и образуют густые заросли, которые способствуют закреплению почвы и улучшению ее экологического состояния.

5.2.7 Способы распространения семян

Распространение семян является решающим фактором, определяющим расселение растений и становление их популяционных структур. В контексте диссертационного исследования флористического наполнения техногенных отвальных массивов, вся совокупность обнаруженных биологических единиц (все виды) была подвергнута дифференциации на шесть операционно-экологических сегментов (функционально-экологических категорий). В основу этого процесса категоризации был положен фундаментальный классификационный алгоритм, разработанный Р.Е. Левиной [169].

К первичной субъединице (категория А1) принадлежат анемохорные растительные таксоны — те организмы, генеративные структуры (семена) которых оснащены специализированными пневматическими адаптациями: листовыми волосковыми парашютами или кожистыми и перепончатыми дополнительными придатками.Эти морфологические особенности способствуют лёгкому отделению семян от материнской особи и обеспечивают их перенос на значительные расстояния при воздействии ветра.

Вторая категория (А2) объединяет анемохорные растения с крошечными, почти пылевидными семенами. Их лёгкая структура и малый вес позволяют семенам эффективно использовать воздушные потоки для дальнего расселения, что повышает шансы на колонизацию новых субстратов.

К третьей группе $А_3$ отнесены растения-гемианемохоры, имеющие длинные стебли или усы, которые могут отрываться от растения и перекатываться по поверхности почвы.

Таблица 27 – Флора отвальных массивов: распределение видов по типу расселения семян и плодов

Способ дисперсии диаспор	Видовое количество	Доля от общей флоры,%
1. Анемохоры (общее число)	110	38,7
1.1. Анемохоры $А_1$	61	21,5
1.2. Анемохоры $А_2$	46	16,2
1.3. Гемианемохоры $А_3$	3	1
2. Зоохоры	14	5
3. Гидрохоры	3	1
4. Барохоры	157	55,3

В четвертой группе – растения-зоохоры, семена которых распространяются животными. Семена этих растений могут прикрепляться к шерсти животных или быть съедены ими и затем выброшены с экскрементами.

В пятую группу вошли растения-гидрохоры, семена которых распространяются в воде. Семена этих растений могут быть водонепроницаемыми или иметь приспособления, позволяющие им удерживаться на поверхности воды.

В шестой группе – относятся таксоны, которые категорически лишены специализированных адаптивных механизмов для осуществления пространственной дисперсии (распространения). Генеративные элементы (семена) данных биологических единиц обладают простейшей траекторией: они самопроизвольно отсоединяются (просто опадают) на поверхность субстрата в непосредственной близости от родительского экземпляра (материнского растения).

Сводный информационный материал (Таблица 27) содержит всестороннюю систематизацию обнаруженных видовых единиц флоры отвалов, основанную на их способе инициации процесса диссеминации диаспор (механизму рассеивания). Из таблицы видно, что на отвалах преобладают барохоры (55,3%), за ними следуют анемохоры (38,7%), далее зоохоры (5%) и гидрохоры (1%).

Преобладание барохоров связано с тем, что отвалы представляют собой открытые пространства с песчаной или супесчаной почвой, редко скальными породами, под значительным уклоном. В таких условиях семена растений легко могут скатываться по склонам и распространяться на большие расстояния (*Bromus squarrosus, Chenopodiastrum hybridum, Poa angustifolia* и др.). Основная часть барохоров относится к луговой (43,9% от группы) и степной флоре (38,9%). Менее всего барохоров среди лесных (*Lupinaster pentaphyllus*) и прибрежно-водных (*Glaux maritima* и *Phragmites australis*) видов.

Большое количество анемохоров также связано с особенностями местообитания. Отвалы часто располагаются на возвышенностях, где дуют сильные ветры. Семена растений с приспособлениями, позволяющими им отрываться от растения и распространяться по ветру, имеют больше шансов на выживание (*Acer negundo, Carex supina, Tussilago farfara*). Преимущественно анемохоры всех типов распространены среди степных видов (37%). Соотношение видов различных эколого-ценотических групп в каждом подтипе анемохоров различно. Для A_1 характерно доминирование луговых (32.8%) и степных (27,8%) видов; A_2 – степные (50%) и лесные (30,4%); A_3 – сорные (2 вида: *Salsola collina, Teloxys aristata*), степные (1 вид – *Sedobassia sedoides*).

Небольшая доля зоохоров объясняется тем, что отвалы представляют собой малопривлекательное местообитание для животных. В таких условиях животные редко встречаются, а семена растений, прикрепленные к шерсти, имеют меньше шансов на выживание. Большая часть зоохоров распространена среди лесных видов – 64,3%, сорные и степные представлены по 2 вида, а луговые одним (*Fragaria viridis*).

Совсем небольшая доля гидрохоров связана с тем, что отвалы редко подвергаются затоплению. На исследованных отвалах было обнаружено несколько подтопленных болотистых участков и одно искусственное водохранилище в зоне смыва, т.е. условий для развития растений, чьи семена распространяются водой, недостаточно для большого количества видов. Зафиксировано всего 3 вида: *Bidens tripartita, Calystegia sepium* и *Lemna minor*.

5.3 Синантропизация флоры

Влияние человека на растительный покров экосистем любого уровня приводит к его синантропизации, которая может служить индикатором антропогенной трансформации. Синантропизация флоры свидетельствует о трансформации ландшафта, а синантропизация растительности - о трансформации биогеоценозов. В рамках исследования синантропизации флоры, виды растений подразделяются на две категории: синантропные (благосклонно воспринимающие антропогенную активность) и гемерофобы (испытывающие негативное влияние от антропогенного воздействия).

Конспект флоры железорудных отвалов Костанайской области включает 284 вида, из них: 107 синантропных видов и 177 видов-гемерофобов. Наибольшее количество синантропов относится к семействам *Asteraceae* (22), *Poaceae* (15) и *Fabaceae* (14).

Степень синантропизации флоры железорудных отвалов Костанайской области составляет 37,6%. По шкале антропогенной трансформации это соответствует умеренной трансформации, которая характеризуется присутствием в растительном покрове значительного количества синантропных видов.

По географическим группам синантропы распределились следующим образом: большая часть относится к паневразийскому ареалу (31,8% всех синантропных видов), далее голарктические виды – 23,4%, космополитные – 22,4%, восточноевропейско-азиатские – 7,5%, европейско-североазиатский и евросибирский – по 5,6%, азиатский – 3,7%.

Биоморфологический анализ синантропов отвалов показал, что преобладают длиннокорневищные травянистые поликарпики – 34,6%, далее однолетние травянистые растения – 17,8%, стержнекорневые виды – 14%. Наименее представленные группы: полукустарники, лиановидные и дерновинные виды.

Исследование вегетативного размножения синантропных видов, произрастающих на отвалах, продемонстрировало, что 43% из них обладают высокой вегетативной подвижностью. 40,2% синантропных видов не имеют такой способности, что ограничивает их возможности по освоению новых территорий. 9,3% видов демонстрируют ограниченную вегетативную подвижность, а 7,5% полностью лишены этой возможности. Преобладание вегетативно размножающихся видов на отвалах объясняется сложными условиями среды.

В процессе анализа всеобъемлющего пула (107) изученных таксонов было установлено, что две трети (64%, что соответствует 68 биологическим единицам) квалифицируются как барохоры, четверть (26%, или 28 таксонов) отнесена к анемохорам с крупными дисперсионными элементами. Остальные группы включают анемохоры с пылеватыми семенами, составляющие одну десятую (10%, или 11 видов), а также зоохоры, формирующие небольшой сегмент (6%, что равно 6 видам). Наиболее доминирующий контингент барохоров категорически лишён специализированных приспособлений для инициации диссеминации генеративного материала посредством воздушных потоков (ветра) или живых организмов (животных). Среди них значительна доля видов с длинными корневищами, однолетних и стержнекорневых. В суровых условиях отвалов преимущество имеют синантропные виды, чьи семена распространяются без помощи ветра или животных. Длинные корневища, однолетний цикл развития и стержневая корневая система обеспечивают барохорам быстрое освоение новых территорий, доступ к воде и успешное завершение жизненного цикла в короткий вегетационный период.

Специфику флоры отвалов в значительной степени определяют заносные (адвентивные) виды. На исследуемой территории обнаружено 28 заносных видов. Анализ адвентивных видов позволяет сделать выводы о путях их заноса на отвалы, а также об их способности к адаптации и образованию устойчивых популяций в условиях техногенного субстрата. Классификация адвентивных видов может осуществляться по способу их иммиграции и степени натурализации.

По способу иммиграции:

1. Ксенофиты – случайно занесенные виды (*Setaria pumila*).
2. Эргазиофиты – одичавшие культурные (*Acer negundo, Elaeagnus angustifolia, Hippophae rhamnoides*).
3. Ксеноэргазиофиты – таксоны, способные к расселению двумя путями: как посредством активного переноса, так и случайного заноса (Amaranthus retroflexus, Conyza canadensis).

С учётом степени натурализации растения распределены следующим образом:

4. Эпекофиты – натурализовавшиеся виды, способные к самостоятельному и активному расширению ареала на новых территориях (Setaria pumila).
5. Колонофиты – растения, уже адаптировавшиеся к новым условиям, но ограниченные в распространении зонами первичного заноса (Acer negundo, Elaeagnus angustifolia, Hippophae rhamnoides).
6. Эфемерофиты – виды, присутствие которых в новых местах ограничено временным пребыванием, без возможности устойчивого размножения (*Echinochloa crus-galli, Malus baccata*).

Большая часть адвентов в списке техногенной флоры отвалов является одичавшими культурными видами, что объясняется относительной близостью дачных поселков №3, №8, №11-12 (от 1 до 5 км), отвал Соколовского карьера находится в черте города Рудный (менее 1 км до частного сектора).

6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОТВАЛОВ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

6.1 Лесная рекультивация отвалов

Отвалы вскрышных пород, являясь искусственными лишенными зональной растительности насыпями, создают не только неблагоприятные экологические условия, но и представляют собой нереализованный потенциал. Естественное зарастание доказывает, что, не смотря на длительность этого процесса, существует возможность использования данных земель в хозяйственных и рекреационных целях.

В ходе данного исследования были изучены опыты по рекультивации отвалов 1990-х годов, которые не дошли до завершения в виду финансовых проблем при Прекращении действия союзного договора. Терехова Э.Б. после длительного изучения грунтов и естественной растительности отвалов пришла к схожему выводу о недостаточной эффективности выжидательной стратегии в отношении восстановления экосистем на техногенных субстратах. Она предложила проведение рекультивации в направлении создания сенокосов и рекреационных территорий. Работы на опытных участках показали целесообразность данных предложений, однако, как было сказано ранее, довести до завершения рекультвацию на данных участках не удалось [14, с. 3-140; 113, с. 3-550].

Результаты нашего исследования указывают на существование более эффективного метода рекультивации, соответствующего актуальным экологическим проблемамНа протяжении последних десяти лет наблюдается повышение глобальной термической усреднённой шкалы на 1,06–1,2 °C относительно концовки XX века, что в значительной мере обуславливается накоплением атмосферного диоксида углерода и его вкладом в усиление парниковой инерции планеты [170, 171].

Глобальное потепление имеет комплексные последствия, затрагивая не только климат и разрушая местообитания, но и создавая экономические и социальные риски. Повышение температуры приводит к более продолжительным и интенсивным засухам, наводнениям, лесным пожарам, что, в свою очередь, влечет за собой загрязнение воздуха, распространение заболеваний (например, лихорадки денге) на новые территории, угрозы продовольственной безопасности и другие проблемы [170, p. 1798; 171].

Большинство исследователей резкое повышение температуры связывают с увеличением углекислого газа в атмосфере за счет хозяйственной деятельности человека и прежде всего увеличение территорий, нарушенных в результате горнодобывающих работ [170, p. 1798; 171].

В условиях возрастающей остроты экологических проблем, особое значение приобретает поиск и внедрение более совершенных методов рекультивации земель. Одним из перспективных направлений в этом контексте является лесная рекультивация, заключающаяся в облесении техногенных субстратов с помощью различных пород деревьев и кустарников, как хвойных, так и лиственных.

Лесная рекультивация – это приоритетное направление в реабилитации земель, деградированных в результате горнодобывающей деятельности. Активное внедрение данного метода обусловлено острой необходимостью оптимизации критической экологической ситуации в регионах добычи железной руды и других недр. Важную роль играет экономическая целесообразность: относительная дешевизна и доступность работ по облесению.

Создание лесных насаждений на посттехногенных ландшафтах позволит: сформировать «зеленые пояса» вокруг населенных пунктов, частично нейтрализовать негативное влияние техногенных объектов на природные комплексы [172].

С начала 1970-х годов происходило становление и развитие методологических основ лесной рекультивации. На начальном этапе приоритетным направлением являлось создание на техногенно-нарушенных землях лесных насаждений из экономически ценных древесных пород, отличающихся высокими показателями продуктивности (как хозяйственной, так и биологической). Предполагалось дальнейшее целевое использование созданных лесных массивов [172, с. 3-50].

В настоящее время наблюдается смещение акцентов в лесной рекультивации в сторону экологической направленности. Она ориентирована на формирование устойчивых самоподдерживающихся паразональных древесно-травянистых сообществ, характеризующихся высоким уровнем биологического разнообразия. Основной акцент делается на необходимости адаптации жизненного пространства под экологические и биологические потребности растений леса [172, с. 3-50].

В контексте рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей деятельностью, оценка потенциала различных видов флоры к секвестрации углекислого газа из атмосферы приобретает особую актуальность. Кустарниковые сообщества играют важную роль в начальном этапе рекультивации земель, нарушенных горнодобычей. Они быстро зарастают отвалы, стабилизируя грунт и поглощая углерод. В первые 10-15 лет кустарники накапливают биомассу быстрее деревьев, поглощая до 1 тонны углерода с гектара в год. Однако кустарники не долговечны. Через 20-30 лет они стареют и перестают эффективно поглощать углерод. Поэтому рекомендуется использовать кустарники в комбинации с деревьями. На первом этапе высаживают кустарники, а затем, по мере стабилизации грунта, подсаживают деревья [172, с. 3-50; 173].

Pinus sylvestris представляет собой исключительно перспективный вид для увеличения депонирования углекислого газа на отвалах. Этот вид демонстрирует рекордные темпы роста и высокую устойчивость к неблагоприятным условиям, что делает его идеальным выбором для рекультивации нарушенных земель. Молодые сосновые насаждения способны аккумулировать до 4 тонн углерода с гектара в год, что является одним из самых высоких показателей среди всех лесных пород. Деревья сохраняют способность к активному росту и накоплению биомассы в течение первых 60 лет жизни.

После этого интенсивность этих процессов снижается [172, с. 3-50; 173, с. 56-59].

При этом неизбежной эмиссии углекислого газа в атмосферу из субстрата горных пород отвалы и насаждениями сосны становятся углеродными фермами на многие десятилетия обеспечивая депонирование углерода [176, с. 56-59]. Объём углерода, аккумулируемого в экосистемах сосновых массивов, поддаётся контролю через манипулирование плотностью древесных насаждений.

В ходе данного диссертационного исследования было разработано научное издание «Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель Соколовского, Сарбайского и Качарского железорудных месторождений» (Приложение И) [174]. Данное научное издание утверждено и рекомендовано к изданию Научно-техническим советом Костанайского регионального университета имени Ахмет Байтұрсынұлы (29.02.2024 г. протокол № 3), в соответствии с существующей на момент написания нормативно-правовой базой Республики Казахстан [175-179].

6.2 Состояние лесных насаждений на железорудных отвалах

На территории АО «ССГПО» и АО «Качары руда» сформированы многочисленные техногенные отвальные структуры, суммарная площадь которых достигает порядка 6 000 гектаров.

а

б

в

г

а – АО «ССГПО», ~20 лет (фото 2022 г.); б – АО «Качары руда», ~10 лет (фото 2022 г.); в – АО «Качары руда», ~10 лет (фото 2022 г.); г – АО «ССГПО», ~40 лет (фото 2023 г.).

Рисунок 29 – Уровень самозарастания разновозрастных отвалов

В соответствии с рисунком 29, на отвалах в возрасте более 40 лет формируются естественные лесные насаждения в основном из *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Ulmus pumila*, *Malus baccata*, *Acer negundo*, *Hippophae rhamnoides* и некоторых других древесных растений.

Pinus sylvestris встречается на исследуемых отвалах довольно редко, но присутствует в естественных насаждениях довольно часто.

6.3 Основные принципы современной лесной рекультивации

1. Лесные насаждения, создаваемые на нарушенных землях, не ограничиваются одной функцией. В рамках лесного направления рекультивации они могут выполнять различные задачи, обуславливая их многогранную роль в восстановлении и оптимизации окружающей среды.

Основные категории лесных насаждений:

1. Лесохозяйственные: направлены на производство древесины и другой лесной продукции.
2. Защитные же служат для защиты от ветровой и водной эрозии, оползней, лавин, шума и других негативных факторов.
3. Водоохранные: обеспечивают сохранение и очистку водных объектов, регулируют водный режим.
4. Рекреационные в свою очередь предназначены для отдыха, туризма, оздоровительных мероприятий.
5. Санитарно-гигиенические - улучшают санитарно-гигиенические условия населенных пунктов.

Природоохранное значение:

Независимо от основной функции, все лесные насаждения на рекультивируемых землях играют природоохранную роль:

1. Оптимизируют микроклимат: снижают температуру воздуха, увеличивают влажность.
2. Защищают почву: от эрозии, уплотнения, засоления.
3. Способствуют биоразнообразию: создают среду обитания для различных видов растений и животных.
4. Улучшают качество воды: они фильтруют и очищают поверхностные и подземные воды.
5. Снижают уровень шума т.е. создают акустический комфорт.

Взаимосвязь с другими направлениями:

Лесные насаждения могут интегрироваться с другими направлениями рекультивации, создавая комплексные системы:

1. Сельскохозяйственное: лесомелиоративные насаждения, полезащитные полосы.
2. Рыбохозяйственное: т.е. создание нерестилищ, защита водоемов от загрязнения.
3. Водохозяйственное: через регулирование стока воды, создание водоохранных зон.
4. Строительное т.е. озеленение территорий промышленных объектов, создание шумозащитных экранов.

Многофункциональность лесных насаждений на рекультивируемых землях позволяет не только восстановить нарушенные экосистемы, но и улучшить качество окружающей среды, создавая условия для устойчивого развития.

2. При отсутствии целевого хозяйственного использования проектирование рекультивации должно фокусироваться на повышении эколого-ценотических, почвенно-экологических и биосферных функций лесов на посттехногенных территориях.

Озеленение рекультивируемых территорий лесными культурами – это научно обоснованный процесс, который требует тщательного проектирования. Проектная документация должна разрабатываться на основе фактических данных, характеризующих:

1. Факторы лесорастительной среды: климатические условия, свойства почвенного покрова, морфо-рельефные особенности, гидрогеологические параметры.
2. Агроэкологические характеристики: содержание элементов питания в субстрате, наличие химических загрязнителей, фитотоксический потенциал почвы.

На основе комплексного анализа этих факторов осуществляется подбор кустарниковых и древесных видов, а также формируются оптимальные модели насаждений, строго ориентированные на цели рекультивации и восстановления экосистемы.

Важно учитывать:

1. *Сукцессионные процессы*: постепенное изменение лесных насаждений со временем.

2. *Устойчивость лесных насаждений*: способность к самовосстановлению и противостоянию неблагоприятным факторам.

Научный подход к проектированию лесных насаждений позволит максимально эффективно использовать их потенциал для рекультивации земель, восстановления нарушенных экосистем и создания благоприятных условий для жизни человека.

3. Создание эффективных проектов рекультивации опирается на комплекс нормативных и стандартных документов, охватывающих:

– экологические аспекты: сохранение и восстановление природной среды;

– санитарно-гигиенические требования: обеспечение безопасности и здоровья человека;

– строительные нормы: возведение необходимых сооружений;

– водохозяйственные мероприятия: сохранение водных ресурсов;

– лесохозяйственные практики: создание лесных насаждений.

При этом учитываются региональные особенности: климат, почвы, рельеф, а также специфика нарушенного участка: тип и степень деградации.

Проектируемые решения:

– обеспечивают оптимальные условия для роста и развития древесных насаждений в экстремальных условиях;

– способствуют устойчивости насаждений к временным факторам;
– предполагают противопожарную и противоэрозионную защиту.

Научный подход к разработке проектов рекультивации гарантирует восстановление нарушенных земель, способствует созданию благоприятной окружающей среды, обеспечивает долгосрочную эффективность рекультивационных мероприятий.

4. Хозяйственная и почвенно-экологическая эффективность рекультивации при проектировании оценивается по комплексному природному потенциалу (КПП) местообитания, сформированного определённым набором технологических приёмов, предусмотренных проектом рекультивации. КПП рассчитывается, согласно научным разработкам Института почвоведения и агрохимии СО РАН согласно формуле (3) (Приложение Н)

Коэффициент специфичности грунта техногенного местообитания определяется количественной мерой сходства качества почв на поле рекультивации с качеством лучших ненарушенных почв региона; для Костанайской области такими эталонами признаны каштановые незасоленные почвы) [172; 173, с. 3-50; 174, с. 3-38].

5. Для определения эдафических условий и лесопригодности рекультивируемых территорий используется ГОСТ 17.5.1.03-86. Этот подход охватывает и экологические, и гигиенические аспекты, обеспечивая тем самым комплексный и детальный анализ [180, с. 2-14].

6.4 Оценка лесопригодности рекультивируемых территорий

1. Формирование древесных насаждений на нарушенных территориях происходит под влиянием комплекса природных и антропогенных факторов. Невозможно дать однозначную оценку влияния каждого фактора, т.к. их влияние может меняться под действием особенностей природной климатической зоны, конкретного участка и других условий (рисунок 30). В зависимости от конкретных условий, один из факторов может играть доминирующую роль. Необходимо проводить детальные исследования для корректной оценки лесорастительных условий на каждом конкретном участке.

Взаимодействие природных и техногенных факторов на нарушенных территориях создает уникальную экологическую среду. Эта среда может быть, как благоприятной, так и неблагоприятной для роста и развития древесных растений.

Изучение и учет всех факторов, влияющих на лесную рекультивацию, позволяет разрабатывать эффективные методы рекультивации, подбирать оптимальные породы и сорта деревьев для озеленения нарушенных территорий, осуществлять мониторинг и прогнозировать динамику развития древесных насаждений.

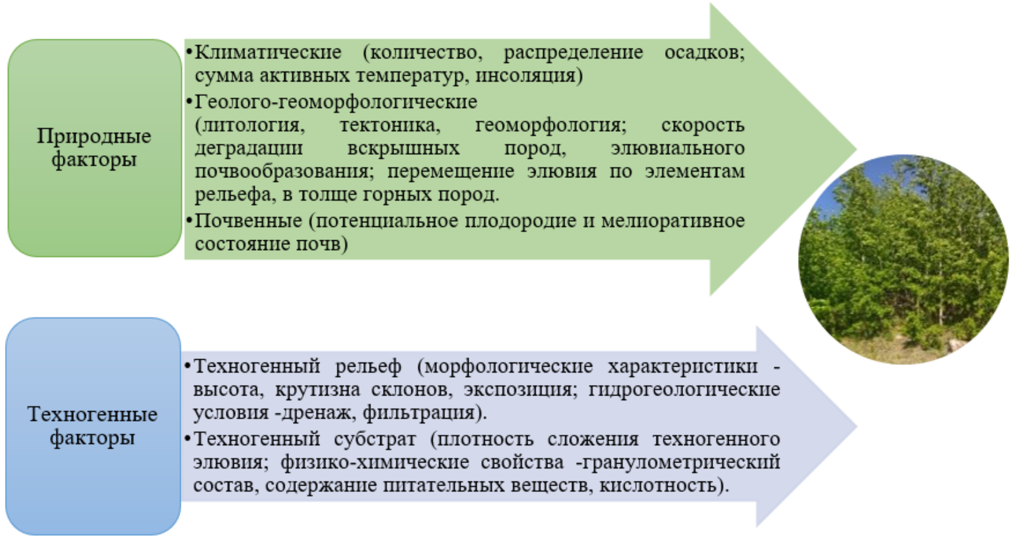


Рисунок 30 – Факторы, влияющие на успешность лесной рекультивации

2. Оценка лесорастительных условий на техногенных территориях представляет собой комплексную задачу, обуславливаемую взаимосвязью многочисленных природных и техногенных факторов. Учитывая региональные особенности, выделяют ключевые факторы, определяющие лесорастительные условия: плодородие и влажность почвы, плотность сложения и аэрация грунтов, температурный и световой режимы, зависящие от ориентации и окраски поверхности, устойчивость к эрозии, определяемая величиной и протяженностью склона.

3. ГОСТ 17.5.1.03-86 классифицирует вскрышные и вмещающие породы по их химическому и гранулометрическому составу на 3 группы: пригодные, малопригодные и непригодные. Для более точной оценки вскрышных пород АО «ССГПО» и АО «Качары руда», которые относятся к малопригодным, их разделили на потенциально плодородные (бедные азотом) и малоплодородные (ограниченно пригодные) [180, с. 2-14]:

Группа 1. Пригодные породы с высоким уровнем плодородия: лёссовидные карбонатные суглинки (богаты питательными веществами, имеют хорошую структуру), некарбонатные лёссы (легко обрабатываются, достаточно хорошо удерживают влагу, обладают высокой пористостью), переотложенные лёссы (менее плодородны, чем лёссовидные суглинки), плодородная почва зонального типа, временно размещенная в отвалах (можно использовать для улучшения плодородия других почв).

Группа 2. Потенциально плодородные, бедные азотом грунты: песчаники (имеют низкую водоудерживающую способность, требуют регулярного полива), известняковые породы (много кальция, могут содержать низкие концентрации других питательных веществ), алевролит мелкозернистый (плотная, но рыхлая порода; возможно улучшение органическими материалами), глины алевротовые (тяжелые плотные грунты; улучшение с помощью дренажа и компоста), глины карбонатные (много кальция, низкие концентрации питательных веществ).

Группа 3. Элювиальные отложения смешанных, окисленных и тонкозернистых песчаников (с дефицитом питательных элементов и неоптимальной текстурой), огневые конгломераты (с каменистой структурой) и кальцитовые бурые глины (с высоким содержанием кальция, но недостаточным количеством питательных веществ).

Группа 4. Непригодные и потенциально токсичные: руды, содержащие пирит и твёрдые горные породы (не соответствуют требованиям для создания лесов; требуется насыпь из суглинка толщиной от 0,5 до 1 метра), загрязнённые породы (уровень загрязнения которых превышает предельно допустимые концентрации для данного типа земель), а также глины опоки с высоким содержанием солей (не подходят для восстановления лесных угодий).

4. Классификация местообитаний по водному режиму выделяет четыре категории: сухие, свежие, влажные и сырые [172, с. 3–50; 173, с. 3–38].

Сухие местообитания формируются на заострённых вершинах отвальных массивов, крутых южных склонах, сложенных породами первой и второй категорий, а также на высоких отвалах из пород третьей и четвёртой категорий. Эти участки характеризуются ограниченной водной обеспеченностью, повышенной экспозицией к ветровым потокам и солнечному облучению, а также часто имеют тонкий или слаборазвитый почвенный профиль.

Свежие местообитания обычно локализуются на относительно ровных поверхностях отвальных массивов, сложенных материалами первых трёх категорий, а также на северных и восточных склонах. Аналогичный уровень влажности наблюдается в нижних частях южных и западных склонов.

Это говорит о том, что в данных локациях присутствует достаточно воды для роста флоры, однако она не достигает чрезмерных значений.

Влажные местообитания часто расположены в замкнутых низинах и в тесных зонах у основания склонов, обращённых на север и восток.

Сырые местообитания приурочены к берегам водоемов и зонам выклинивания грунтовых вод.

5. Жёсткость техногенного элювия вскрышных пород напрямую модифицирует локальный гидрологический режим и, как следствие, определяет лесорастительные возможности территории. Для эффективного роста древесной растительности оптимальный диапазон плотности субстрата оценивается в 5–15 кг/см².

При твердости менее 5-15 кг/см^2: вода быстро просачивается на большие глубины, становясь недоступной для корневой системы деревьев; запасы продуктивной влаги в корнеобитаемом слое снижаются; при твердости более 5-15 кг/см^2; инфильтрация воды снижается до 1-2 мм/мин и менее; осадки не впитываются, а стекают по поверхности, размывая почву; запасы продуктивной влаги в корнеобитаемом слое значительно сокращаются; низкая аэрация уплотненных грунтов ограничивает количество конденсируемой влаги, важной для водного баланса.

Для сохранения оптимального состояния элювиев горных пород необходимо их рыхление:

– до глубины в 0,5-1,0 м по окончании планировочных работ;

– развивающийся лесной массив требует периодического ухода, примерно каждые пять лет.

Рыхление улучшает водопроницаемость, аэрацию и влагоемкость почвы, что оказывает значительное благоприятное воздействие на онтогенез растительных видов в лесных насаждениях .

6. Ориентация склонов и их угол наклона непосредственно определяют водный режим почв и, следовательно, формируют локальные условия для роста древесной растительности.

Склоны *северо-западной, северной, северо-восточной* и *восточной* экспозиций имеют более благоприятные условия для роста деревьев. Это связано с: большим снегонакоплением в зимний период, что обеспечивает достаточное увлажнение почвы весной и летом; меньшим вымерзанием саженцев зимой из-за более низких температур; более равномерным распределением осадков в течение года; меньшим перегревом поверхности летом.

Склоны *западной, юго-западной* и *южной* экспозиций характеризуются худшими условиями для лесоразведения: меньшее снегонакопление приводит к дефициту влаги в почве; более высокие зимние температуры и частые оттепели увеличивают риск вымерзания саженцев; быстрый сход осадков весной и летом не обеспечивает достаточного увлажнения почвы; сильный перегрев поверхности летом может негативно влиять на рост деревьев.

На более крутых склонах эти неблагоприятные факторы усиливаются: снег сдувается ветром, что уменьшает снегонакопление; эрозия почвы более интенсивная, что ухудшает ее плодородие; сток осадков происходит быстрее, что уменьшает увлажнение.

Важно учитывать влияние экспозиции и крутизны склонов при выборе места для лесоразведения. Наиболее благоприятными для роста деревьев являются склоны с северо-западной, северной, северо-восточной и восточной экспозицией с небольшой крутизной.

7. *Методика условно-относительных индексов*

Прогнозирование лесопригодности земель для рекультивации основывается на оценке потенциальной продуктивности элювиальных отложений вскрышных пород и их гидрологического режима. Эти параметры детерминируются комплексом естественных факторов и техногенно индуцированных изменений, формирующих локальные условия экосистем.

Для каждого типа лесорастительных условий определяется индекс лесопригодности. Индекс состоит из двух цифр: обозначает класс лесопригодности, основанный на потенциальной плодородности почвы (I – высокая, II – средняя, III - низкая); арабская отражает режим водного баланса почвы (1 – избыточное, 2 – достаточное, 3 – недостаточное)

Метод оценки лесопригодности по относительным (условным) показателям позволяет сравнить лесопригодность разных территорий, определить наиболее перспективные для лесоразведения участки, а также спланировать лесохозяйственные мероприятия. Разработанная в ходе данного исследования классификация условий грунтов отвалов АО «ССГПО» и АО «Качары руда» представлена в таблице 28.

Таблица 28 – Классификация лесорастительных условий горных пород отвалов АО «ССГПО» и АО «Качары руда»

Техногенный элювий горных пород по группам пригодности	Характеристика и показатели гранулометрического состава*	Режим увлажненности местообитаний на фрагментах рельефа	Индекс лесорастительных условий
1	2	3	4
I – плодородные и потенциально плодородные: органически обогащенный горизонт почвы, суглинки с лессовыми свойствами, содержащие карбонаты, и лессы без карбонатного состава, которые подверглись процессу переосаждения	Почвы: сумма фракции менее 0.01 мм – 10–75%	1 – сухие: заостренные пики и крутые склоны, обращенные к югу (более 20°)	I_1
	Потенциально плодородные связные породы: сумма фракций менее 0.01 мм – 10–75%	2 – свежие: равнинные участки, склоны, обращенные к северу и востоку, а также основания склонов, направленных на запад и юг; 3 – влажные: закрытые впадины без стока, основания склонов, обращенных на север и восток; 4 – сырые: вдоль берего вых линий водных объектов и в точках просачивания подземных вод	I_2 I_3 I_4
II – потенциально плодородные, но с минимальным сод ержанием доступного азота:	Осадочные и полускальные породы, которые обладают неблагоприятными физическими качествами и подвержены ускоренному	1 – сухие: овальные вершины, склоны, обращенные к югу; 2 – свежие: поверхностные	II_1 II_2

Продолжение таблицы 28

1	2	3	4
песчаный пылеватый сланец, мелкозернистый пылеватый сланец, пылеватый аргиллит, пылеватая глина, глина с карбонатными включениями	разрушению, к лассифицируются как малопригодные; характеризуются вариабельной гранулометрической текстурой	участки, склоны с экспозицией на север и восток; 3 - влажные: замкнутые понижения без естественного стока; 4 – сырые: в прибрежных зонах водных территорий	II_3 II_4
III – малопригодные (ограниченно пригод ные): смешанные, содержащие гематит и алевролитовые песчаники, огневой конгломерат, а также бурая глина с кальцитом	Осадочные и полускальные породы, которые обладают неблагоприятными физиче скими качествами и под вержены ускоренному разру шению, относятся к категории малопригодных: разнообраз ной гранулометри ческой структуры	1 – сухие: овальные вершины, склоны, обращенные к югу; 2 – свежие: поверхност ные участки, а также склоны, направленные на север и восток; 3 – влажные: закрытые впадины без стока; 4 – сырые: в прибреж ных зонах водных территорий	III_1 III_2 III_3 III_4
IV – непригодные прочные осадочные породы, отличаю щиеся высокой стой костью к разруше нию: песчаники и алевролиты, связан ные устойчивым цементирующим веществом, а также породы, содержащие пирит	Скальные породы с неблагоприятными физическими свойствами, устойчивые к выветриванию.	1 – сухие из-за низкой влагоемкости скальных пород; 1–4 – пиритсодержащие минеральные агрегаты	IV_1, IV_1, IV_2, IV_3, IV_4

* – [180, с. 2-14; 181]
Примечания:
1. Суглинки и лессовые почвы, а также субстраты второй и третьей групп с плотностью свыше 20 кг/см² классифицируются как менее подходящие [174, с. 3-38].
2. Темные углеродистые породы подвергаются более интенсивной дегидратации из-за высокой температуры по сравнению со светлыми породами и в плане влажности классифицируются как более засушливые типы горных пород [174, с. 3-38].

Однако стоит отметить, что метод не учитывает все факторы, влияющие на лесопригодность территории. Он является лишь одним из инструментов оценки лесопригодности и должен использоваться в комплексе с другими методами.

6.5 Требования к горнотехническому этапу рекультивации

1. Успех всего проекта рекультивации напрямую зависит от горнотехнического этапа, являющегося его основой, наиболее ответственным и затратным комплексом работ.

Ключевые аспекты на этапе горных работ включают:

Выборочное извлечение пород:

- классификация пород в зависимости от их пригодности для последующего восстановления;
- применение соответствующих пород для создания слоя, предназначенного для рекультивации.

Формирование оптимального ландшафта:

- учет требований ландшафтного дизайна, экономических и эксплуатационных условий;
- обеспечение стабильности и безопасности создаваемого ландшафта.

Формирование рекультивационного слоя:

- выбор материалов, обладающих нужными свойствами;
- достижение необходимой толщины и объёма слоя.

Предотвращение и контроль нежелательных эффектов:

- меры против выветривания, сели, водных и мерзлотных процессов;
- предупреждение пожаров и других вредных событий.

При проектировании отвалов пустых пород необходимо предусмотреть оптимальные условия для биологической фазы восстановления земель в проектной документации до начала её использования. Такой подход обеспечит уменьшение объема работ в финальной фазе проекта.

Рациональная реализация горнотехнического этапа рекультивационных работ создает прочный фундамент для последующего биологического восстановления, минимизирует совокупные затраты на рекультивацию и обеспечивает интеграцию деградированных земель обратно в хозяйственный оборот. Важно отметить, что горнотехнический этап – это комплексная задача, требующая тщательного планирования и профессионального выполнения. Привлечение опытных специалистов и использование современных технологий позволяет минимизировать риски и добиться желаемого результата.

2. Методика обустройства отвалов для биологического этапа восстановления растительного покрова должна охватывать ряд действий, направленных на предотвращение пожаров, защиту от эрозии и создание благоприятных условий для развития долговечных и самодостаточных лесных экосистем.

3. Создание устойчивых лесных массивов на техногенных отвалах требует системного подхода, направленного на предотвращение уплотнения элювия и эндогенных возгораний.

Главным фактором является формирование рыхлого слоя горной массы, пригодного для развития корней деревьев, толщиной 2-2,5 м. Это обеспечит достаточное пространство для роста корневой системы в зрелом состоянии. Перспективным методом достижения этой цели является частичная рекультивация экскаваторных и железнодорожных отвалов. Она включает в себя срезку вершин гребней, выполаживание крутых склонов и другие мероприятия. В результате формируется мелкобугристая поверхность с перепадами высот до 1-2 м. Это не только обеспечивает рыхлость корнеобитаемого слоя, но и способствует снегозадержанию и накоплению влаги, создавая более благоприятные экологические условия для роста древесных насаждений.

Таким образом, комплексный подход к формированию лесных массивов на техногенных отвалах, основанный на предотвращении уплотнения и создании оптимальных условий для роста корней, позволяет создавать устойчивые и долговечные экосистемы.

Дополнительные преимущества:

1. Разнообразие экологических условий на мелкобугристой поверхности способствует росту более широкого спектра видов растений.
2. Снегозадержание и влагонакопление увеличивают доступность воды для деревьев, что особенно важно в засушливых регионах.
3. Мелкобугристая поверхность снижает эрозионные процессы, сохраняя плодородный слой почвы.

Данный подход может быть применен к различным типам техногенных отвалов, что открывает широкие возможности для рекультивации земель и создания устойчивых лесных насаждений.

4. Чрезмерно уплотненные автомобильные отвалы несут ряд проблем: эрозия, низкая плодородность, неэстетичный вид. Метод экранирования показал свою высокую результативность в восстановлении подобных отвалов. Суть метода заключается в нанесении на их поверхность слоя, соответствующего по литологическому составу основной горной массе.

Цель экранирования – снижение плотности поверхностного слоя отвала, улучшение инфильтрации воды и аэрации, создание благоприятных условий для роста растительного покрова.

Преимущества экранирования: простота реализации, доступность материалов, эффективность в снижении эрозии и улучшении плодородия почвы.

Рекомендации:

1. Мощность экранирующего слоя должна составлять не менее 0,5 м.
2. Экранирующий материал должен быть рыхлым и не содержать крупных фракций.
3. Для повышения эффективности экранирования рекомендуется внесение органических удобрений.

Экранирование может снизить температуру поверхностных грунтов железорудного отвала, что особенно важно в засушливых регионах. Экранирующий слой может служить убежищем для мелких животных, что способствует восстановлению биоразнообразия.

Данный метод может быть применен к отвалам различного возраста и степени уплотнения.

5. Применение почвоулучшителей для повышения плодородия почвы, включая богатый гумусом верхний слой или потенциально плодородные

грунты (лёссы), критично для восстановления лесов. Тем не менее, результативность данного подхода обусловлена характеристиками поверхности отвалов.

Отвалы из скальных и прочных осадочных пород:

Предлагается применять средства для улучшения качества почвы на экскаваторных насыпях, которые были подвергнуты частичной вспашке, что обеспечивает рыхлую структуру породы. Оптимальная толщина такого слоя — 20-30 см. Это мера направлена на повышение плодородия и создание условий, благоприятствующих росту лесных растений.

Автомобильные отвалы:

При рекультивации рекомендуется использовать экранирующий слой. Он представляет собой искусственно созданный слой из чистых суглинков или смеси суглинков со вскрышными породами. Мощность слоя должна составлять от 2 до 2,5 метров. Задачей является сокращение плотности почвы, улучшение её способности пропускать воду и воздух. Нежелательно использовать тяжёлые глинистые почвы, так как они могут ограничить развитие корневой системы деревьев, увеличить риск ветровых бедствий и привести к ухудшению состояния лесных насаждений.

Общие рекомендации:

Рекомендуется применять экранирующий почвенный слой только по истечении одного-двух лет после формирования поверхности отвалов и их первичного выравнивания, непосредственно перед началом биологического этапа восстановления участка. За это время отвал успевает достаточно усадить, что обеспечивает стабильность основания для экранирующего слоя. Внесение слоя в этот период позволяет создать оптимальные условия для роста растений, которые будут высажены на рекультивируемой территории.

Тип почвоулучшителя и его мощность должны подбираться с учетом специфики каждого отвала. Неправильный выбор почвоулучшителя или несоблюдение технологии его внесения может привести к негативным последствиям для рекультивации.

6. В зависимости от типа породы и с учетом эрозионной опасности, а также реакции древесных насаждений на экспозицию и уклон, установлены предельные значения крутизны откосов для основных типов пород (таблица 29). Решение о необходимости планирования откосов принимается на стадии проектирования.

7. Ключевым моментом в процессе рекультивации на горнотехнической стадии служит создание инфраструктуры доступа и связи. Это обеспечивает не только возможность выполнения работ по посадке леса, но и является основой для реализации мер по предотвращению пожаров в новообразованных лесных массивах. Таким образом, подъездные пути и коммуникационные линии играют важную роль в поддержании жизнеспособности и безопасности лесных насаждений на начальном этапе их развития.

Таблица 29 – Крутизна откосов, допускаемая при частичной планировке бестранспортных отвалов

Типы вскрышных пород по механическому составу	Крутизна откосов, °	
	благоприятные экспозиции	менее благоприятные экспозиции
Каменистые (более 70%), неподверженные эрозии	(СЗ, С, СВ, В, ЮВ) 20-25	(З, ЮЗ, Ю) 15-20
Песчаные, супесчаные и суглинистые, каменисто-щебнистая фракция - до 70%	15-20	10-15
Глинистые	10-15	5-10
Примечание – Составлено по источнику [174, с. 3-38]		

6.6 Подбор древесных и кустарниковых видов

1. Выбор растений для заселения поверхности железорудных отвалов осуществляется с учётом их способности адаптироваться к стрессовым условиям техногенных ландшафтов. Необходимо, чтобы они могли не только выживать в сложных условиях на антропогенном элювии, но и способствовать стабилизации грунта за счёт развитой корневой системы. Важно также, чтобы эти растения вносили вклад в экосистему, как с точки зрения биоразнообразия, так и в плане эстетического оформления местности.

Ввиду уникальных агрохимических и гидрофизических характеристик горных пород, не каждый вид деревьев, встречающихся в данном регионе, может быть использован для создания лесов на техногенно измененных почвах. Основываясь на их биоэкологических особенностях, древесные виды могут быть классифицированы как пригодные, ограниченно пригодные и непригодные.

2. К категории пригодных для рекультивации земель относятся те кустарниковые и древесные породы, которые хорошо приживаются и растут на таких территориях. Индикаторы выживаемости и развития данных видов сопоставимы с теми, что наблюдаются в естественной среде или почти достигают этих уровней. Благодаря их биоэкологическим характеристикам, они могут быть адаптированы для использования в разнообразных лесоводственных условиях на землях, измененных человеческой деятельностью.

Среди флоры, наиболее перспективной для лесного восстановления нарушенных земель, выделяются виды *Pinus sylvestris, Betula pendula и Hippophaë rhamnoides.* Для отвальных комплексов АО «ССГПО» и АО «Качары руда» оптимальными с точки зрения приживаемости и адаптивной способности признаны *Elaeagnus angustifolia, Ulmus pumila, Caragana arborescens, Lonicera tatarica и Populus × sibirica*. В условиях повышенной засоленности почв наиболее целесообразным для внедрения *является Tamarix ramosissima* Ledeb, демонстрирующий высокую толерантность к солевым нагрузкам.

3. Некоторые виды, такие как *Ulmus laevis, Ribes aureum*, *Prunus besseyi*, некоторые виды ив: *Salix acutifolia*, *S. caprea*, *S. caspica,* могут прижиться на

отвалах при условии улучшения почвы. Эти виды называют условно пригодными.

4. В таблице 30 представлен рекомендуемый ассортимент древесных и кустарниковых пород для лесоразведения на техногенных землях, дифференцированный по типам лесорастительных условий.

Таблица 30 – Ассортимент древесных растений для рекультивации отвалов АО «ССГПО» и АО «Качары руда»

Виды деревьев и кустарников	Лесорастительные условия	Ограничения
Хвойные породы		
Pinus sylvestris	I-III $_{1-3}$	Сильно засоленные плотно-глинистые породы
Лиственные породы		
Betula pendula	I-III $_{1-3}$	Сильно засоленные плотно-глинистые породы
Populus × sibirica	I-III $_{2-3}$	Сильно засоленные плотно-глинистые породы
Ulmus pumila	I-II $_{2-4}$	-
Fraxinus pennsylvanica Marshall	I-II $_{2-3}$	Сильно засоленные плотно-глинистые породы
Elaeagnus angustifolia	I-II $_{2-3}$	
Кустарники		
Hippophae rhamnoides	I-III $_{1-3}$	Сильно засоленные породы
Caragana arborescens	I-III $_{1-3}$	Сильно засоленные плотно-глинистые породы
Lonicera tatarica	I-II $_{1-3}$	Сильно засоленные плотно-глинистые породы
Ribes aureum	I-II $_{2-3}$	Низкая влажность пород
Cerasus besseyi	I-II $_{3-4}$	Низкая влажность пород
Tamarix ramosissima	I-II $_{3-4}$	Низкая влажность пород
Salix acutifolia, S. caprea, S. caspic	I-II $_{3-4}$	Низкая влажность пород
Примечание – Составлено по источнику [174, с. 3-38]		

Полевые опыты показали, что другие испытанные виды деревьев и кустарников не способны адаптироваться к специфическим условиям техногенных земель и не могут быть рекомендованы для использования в лесомелиоративных целях.

5. Выбор основной древесной породы для лесоразведения на отвалах зависит от их экологических условий: литологического состава, уплотненности, экспозиции и крутизны склона.

Сосна обыкновенная является универсальной породой, успешно растущей на любых субстратах. На карбонатных отвалах хорошо себя зарекомендовала *Betula pendula*. В зонах с сильным загрязнением атмосферы рекомендуется использовать устойчивые к выбросам лиственные породы: *Populus × sibirica*, *Ulmus pumila*, а также различные кустарники. На увлажненных склонах можно использовать *Hippophae rhamnoides*, которая, как и *Pinus sylvestris*, нетребовательна к плодородию почвы. На участках со средним засолением хорошо растут *Elaeagnus angustifolia, Ribes aureum* и *Tamarix ramosissima*.

6.7 Закладка лесных насаждений на участках рекультивации

1. Восстановление растительности на отвалах с помощью лесных видов – это особый процесс, отличающийся от традиционных методов лесоводства.

Главные отличия:

1. Используется больше посадочного материала. Это необходимо, чтобы компенсировать низкую приживаемость саженцев на рекультивированных землях.
2. Применяются специальные схемы посадки. Они учитывают особенности рельефа и почвы отвалов.
3. Подбираются сопутствующие породы, которые хорошо приспособлены к суровым условиям рекультивированных земель.

Эти отличия обусловлены специфическими свойствами рекультивированных субстратов. Они могут быть бедны питательными веществами, иметь плохую структуру и кислотность. Кроме того, отвалы часто подвержены эрозии и оползням.

2. Оптимальным периодом для посадки саженцев деревьев и кустарников на рекультивируемых землях является период через 1-2 года после завершения горнотехнического этапа рекультивации. Это обуславливается комплексом факторов, происходящих в течение данного времени. Происходит естественное уплотнение отвала, что обеспечивает устойчивость саженцев. Снижается риск оседания и деформации почвы, потенциально способных повредить корневую систему. Атмосферные условия, такие как освещение, влажность и изменения температуры, способствуют разрушению горных пород. Образуются мелкоземные фракции, которые улучшают структуру почвы и повышают ее плодородие. Увеличивается водоудерживающая способность субстрата, что критически важно для приживаемости саженцев. Почва становится более рыхлой, что обеспечивает оптимальную аэрацию корневой системы. Щебнистые и каменистые грунты, не подверженные уплотнению, под влиянием природных факторов приобретают рыхлую структуру. Это обеспечивает благоприятные условия для роста и развития корневой системы саженцев.

Таким образом, выдержка 1-2 лет после горнотехнического этапа рекультивации позволяет создать оптимальные условия для посадки саженцев деревьев и кустарников, что обеспечивает их высокую приживаемость и успешное развитие.

3. Оптимальные сроки и типы посадочного материала для лесной рекультивации на рекультивируемых землях

Саженцы, которым два-три года, могут быть использованы для восстановления территорий без плодородного верхнего слоя почвы, таких как местности с песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Они могут быть высажены в первые 2-3 года после того, как отвал был сформирован, и до того момента, когда начнется процесс естественного заселения растениями.

Четырех-пятилетние саженцы лучше приспособлены к условиям среды и могут быть использованы для рекультивации территорий, которые были созданы более пяти лет назад. Эти растения могут эффективно конкурировать с травянистыми видами, что делает их подходящими для участков, требующих долгосрочной рекультивации.

Посадка после нанесения почвоулучшителей. Деревья и кустарники следует высаживать сразу после нанесения и разравнивания почвоулучшителей. Это обеспечивает приживаемость и укрепление молодых саженцев до начала массового роста сорняков.

Выбор типа посадочного материала:

Сеянцы: подходят для менее задерненных участков. Менее затратный вариант.

Саженцы: обладают повышенной способностью противостоять соперничеству с травами. Подходят для более задерненных участков.

Обоснование сроков:

Слабая задерненность: в первые 2-3 года после отсыпки отвала травянистая растительность еще не успевает сформировать плотный травостой. Это обеспечивает более благоприятные условия для приживаемости сеянцев.

Устойчивость к конкуренции: с возрастом саженцы обладают повышенной способностью противостоять соперничеству с травами. Это позволяет использовать их на более задерненных участках.

Почвоулучшители: ранняя посадка после нанесения почвоулучшителей позволяет молодым саженцам использовать преимущества улучшенной почвы до того, как она будет заселена сорняками.

4. Для эффективного восстановления лесов на территориях с отходами горных работ предлагается насаждение *Pinus sylvestris* и *Betula pendula* с плотностью 1000-1500 деревьев на гектар. Такой подход способствует формированию древостоев средней плотности с процентом перекрытия крон от 50% до 70%, что является наиболее благоприятным для здорового роста и развития лесных культур. При этом рекомендуется использовать широкорядную схему посадки с расстоянием между рядами 1,5 м и между растениями в ряду 5-6 м.

5. Оптимальными периодами для посадки хвойных пород являются:

Ранняя осень (сентябрь):

Погода: прохладная, с среднесуточной температурой 10-15С.

Преимущества: достаточно влаги в почве после летнего периода, отсутствие изнуряющей летней жары, хвойные успевают укорениться до наступления морозов.

Весна (конец апреля – первая половина мая):

Погода: перед тем, как начнется интенсивное развитие верхних почек у молодых растений.

Преимущества: почва прогрета после зимы, активный рост корневой системы, сеянцы уже адаптированы к низким температурам.

Важно избегать посадки хвойных в период летней жары из-за высокой вероятности иссушения и гибели саженцев, а также в период морозов в виду риска повреждения корневой системы.

Выбор конкретного периода зависит от климатических особенностей региона, погодных условий года, а также от вида и возраста саженцев.

6. Защита корневой системы хвойных саженцев при посадке:

Успешная посадка хвойных культур, независимо от времени года, во многом зависит от сохранности их корневой системы. Метод «зачехления» – научно обоснованный и эффективный способ повышения приживаемости саженцев. Он заключается в обмакивании корней сеянца в глиняную болтушку непосредственно перед выкопкой в лесном питомнике. Чтобы улучшить укоренение растений и способствовать их развитию, советуется вносить в питательный раствор жидкие гуминовые подкормки, содержащие микроэлементы. Эффективными будут такие средства, как «Био-Мастер», «Техура-М», «Техура-био» и аналогичные.

К преимуществам «зачехления» относятся: сохранение влаги в корнях, защита от механических повреждений, стимуляция образования новых корней и улучшение приживаемости саженцев.

Добавление гуминовых удобрений обогащает почву питательными веществами, стимулирует рост корневой системы, повышает устойчивость к стрессовым факторам.

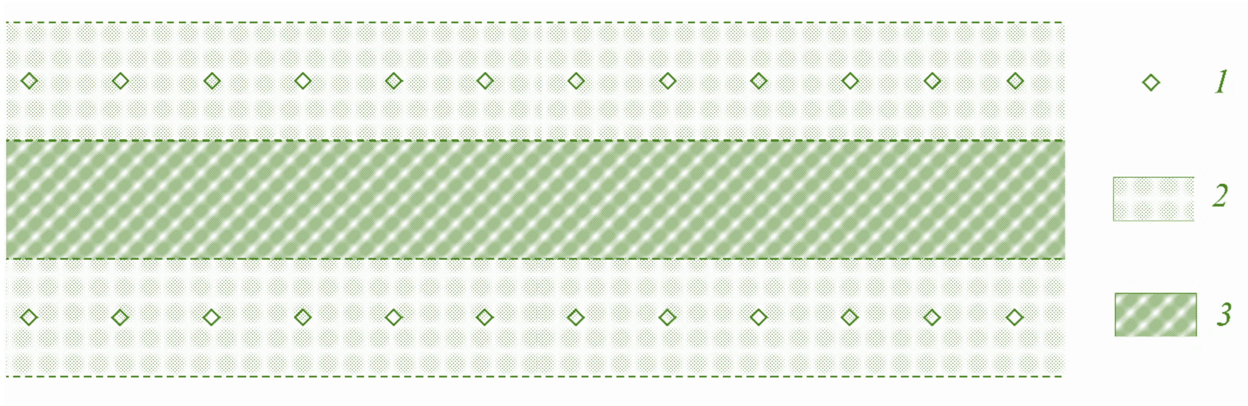
Применение метода «зачехления» с добавлением гуминовых удобрений значительно увеличивает шансы на успешную приживаемость хвойных культур и обеспечивает их активный рост.

7. Выбор метода создания культур обуславливается комплексом факторов, среди которых рельеф и наличие крупнообломочного материала в поверхностном слое. На откосах с крутизной более 10 и при значительной каменистости грунтов механизированная посадка становится невозможной. В таких условиях, с целью лесной рекультивации, применяется ручная посадка под меч Колесова. Данный метод позволяет эффективно осуществлять лесную рекультивацию на сложных рельефах, обеспечивая приживаемость саженцев в условиях каменистых почв.

8. В целях вовлечения техногенных субстратов в биологический круговорот, ускорения почвообразования, предотвращения роста сорняков и обеспечения оптимальных условий для развития древесных культур в начальный период их жизни рекомендуется совмещать посадку деревьев с посевом многолетних трав.

Выбор видов трав зависит от будущего развития древесного полога. Под кронами деревьев, где освещенность ограничена, целесообразно высевать низовые рыхлокустовые злаки, такие как *Poa pratensis* и *Agrostis gigantea*. В междурядьях, где освещенность выше, следует сеять бобовые травы, например, *Melilotus officinalis* и *Onobrychis arenaria*.

Для создания благоприятных условий для роста трав, их сеют вдоль полос (рисунок 31). В частности, зерновые культуры распределяются на расстоянии 1,5-2 метра по обеим сторонам деревьев. В свою очередь, бобовые культуры размещаются в промежутках между зерновыми полосами, занимая пространство шириной от 2 до 3 метров.



1 – сеянцы древесной породы, 2 – посев злаков, 3 – посев бобовых

Рисунок 31 – Схема посадки древесных и злаковых/бобовых культур широкорядным способом

Данная технология позволяет ускорить формирование почвенного слоя за счет накопления органического вещества и азота, что, в свою очередь, улучшает условия для роста деревьев, предотвратить эрозию почвы и улучшить ее водно-физические свойства, подавить рост сорной растительности, что снижает конкуренцию за ресурсы между деревьями и сорняками, создать максимально благоприятный микроклимат для развития почвенной микробиоты и радикально активизировать все уровни биохимической трансформации субстрата. Таким образом, совместный посев многолетних трав и древесных культур на техногенных субстратах является эффективным способом рекультивации земель и создания устойчивых лесных насаждений.

9. Оптимальным временем для посева трав является осень, вплоть до выпадения снега. Это позволяет травам укорениться до наступления морозов и обеспечивает их успешное перезимовку.

Посев трав следует проводить после посадки древесных сеянцев:

При весенней посадке: посев трав осуществляется осенью того же года.

При осенней посадке: посев трав можно провести одновременно с посадкой сеянцев или сразу после нее.

Семена трав высеваются вразброс:

Ручные сеялки ранцевого типа: используются для равномерного распределения семян.

Два сеяльщика: в процессе агротехнического посева, первый оператор осуществляет распределение семян по билатеральной схеме относительно вектора движения, обеспечивая равномерное покрытие почвенного слоя. Второй оператор, следуя в интеррядьях, выполняет задачу засева центральной разделительной зоны, используя методику точного дозирования для оптимизации распределения семенного материала.

Такой подход обеспечивает равномерное распределение и эффективное использование семян, создание оптимальных условий для прорастания и развития трав.

10. Нормы высева семян трав при рекультивации:

Общие рекомендации:

Злаки: *Poa pratensis* и *Agrostis gigantea* – 10-12 кг/га.

Бобовые: *Melilotus officinalis* – 12-15 кг/га, *Onobrychis arenaria* – 50-60 кг/га.

Корректировка норм высева:

При равном соотношении злаковых и бобовых культур в агроценозах, стандартные нормы посева для каждого из компонентов сокращаются на 50%. Это обусловлено взаимным влиянием данных культур, которое приводит к оптимизации использования ресурсов и повышению общей урожайности.

Снижение норм высева при смешанном посеве необходимо для равномерного распределения семян и конкуренции между видами. Пропорциональная корректировка обеспечивает оптимальную густоту травостоя с учетом особенностей каждого вида.

Пример: Травосмесь: 50% мятлика лугового, 25% полевицы белой, 25% донника желтого.

Норма высева:

Poa pratensis: (10-12 кг/га) * 0,5 * 0,5 = 3,125 кг/га.

Agrostis gigantea: (10-12 кг/га) * 0,5 * 0,5 = 3,125 кг/га.

Melilotus officinalis: (12-15 кг/га) * 0,25 = 3-3,75 кг/га.

Итого: 9,25-10 кг/га.

Приведенные нормы высева являются ориентировочными. Точные нормы высева следует корректировать с учетом конкретных условий рекультивации. Для определения оптимальных норм высева рекомендуется обратиться к специалистам.

Данный подход к выбору норм высева семян трав обеспечивает создание устойчивого травостоя, предотвращение эрозии почвы, улучшение плодородия почвы, а также создание благоприятных условий для роста древесных культур.

11. Для территорий, где работы по восстановлению земельных участков, включая выравнивание и обработку почвы, были завершены четыре-пять лет назад или ранее, предпочтительно применять технологию создания культур с использованием плантационного посева.

Суть метода:

1. Высаживание саженцев в возрасте 4-6 лет методом куртинной посадки.
2. Уменьшение количества саженцев для посадки до 200-400 штук на гектар.
3. Размещение саженцев в куртины по 5-8 штук в каждую.
4. Дистанция между деревьями в пределах одной куртины составляет 2-3 метра.
5. Интервал между отдельными куртинами - 10-12 метров (рисунок 33).

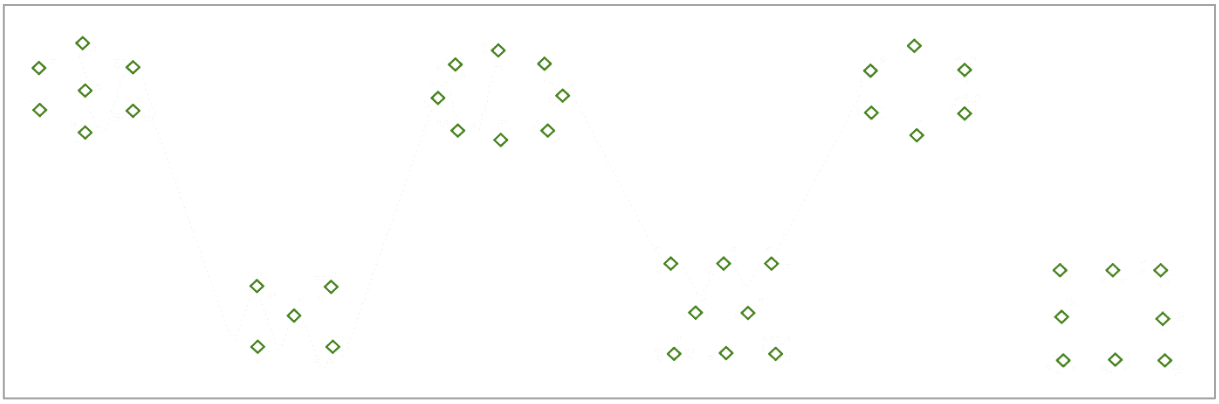


Рисунок 32 – Схема куртинного размещения деревьев плантационно-обсеменительных культур

Преимущества метода:

– снижение затрат: требуется меньше саженцев;

– быстрое плодоношение: саженцы начинают плодоносить через 10-12 лет;

– естественное обсеменение: семена из куртин постепенно обсеменяют открытые участки;

– формирование многоярусных насаждений: более устойчивые к неблагоприятным условиям;

– развитие травяного покрова: улучшает почвенные условия.

Результат:

Создание устойчивых лесных насаждений: разновозрастные, многоярусные с развитым травянистым покровом.

12. Плантационно-обсеменительные культуры создаются с использованием саженцев, выращенных в питомнике с закрытой корневой системой. Наиболее благоприятным периодом для их посадки является период с конца августа до середины сентября.

Выбор этого периода обуславливается прекращением роста и одревеснением побегов текущего года у саженцев, возможностью адаптации корневой системы к новым условиям произрастания до наступления холодов, наступлением прохладной погоды с осадками, что благоприятствует приживаемости саженцев.

В случае теплой солнечной погоды после посадки требуется осуществлять полив для обеспечения лучшей приживаемости.

13. Для высадки растений используют лунки, подготовленные заблаговременно. Лучший метод их формирования - применение буров, которые можно соединить с тракторами типа МТЗ-82 или использовать переносные моторные буры. Размеры этих углублений должны быть адаптированы к размерам корневого клуба: ширина лунки должна превышать ширину клуба на 50-70%, а её глубина должна быть на 20-30% больше его высоты.

При этом важно обеспечить достаточное пространство для корневой системы, избежать излишнего заглубления саженца и сохранить целостность корневого кома. Соблюдение этих требований является залогом успешной приживаемости саженцев.

14. Противоэрозионные насаждения на крутых склонах:

Создание устойчивых насаждений на крутых склонах (более 20) является важной задачей рекультивации. Из-за дефицита воды использование традиционных деревьев 1-й величины нецелесообразно. Наиболее перспективным на таких склонах является черенкование 2-3 летних побегов *Salix acutifolia, S. caprea, S. caspic*, *Tamarix ramosissima* и *Populus × sibirica*.

Оптимальные параметры черенков:

Длина: 40 см Диаметр: 8-15 мм

Для стимуляции корнеобразования черенки перед посадкой замачивают на 12-24 часа в 0,3% водном растворе мочевины со стимулятором корнеобразования («Корневин», «Альбит», «Гетероауксин»).

Высадка черенков:

Схема: 1-1,5 × 3-5 м.

Расположение рядов: по траверсу склона.

Способ: вручную под металлический штырь.

Глубина: 2/3-3/4 длины черенка.

Данный метод позволяет создать эффективную защиту от эрозии, обеспечить быстрое укоренение, использовать неприхотливые к условиям виды, повысить эстетическую привлекательность территории.

Применение данного метода способствует улучшению экологической ситуации и повышению устойчивости склонов к эрозии.

15. Для озеленения освещенных склонов южной, юго-западной и западной экспозиции рекомендуется использовать многовидовые травосмеси засухоустойчивых трав. Такие травосмеси могут включать в себя растения как *Agropyron pectinatum*, *Bromopsis inermis*, *Poa pratensis*, *Festuca valesiaca* и *F. rubra*, а также люцерну желтую и эспарцет песчаный. Семена обычно высевают осенью методом рассеивания, при этом самым продуктивным способом считается применение гидросеялок. Созданный многокомпонентный травостой укрепляет поверхность склона, препятствует водной эрозии и выветриванию, а также выравнивает и стабилизирует водный режим.

16. Обязательным компонентом лесной рекультивации нарушенных земель является проведение рубок ухода. Эти мероприятия, учитывая специфику лесорастительных условий и преимущественно природоохранное значение рекультивации, имеют ряд особенностей:

Формирование многовидового состава:

Использование естественно возобновившихся древесных и кустарниковых пород. Это способствует созданию более устойчивых и биоразнообразных лесонасаждений.

Интенсивное изреживание:

Проводится в высокополнотных древостоях. Цель: создание достаточной для деревьев площади почвенного питания. Это способствует более активному росту и укреплению здоровья деревьев, увеличивая их способность противостоять негативным условиям.

Обрезка нижних мутовок:

Осуществляется в хвойных молодняках при проведении рубок осветления и прочисток. Цель: повышение противопожарной безопасности.

В целом, рубки ухода при лесной рекультивации способствуют формированию устойчивых и многовидовых лесонасаждений, улучшают рост и здоровье деревьев, повышают их экологическую и эстетическую ценность, обеспечивают выполнение лесонасаждениями природоохранных функций.

Важно отметить, что рубки ухода должны проводиться с учетом специфики лесорастительных условий и целей рекультивации. Оптимальные режимы рубок ухода разрабатываются на основе научных исследований и практического опыта.

17. Неотъемлемым компонентом процесса лесной рекультивации деградированных земель является интегрированный блок лесозащитных мероприятий, обязательность которых предопределяет их включение в проектно-техническую документацию. Лесозащитные мероприятия разрабатываются на основе соответствующих документов, таких как «Наставление по защите…» [182].

В этом документе учитываются специфика лесорастительных условий, виды и возраст лесных культур, характер и степень антропогенного воздействия. Лесозащитные мероприятия при лесной рекультивации включают:

Превентивные меры: динамический подбор видов древесно-кустарниковой растительности с высокой резистентностью к фитопатогенам и энтомофагам; использование сертифицированного, физиологически полноценного посадочного материала; строгое следование протоколам лесной рекультивации; постоянное эпидемиологическое наблюдение за лесными насаждениями для раннего выявления биотических стрессоров.

Интервенционные стратегии: комплексное подавление фитопатогенов и фитофагов посредством биологических, химических и механических технологий; защита лесных массивов от антропогенных нарушений: нелегальных рубок, неконтролируемых палов, выпаса скота и иных воздействий.

Эффективность мероприятий лесозащиты коррелирует с интегративностью подхода, точностью тайминга реализации и профессиональной компетентностью персонала.

Следует особо отметить, что реализация комплекса мер способствует сохранению культурных насаждений и молодняка, повышает экостабильность лесов против биотических угроз, ускоряет процессы рекультивации и формирует высокопродуктивные, экологически устойчивые лесные экосистемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате данного исследования мы пришли к следующим выводам:

1. Установлена четко выраженная стадийная динамика естественного сингенеза на отвальных массивах Соколовского, Сарбайского и Качарского месторождений, проявляющаяся через четыре логически последовательные фазы: зарождение пионерной группировки, трансформация в группово-зарослевое сообщество, эволюция сложного фитоценоза и формирование переходных растительных экосистем. Пионерная группировка на засоленных грунтах крайне малочисленна, насчитывая всего 7 видов, появляясь на 2-3 год после отсыпки. На незасоленных грунтах также отмечено 7 видов, из которых два относятся к степной зональной флоре. Группово-зарослевое сообщество содержит 42 вида на засоленных грунтах и 43 вида на незасоленных. На этапе диффузного (сложного) растительного сообщества на засоленных грунтах поселяется 32 вида, на незасоленных – 58 видов. На старом отвале возрастом более 40 лет, на незасоленных участках формируются переходные, представляющие собой альтернативные климаксные сообщества, в которых отмечен 81 вид. Эта направленность сукцессии отражает постепенное усложнение структуры сообществ и накопление биомассы. Однако динамика этого процесса существенно лимитируется эдафическими факторами, в первую очередь сульфатным засолением техноземов. Появление зональных степных видов на незасоленных субстратах свидетельствует о потенциальной возможности восстановления зональноподобных сообществ, но даже на отвалах с многолетней экспозицией полного восстановления зональных фитоценозов не происходит, указывая на долговременный и, возможно, необратимый характер техногенной трансформации ландшафтов без целенаправленных мер.

2. Выявлены закономерности естественного зарастания отвалов, обусловленные действием эдафических и орографических факторов. Установлена ведущая роль орографического фактора в создании первичной гетерогенности среды: крутые склоны, подверженные интенсивной водной и ветровой эрозии, формируют экстремальные условия с дефицитом влаги и мелкозема, тогда как выровненные платообразные поверхности страдают от ветровой аридизации. Напротив, локальные понижения рельефа (западины, подножия склонов, террасы) функционируют как центры аккумуляции влаги и тонкодисперсного материала, становясь первичными очагами зарастания и рефугиумами для растений. Эдафические факторы, прежде всего вариабельность уровня и типа засоления, кислотности и гранулометрического состава субстрата, действуют на фоне орографической дифференциации, дополнительно определяя состав и структуру фитоценозов в конкретных микроместообитаниях. На засоленных отвалах отмечено 2 вида с высоким уровнем константности (IV балл) и 3 вида с особо высоким уровнем (V балл). На незасоленных отвалах зарегистрировано 9 видов с высоким уровнем константности (IV балл) и 12 видов с особо высоким уровнем (V балл). Таким образом, наблюдаемая мозаичность растительного покрова отвалов является прямым следствием пространственной неоднородности, создаваемой сочетанием техногенного рельефа и вариабельности свойств субстрата.

3. Проведен анализ видового состава и структурных особенностей техногенной флоры отвалов. В пределах исследуемых техногенных экосистем зарегистрирована экстраординарная (значительное) видовая насыщенность (разнообразие): флористическая совокупность отвальных массивов включает 284 таксономические единицы сосудистых растений, которые имеют дистрибуцию (распределены) по 163 родовым категориям и 44 семействам. Данный эмпирический факт является неоспоримым свидетельством высокого потенциала аборигенной флоры к активному освоению (колонизации) искусственно нарушенных почвенных покровов (земель). Таксономическая архитектура растительного покрова чётко отражает типологические параметры бореальных фитоценозов (растительных сообществ): абсолютное превосходство принадлежит Покрытосеменным (283 таксона, что составляет внушительные 99,7%). Внутри этой доминирующей группы, Однодольные репрезентированы 40 видами (14,1%), а Двудольные составляют подавляющее большинство — 243 таксона (85,6%). Голосеменные же экспонированы лишь единичным видовым образцом. Биоморфологический анализ показал преобладание травянистых поликарпиков (64,4%) с ползучими или вьющимися побегами, что отражает стратегии выживания в нестабильных условиях и способность к многолетнему удержанию территории. Эколого-ценотический спектр с доминированием луговых и степных видов (50,4% видов – мезофиты, 27,8% – ксеромезофиты) указывает на основной источник диаспор и потенциальное направление сукцессии к зональным аналогам, однако существенная доля рудеральных видов (107 синантропных видов, степень синантропизации составляет 37,6%) подчеркивает сохраняющуюся нестабильность и нарушенность экосистем отвалов на всех стадиях их развития. Более половины видов (59,7%) обладают способностью к вегетативному размножению. Географический анализ подтвердил преобладание видов с широкими евразийскими ареалами, что характерно для пионерных флор.

4. На основании выявленных закономерностей и установленной длительной и ограниченной эффективности естественного сингенеза (скорость сукцессии замедляется засоленными породами, тогда как на незасоленных переходные сообщества формируются через 40-50 лет), созданы научно аргументированные методические указания по восстановлению растительного покрова (биологической рекультивации) отвальных территорий железорудных месторождений Костанайской области. Рекомендации включают критерии оценки лесопригодности технозёмов, требования ко всем этапам рекультивации, адаптированный к условиям степной зоны ассортимент древесно-кустарниковых пород и агротехнические приемы их культивирования. Разработано электронное учебное издание «Техногенная флора железорудных отвалов Костанайской области», содержащее информацию о таксономическом составе, морфологическом строении, распространении и экологических особенностях 284 видов.

В ходе проведенного исследования все задачи выполнены, а поставленная цель достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Концепция по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Казахстан до 2030 года // https://tehranconvention.org/system/files/kazakhstan/koncepciya.pdf. 04.12.2021.

2 Глобальная стратегия сохранения растений // https://www.bgci.org/files/Plants2020/GSPCbrochure/gspc_russian2.pdf. 04.12.2021.

3 Федотов В.И. Техногенные ландшафты: теория, региональные структуры, практика. – Воронеж, 1985. – 178 с.

4 Федотов В.И. Методические основы и методика изучения техногенных ландшафтов // Программа и методы изучения техногенных биогеоценозов: сб. ст. – М., 1978. – С. 53-64.

5 Koščová M. et al. Geo-Environmental Problems of Open Pit Mining: Classification and Solutions // E3S Web of Conferences. – 2018. – Vol. 41. – P. 1034.

6 Мильков Ф.Н. Человек и Ландшафты. Очерки антропогенного ландшафтоведения. – М.: Мысль, 1973. – 224 с.

7 Трофимов С.С., Теплякова А.А., Клевенская И.Л. Системный подход к изучению процессов почвообразования в техногенных ландшафтах // Почвообразования в техногенных ландшафтах: сб. ст. – Новосибирск, 1979. – С. 3-19.

8 Трофимов С.С., Овчинников В.И. Антропогенный рельеф Кузбасса // Рекультивация в Сибири и на Урале: сб. ст. – Новосибирск, 1970. – С. 5-24.

9 Манаков Ю.А. Особенности формирования растительного покрова в карьерно-отвальных ландшафтах Кузбасса: на примере Кедровского угольного разреза: автореф. … канд. биол. наук: 03.00.05, 03.00.16. – Новосибирск, 2000. – 16 с.

10 Martínez-López S. et al. Do Old Mining Areas Represent an Environmental Problem and Health Risk? A Critical Discussion through a Particular Case // Minerals. – 2021. – Vol. 11, Issue 6. – P. 594-1-594-22.

11 Тарчевский В.В. Закономерности формирования фитоценозов на промышленных отвалах: автореф. … док. биол. наук: – Томск, 1967. – 36 с.

12 Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2022 год // https://ecogosfond.kz/wp-content/uploads/2023/12/NDSOS-2022-RUS. 05.05.2024.

13 Терехова З.Б., Ланина Р.И., Фоменко Л.В. Естественное зарастание отвалов Соколовского железорудного карьера // Растительность и промышленная среда. – 1974. – №3. – С. 162-174.

14 Конысбаева Д.Т. Формирование растительного покрова на отвалах предприятий железорудной промышленности в Северном Казахстане: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. – Екатеринбург, 2003. – 145 с.

15 Природные особенности Костанайской области / Научно-исследовательский центр «ПЭБ» // https://nic-peb.kspi.kz/ru/14-plitki. 12.01.2022.

16 Воскресенский С.С. Геоморфология СССР. – М.: Высшая школа, 1968. – 87 с.

17 Сваричевская З.А. Геоморфология Казахстана и Средней. – Л.: Изд-во «ЛГУ», 1965. – 56 с.
18 Искакова К.А. География Костанайской области. – Алматы, 2003. – 93 с.
19 Агроклиматические ресурсы Костанайской области / под ред. С.С. Байшоланова. – Астана, 2017. – 139 с.
20 Климат Казахстана по областям. Костанаайская область // https://www.kazhydromet.kz/ru/klimat/klimat-kazahstana-po-oblastyam. 12.01.2022.
21 Kicklighter D.

99 Федотов В.И. Естественные фитоценозы техногенных ландшафтов Курской магнитной аномалии // Растения и промышленная среда: сб. науч. тр. Свердловск, 1984. – С. 22-29.

100 Куприянов А.Н., Морсакова Ю.В. Естественное зарастание отвалов Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного университета. – 2006. – №3. – С. 48-52.

101 Манаков Ю.А. Зональные особенности группировок растений на отвалах Кузбасса // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: матер. 4-й междунар. науч. конф. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. – С. 109-112.

102 Манаков Ю.А., Куприянов А.Н. Экологическая амплитуда растений в условиях местообитаний техногенного ландшафта // Вестник ОГУ. – 2010. – №4(110). – С. 107-111.

103 Чибрик Т.С. Формирование растительных сообществ в процессе самозарастания на отвалах угольных месторождений Урала // Растительность и промышленная среда: сб. ст. – Свердловск, 1979. – С. 9-24.

104 Терехова Э.Б. Грунты отвалов Соколовско-Сарбайского железорудного месторождения и оценка их пригодности для развития растений // Растения и промышленная среда: сб. ст. – Свердловск, 1976. – С. 123-131.

105 Терехова Э.Б. Пригодность вскрышных пород карьеров Казахстана для биологической рекультивации // Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых: сб. ст. – М., 1977. – С. 279-284.

106 Паспорт по инвестиционной привлекательности Костанайской области // http://iw.org.pl/wp-content/uploads/2018/10/Atrakcyjno. 28.11.2022.

107 Говорова Ю.Н. Степной гигант (из истории Соколовско-Сарбайского горо-обогатительного комбината-акционерного общества «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение») // Всесоюзные ударные стройки в истории XX века. – Казань, 2015. – С. 175-181.

108 Промышленность Казахстана за 40 лет: сб. ст. / под ред. И.М. Бровера, Н.А. Ерофеева. – Алма-Ата, 1957. – 151 с.

109 Журилов Е.В. ССГПО – первое в Казахстане. Глобус. Геология и бизнес / https://www.vnedra.ru/glavnaya-tema/ssgpo-pervoe-v. 29.11.2022.

110 Горная энциклопедия Соколовско-Сарбайский горно-обогатительный комбинат // http://www.mining-enc.ru/s/sokolovsko-sarbajskij-gorno. 29.11.2022.

111 Hawkins T., Smith M.P. et al. The geology and genesis of the iron skarns of the Turgai belt, northwestern Kazakhstan // Ore Geology Reviews. – 2017. – Vol. 85. – P. 216-246.

112 Herrington R.J., Smith M.L., Maslennikov V.V. et al. Short Review Of Palaeozoic Hydrothermal Magnetite Iron-Oxide Deposits of The South and Central Urals and Their Geological Settings // Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related deposits A global perspective. – 2002. – Vol. 2. – P. 343-353.

113 Горная энциклопедия: в 5 т. / под ред. Е.А. Козловского. – М.: Советская энциклопедия, 1984. – Т. 1. – 558 с.

114 Терехова Э. Б. Направления и способы биологической рекультивации на горнорудных предприятиях Северного Казахстана // Растения и промышленная среда. – 1990. – №13. – С. 100-120.

115 Минералы и месторождения России и стран ближнего зарубежья. Соколовское (Fe) месторождение // https://webmineral.ru/deposits/item. 28.11.2022.

116 Горная энциклопедия Качарский горно-обогатительный комбинат // http://www.mining-enc.ru/k/kacharskij-gorno-obogatitelnyj-kombinat. 30.11.2022.

117 Добыча и обогащение железных руд. ИТС 25-2017: информац.-техн. справоч. по наилучшим доступным технологиям: утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2017 года, №2845 // https://base.garant.ru/71846356/. 30.11.2022.

118 Анистратов Ю.И. Отвалообразование. – М., 1989. – Т. 4. – 623 с.

119 Малая горная энциклопедия: в 3 т. / под ред. В.С. Белецкого. – Донецк, 2004. – 592 с.

120 Колесников Б.П., Пикалова Г.М. К вопросу о классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов // Растения и промышленная среда. – 1974. – №3. – С. 3-28.

121 ERG / АО «ССГПО» // https://www.erg.kz/ru/enterprises. 30.11.2022.

122Паспорт «О» Техногенные минеральные образования №3/1068. Объект учета Юго-Восточный отвал Соколовского месторождения / АО «ССГПО». – Рудный, 2022. – 10 с.

123 Паспорт «О» Техногенные минеральные образования №3/1057. Объект учета Юго-Западный отвал Сарбайского участка / АО «ССГПО». – Рудный, 2022. – 9 с.

124 Паспорт «О» Техногенные минеральные образования №3/1058. Объект учета Юго-Западный отвал Южно-Сарбайского участка / АО «ССГПО». – Рудный, 2022. – 10 с.

125 Перспективы развития Кустанайского железорудного бассейна / под ред. Н.В. Мельникова. – Алмата-Ата: Наука, 1972. – 346 с.

126 Геологические и горнотехнические условия, отрабатываемых на автомобильный транспорт карьера Качарского РУ / АО «Качары руда». – Качары, 2022. – 10 с.

127 Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова: учеб. пос. - Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. - 304 с.

128 Прокопьев Е.П., Зверев А.А., Мерзлякова И.Е. и др. К созданию базы научных данных по флоре сосудистых растений особо охраняемой природной территории «Береговой склон р. Томи» // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: матер. 3-й междунар. конф. – Томск, 2005. – С. 92-93.

129 Работнов Т.А. Фитоценология. – Изд. 3-е. – М., 1992. – 349 с.

130 Грейг-Смит П. Количественная экология растений / пер. с англ. – М., 1967. – 359 с.

131 Куприянов А.Н., Казьмина С.С., Зверев А.А. Изменение флористического состава растительных сообществ Караканского хребта вблизи угольных разрезов // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. – 2018. – №43. – С. 66-88.

132 Czekanowski J. "Coefficient of racial likeness" und "durchsehnittliche Differenz" // Anthropologischer Anzeiger. – 1932. – Vol. 9. – P. 227-249.
133 Sørensen T. A new method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons // Biologiske Skrifter. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. – 1948. – Vol. 5, Issue 4. – P. 1-34.
134 Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Palaeontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontologia Electronica. – 2001. – Vol. 4, Issue 1. – P. 1-9.
135 Стрельникова Т.О. Флора Бащелакского хребта. – Новосибирск: Гео, 2010. – 225 с.
136 Малышев Л.А. Современные подходы к количественному анализу и сравнению флор // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики: матер. 2-го рабоч. совещ. по сравнит. флористике. – Л.: Наука, 1987. – С. 142-148.
137 Малышев Л.И. Оценка оригинальности флоры по таксономической структуре // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. – 2000. – №6. – С. 3-10.
138 Эбель А.А. Конспект флоры северо-западной части Алтае-Саянской провинции. – Кемерово, 2012. – 566 с.
139 Флора Алтая под ред. Р.В. Камелина. – Барнаул, 2005. – Т. 1. – 338 с.
140 Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений: жизненные формы покрытосеменных и хвойных. – М.: Высшая школа, 1962. – 378 с.
141 Крылов П.Н. Флора Западной Сибири Руководство к определению западно-сибирских растений. — Второе дополненное и расширенное издание "Флоры Алтая и Томской губернии" П. Крылова — Томск, 1949.
142 Флора Казахстана: в 9 т. / под ред. Н.В. Павлова. – Алма-ата: Наука, 1956. – Т. 1. – 354 с.; 1958. – Т. 2. – 292 с.; 1960. – Т. 3. – 460 с.
143 Simanchuk Ye. A., Kuprijanov A.N., Sultangazina G.J. Analysis of the syngenesis pioneer stage on the iron ore enterprises dump sites in the Kostanay region // Вестник Карагандинского университета. Серия Биология. Медицина. География. – 2023. – №3(111). – С. 159-168.
144 Simanchuk Ye.A., Sultangazina G.J., Kuprijanov A.N. Analysis of group-thicket communities on iron ore industry dumps in Kostanay Region // Вестник Евразийского национального университета Л.Н. Гумилева. Серия Биологические науки. – 2023. – № 3 (144). – С.26-39.
145 Simanchuk Ye. A., Kuprijanov A.N., Sultangazina G.J. Analysis of complex phytocenoses of iron ore companies dumps of the Kostanay region // Вестник Казахского национального университета имени Аль-Фараби. – 2023. – №3(96). – С. 66-79.
146 Simanchuk Ye.A., Sultangazina G.J., Kuprijanov A.N. Natural overgrowth of the dump sites of mining enterprises in the Kostanay region // Докл. Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2023. – № 1. – С. 82-95.
147 Симанчук Е.А., Куприянов А.Н. Қостанай облысының темір рудасы кәсіпорындарының үйінділерінде өсімдік жамылғысының түзілуін зерттеу //

Путь в науку – 2023: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Павлодар, 2023. – С. 301-306.

148 Симанчук Е.А., Куприянов А.Н., Султангазина Г.Ж. Биоразнообразие железорудных отвалов: возможности и ограничения естественного восстановления // Актуальные проблемы научных исследований молодых ученых: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Алматы, 2024. – С. 303-307.

149 Горчаковский П.Л., Матяшенко Г.В. Первичные сукцессии растительности на меловых обнажениях в Западном Казахстане // Экология. – 1978. – №3. – С. 11-23.

150 Алехин В.В. География растений. – М.: Учпедгиз, 1938. – 327 с.

151 Кубанская З.В. Растительность и кормовые ресурсы пустыни Бет-Пак-Далы. – Алма-Ата, 1956. – 264 с.

152 Борисова И.В., Исаченко Т.И., Рачковская Е.И. О лесостепи в Северном Казахстане // Ботан. журн. – 1957. – №42(5). – С. 677-690.

153 Манаков Ю.А. Первичные сукцессии на гидроотвалах Кедровского разреза (Кузбасс) // Восстановление нарушенных ландшафтов: матер. 4-й науч.-практ. конф. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2004. – С. 293-299.

154 Манаков Ю.А. Парциальные флоры техногенных экотопов Кузбасса // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – №9(103). – С. 104-109.

155 Куликов П.В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). – Миасс: Геотур, 2005. – 537 с.

156 Куприянов А.Н. Конспект флоры Казахского мелкосопочника. – Новосибирск, 2020. – 423 с.

157 Крылов Г.В. Леса Западной Сибири. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 256 с.

158 Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – СПб., 1995. – 992 с.

159 Takhtajan A.L. Flowering plants. – Berlin: Springer, 2009. – 916 s.

160 Абдулина С.А. Список сосудистых растений Казахстана. – Алматы, 1999. – 187 с.

161 Галанин А.В., Золотухин Н.И., Марина Л.В. Конспект флоры хребта Куркуре (Восточный Алтай) // Бот. журн. – 1979. – №64(5). – С. 623-634.

162 Конысбаева Д.Т., Орманбекова Д.О. Восстановление фиторазнообразия на отвалах Соколовского рудника // Биологическое разнообразие азиатских степей: матер. 2-й междунар. науч. конф. – Костанай, 2012. – С. 21-24.

163 Конысбаева Д.Т., Зимницкая С.А., Жакупов А.Ж. Изучение флоры отвалов техногенных ландшафтов на примере Соколовского рудника // Биологическое разнообразие азиатских степей: матер. 3-й междунар. науч. конф. – Костанай, 2017. – С. 312-317.

164 Rysbekov K. et al. Examination and current state of vegetation of technologically disturbed lands of SSGPO // Eurasian Journal of Ecology. – 2019. – Vol. 2, Issue 59. – P. 90-99.

165 Скворцов А.К. О сибирском «бальзамическом» тополе // Бюлл. Гл. бот. сада. – 2007. – №193. – С. 41-45.

166 Горбунов А.Г. Озеленение и рекультивация в полупустынной зоне Казахстана. – Кемерово, 2014. – 120 с.

167 Красная книга Республики Казахстан. Подлежащие охране сосудистые растения, мхи, печёночники, антоцеротовые и лишайники (374) // https://www.plantarium.ru/page/redbook/id/42.html. 16.01.2023.

168 Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. – 1964. – Т. 3. – С. 146-208.

169 Левина Р.Е. Способы распространения плодов и семян. – М.: Изд-во МГУ, 1957. – 357 с.

170 Wang H., Horton R. Tackling climate change: the greatest opportunity for global health // Lancet. – 2015. – Vol. 386, Issue 10006. – P. 1798-1799.

171 The Global Climate and Health Alliance. Tackling climate change could be the greatest global health opportunity of the 21st century 2021 // https://climateandhealthalliance.org/wp-content/uploads/2021/05/GCH. 03.03.2024.

172 Уфимцев В.И., Манаков Ю.А., Куприянов А.Н. Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель на предприятиях угольной промышленности в Кузбассе. – Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2017. – 53 с.

173 Уфимцев В.И., Куприянов А.Н. Карбоновые фермы – отвалы угольных предприятий Кузбасса // Уголь. – 2021. – №11(1148). – Р. 56-60.

174 Симанчук Е.А., Куприянов А.Н., Султангазина Г.Ж. Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель Соколовского, Сарбайского и Качарского железорудных месторождений. – Костанай: КРУ имени Ахмет Байтурсынұлы, 2024. – 41 с.

175 Лесной кодекс Республики Казахстан: принят 8 июля 2003 года, №477 // https://adilet.zan.kz/rus/docs/K030000477_. 09.01.2024.

176 Кодекс Республики Казахстан. О недрах и недропользовании: принят 27 декабря 2017 года, №125-VI ЗРК // https://adilet.zan.kz/rus/docs/K1700000125

177 Закон Республики Казахстан. Об особо охраняемых природных территориях: принят 7 июля 2006 года, №175 // https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z060000175_. 09.01.2024.

178 Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан. Об утверждении Инструкции по разработке проектов рекультивации нарушенных земель: утв. 2 августа 2023 года, №289 // https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2300033250. 09.01.2024.

179 Экологический кодекс Республики Казахстан: принят 2 января 2021 года, №400-VI ЗРК // https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400. 09.01.2024.

180 ГОСТ 17.5.1.03-86. Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель. – Введ. 1988-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 15 с.

181 ГОСТ 17.0.0.05-2002. Охрана природы. Открытые горные работы. Земли. Рекультивация нарушенных земель. Общие требования. – Введ. 2004-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2003. – 20 с.

182 Наставление по защите лесных культур и молодняков от вредных насекомых и болезней: утв. Рослесхозом 3 июня 1997 года // https://dokipedia.ru/document/5172302. 09.01.2024.

183 Указ Президента Республики Казахстан. Об утверждении Национального плана развития Республики Казахстан до 2025 года и признании утратившими силу некоторых указов Президента Республики Казахстан: утв. 15 февраля 2018 года, №636 // https://adilet.zan.kz/rus/docs. 08.05.2024.

184 Указ Президента Республики Казахстан. Об утверждении Стратегии достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года: утв. 2 февраля 2023 года, №121 // https://adilet.zan.kz/rus/docs. 08.05.2024.

185 Симанчук Е.А., Куприянов А.Н., Султангазина Г.Ж. Конспект флоры отвалов Соколовского, Сарбайского и Качарского железорудных месторождений (Казахстан) // Ботанические исследования Сибири и Казахстана: сб. науч. тр. – Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2024. – С. 3-24.

186 Ситпаева Г.Т. Анализ флоры Тургайского прогиба. Автореф. дис. . канд. биол. наук. Алматы, 1998. - 26 с.

187 Быков. Б.А. Геоботаника. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1957.-276 с.

188 Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве: СанПиН 42-128-4433-87. - Москва, 1988.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Методические рекомендации

1

УДК 504.062.4
ББК 20.1

Авторы:

Симанчук Елена Андреевна – магистр естественных наук, и.о. заведующей лабораторным комплексом «LabNetwork», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтурсынұлы»;

Куприянов Андрей Николаевич – доктор биологических наук, профессор, директор Кузбасского ботанического сада, ФИЦ угля и углехимии СО РАН;

Султангазина Гульнар Жалеловна – кандидат биологических наук, и.о. профессора кафедры биологии, экологии и химии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы».

Рецензенты:

Брагина Татьяна Михайловна – д.б.н., профессор кафедры естественно-научных дисциплин НАО «КРУ имени Ахмет Байтурсынұлы»;

Уфимцев Владимир Иванович - д.б.н., главный научный сотрудник ФИЦ Угля и Углехимии СО РАН.

Симанчук Е.А., Куприянов А.Н., Султангазина Г.Ж.

М54 Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель Соколовского, Сарбайского и Качарского железорудных месторождений. Костанай: КРУ имени Ахмет Байтұрсынұлы, 2024. – 41 с., с цв. илл.

ISBN 978-601-356-338-1

Настоящие рекомендации подготовлены по результатам НИР с 2021 по 2024 гг. в рамках выполнения задач в области охраны окружающей среды Республики Казахстан. Предметом рекомендаций являются методы создания лесных насаждений различного типа и назначения при проектировании и проведении работ по рекультивации нарушенных земель на предприятиях железорудной промышленности.

Данные рекомендации предназначены для горнодобывающих предприятий, в частности, для руководителей АО «ССГПО» и АО «Качары руда», административных органов различного уровня, региональных служб и иных лиц, принимающих решения, специалистов по восстановлению нарушенных железорудной промышленностью территорий, преподавателей и обучающихся специальностей «Биология», «Экология», «Геоэкология», «Агрономия».

ББК 20.1
М54

Утверждено и рекомендовано к изданию Научно-техническим советом Костанайского регионального университета имени Ахмет Байтұрсынұлы, 29.02.2024 г. протокол № 3

ISBN 978-601-356-338-1

2

СОДЕРЖАНИЕ

42

Научное издание

Симанчук Е.А., Куприянов А.Н., Султангазина Г.Ж.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по лесной рекультивации нарушенных земель Соколовского, Сарбайского и Качарского железорудных месторождений

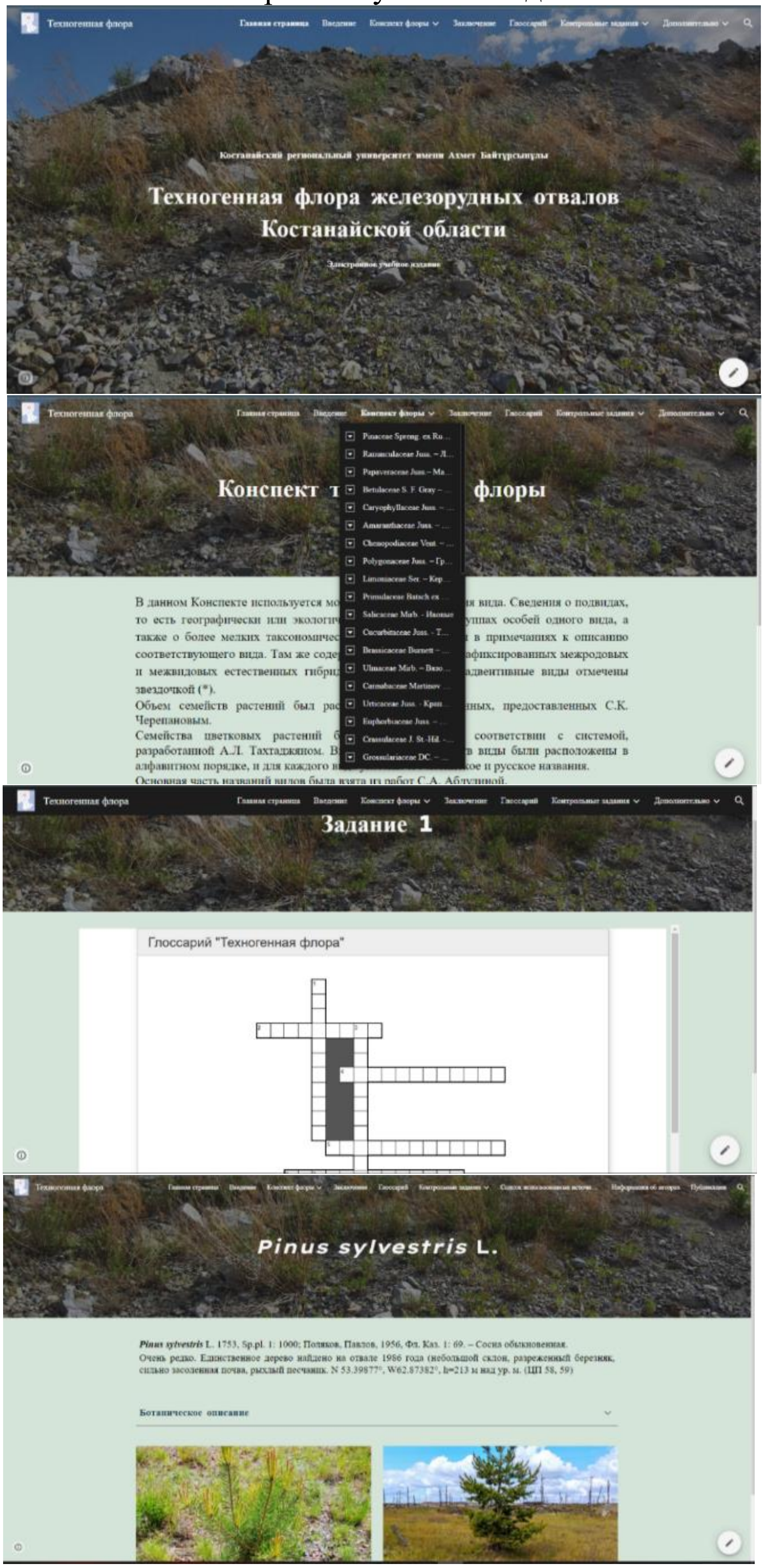
Ответственный редактор к.б.н., и.о. профессора Султангазина Г.Ж.

Макет и верстка *Е.А. Симанчук*
Дизайнер обложки *Е.А. Симанчук*
Фотографии *Е.А. Симанчук*

Подписано в печать 1.03.2024 г.
Формат 60х84/16
Тираж 500 экз.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Электронное учебное издание



https://sites.google.com/view/techflora-kru/

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Акт внедрения результатов диссертационного исследования в производство

«Соколов-Сарыбай кен-байыту өндірістік бірлестігі» АҚ

Қазақстан Республикасы, 111500
Рудный қ., Ленин д., 26
Т: +7 (71431) 3 16 52
E: main.ssgpo@erg.kz

SSGPO

АО «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение»

Республика Казахстан, 111500
г. Рудный, пр. Ленина, 26
Т: +7 (71431) 3 16 52
E: main.ssgpo@erg.kz

АКТ ВНЕДРЕНИЯ
результатов диссертационного исследования
на тему: «Изучение закономерностей естественного зарастания отвалов предприятий горнодобывающей промышленности Костанайской области»
Симанчук Елены Андреевны

Настоящий акт составлен на предприятии АО «Соколо́вско-Сарба́йское горно-обогатительное производственное объединение», входящем в группу компаний Eurasian Resources Group (ERG).

В ходе выполнения диссертационного исследования автором были проведены работы: изучение естественного растительного покрова железорудных отвалов вскрышных пород, дана оценка необходимости проведения рекультивационных работ, составлены рекомендации по восстановлению растительности.

Содержание разработанных Симанчук Е.А., Куприяновым А.Н. и Султангазиной Г.Ж. «Методических рекомендаций по лесной рекультивации нарушенных земель Соколовского, Сарбайского и Качарского железорудных месторождений» рассмотрены в ходе совещания 22.04.2024 г. Данное научное издание предусматривает организацию всего комплекса работ по лесной рекультивации. Материал рекомендаций является актуальным, разработки – научно обоснованными.

Принято решение об использовании данных рекомендаций в ходе разработки и осуществления Плана рекультивации Юго-Западного автомобильного отвала Сарбайского месторождения с привлечением специалистов-разработчиков.

Начальник отдела-главный эколог **Дворниченко А.А.**

КАНЦЕЛЯРИЯ

Дворниченко А.С.
8(707)4535286

www.erg.kz

1 из 1

Рисунок В.1 – Акт внедрения результатов исследования

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Свидетельство об авторском праве

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

СВИДЕТЕЛЬСТВО

О ВНЕСЕНИИ СВЕДЕНИЙ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕЕСТР ПРАВ НА ОБЪЕКТЫ, ОХРАНЯЕМЫЕ АВТОРСКИМ ПРАВОМ

№ 45868 от «16» мая 2024 года

Фамилия, имя, отчество, (если оно указано в документе, удостоверяющем личность) автора (ов): **СИМАНЧУК ЕЛЕНА АНДРЕЕВНА, Султангазина Гульнар Жалеловна**

Вид объекта авторского права: **программа для ЭВМ**

Название объекта: **Техногенная флора железорудных отвалов Костанайской области**

Дата создания объекта: **20.02.2024**

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Акт внедрения результатов НИР в учебный процесс

Утверждаю
Член Правления - Проректор по академическим вопросам
НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы»
________________ Е.Исакаев
«29» мая 2024 г.

АКТ
внедрения результатов НИР в учебный процесс

Настоящим актом подтверждаем, что результаты НИР Симанчук Елены Андреевны и Султангазиной Гульнар Жалеловны (в ходе выполнения докторской диссертации) по теме «Изучение закономерностей естественного зарастания отвалов предприятий горнодобывающей промышленности Костанайской области», выполненной в НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», внедрены в учебный процесс на основании решения заседания кафедры биологии, экологии и химии, протокол от «27» февраля 2024 г. № 5.

Основными результатами являются:

1. Практические выводы и рекомендации по лесной рекультивации железорудных отвалов Костанайской области;
2. Гербарий высших сосудистых растений (сбор растений производили на отвалах пустых пород предприятий АО «ССГПО» и АО «Качары руда»);
3. Электронное учебное издание «Техногенная флора железорудных отвалов Костанайской области», свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом № 45868 от 16.05.2024 г.

Указанные результаты используются в учебном процессе при проведении практических и лабораторных занятий по дисциплинам: «Ботаника», «Систематика растений», «Экология» (бакалавриат); «Окружающая среда и биоразнообразие», «Современные вопросы систематики высших растений», «Современные проблемы биологии» (магистратура); в процессе самостоятельной работы студентов; в курсовых и дипломных работах студентов, в магистерских диссертациях; в научных целях при составлении региональных флористических сводок и определителей.

Результаты внедрения окажут следующее воздействие на качество учебного процесса и рост компетентности обучающихся:

1. Повышается качество подготовки и организации занятий, так как обучающиеся получают дополнительную информацию по материалу курса.
2. Обучающиеся приобретают навыки распознавания признаков основных семейств, родов и видов растений техногенной флоры.
3. Обучающиеся повысят свою компетентность в области высших сосудистых растений, а также паттернов развития растительных сообществ на оголенном техногенном элювии (сукцессии).

Декан факультета сельскохозяйственных наук ____________ **А.Нугманов**
"27" мая 2024 г.
М.П.

Зав. кафедрой биологии, экологии и химии ____________ **В.Карасева**
"27" мая 2024 г.

Руководитель темы НИР к.б.н., и.о. профессора ____________ **Г.Султангазина**
"27" мая 2024г.

Согласовано:

Начальник Управления науки и коммерциализаци
____________ **А.Коваль**
"28" ______ 2024 г.
М.П.

Начальник отдела образовательных программ
____________ **Г.Исмаилова**
"28" 05 2024г.
М.П.

Рисунок Д.1 – Акт внедрения результатов НИР в учебный процесс

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Таблица Е.1 – Классификация сукцессий фитоценозов

Варианты	Типы и подтипы сукцессий			
	автогенные		аллогенные	
	сингенез	эндоэко-генез	гейтоге-нез	гологе-нез
По времени				
Быстрые (десятилетия)	+	–	+	+
Средние (столетия)	–	+	+	+
Медленные (тысячелетия)	–	+	–	+
Очень медленные (десятки тысяч лет)	–	+	–	+
По обратимости				
Обратимые	–	–	+	+
Необратимые	+	+	+	+
По степени постоянства процесса				
Постоянные	+	+	+	+
Непостоянные	–	–	+	+
По происхождению				
Первичные	+	+	–	–
Вторичные	+	+	–	–
По тенденции изменения продуктивности				
Прогрессивные	+	+	+	+
Регрессивные	+	+	+	+
По тенденции изменения видового богатства				
Прогрессивные	+	+	+	+
Регрессивные	+	+	+	+
По антропогенности				
Антропогенные	+	+	+	+
Природные	+	+	+	+
Примечание – Составлено по источнику [76, с. 4-35]				

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Таблица Ж.1 – Характеристика изученных ценопопуляций

Отвал, карьер	ЦП	Координаты	Возраст, лет	Характеристика техногенного элювия	Стадия сингенеза
Незасоленные грунты					
Юго-Западный, Сарбайский	1-5	N53.03741°, W63.03858°	2	Незасоленные ожелезненные известняки	Пионерное сообщество
Юго-Восточный, Соколовский	6-10	N52.97571°, W63.17021°	17-20	Супесчаный эмбриозем с известняками	Группово-зарослевое сообщество
Юго-Западный, Сарбайский	11-15	N53.03742°, W63.03890	5-7	Известняки	Группово-зарослевое сообщество
Юго-Восточный, Соколовский	16-20	N52.97550°, W63.171100°	40	Супесчаный эмбриозем с известняками	Сложный фитоценоз
Юго-Западный, Сарбайский	21-26	N53.03007°, W63.04792°	40	Скальные известняки, песчаники	Сложный фитоценоз
«Старый», Соколовский	65-72	N52.99396°, W63.22079°	40-50	Супесчаный эмбриозем с известняками	Переходный фитоценоз
Сильно засоленные грунты					
№7, Качарский	43-47	N53.24516°, W62.51092°	5	Засоленные супеси и суглинки	Пионерное сообщество
№7, Качарский	48-52	N53.24516°, W62.51092°	5	Засоленные супеси и суглинки	Пионерное сообщество
Юго-Западный, Южно-Сарбайский участок	27-32	N53.00684°, W63.08175°	12-14	сильно засоленные супеси и легкие суглинки	Группово-зарослевое сообщество
№7, Качарский	33-37	N53.24516°, W62.51092°	20	Засоленные супеси и легкие суглинки	Группово-зарослевое сообщество
№7, Качарский	38-42	N53.40953°, W62.88783°	20	Засоление среднее, легкие суглинки	Группово-зарослевое сообщество
№7, Качарский	53-57	N53.39877°, W62.87382°	36	Сильно засоленная почва, рыхлый песчаник	Сложный фитоценоз
№7, Качарский	58-63	N53.41433°, W62.85255°	14	Засоленная почва, рыхлый песчаник	Сложный фитоценоз

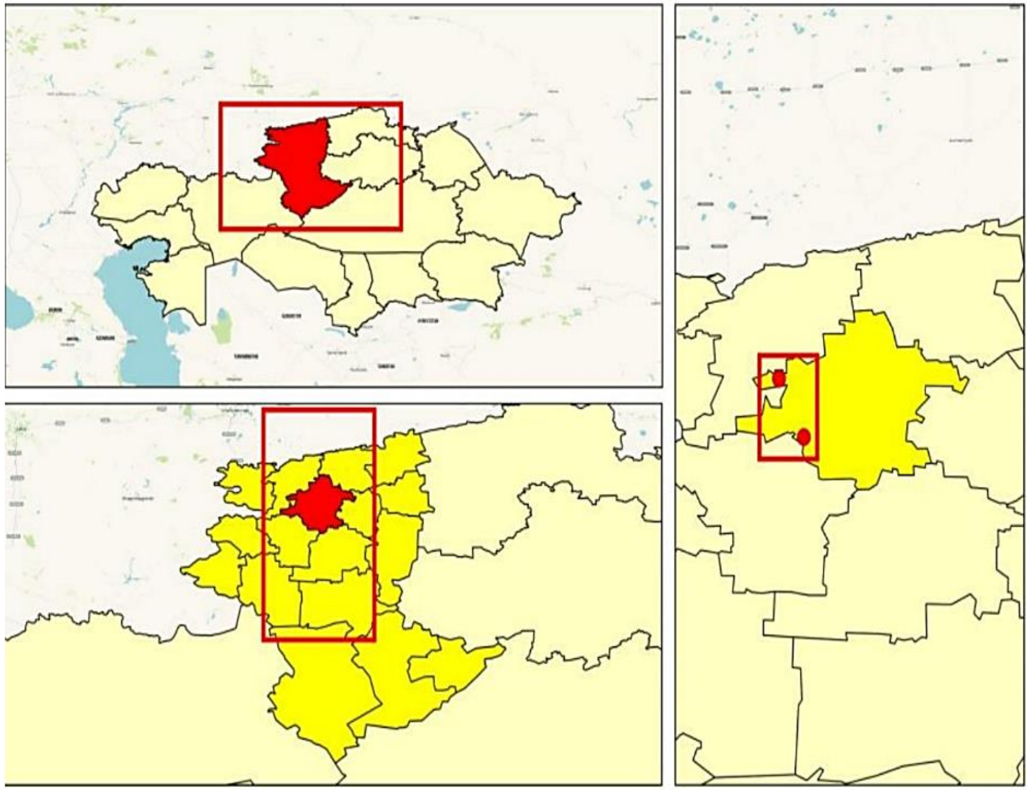


Рисунок Ж.1 – Расположение предприятий

Примечания:

А – АО «ССГПО», В – АО «Качары руда»

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Таблица И.1 – Сводная таблица результатов лабораторного анализа проб техноземов на отвалах

Шифр	Сухой ост., %	HCO_3^-, мг-экв/ 100 г	Cl^-, мг-экв/ 100 г	SO_4^{2-}, ммоль/ 100 г	Ca, ммоль/1 00 г	Mg, ммоль/ 100 г	pH, водн.	Na, ммоль/ 100 г	органи ческое в-во, %	Cu моб., мг/кг	Fe моб., мг/кг	Pb моб., мг/кг	Zn моб., мг/кг
С1	0,04	0,37	1,45	6,60	0,05	0,01	4,2	0,01	0,30	0,85	235,0	0,01	1,41
С2	0,06	0,00	0,40	5,30	0,48	0,10	8,6	0,07	1,50	0,69	10,20	0,46	1,78
С3	0,24	0,62	0,50	233,9	4,62	0,30	7,9	0,07	2,80	10,70	324,0	3,75	27,1
С4	0,12	0,25	10,00	145,8	1,59	0,87	2,7	0,41	0,40	1,56	350,0	0,23	4,20
К1	0,04	0,50	1,70	17,40	0,45	0,14	4,8	0,11	1,30	6,01	274,0	0,11	4,73
К2	0,06	0,50	0,70	12,60	0,08	0,05	7,2	0,16	0,40	0,82	35,40	0,01	0,91
К3	0,36	0,50	1,35	483,3	3,36	2,65	4,6	2,48	1,60	19,30	307,0	2,15	7,62
К4	0,04	0,20	1,20	8,00	0,22	0,09	4,6	0,25	0,90	1,37	411,0	0,16	2,83
Ктр	0,22	0,37	8,00	50,90	0,19	0,12	6,4	1,98	4,10	0,22	9,09	0,59	4,09

Примечания:
1. С1-С5 – пробы, отобранные с отвалов на территории АО «ССГПО».
2. К1-К5 – АО «Качары руда».
3. Ктр – контроль.

Таблица И.2 – Результаты статистической обработки данных техногенного эллювия

	Наименование	SD	Cl	CV	r, КВ	p, КВ	r, ОПП	p, ОПП
1	HCO_3^-	0.191	(0.221, 0.515)	52.07%	-0.319	0.403	0.009	0.981
2	Cl^-	3.571	(0.066, 5.556)	127.04%	0.249	0.519	0.322	0.398
3	SO_4^{2-}	161.83	(-17.31, 231.49)	151.12%	-0,664	0,049**	-0.638	0.064*
4	Ca в водной вытяжке	1.664	(-0.052, 2.506)	135.64%	-0.621	0.074*	-0.630	0.069*
5	Mg в водной вытяжке	0.8545	(-0.176, 1.138)	177.60%	-0.632	0.068*	-0.611	0.080*
6	pH солевой вытяжки	1.77	(3.46; 6.18)	36.64%	0.176	0.650	0.132	0.735
7	pH водной вытяжки	1.95	(4.17; 7.17)	34.43%	0.229	0.554	0.224	0.563
8	Na в водной вытяжке	0.93	(-0.10, 1.33)	151.3%	-0.139	0.721	0.013	0.974
9	K в водной вытяжке	0.0517	(0.0481; 0.1275)	58.86%	-0.61	0.081	-0.57	0.112
10	органическое вещество	1.26	(0.51, 2.45)	85.31%	0.26	0.492	0.39	0.294
11	Cu подвижная форма	6.50	(0.38; 9.61)	140.85%	-0.69	0.039**	-0.62	0.077
12	Fe подвижная форма	157.09	(96.55; 338.05)	72.29%	-0.68	0.044**	-0.62	0.077*
13	Pb подвижная форма	1.281	(-0.155, 1.815)	154.38%	-0.46	0.212	-0.47	0.200
14	Zn подвижная форма	8.15	(-0.19, 12.34)	134.14%	-0.38	0.319	-0.34	0.376
15	Cu валовое содержание	43.75	(4.99; 72.25)	113.28%	-0.67	0.050*	-0.54	0.136
16	Fe валовое содержание	2494.07	(7197.33; 11031.56)	27.36%	-0.632	0.068*	-0.380	0.314
17	Pb валовое содержание	9.56	(5.80, 20.50)	72.71%	-0.520	0.151	-0.297	0.437
18	Zn валовое содержание	31.88	(21.19; 70.21)	69.76%	-0.545	0.129	-0.344	0.365

Примечания:
1. SD – стандартное отклонение.
2. Cl – доверительный интервал.
3. CV – коэффициент вариации.
4. r – коэффициент Пирсона.
5. p – статистическая значимость связи.
6. КВ – количество видов.
7. ОПП – общее проективное покрытие.
8. * – коэффициенты значимы при p<0.1.
9. ** – коэффициенты значимы при p<0.05.

ТОО «Агрохимическая компания ДАРКАН ДАЛА»010000, РК, г. Нур-Султан район Есиль, Кайым Мухамедханов 5, 5 этаж тел 8 (7172) 97 27 12 e-mail: info@darkandala.kz

Испытательный центр Филиал «Исследовательский центр» ТОО «Агрохимическая компания ДАРКАН ДАЛА» в городе Костанай г.Костанай, проспект Н.Назарбаева, 170 тел 8 (7142) 21 22 52 Аттестат аккредитации № KZ.T.11.2383 от 12.10.2020 до 12.10.2025 e-mail: lab@darkandala.kz

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ ПОЧВЫ
№ 25 (С) от "03" ноября 2022 г.

Место проведения испытаний:	г. Костанай, пр-т Н.Назарбаева, д. 170
Заявитель, адрес:	Синичук Елена Андреевна, г. Костанай, ул. Гоголя 144-63.
Основание для проведения испытаний:	Заявка-договор №19 от 01.11.2022 г.
Объект исследования:	Почва
Место отбора:	г.Рудный, п. Качар , отвалы железорудных предприятий
Дата отбора проб:	-
Дата поступления проб:	04.10.2022 г.
Номер акта (ведомость) отбора:	-
Вид испытаний:	По заявке
НД на отбор:	-
НД на объект (продукции):	ГОСТ 27593-88; ГОСТ 29269-91
Дата выполнения анализа:	01.11.2022 г. - 02.11.2022 г.

№ п/п	ИНО*	Наименование образца заказчика			Наименование показателей, единицы измерений		
					pH водной вытяжки, ед. pH	Натрий в водной вытяжке, ммоль/100 г	Калий в водной вытяжке, ммоль/100 г
					НД на метод испытания		
					ГОСТ 26423-85	ГОСТ 26427-85	
		№ поля	сетка	площадь, га	Результаты химического анализа		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	17 С	2008 ГЗЗП 5341433 6285266 008 ГЗС	1	-	4,8	0,11	0,13
2	18 С	Южный отвал Сор. Берез лес 40 4054	1	-	4,2	0,01	0,05
3	19 С	Отвал 2002 груп-зар 002 Г-3	1	-	7,2	0,16	0,05
4	20 С	Отвал 2017 Пионер 5339188 6254621 017П	1	-	4,6	2,48	0,17
5	21 С	Старый отвал сок 20 20 СО	1	-	8,6	0,07	0,06
6	22 С	ЮЗ сарк 40 40 юз	1	-	7,9	0,07	0,13
7	24 С	Сок-сорт груп-зар ССГЗ	1	-	2,7	0,41	0,13
8	25 С	Контроль	1	-	6,4	1,98	0,04

Примечание: ИНО* - идентификационный номер образца. Отбор производился заявителем.

Исполнители:

Заместитель Заведующего Исследовательским центром: Инженер-химик: Токкужина Н.С. Балтабоева Г.К.

Заведующий Исследовательским Центром: Муканов М.К.

Менеджер по качеству: ...рова С.К.

ДАРКАН ДАЛА

ТОО «Агрохимическая компания ДАРКАН ДАЛА»010000, РК, г. Нур-Султан район Есиль, Кайым Мухамедханов 5, 5 этаж тел 8 (7172) 97 27 12 e-mail: info@darkandala.kz

Испытательный центр Филиал «Исследовательский центр» ТОО «Агрохимическая компания ДАРКАН ДАЛА» в городе Костанай г.Костанай, проспект Н.Назарбаева, 170 тел 8 (7142) 21 22 52 Аттестат аккредитации № KZ.T.11.2383 от 12.10.2020 до 12.10.2025 e-mail: lab@darkandala.kz

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ ПОЧВЫ
№26 (С) от "03" ноября 2022 г.

Место проведения испытаний:	г. Костанай, пр-т Н.Назарбаева, д. 170
Заявитель, адрес:	Синичук Елена Андреевна, г. Костанай, ул. Гоголя 144-63.
Основание для проведения испытаний:	Заявка-договор №19 от 01.11.2022 г.
Объект исследования:	Почва
Место отбора:	г.Рудный, п. Качар , отвалы железорудных предприятий
Дата отбора проб:	-
Дата поступления проб:	04.10.2022 г.
Номер акта (ведомость) отбора:	-
Вид испытаний:	По заявке
НД на отбор:	-
НД на объект (продукции):	ГОСТ 27593-88; ГОСТ 29269-91
Дата выполнения анализа:	01.11.2022 г.-02.11.2022 г.

№ п/п	ИНО*	Наименование образца заказчика			Наименование показателей, единицы измерений						
					Плотный остаток,%	Карбонаты , мг-экв/100 г	Бикарбонаты, мг-экв/ 100 г	Хлориды, мг-экв/100 г	Сульфаты, ммоль/100 г	Кальций в водной вытяжке, ммоль/100 г	Магний в водной вытяжке, ммоль/100 г
					НД на метод испытания						
					ГОСТ 26423-85	ГОСТ Р 59540-2021			ГОСТ 26426-85	ГОСТ 26428-85	
		№ поля	сетка	площадь, га	Результаты химического анализа						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	17 С	2008 ГЗЗП 5341433 6285266 008 ГЗС	1	-	0,04	<0,01	0,50	1,70	17,4	0,45	0,14
2	18 С	Южный отвал Сор. Берез лес 40 4051	1	-	0,04	<0,01	0,37	1,45	6,6	0,05	0,01
3	19 С	Отвал 2002 груп-зар 002 Г-3	1	-	0,06	<0,01	0,50	0,70	12,6	0,08	0,05
4	20 С	Отвал 2017 Пионер 5339188 6254621 017П	1	-	0,36	<0,01	0,50	1,35	483,3	3,36	2,65
5	21 С	Старый отвал сок 20 20 СО	1	-	0,05	<0,01	0,62	0,40	5,3	0,48	0,10
6	22 С	ЮЗ сарк 40 40 юз	1	-	0,24	<0,01	0,62	0,50	233,9	4,62	0,30
7	24 С	Сок-сорт груп-зар ССГЗ	1	-	0,12	<0,01	0,25	10,0	145,8	1,59	0,87
8	25 С	Контроль	1	-	0,22	<0,01	0,37	8,0	50,9	0,19	0,12

Примечание: ИНО* - идентификационный номер образца. Отбор производился заявителем.

Исполнители:

Заместитель Заведующего Исследовательским центром: Инженер-химик: Токкужина Н.С. Балтабаева Г.К.

Заведующий Исследовательским Центром: ...канов М.К.

Менеджер по качеству: ...рова С.К.

ДАРКАН ДАЛА

Рисунок И.1 – Протоколы испытаний, предоставленные ТОО «Агрохимическая компания ДАРКАН ДАЛА», лист 1

Ф-01 И ИЦ-3.05

ТОО «Агрохимическая компания ДАРКАН ДАЛА»010000, РК,
г. Нур-Султан
район Есиль,
Кайым Мухамедханов 5,
5 этаж
тел 8 (7172) 97 27 12
e-mail: info@darkandala.kz

Испытательный центр
Филиал «Исследовательский центр» ТОО «Агрохимическая компания ДАРКАН ДАЛА»
в городе Костанай
г. Костанай, проспект Н.Назарбаева, 170
тел 8 (7142) 21 22 52
Аттестат аккредитации
№ KZ.T.11.2383 от 12.10.2020
до 12.10.2025
e-mail: lab@darkandala.kz

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ ПОЧВЫ
№20 (С) от "14" октября 2022 г.

Место проведения испытаний:	г. Костанай, пр-т Н.Назарбаева, д. 170
Заявитель, адрес:	Симончук Нина Андреевна, г. Костанай, ул. Гоголя 144-63
Основание для проведения испытаний:	Заявка договор №13 от 04.10.2022 г.
Объект исследования:	Почва
Место отбора:	г. Рудный, п. Качар, отвалы железорудных предприятий
Дата отбора проб:	-
Дата поступления проб:	04.10.2022 г.
Номер акта (ведомость) отбора	-
Вид испытаний:	Расширенный
НД на отбор:	-
НД на объект (продукцию):	ГОСТ 27593-88, ГОСТ 29269-91
Дата выполнения анализа:	12.10.2022 г.-13.10.2022 г.

№ п/п	ИНО*	Наименование образца заказчика			Наименование показателей, единицы измерений						
					Плотный остаток,%	CO_3^{2-}, мг-экв/100 г	HCO_3^-, мг-экв/100 г	Cl^-, мг-экв/100 г	SO_4^{2-}, ммоль/100 г	Ca в водной вытяжке, ммоль/100 г	Mg в водной вытяжке, ммоль/100 г
					НД на метод испытания						
					ГОСТ 26423-85	ГОСТ Р 59540-2021			ГОСТ 26426-85	ГОСТ 26428-85	
		№ поля	сетка	площадь, га	Результаты химического анализа						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	23 С	Незарастающ. Березник (ПЗБ)	1	-	0,04	<0,01	0,20	1,2	8,0	0,22	0,09

Примечание: ИНО* - идентификационный номер образца. Отбор производится заявителем.

Исполнители:

Заместитель Заведующего Исследовательским центром: Токкужина Н.С.
Инженер-химик: Балтабаева Г.К.

Заведующий Исследовательским Центром: Муканов М.К.
Менеджер по качеству: Жарбо...рова С.К.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР АГРОХИМИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ ДАРКАН ДАЛА БИН 191141020384

Протокол распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям.
Перепечатка протокола частичная или полная запрещена без разрешения Исследовательского центра.

Ф-01 И ИЦ-3.05

ТОО «Агрохимическая компания ДАРКАН ДАЛА»010000, РК,
г. Нур-Султан
район Есиль,
Кайым Мухамедханов 5,
5 этаж
тел 8 (7172) 97 27 12
e-mail: info@darkandala.kz

Испытательный центр
Филиал «Исследовательский центр» ТОО «Агрохимическая компания ДАРКАН ДАЛА» в городе Костанай
г. Костанай, проспект Н.Назарбаева, 170
тел 8 (7142) 21 22 52
Аттестат аккредитации
№ KZ.T.11.2383 от 12.10.2020
до 12.10.2025
e-mail: lab@darkandala.kz

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ ПОЧВЫ
[illegible]

Место проведения испытаний:	г. Костанай, пр-т Н.Назарбаева, д. 170
Заявитель, адрес:	[illegible]
Основание для проведения испытаний:	[illegible]
Объект исследования:	Почва
Место отбора:	г. Рудный, п. Качар, отвалы железорудных предприятий
Дата отбора проб:	-
Дата поступления проб:	[illegible]
Номер акта (ведомость) отбора:	-
Вид испытаний:	[illegible]
НД на отбор:	-
НД на объект (продукцию):	[illegible]
Дата выполнения анализа:	[illegible]

№ п/п	ИНО*	Наименование образца заказчика			Наименование показателей, единицы измерений														
1	[illegible]	[illegible]	1	-	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-		
2	[illegible]	[illegible]	1	-	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-		
3	[illegible]	[illegible]	1	-	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-		
4	[illegible]	[illegible]	1	-	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-		
5	[illegible]	[illegible]	1	-	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-		
6	[illegible]	[illegible]	1	-	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-		
7	[illegible]	[illegible]	1	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		
8	[illegible]	[illegible]	1	-	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-		
9	[illegible]	[illegible]	1	-	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-		

Примечание: ИНО* - идентификационный номер образца. Отбор производится заявителем.

Исполнители:

Заместитель Заведующего Исследовательским центром: Токкужина Н.С.
Инженер-химик: Балтабаева Г.К.

Заведующий Исследовательским Центром: Муканов М.К.
Менеджер по качеству: Ж...рова С.К.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР АГРОХИМИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ ДАРКАН ДАЛА БИН 191141020384

Протокол распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям.
Перепечатка протокола частичная или полная запрещена без разрешения Исследовательского центра.

Рисунок И.1, лист 2

ПРИЛОЖЕНИЕ К

а

б

в

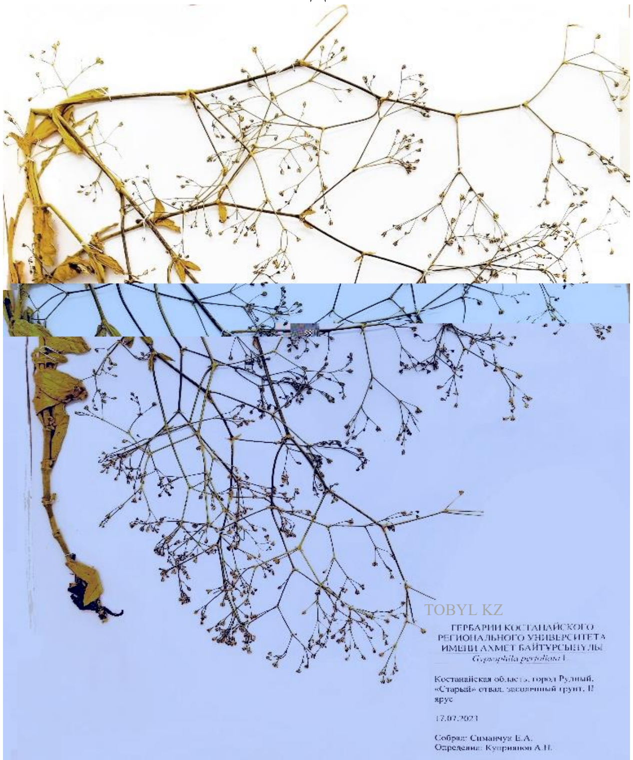
г

а – *Tripleurospermum inodorum,* б – *Malus baccata*, в – *Urtica dioica*, г – *Veronica spuria*

Рисунок К.1 – Примеры гербарных листов, оформленных в ходе диссертационного исследования, лист 1

д

е



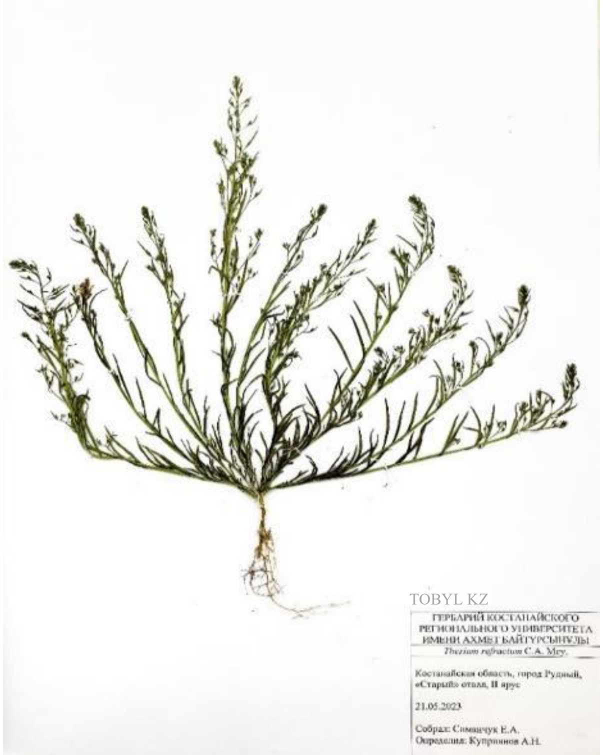
ж

и

д – *Eryngium planum,* е – *Achillea nobilis,* ж – *Gypsophila perfoliate,* и – Juncus compressus

Рисунок К.1, лист 2

л



м

н

п

л – *Helichrysum arenarium*, м – *Thesium refractum,* н – *Agropyron cristatum,* п – *Medicago sativa*

Рисунок К.1, лист 3

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Таблица Л.1 – Анализ семейств по доли их участия во флоре отвалов Костанайской области

Семейство	Флора отвалов			Флора Костанайской области	
	рода, шт.	виды		виды	
		число, шт.	% от флоры	число, шт.	% от флоры
1	2	3	4	5	6
Asteraceae	31	64	22,3	201	16,4
Poaceae	20	36	12,5	105	8,6
Fabaceae	14	31	11	80	6,5
Chenopodiaceae	11	18	6,1	67	5,5
Brassicaceae	14	17	6	66	5,4
Rosaceae	7	16	5,6	49	4,1
Scrophulariaceae	5	11	3,8	36	2,9
Polygonaceae	4	10	3,5	26	2,1
Lamiaceae	7	9	3,1	33	2,7
Caryophyllaceae	5	9	3,1	53	4,3
Boraginaceae	4	6	2,1	29	2,5
Salicaceae	2	6	2,1	17	1,4
Ranunculaceae	2	4	1,3	38	3,1
Euphorbiaceae	1	4	1,3	9	0,7
Plantaginaceae	1	4	1,3	11	0,9
Apiaceae	3	3	1	32	2,6
Elaeagnaceae	2	2	0,7	1	0,1
Solanaceae	2	2	0,7	4	0,3
Convolvulaceae	2	2	0,7	4	0,3
Amaranthaceae	1	2	0,7	2	0,2
Ulmaceae	1	2	0,7	-	-
Rubiaceae	1	2	0,7	17	1,4
Cyperaceae	1	2	0,7	49	4,1
Typhaceae	1	2	0,7	3	0,2
Aceraceae	1	2	0,7	1	0,1
Pinaceae	1	1	0,4	2	0,2
Papaveraceae	1	1	0,4	2	0,2
Betulaceae	1	1	0,4	4	0,3
Limoniaceae	1	1	0,4	9	0,7
Primulaceae	1	1	0,4	6	0,5
Cucurbitaceae	1	1	0,4	-	-
Cannabaceae	1	1	0,4	3	0,2
Urticaceae	1	1	0,4	2	0,2
Crassulaceae	1	1	0,4	5	0,4
Grossulariaceae	1	1	0,4	3	0,2
Onagraceae	1	1	0,4	7	0,6
Santalaceae	1	1	0,4	2	0,2
Caprifoliaceae	1	1	0,4	5	0,4
Valerianaceae	1	1	0,4	3	0,2
Campanulaceae	1	1	0,4	10	0,8
Lemnaceae	1	1	0,4	3	0,2

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6
Asparagaceae	1	1	0,4	3	0,2
Juncaginaceae	1	1	0,4	2	0,2
Juncaceae	1	1	0,4	2	0,2
Прочие	-	-	-	217	17,7
44	163	284	100	1223	100

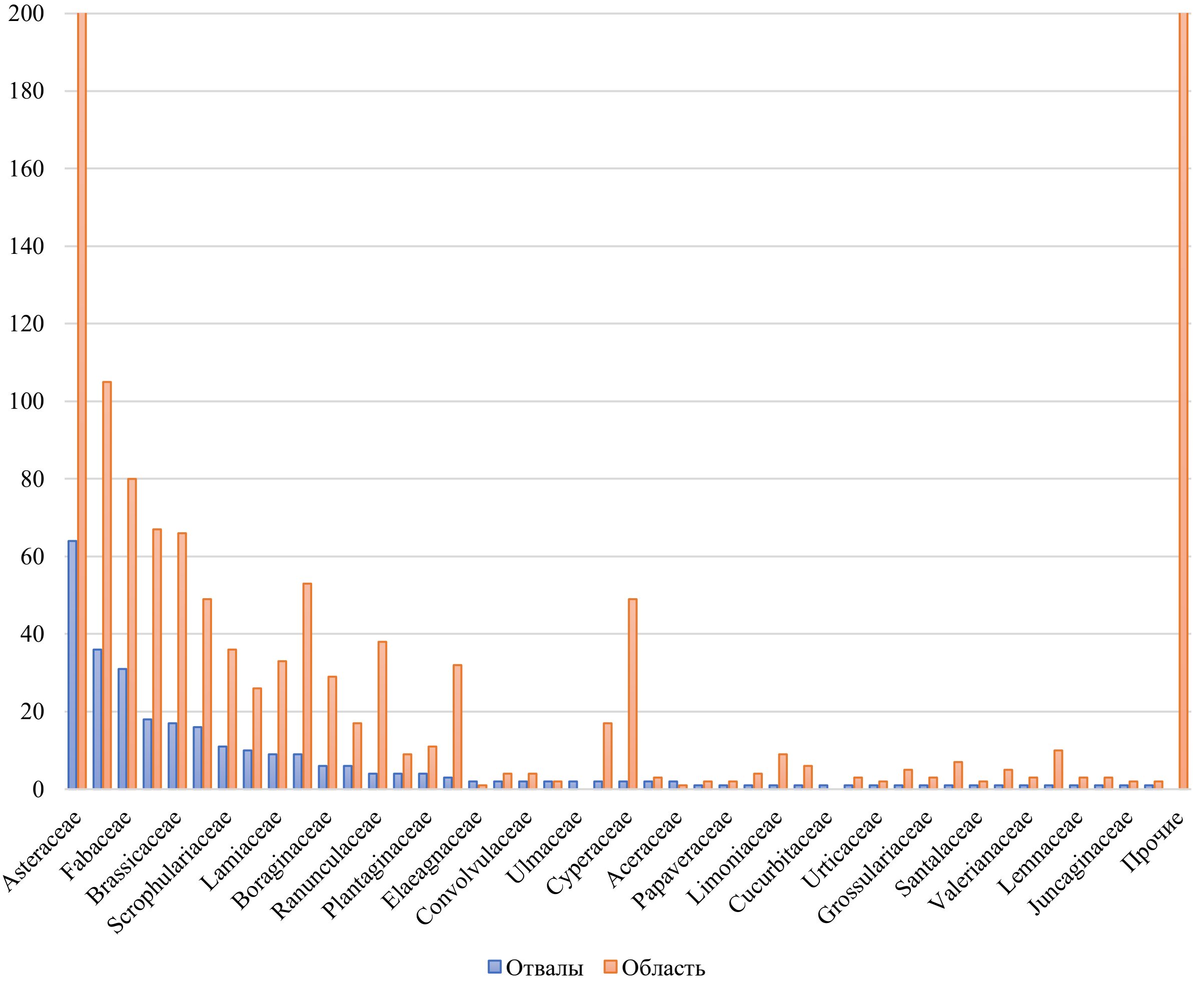


Рисунок Л.1 - Соотношение количества видов по семействам исследуемых отвалов и Костанайской области

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Таблица М.1 – Характеристики изучаемых видов

Вид	ЖФ	ЭГВО	ЭЦГ	ВП	ГГ	РС
1	2	3	4	5	6	7
Acer negundo L.	д	М	Лесной	-	СА	A_1
Acer tataricum L.	кск	КМ	Лесной	-	ЕА4	A_1
Achillea × kasakhstanica Kupr. et	длк	КМ	Степной	++	А2	A_2
Achillea millefolium L.	длк	М	Луговой	++	ЕА3	A_2
Achillea nobilis L.	крк	КМ	Степной	+	ЕА3	A_2
Achillea setacea Waldst. et Kit.	длк	К	Степной	++	ЕА2	A_2
Agropyron cristatum (L.) Beauv.	дрн	К	Степной	+	А1	В
Agropyron desertorum (Fisch. ex Link)	дрн	К	Степной	+	А1	В
Agropyron fragile (Roth) P. Candargy	длк	К	Степной	+	ЕА5	В
Agropyron pectinatum (M. Bieb.) P.	дрн	К	Степной	+	ЕА4	В
Agrostis gigantea Roth	длк	М	Луговой	++	ЕА1	В
Alyssum turkestanicum var. desertorum (Stapf) Botsch.	ол	М	Степной	х	ЕА2	A_2
Amaranthus paniculatus L.	ол	М	Сорный	х	К	В
Amaranthus retroflexus L.	ол	М	Сорный	х	К	В
Amoria repens (L.) C. Presl	длк	М	Луговой	++	К	В
Anisantha tectorum (L.) Nevski	ол	М	Сорный	х	ЕА4	A_2
Anthemis subtinctoria Dobrocz.	крк	КМ	Луговой	х	ЕА3	В
Arabidopsis toxophylla (Bieb.) N. Busch	ол	М	Степной	х	ЕА4	A_2
Artemisia absinthium L.	крк	М	Сорный	++	Г	A_2
Artemisia austriaca Jacq.	длк	К	Степной	++	ЕА3	A_2
Artemisia commutata Besser	крк	КМ	Степной	-	А3	A_2
Artemisia dracunculus L.	крк	М	Луговой	+	Г	A_2
Artemisia frigida Willd.	ПК	К	Степной	-	Г	A_2
Artemisia marschalliana Spreng.	пкч	КМ	Степной	+	ЕА5	A_2
Artemisia nitrosa Weber	длк	К	Степной	++	А3	A_2
Artemisia pauciflora Weber	крк	К	Степной	+	ЕА4	A_2
Artemisia pontica L.	длк	М	Луговой	++	ЕА3	A_2
Artemisia proceriformis Krasch.	длк	М	Луговой	+	А2	A_2
Artemisia schrenkiana Ledeb.	крк	К	Степной	-	А2	A_2
Artemisia scoparia Waldst. et Kit.	дл	КМ	Сорный	х	ЕА1	A_1
Artemisia sericea Weber ex Stechm.	длк	КМ	Степной	++	ЕА3	A_1
Artemisia sieversiana Willd.	дл	М	Сорный	х	А1	A_1
Artemisia vulgaris L.	крк	М	Луговой	+	Г	A_1
Asparagus officinalis L.	крк	М	Луговой	-	ЕА2	В
Aster tripolium L.	крк	М	Луговой	х	ЕА3	A_1
Astragalus buchtormensis Pall.	ск	КМ	Степной	_	А3	В
Astragalus cornutus Pall.	пкч	КМ	Степной	х	ЕА3	В
Astragalus danicus Retz.	длк	КМ	Луговой	++	ЕА1	В
Astragalus macropus Bunge	ск	КМ	Степной	-	ЕА3	В
Astragalus onobrychis L.	ск	М	Степной	++	ЕА4	В
Astragalus ruprifragus Pall.	ск	КМ	Степной	-	ЕА3	В
Astragalus scoparius Schrenk	ск	КМ	Степной	х	А2	В

Продолжение таблицы М.1

1	2	3	4	5	6	7
Astragalus sulcatus L.	ск	КМ	Степной	-	ЕА4	B
Astragalus testiculatus Pall.	пкч	К	Степной	-	ЕА3	B
Astragalus varius S.G. Gmel.	пкч	М	Степной	+	ЕА2	B
Atriplex intracontinentalis Sukhor.	ол	М	Луговой	х	ЕА4	B
Atriplex sagittata Borkh.	ол	М	Сорный	х	ЕА4	B
Atriplex tatarica L.	ол	КМ	Сорный	х	ЕА2	B
Avena fatua L.	ол	М	Сорный	х	Г	A_2
Axyris amaranthoides L.	ол	КМ	Сорный	х	ЕА4	A_2
Bassia laniflora (S.G. Gmel.) A.J. Scott	ол	К	Степной	х	ЕА4	A_2
Bassia prostrata (L.) Beck.	ПК	К	Степной	-	ЕА2	A_2
Bassia scoparia	ол	КМ	Сорный	+	ЕА3	A_2
Berteroa incana (L.) DC.	ск	М	Сорный	х	ЕА4	B
Betula pendula Roth	д	М	Лесной	+	ЕА1	A_1
Bidens tripartita L.	ол	МГ	Прибрежный	х	ЕА1	Hydro
Bromopsis inermis (Leyss.) Holub.	длк	М	Луговой	++	Г	B
Bromus squarrosus L.	ол	КМ	Степной	х	ЕА2	B
Bryonia alba L.	ккл	М	Сорный	-	ЕА2	Z
Calamagrostis epigeios (L.) Roth	длк	М	Луговой	++	ЕА1	B
Calystegia sepium (L.) R. Br.	длк	МГ	Прибрежный	++	К	Hydro
Camelina sylvestris Wallr.	ол	М	Сорный	х	ЕА5	B
Campanula sibirica L.	Ск	КМ	Степной	-	ЕА4	B
Cannabis sativa L.	ол	М	Сорный	х	К	A_2
Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.	ол	М	Сорный	х	К	B
Carduus thoermeri Weinm.	крк	М	Сорный	х	ЕА4	A_1
Carex praecox Schreb.	длк	КМ	Степной	++	ЕА4	A_2
Carex supina Willd. ex Wahlenb.	длк	К	Степной	++	ЕА5	A_2
Centaurea apiculata Ledeb.	ск	КМ	Луговой	х	ЕА2	A_1
Centaurea scabiosa L.	ск	КМ	Луговой	х	ЕА1	A_1
Cerasus fruticosa (Pall.) G. Woron.	к	М	Степной	++	ЕА3	Z
Ceratocarpus arenarius L.	ол	КМ	Степной	х	ЕА3	A_2
Chamerion angustifolium (L.) Holub.	длк	М	Луговой	++	Г	A_1
Chelidonium majus L.	ол	М	Сорный	х	ЕА1	Z
Chenopodiastrum hybridum (L.) S.	ол	М	Сорный	х	Г	B
Chenopodium album L.	ол	М	Степной	х	К	A_2
Chondrilla ambigua Fisch. ex Kar. et	ск	К	Степной	х	ЕА4	A_1
Chorispora tenella (Pall.) DC.	ол	М	Луговой	х	ЕА5	B
Cichorium intybus L.	ск	М	Сорный	х	К	A_1
Cirsium incanum (S.G. Gmel.) Fisch.	длк	М	Луговой	++	ЕА3	A_1
Cirsium setosum (Willd.) Besser	длк	М	Луговой	++	ЕА1	A_1
Cirsium vulgare (Savi) Ten.	ск	М	Сорный	х	Г	A_1
Convolvulus arvensis L.	длк	М	Сорный	++	К	B
Conyza canadensis (L.) Cronqist	ол	М	Сорный	х	К	A_1
Corispermum orientale Lam.	ол	КМ	Сорный	х	ЕА1	A_2
Corispermum declinatum	ол	М	Степной	х	А3	A_2
Crepis tectorum L.	ол	М	Сорный	х	ЕА1	A_1
Cyclachaena xanthifolia (Nutt.) Fresen.	ол	М	Сорный	х	СА	B
Dactylis glomerata L.	крк	М	Луговой	+	ЕА1	B
Delphinium consolida L.	дл	М	Луговой	х	ЕА3	B

Продолжение таблицы М.1

1	2	3	4	5	6	7
Descurainia sophia (L.) Webb ex Prantl	ол	М	Сорный	х	ЕА1	В
Dianthus borbasii Vandas	крк	КМ	Луговой	-	ЕА2	A_2
Dianthus campestris Bieb.	крк	КМ	Луговой	-	ЕА3	A_2
Dianthus rigidus M. Bieb.	пкч	К	Степной	-	ЕА2	A_2
Dracocephalum nutans L.	крк	М	Луговой	-	А1	В
Dracocephalum thymiflorum L.	крк	М	Луговой	-	ЕА3	В
Echinochloa crus-galli (L.) P. Beauv.	ол	М	Сорный	х	К	В
Echium vulgare L.	ск	КМ	Сорный	х	ЕА1	В
Elaeagnus angustifolia L.	д	К	Лесной	-	ЕА1	Z
Elytrigia repens (L.) Nevski	длк	М	Луговой	++	Г	В
Eremopyrum triticeum (Gaertn.) Nevski,	ол	К	Степной	х	ЕА5	В
Erigeron acris L.	крк	КМ	Луговой	х	ЕА1	A_1
Erucastrum armoracioides (Czern. Ex	крк	КМ	Степной	-	ЕА3	В
Eryngium planum L.	крк	М	Луговой	х	ЕА2	A_2
Erysimum canescens Roth	ол	КМ	Степной	х	ЕА1	В
Erysimum cheiranthoides L.	ол	КМ	Луговой	х	К	В
Euphorbia gerardiana Jacq.	крк	КМ	Степной	-	ЕА3	В
Euphorbia microcarpa (Prokh.) Kryl.	длк	М	Луговой	++	Эндем	В
Euphorbia subcordata C.A.Mey. ex	длк	КМ	Степной	++	ЕА5	В
Euphorbia uralensis Fisch. ex Link	длк	М	Луговой	++	ЕА3	В
Euphorbia virgata Waldst. et Kit.	длк	КМ	Сорный	++	ЕА1	В
Falcaria vulgaris Bernh.	длк	М	Луговой	+	К	В
Fallopia convolvulus (L.) A. Löve	лв	МГ	Сорный	х	Г	В
Festuca pratensis Huds.	длк	м	Луговой	++	К	В
Festuca valesiaca Gaudin	дрн	К	Степной	+	ЕА1	В
Fragaria viridis (Duchesne) Weston	длк	М	Луговой	++	ЕА1	Z
Galatella angustissima (Tausch)	длк	КМ	Степной	+	ЕА4	A_1
Galatella biflora (L.) Nees	длк	КМ	Луговой	++	ЕА1	A_1
Galatella villosa (L.) Rchb.	длк	К	Степной	+	ЕА4	A_1
Galium aparine L.	лв	М	Луговой	++	Г	A_2
Galium verum L.	крк	КМ	Луговой	+	ЕА1	В
Genista tinctoria L.	ПК	М	Луговой	_	ЕА3	В
Glaux maritima L.	длк	МГ	Прибрежный	+	Г	В
Glechoma hederacea L.	длк	М	Луговой	++	ЕА1	В
Glycyrrhiza korshinskyi G. Grig.	длк	КМ	Степной	++	ЕА3	
Glycyrrhiza uralensis Fisch.	длк	М	Степной	++	ЕА4	В
Gypsophila paniculata L.	ск	К	Степной	_	ЕА4	В
Gypsophila perfoliata L.	крк	М	Степной	++	ЕА4	В
Helichrysum arenarium (L.) Moench	длк	К	Степной	++	ЕА3	A_1
Hieracium umbellatum L.	крк	КМ	Луговой	-	Г	A_1
Hieracium virosum Pall.	крк	КМ	Луговой	х	ЕА2	A_1
Hippophae rhamnoides L.	к	М	Лесной	++	ЕА5	Z
Hordeum brevisubulatum (Trin.) Link.	длк	М	Луговой	++	ЕА4	В
Hylotelephium stepposum (Boriss.)	крк	М	Луговой	+	ЕА2	В
Hyoscyamus niger L.	дл	М	Сорный	х	Г	В
Inula britannica L.	длк	М	Луговой	++	ЕА1	A_1
Inula helenium L.	длк	М	Луговой	+	Г	A_1

Продолжение таблицы М.1

1	2	3	4	5	6	7
Inula salicina L.	длк	М	Луговой	++	ЕА1	A_1
Isatis costata C.A.Mey.	ск	КМ	Луговой	х	ЕА3	В
Jacobaea erucifolia (L.) Gaertn., Mey. et	крк	М	Луговой	х	ЕА1	A_1
Jacobaea vulgaris Gaertn.	ск	М	Луговой	х	ЕА1	A_1
Juncus compressus Jacq.	длк	Г	Луговой	+	ЕА1	В
Koeleria cristata (L.) Pers.	дрн	К	Степной	+	ЕА3	В
Lactuca serriola L.	ол	М	Сорный	х	К	A_1
Lactuca tatarica (L.) C.A.Mey.	длк	КМ	Степной	++	ЕА1	A_1
Lappula heteracantha (Ledeb.) Guerke	ол	КМ	Степной	х	ЕА3	В
Lappula squarrosa (Retz.) Dumort.	ол	КМ	Степной	х	К	В
Lappula stricta (Ledeb.) Gürke	ол	КМ	Степной	х	ЕА5	В
Lathyrus pratensis L.	длк	М	Луговой	++	К	В
Lathyrus tuberosus L.	ккл	М	Луговой	++	ЕА1	В
Lemna minor L.	вт	Гд	Водный	+	К	Hydro
Lepidium latifolium L.	длк	М	Луговой	++	ЕА1	В
Lepidium ruderale L.	ол	М	Сорный	х	К	В
Leymus angustus (Trin.) Pilg.	длк	К	Степной	++	ЕА5	В
Leymus racemosus (Lam.) Tzvel.	длк	К	Степной	++	ЕА5	В
Leymus ramosus (Trin.) Tzvel.	длк	К	Степной	++	ЕА5	В
Limonium gmelinii (Willd.) Kuntze	ск	М	Степной	х	ЕА4	В
Linaria genistifolia (L.) Mill.	ск	КМ	Степной	х	ЕА3	В
Linaria ruthenica Błonski.	длк	КМ	Луговой	++	ЕА3	В
Linaria vulgaris Mill.	длк	КМ	Луговой	++	Г	В
Lonicera tatarica L.	к	М	Лесной	-	ЕА1	Z
Lupinaster pentaphyllus Moench	длк	КМ	Лесной	++	ЕА3	В
Lycopus europaeus L.	длк	МГ	Луговой	++	ЕА1	В
Malus baccata (L.) Borkh.	д	М	Лесной	х	А1	Z
Malus domestica Borkh.	д	М	Лесной	х	К	Z
Medicago falcata L.	ск	КМ	Степной	х	Г	В
Medicago romanica Prodan	ск	КМ	Степной	х	ЕА3	В
Medicago sativa L.	ск	М	Луговой	х	Г	В
Melilotus wolgicus Poir.	ск	КМ	Луговой	х	ЕА4	В
Melilotus albus Medikus	ск	КМ	Луговой	х	ЕА1	В
Melilotus officinalis (L.) Pall.	ск	КМ	Луговой	х	ЕА1	В
Nonea rossica Stev.	ск	М	Степной	х	ЕА5	В
Odontarrhena tortuosa (Waldst. et Kit. ex Willd.) C.A. Mey.	пкч	К	Степной	-	ЕА2	В
Odontites vulgaris Moench	дл	М	Луговой	х	ЕА1	В
Onobrychis arenaria (Kit. ex Willd.) DC.	ск	КМ	Луговой	-	ЕА1	В
Onosma simplicissima L.	пкч	К	Степной	+	ЕА4	В
Oxybasis glauca (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch	ол	М	Степной	х	К	A_2
Oxybasis rubra (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch	ол	М	Сорный	х	ЕА4	A_2
Oxybasis urbica (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch	ол	М	Сорный	х	К	A_2
Oxytropis pilosa (L.) DC.	ск	К	Степной	-	ЕА1	В

Продолжение таблицы М.1

1	2	3	4	5	6	7
Persicaria minor (Huds.) Opiz	дл	М	Луговой	х	ЕА1	В
Phelipanche ramosa L.	пт	М	Луговой	х	ЕА3	В
Phleum phleoides (L.) H.Karst.	дрн	К	Степной	++	ЕА1	В
Phlomoides tuberosa (L.)	ккл	КМ	Степной	-	ЕА1	В
Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.	длк	МГ	Прибрежный	++	К	В
Picris hieracioides L.	крк	М	Луговой	х	ЕА2	A_1
Pilosella echioides (Lumn.) F. Schulz et Sch. Bip.	крк	К	Степной	+	ЕА1	A_1
Pinus sylvestris L.	д	КМ	Лесной	х	ЕА5	A_1
Plantago major L.	кск	М	Луговой	х	К	В
Plantago maxima Juss. ex Jacq.	ск	М	Луговой	х	ЕА4	В
Plantago media L.	кск	М	Луговой	х	Г	В
Plantago salsa Pall.	кск	К	Степной	х	Г	В
Poa angustifolia L.	длк	М	Луговой	++	ЕА1	В
Poa bulbosa L.	ккл	К	Степной	+	ЕА2	В
Poa palustris L.	длк	МГ	Луговой	++	Г	В
Poa pratensis L.	длк	МГ	Луговой	++	Г	В
Poa stepposa (Kryl.) Roshev.	длк	КМ	Степной	+	ЕА3	В
Poa urssulensis Trin.	длк	КМ	Степной	+	А1	В
Polygonum aviculare L.	ол	М	Сорный	х	Г	В
Polygonum bordzilowskii Klokov	ол	К	Степной	х	ЕА1	В
Polygonum novoascanicum Klokov	ол	К	Степной	х	ЕА3	В
Polygonum salsugineum M.Bieb.	ол	К	Степной	х	А1	В
Populus × sibirica G. Kryl. et Grig. ex A. Skvortsov	д	М	Лесной	++	Г	A_1
Populus tremula L.	д	М	Лесной	++	ЕА1	A_1
Potentilla argentea L.	ск	КМ	Луговой	-	ЕА1	A_2
Potentilla bifurca L.	длк	М	Луговой	++	ЕА5	A_2
Potentilla canescens Bess.	ск	КМ	Луговой	+	ЕА1	A_2
Potentilla chrysantha Trevir.	ск	М	Луговой	-	ЕА1	A_2
Potentilla humifusa Willd. ex Schltdl.	крк	М	Луговой	+	ЕА3	A_2
Prunus besseyi L. H. Bailey	к	М	Степной	++	К	Z
Psammophiliella stepposa (Klokov) Ikonn.	ол	КМ	Степной	х	ЕА4	A_2
Psephellus sibiricus (L.) Wagenitz	ск	К	Степной	+	ЕА1	A_1
Pseudosophora alopecuroides (L.) Sweet	длк	М	Луговой	++	ЕА4	В
Ranunculus pedatus Waldst. et Kit.	кск	М	Степной	х	ЕА3	В
Ranunculus polyanthemos Steph.	кск	М	Луговой	+	ЕА1	В
Ranunculus repens L.	длк	М	Луговой	++	К	В
Rhaponticoides ruthenica (Lam.) M.V. Agab. & Greuter	ск	КМ	Луговой	+	ЕА3	В
Ribes aureum Purch	к	КМ	Степной	++	К	В
Rosa acicularis Lindl.	к	М	Лесной	++	Г	Z
Rosa laxa Retz.	к	М	Лесной	++	ЕА3	Z
Rosa majalis Herrm.	к	М	Лесной	++	ЕА1	Z
Rubus sachalinensis H. Lev.	к	М	Лесной	++	Г	Z
Rumex confertus Willd.	крк	М	Луговой	х	Г	В
Rumex crispus L.	ск	М	Луговой	х	Г	В

Продолжение таблицы М.1

1	2	3	4	5	6	7
Rumex stenophyllus Ledeb.	ск	М	Луговой	x	ЕА1	В
Salix caprea L.	к	М	Лесной	++	ЕА3	A_1
Salix caspica Pall.	к	М	Лесной	++	ЕА3	A_1
Salix triandra L.	к	М	Лесной	++	ЕА1	A_1
Salix viminalis L.	к	М	Лесной	++	ЕА1	A_1
Salsola collina Pall.	ол	КМ	Сорный	x	ЕА4	A_3
Salvia stepposa Des.-Shost.	крк	КМ	Степной	-	ЕА5	В
Saussurea salsa (Pall.) Spreng.	ск	К	Степной	+	ЕА4	A_1
Scorzonera stricta Hornem.	ск	КМ	Луговой	-	ЕА3	A_1
Scutellaria galericulata L.	дл	М	Луговой	x	ЕА2	В
Sedobassia sedoides (Pall.) Freitag & G. Kadereit	ол	К	Степной	x	ЕА4	A_3
Setaria pumila (Poir.) Roem. & Schult.	ол	МГ	Сорный	x	Г	В
Setaria viridis (L.) Beauv.	ол	МГ	Сорный	x	Г	В
Silaum silaus (L.) Schinz et Thell.	ск	КМ	Луговой	x	ЕА5	В
Silene multiflora (Ehrh.) Pers.	крк	М	Луговой	-	ЕА4	В
Silene wolgensis (Hornem.) Besser ex Spreng.	крк	КМ	Луговой	-	ЕА4	В
Sisymbrium loeselii L.	дл	М	Сорный	x	ЕА1	В
Sisymbrium polymorphum (Murray) Roth	крк	КМ	Степной	-	ЕА4	В
Solanum kitagawae Schonb.-Tem.	лв	М	Луговой	+	ЕА5	В
Sonchus arvensis L.	длк	М	Сорный	++	Г	A_1
Sorgum sudanense (Piper) Stapf	ол	МГ	Сорный	x	К	В
Spiraea crenata L	к	М	Степной	++	ЕА4	В
Spiraea hypericifolia L.	к	М	Степной	++	ЕА4	В
Stellaria graminea L.	длк	М	Луговой	++	ЕА1	A_2
Stipa capillata L.	дрн	К	Степной	+	ЕА4	A_1
Stipa lessingiana Trin. & Rupr.	дрн	К	Степной	+	ЕА4	A_1
Stipa pennata L.	дрн	К	Степной	+	ЕА2	A_1
Tanacetum vulgare L.	длк	М	Луговой	++	ЕА1	В
Taraxacum officinale F.H.Wigg.	дл	М	Сорный	x	К	A_1
Teloxys aristata (L.) Moq,	ол	КМ	Сорный	x	ЕА4	A_3
Thesium refractum C.A. Mey.	ск	М	Степной	+	ЕА4	В
Thlaspi arvense L.	ол	М	Сорный	x	К	В
Thymus marschallianus Willd.	пкч	К	Степной	+	ЕА5	В
Thymus mugodzharicus Klokov & Des.-Shost.	пкч	К	Степной	+	Эндем	В
Tragopogon capitatus S.A.Nikitin	ск	КМ	Степной	x	А2	A_1
Tragopogon dubius Scop.	ск	КМ	Степной	x	ЕА2	A_1
Tragopogon orientalis L.	ск	КМ	Степной	x	ЕА4	A_1
Tragopogon podolicus (Bess.) Artemcz.	ск	КМ	Степной	x	ЕА5	A_1
Trifolium pratense L.	длк	М	Луговой	++	К	В
Triglochin palustre L.	длк	Г	Луговой	++	Г	В
Trigonella arcuata C.A.Mey.	ол	М	Степной	x	ЕА2	A_2
Tripleurospermum inodorum (L.) Sch. Bip.	длк	М	Луговой	++	Г	A_1
Trommsdorffia maculata (L.) Bernh.	ск	КМ	Степной	x	ЕА1	A_1
Tussilago farfara L.	длк	М	Луговой	++	Г	A_1

Продолжение таблицы М.1

1	2	3	4	5	6	7
Typha angustifolia L.	длк	Гд	Прибрежный	++	К	A_1
Typha latifolia L	длк	Гд	Прибрежный	++	К	A_1
Ulmus laevis Pall.	д	М	Лесной	+	ЕА3	A_1
Ulmus pumila L.	д	КМ	Лесной	+	А1	A_1
Urtica dioica L.	длк	М	Луговой	++	К	В
Valeriana tuberosa L.	ккл	М	Степной	+	ЕА3	В
Verbascum phoeniceum L.	ск	М	Луговой	х	ЕА3	В
Veronica chamaedrys L.	крк	М	Луговой	++	ЕА3	В
Veronica incana L.	длк	К	Степной	++	ЕА3	В
Veronica longifolia L.	длк	М	Луговой	++	Г	В
Veronica spicata L.	длк	К	Степной	++	ЕА5	В
Veronica spuria L.	длк	М	Луговой	++	ЕА3	В
Vicia cracca L.	длк	М	Луговой	++	Г	В
Vicia nervata Sipl.	длк	КМ	Луговой	++	ЕА3	В
Vicia sepium L.	длк	М	Луговой	++	ЕА1	В
Xanthium strumarium L.	ол	М	Сорный	х	Г	В

Примечания:

1. В первой колонке – жизненная форма по классификации И.Г. Серебрякова: д – деревья, к – кустарники, ПК – полукустарники, пкч – полукустарнички, ск – стержнекорневая, крк – короткокорневищная, длк – длиннокорневищная, дрн – дерновинная, кск – кистекорневая, стл – столонообразующая, лк – луковичная, ккл – корнеклубневая, лв – лиановидная, пт – паразитическая, ол – однолетники, дл – двулетники, вт – плавающие и подводные травы.

2. Во второй колонке – экологические группы растений по отношению к влагообеспеченности местообитаний (ЭГВО); К – ксерофиты; КМ – ксеромезофиты; М – мезофиты, МГ – мезогигрофиты, Г – гигрофиты, Гд – гидрофиты

3. В третьей колонке –эколого-ценотическая группа (ЭЦГ): луговая, лесная, степная, прибрежно-водная, сорная.

4. В четвертой колонке – способность к вегетативному размножению и степень вегетативной подвижности (ВП) по Л.Г. Раменскому: виды, не размножающиеся вегетативно (х), вегетативно неподвижные (–), вегетативно малоподвижные (+), вегетативно подвижные (++).

5. В пятой колонке указаны географические группы (ГГ), выделенные на основании анализа ареала: К – космополитный, Г – голарктический, ЕА1 – паневразийский, ЕА2 – средиземноморско-азиатский, ЕА3 – восточно-европейско-азиатский, ЕА4 – европейско-северо-азиатский, ЕА5 – евросибирский, А1 – азиатский, А2 – среднеазиатский, А3 – Сибирский, СА – североамериканский.

6. В шестой колонке показаны способы распространения семян (РС) по Р.Е. Левиной: A_1 – растения-анемохоры, семена которых имеют парашют из волосков, а также кожистые или перепончатые придатки; A_2 – растения-анемохоры с мелкими и легкими пылеватыми семенами; A_3– растения-гемианемохоры («перекати-поле»); Z – растения-зоохоры, распространяющиеся животными; Hydro – растения-гидрохоры, приспособленные к распространению в воде; В – растения-барохоры, не имеющие специальных приспособлений для распространения

Приложение Н

Формулы для определения ботанических покзаателей

1 Формула определения активности вида

$$Act = \sqrt{\frac{C \times 100\%}{N} \times \frac{\sum_{i=1}^{N} A_i}{N}} = 10 \times \frac{\sqrt{C \times A_{\Sigma}}}{N}\% \qquad (1)$$

«где *Act* – вычисленный уровень активности таксона на исследуемой площади, выраженный в процентах (0÷100%)» [127, с. 3-300; 139-148];

«*N* – общее количество исследованных участков (стандартных проб размером в один метр)» [127, с. 3-300; 139-148];

«*C* – постоянство таксона – фактическое число учетных участков, где этот таксон был обнаружен» [127, с. 3-300; 139-148];

«A_i – проективное покрытие таксона, зафиксированное на i-ой площадке» [127, с. 3-300; 139-148];

«A_{Σ} – суммарное проективное покрытие данного таксона, полученное со всех исследованных участков» [127, с. 3-300; 139-148].

2 Формула вычисления коэффициента синантропизации

$$K_s = \sum_{i=1}^{N_a} a_i \times 100 \div \left(\sum_{i=1}^{N_a} a_i + \sum_{i=1}^{N_b} b_i\right), \qquad (2)$$

«где K_s – коэффициент синантропизации» [128, с. 92];

«a_i – частота обнаружения синаитропных видов» [128, с. 92];

«N_a – общее количество зарегистрированных синантропных видов» [128, с. 92];

«b_i– частота встречаемости видов-гемерофобов» [128, с. 92];

«N_b – общее количество зарегистрированных гемерофобов» [128, с. 92].

3 Формула КПП

$$КПП = Б_{э.п.} \text{ x } К_{с.п.} \qquad (3)$$

где $Б_{э.п.}$ – бонитет эталонной почвы в баллах;

$К_{с.п.}$ – коэффициент специфичности грунта техногенного местообитания.