

И.В. Киселева, Л.Н. Пуртова,
О.В. Полохин

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
ПОЧВЕННОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА
ПРИ САМОЗАРАСТАНИИ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ
ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ
ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ**



Владивосток · 2023

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной
Азии» Дальневосточного отделения Российской академии наук

Дальневосточное отделение Всероссийского
общества почвоведов им. В.В. Докучаева

И.В. Киселева, Л.Н. Пуртова, О.В. Полохин

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО И
РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПРИ
САМОЗАРАСТАНИИ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ
ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГА ДАЛЬНЕГО
ВОСТОКА РОССИИ**

Монография

Владивосток



2023

УДК 574.42+631.412

Утверждено к печати Ученым советом
ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН

ББК 40.65

К44

Ответственный редактор:

В.И. Голов, д-р биол. наук

Рецензенты:

В.Ю. Баркалов, д-р биол. наук;

В.Т. Старожилов, д-р. геогр. наук, профессор

Киселева, Ирина Владимировна.

Особенности формирования почвенного и растительного покрова при самозарастании и рекультивации техногенных ландшафтов юга Дальнего Востока России: монография / И.В. Киселева, Л.Н. Пуртова, О.В. Полохин; ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Дальневосточное отделение Всероссийского общества почвоведов им. В.В. Докучаева; отв. ред. В.И. Голов. – Владивосток: Издательство Дальневосточного федерального университета, 2023. – 105, [15] с.: ил., табл. – Библиогр. с. 92-99, (111 назв.)

ISBN 978-5-7444-5521-7.

DOI <https://doi.org/10.25221/reclamation>

Монография посвящена исследованию процессов восстановления почвенно-растительного покрова на породах отвалов угольных месторождений Приморского края. Установлены темпы восстановления растительного и почвенного покрова в зависимости от состава пород и рельефа отвалов. Проведен детальный анализ состава растительных сообществ по жизненным формам, экологическим и ценогическим группам видов. Выявлены основные факторы, влияющие на скорость и направленность процессов самозарастания отвалов. Дана оценка пригодности пород отвалов различного возраста и состава для биологической рекультивации. Проведены мониторинговые исследования за процессом развития растительного покрова на рекультивированных участках угольных месторождений. Рассмотрены вопросы состояния рекультивации техногенных ландшафтов в Приморском крае.

Книга предназначена для почвоведов, экологов, лесоведов, геоботаников, специалистов, занимающихся вопросами рекультивации земель, а так же студентов соответствующих специальностей.

УДК 474.42+631.412

ББК 40.65

ISBN 978-5-7444-5521-7

© ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН, 2023
Оформление. ФГАОУ ВО ДВФУ, 2023

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

Far Eastern Branch of V.V. Dokuchaev Russian Soil Science Society

I.V. Kiseleva, L.N. Purtova, O.V. Polokhin

**CHARACTERISTICS OF SOIL AND VEGETATION
COVER FORMATION DURING SELF-GROWING AND
RECLAMATION OF TECHNOGENIC LANDSCAPES IN
THE SOUTH OF THE RUSSIAN FAR EAST**

Monograph

Vladivostok



2023

UDC 574.42+631.412

*Approved for publication by the Academic
Council Federal Scientific Center of the East Asia
Terrestrial Biodiversity FEB RAS*

LBC 40.65

K49

Executive editor:

V.I. Golov, Doctor of Biological Sciences

Reviewers:

V.Y. Barkalov, Doctor of Biological Sciences;

V.T. Starozhilov, Doctor of Geographical Sciences, Professor

Kiseleva, Irina Vladimirovna.

Characteristics of soil and vegetation cover formation during self-growing and reclamation of technogenic landscapes in the south of the Russian Far East: monograph / I.V. Kiseleva, L.N. Purtova, O.V. Polokhin; Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Far Eastern Branch of V.V. Dokuchaev Russian Soil Science Society; executive editor V.I. Golov. – Vladivostok: Publishing House of the Far Eastern Federal University, 2023. – 105 [15] p.: Il., tabl. Bibliogr.: p. 92-99 (111 titles).

ISBN 978-5-7444-5521-7.

DOI <https://doi.org/10.25221/reclamation>

The monograph is devoted to research processes of restoration of soil and vegetation cover on the rocks dumps of coal deposits of Primorye Territory. The rates of restoration of vegetation and soil cover have been established depending on the composition of the rock and the topography of the dumps. A detailed analysis of the composition of plant communities by life forms, ecological and cenotic groups of species was carried out. The main factors influencing the speed and direction of the processes of self-overgrowing of dumps have been identified. The suitability of dump rocks of different age and composition for biological reclamation is assessed. Monitoring studies of the process of vegetation cover development in reclaimed areas of coal deposits were carried out. The questions of the state of reclamation of technogenic landscapes in the Primorsky Territory are considered.

The book is intended for soil scientists, ecologists, forestry specialist, geobotanists, experts on land recultivation, and also students of the corresponding specialties.

ISBN 978-5-7444-5521-7

© FSC EATB FEB RAS, 2023

© Typography. FEFU, 2023

ВВЕДЕНИЕ

Процесс освоения минерального сырья способствует возникновению техногенных, в частности, карьерно-отвальных ландшафтов, занимающих обширные площади.

Породы, вынесенные на дневную поверхность, по мере поселения на них живых организмов и растительности, подвергаются процессам физического и биологического выветривания. При этом они вовлекаются в биологический круговорот и почвообразование. В зависимости от временной стадии почвообразования и развития растительности, изменяется поступательный процесс гумусонакопления. Все это обуславливает возникновение различий в морфологическом строении профиля и физико-химических свойствах почв.

Поскольку почва является базисом любой наземной экосистемы, выступая одним из основных компонентов ландшафта, то скорость её формирования определяет и темпы формирования всех других компонентов экосистемы и качество их функционирования (Андроханов, Курачев, 2009). В связи с этим проблема возвращения землям, занятым отвалами, утраченной биологической продуктивности приобретает важное народно-хозяйственное и социальное значение.

Эта проблема остро касается Приморского края, где доля восстановленных земель в 2021 г составила лишь 3,5% относительно нарушенных (за год 66 га рекультивированных земель против 1,9 тыс. га нарушенных различной деятельностью) (Российская промышленность..., эл. ресурс).

Освоение новых месторождений влечет за собой увеличение площадей техногенно-нарушенных земель. Отвод новых земель под разработку месторождений производится, как правило, после осуществления рекультивации ранее отведенных земельных участков.

Обоснование способа рекультивации выполняется на основании совокупности агрохимических и биологических свойств пород отвалов. Свообразным индикатором пригодности пород для биологической рекультивации может служить их способность к естественному зарастанию травянистой растительностью.

Сведения об эффективности проведенной рекультивации могут дать исследования почвенно-растительного покрова на ранее рекультивированных участках месторождений. При этом, одним из важнейших показателей восстановленных почвенно-экологических функций в техногенном ландшафте служит образование гумусово-аккумулятивного горизонта в почве. Гумусовые вещества являются потенциальным источником минеральных соединений, сдерживают миграционную способность тяжелых металлов, служат источником энергии в различных почвенных процессах, влияют на формирование почвенного профиля, усиливают микробиологическую активность, а так же рост и развитие растений.

На территории Павловского месторождения в 2020 г. началась разработка технического проекта по ликвидации опасного производственного объекта разреза Северная депрессия. В дальнейшем подобные работы будут проведены и на других участках месторождений. В связи с этим исследования первичной сукцессии и процессов почвообразования на самозарастающих и рекультивированных отвалах различного состава приобретают особую актуальность. Полученные результаты по изучению формирования почвенно-растительного покрова в техногенных ландшафтах могут быть использованы при разработке проекта рекультивации в каждом конкретном случае.

Цель работы – изучить особенности развития растительного и почвенного покрова при самозарастании и рекультивации отвалов угольных месторождений. Выявить основные факторы, сдерживающие развитие растительного и, как следствие, почвенного покрова. Обосновать целесообразность проведения биологической рекультивации на территории изученных месторождений.

Глава 1. ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

1.1. Изученность процессов самозарастания и почвообразования в техногенных ландшафтах

Влияние техногенных воздействий на экосистемы находят отражение в изменении основного компонента – почвенно-растительного покрова. При этом количественно-комплексное влияние техногенеза целесообразно оценивать по продуктивности фитоценозов в посттехногенный период их формирования (Василевская, Григорьев, Киришкин, 1999; Григорьев, Василевская, Погожева, 2011). Связано это с тем, что в процессе посттехногенного формирования экосистем происходят изменения в основных потоках поступления энергии органического вещества растительного происхождения (в виде энергии химической связи органического вещества, сформированной в процессе фотосинтеза), её дальнейшей трансформации и накопления в ходе процессов гумусообразования. Это во многом обуславливает процесс формирования почв и экологическую стабильность экосистем (Трофимов, Наплекова, Кандрашин и др. 1986; Пуртова, 2011).

В связи с этим к вопросу формирования фитоценозов на нарушенных землях на протяжении многих лет проявляют интерес как российские, так и зарубежные ученые. Большое количество работ посвящено исследованию динамики растительного покрова в карьерно-отвалных ландшафтах (Манаков и др., 2011; Гусев, 2014; Ефимов, Шишкин, 2014; Чибрик и др., 2014; Патова и др., 2016; Prach et al., 2013; Lei H., et al., 2016; Леднев и др., 2020; Chu et al., 2012). В работах выделены стадии сукцессии, установлены темпы зарастания нарушенных земель, выявлены доминирующие виды для каждой стадии самозарастания.

Установлено влияние химических и физических свойств грунтов, слагающих отвалы, на скорость самозарастания (Johnson, 1994; Костенко, Опанасенко, 2005; Liu L. et al., 2015; Zhao-Xia C. et al., 2012; Li, M. et al., 2015). Подробный флористический анализ растительного покрова в техногенных ландшафтах приведен в работах (Гусев, 2014;

Миронычева-Токарева, 1996; Куприянов, Морсакова, 2006; Zhao Y et al., 2016).

Для территории Дальнего Востока Е.В. Ивакиной, С.В. Осиповым (2016) проведен подробный обзор литературы по вопросам изучения процессов восстановления растительного покрова в горнопромышленных ландшафтах. Стадийность формирования фитоценозов на разновозрастных отвалах рассмотрена в работах (Сибирина и др., 2012; Костенкови др., 2013; Пуртова и др., 2013; Денисов и др., 2016).

Видовой состав и структура растительного покрова с выделением сукцессионных серий детально исследованы В.В. Родаевой (2004), Е.В. Ивакиной и др. (2013), С.В. Осиповым и др. (2008, 2017).

Видовой состав сообществ на различных стадиях сукцессий оказывает влияние на состав органического вещества почвы (Klaas et al., 2001). Активизировались исследования биохимической роли растений при зарастании различных по составу пород, в том числе и токсичных (Wierzbicka et al., 2004; Bini, 2005; Carrasco, 2005; Pratas et al., 2005). Тип растительности во многом определяет специфику гумусообразования. Так, накопление кислых гумусовых веществ и подзолистый процесс наиболее активно проявляются под хвойными породами (Гельцер и др., 1989; Emmer, 1995), интенсивное гумусонакопление и оструктуривание почвы происходит в луговых экосистемах (Пономаренко, 1986; Трофимов и др., 1986; Голеусов, Лисецкий, 1999).

Отвалы вскрышных пород являются образованиями, не имеющими аналогов в природе. Основным компонентом формирующихся биогеоценозов, является молодая почва, свойства которой, будут во многом определять направление развития биологических систем.

Детальный анализ мировых подходов к изучению процессов почвообразования в техногенных ландшафтах представлен в обзорной статье D.A. Sokolov и др. (2021).

Исследование первичных процессов почвообразования на отвалах известного возраста позволяет определить скорость почвообразования, закономерности формирования почвенного профиля в период его развития, особенности образующихся почв, а так же выявить возможные пути ускорения почвообразовательного процесса (Махонина, 2003). Традиционные представления о характерном времени проявления того или иного элементарного почвенного процесса (Таргульян, 1982) должны быть несколько скорректированы при рассмотрении регенерации почв карьерно-отвальных комплексов.

Традиционно считается, что характерное время для изменения гумусового профиля – сотни и тысячи лет, между тем при исследовании молодых почв гумусовый микропрофиль может изменяться в ходе сукцессии очень быстро, в течение десятков лет. По-видимому, нужно учитывать, что признаки, считающиеся консервативными для сформировавшихся почв, в молодых почвах могут быть весьма быстро изменяющимися. Это становится ясно при рассмотрении саморазвития почв в рамках концепции об экологических функциях гумусо- и почвообразования, предложенной В. В. Пономаревой (1984).

В частности, В. М. Курачев (1993) указывает на то, что диагностика особенностей формирования почв техногенных ландшафтов по свойствам, характерным для нормальных почв, крайне затруднена. Ей поддаются, главным образом, признаки, которые связаны с накоплением в техногенном субстрате органического углерода, азота и процессы их преобразования.

Процессы накопления углерода органического вещества и азота в почвах техногенных ландшафтов идут параллельно. При этом соотношение C/N в молодых почвах, как правило, несколько шире, чем в зональных (Фаткулин, Махонина, 1992; Клевенская, 1977).

Проблема, обозначенная в специальной литературе и официальных документах, как проблема рекультивации нарушенных земель (техногенных ландшафтов), вмещает настолько широкий круг вопросов, что стала по сути мультидисциплинарной, объединяющей интересы множества наук, в том числе и почвоведения. При этом основными направлениями исследований являются: специфика почвообразования, эволюция почв и изучение их основных свойств и режимов с почвенно-экологических позиций (Андроханов и др., 2004).

С экологической точки зрения, любое преобразование недр или поверхности земли, сопровождается трансформацией или формированием новых техногенных местообитаний, экологическое состояние которых определяется, главным образом, качеством слагающих их пород и формой поверхности. Любая порода, складываемая в отвалах, обладает тем или иным потенциалом, способствующим или препятствующим восстановлению в техногенном ландшафте разрушенной экосистемы (Андроханов, Курачев, 2009).

Подробный анализ публикаций, посвященных проблеме рекультивации земель, нарушенных в процессе угледобычи проведен Е.В. Аняновой и др. (2016). Анализируются различные концепции и подходы к

процессам восстановления почвенного и растительного покровов, а также развитие этих концепций и подходов в России и за рубежом.

В. А. Андрохановым и В. М. Курачевым (2009) предложены методы определения почвенно-экологической эффективности рекультивации, основанные на процедуре расчетов, в методологическую основу которых заложена теория бонитировки почв. Авторы так же предлагают, для диагностики и оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов, ввести понятие прагматически приемлемого времени почвообразования (20 лет). Если к окончанию этого периода эволюция эмбриозема достигает гумусово-аккумулятивной стадии, то почвенно-экологическое состояние такого местобитания будет считаться хорошим. Для оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов авторами так же обращено внимание на соотношение площадей занимаемых теми или иными типами эмбриоземов.

Известно, что на отвалах техногенных ландшафтов доля наклонных поверхностей составляет от 60 до 80%. Пространственное сочетание склоновых поверхностей данных техногенных образований можно рассматривать и изучать как катены. Катенарный подход позволяет более полно и всесторонне вскрыть (понять) сущность процессов почвообразования, миграции, трансформации и дифференциации отдельных химических элементов, происходящих одновременно на всех элементах поверхности и оказывающих взаимное влияние друг на друга и на процессы, происходящие в нижележащих, подчиненных элементарных ландшафтах. Отвалы представляют собой геоморфологические образования в виде конических или плосковершинных бугров, вытянутых гряд, мезогряд с пологими или крутыми склонами. Доля склоновых поверхностей может достигать 95% (Двуреченский, 2020; Киселева и др., 2018). В условиях такого достаточно расчлененного рельефа формируются почвы как развивающиеся только под влиянием атмосферного увлажнения (автономные почвы), так и гетерономные почвы подчиненных позиций (Смоленцева, 2007). Гетерономные почвы получают дополнительный приток влаги, веществ с вышерасположенных позиций и могут являться конечными пунктами геохимической миграции веществ. Поэтому и почвы, развивающиеся в таких различных эдафических условиях, могут иметь различные свойства (Полохин, 2020).

Поскольку основные катенарные признаки в техногенных ландшафтах как биоценотические, так и почвенные еще полностью не развиты и находятся в различных стадиях становления, усложнения и усовершенствования, данные образования относятся к «формирующимся катенам» с уточнением, что техногенная катена – это трансекта с фрагментарно выраженным генетическим и геохимическим сопряжением различных ее элементов.

В Сибири катенарные исследования на техногенных ландшафтах впервые были проведены в 1983-1989 г. на КАТЭЖе (Красноярский край, Назаровский район, территория Назаровского угольного разреза). В исследованиях объектами изучения выступали отвалы вскрышных и вмещающих пород, представляющие собой невысокие гряды, которые и рассматривались как формирующиеся катены. Эти исследования носили преимущественно биоценотический характер. Далее исследования были продолжены, но уже не в биоценотическом, а в почвенно-геохимическом и почвенно-генетическом направлениях, для развития которых важно изначально обозначить следующие принципиальные положения (Полохин, 2007): 1. В техногенном ландшафте, как и в естественном, выделяются автономные элювиальные, транзитные и аккумулятивные формы поверхности, каждая из которых по мере саморазвития катены рассматривается как элементарный ландшафт; 2. Все элементарные ландшафты катены должны быть сопряжены и связаны между собой миграцией элементов, которая определяет специфику геохимической обстановки почвообразования, складывающейся в данном ландшафте; 3. Каждый элементарный ландшафт характеризуется однородным в его пределах рельефом и индивидуальной структурой почвенного покрова.

Однако и при этом принципиальные различия в почвообразовании по естественной катене и техногенной сохраняются. В частности, если между почвами естественных ландшафтов элювиальных, трансаккумулятивных и аккумулятивных элементарных ландшафтов существует геохимическое сопряжение за счет миграции различных химических веществ сверху вниз по катене с поверхностными и внутрипочвенными стоками, а также снизу вверх с грунтовыми водами, то в техногенных ландшафтах из-за отсутствия грунтовых вод, настолько полной геохимической и генетической связи не возникает, а может существовать лишь частичное (фрагментарное) генетико-геохимическое сопряжение (Андроханов и др., 2004). Ведущими механизмами

почвенно-геохимического сопряжения в таких катенах выступают процессы дифференциации субстрата по поверхности техногенных ландшафтов водами поверхностного стока.

Исследование на начальных стадиях трансформации пород из гетерогенных, геохимически разбалансированных в гомогенные, геохимически сбалансированные, позволяет понять сущность процессов почвообразования, протекающих при этом и приводящих в последствии к формированию почвенно-генетических горизонтов и профиля почвы в целом.

На юге Дальневосточного региона изучению почв техногенных ландшафтов и решению вопросов рекультивации в районах добычи полезных ископаемых, посвящены работы Е. В. Новиковой с соавт. (1988), Л. Т. Крупской (1994), А. Ю. Гусаченко (1990), А. М. Ивлева, А. М. Дербенцевой (1998), С. А. Шляхова (2002), В. В. Родаевой (2004), Н. М. Костенкова, В. И. Оздобихина (2007), Н. М. Костенкова, Л. Н. Пуртовой (2010).

В Приморском крае катенарный подход при исследовании почвообразования в техногенных ландшафтах начал применяться с 2010 года на отвалах вскрышных и вмещающих пород Лучегорского и Павловского буроугольных разрезов. В ходе исследований изучались почвы, сформированные на внешнем 30-35 летнем отвале участка «Северный», разработанного в 1985-1994 г.г. угольного разреза «Павловский» (разрезоуправление «Новошахтинское» ООО «Приморскуголь» АО «СУЭК»), а так же на самозарастающих отвалах вскрышных и вмещающих пород 3, 10 и 20 -летнего возраста (Сибирина и др., 2012). На каждом отвале были выбраны три позиции на типичных участках: на вершине – элювиальная (Эль), на склоне – трансаккумулятивная (Трансакк) и у подножия – аккумулятивная (Ак), где отграничивались временные пробные площади (размером 2×5 м²) и на них делались описания растительности и почвы. Необходимо отметить, что в своих работах авторы опираются на два основных постулата: почвообразование есть преобразование исходного субстрата под действием всех факторов почвообразования, ведущим из которых является биологический. Второй постулат – динамика развития почвообразовательных процессов в почвах техногенных ландшафтов сингенетична динамике развития биоты (фитоценозов). На это ранее указывал и В. А. Андроханов с соавторами (2004). В результате проведенных работ установлено, что почвенный покров

техногенных ландшафтов чрезвычайно мозаичен и как правило мелкоконтурен. Каждый почвенный контур соответствует распространению одного вида почв, то есть элементарному почвенному ареалу. Одной из основных причин такой мозаичности является мезо- и микрорельеф поверхности отвалов. Они играют ведущую роль в перераспределении влаги и тепла.

Исследованием экологического состояния вскрышных отвальных пород и формирующихся на них почв было установлено, что содержание валовых и подвижных форм микроэлементов в большинстве случаев не превышает региональные, общероссийские кларки, а также установленные нормы ПДК и ОДК. Был сделан вывод, что в техногенных ландшафтах Павловского и Лучегорского угольных разрезов почвы формируются на породах с невысокой санитарно-токсикологической опасностью (Полохин, Клышевская, 2015).

При оценке почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов необходимо ориентироваться на местные почвенно-климатические условия и при рекультивации требуется стремиться создавать местообитания по качеству максимально приближенные к естественным типам почв и биоценозов. Кроме того, формировать отвалы не выше естественных отметок, в свойственных для конкретных ненарушенных ландшафтах формах рельефа.

Для каждой природно-климатической зоны будет характерно свое соотношение площадей занятых различными типами эмбриоземов и своя наиболее устойчивая фаза развития таких почв. Такие биоценозы будут более устойчивыми и экологическое состояние территории будет значительно выше, чем если этого не учитывать и например пытаться привносить несвойственные данной территории виды растений при озеленении.

Степень различия направленности эволюции развивающихся почв следует искать не только в специфике климата, пород, но и в их положении в рельефе. Быстрее эволюционируют почвы трасаккумулятивных и аккумулятивных позиций. Эволюция в элювиальных позициях отвалов техногенных ландшафтов протекает медленнее (Полохин, 2016). Кроме того, в результате исследования процессов самозараствания отвалов вскрышных и вмещающих пород были сделаны выводы о нецелесообразности полного выравнивания поверхности отвала на горно-техническом этапе рекультивации. Остроконечные вершины терриконов и неспланированных отвалов необходимо

уплощать. Эти технологические операции будут способствовать более быстрому зарастанию отвалов.

На разновозрастных отвалах Павловского угольного разреза было проведено и микробиологическое исследование эмбриоземов при их естественном зарастании (Пуртова, Шапова, Комачкова, 2010). В 2013 году вышла работа с описанием структуры комплексов и таксономическим разнообразием микромицетов, участвующих в формировании молодых почв (Егорова и др., 2013). Работа являлась пионерной. Было выяснено, что наиболее характерными чертами сообщества микромицетов, выделенного из исследованных техногенных почв, являются: 1) довольно высокое родовое разнообразие анаморфных грибов при малой видовой насыщенности родов, 2) преобладание по числу видов и частоте встречаемости представителей секции *Monoverticillata* рода *Penicillium* на ранних стадиях формирования молодых техногенных почв, 3) постепенное нарастание численности и таксономического разнообразия микромицетов по мере увеличения возраста промышленных отвалов.

Проведенный обзор литературы по вопросам исследования почвенно-растительного покрова техногенных ландшафтов, позволяет отметить, что скорость и направленность процессов самозарастания и почвообразования в значительной степени обусловлены влиянием местных условий тепло- и влагообеспеченности, составом исходного минерального субстрата, рельефом поверхности и типом прилегающих растительных ассоциаций.

Результаты исследования многих авторов указывают на необходимость проведения биологической рекультивации для ускорения формирования стабильных фитоценозов на отвалах.

Основными направлениями в исследовании почв техногенных ландшафтов юга Дальнего Востока являются: изучение их эволюции и основных физико-химических показателей, исследование процессов гумусонакопления на различных стадиях становления регенерационных экосистем и решение вопросов рекультивации почв техногенных ландшафтов.

1.2. Состояние рекультивации техногенных ландшафтов в Приморском крае

В Приморском крае, как и во всей России, основным способом добычи ископаемых, в частности бурого угля, является карьерный (открытый) способ. Согласно ежегодной форме 2-ТП (рекультивация) предоставляемой природопользователями на территории Приморского края рекультивация ведется слабо. По этим показателям край существенно отстает в сравнении с ДФО и РФ в целом (табл. 1.2.1). При этом происходит не только изъятие из оборота земель, находящихся, как правило, в сельскохозяйственном использовании, но и нарушение площадей на которые складывается вскрыша. В результате открытых разработок при добыче бурого угля в Приморском крае происходит изъятие из хозяйственного пользования больших территорий, которые подвергаются значительным изменениям. Нарушается геологическое строение, рельеф, гидрологический режим подземных вод, уничтожается растительный и почвенный покров, животный мир. На поверхности оказываются породы, лежащие на большой глубине. Формируются обширные карьеры и отвалы вскрышных и вмещающих пород. При этом большая часть отвалов остается нерекультивированной.

Значительные площади не рекультивированных земель, появившиеся за последнее время в Приморском крае, определили особую актуальность изучения специфики самозарастания и восстановления почвенного покрова техногенных отвалов горных пород. До сих пор закономерности становления почв и экосистем в техногенных ландшафтах и степень их экологического влияния на прилегающие территории остаются еще фрагментарно изученными научными проблемами не только в России, но и в мире. Изучение таких ландшафтов важно не только с эволюционных позиций почвоведения и биологических наук, но также в плане разработки методов возобновления почвенных и растительных ресурсов на нарушенных землях. В районах горнорудных комплексов техногенные экосистемы представлены не только нарушенными территориями с полностью уничтоженными компонентами природного ландшафта такими, как почвенный и растительный покров, но и нарушенной литогенной основой. В Приморском крае подобные исследования долгое время носили антропоцентрический и эмпирический характер, т.е. шло накопление первичной информации.

Таблица 1.2.1

Количество нарушенных, обработанных и рекультивированных земель в связи с несельскохозяйственной деятельностью, га (по данным Росприроднадзора (Информация о рекультивации...))

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	РФ					
Нарушено земель (НЗ) всего	873492	1331097	1242416	792701	1076900	1148379
Нарушено за год	136232	178464	256242	119481	194225	155228
Отработано из общей площади НЗ за год	97608	111388	73762	69306	122746	117224
Рекультивировано за год	86552 (9,9%)	92052 (6,9%)	98673 (7,9%)	59397 (7,5%)	102225 (9,5%)	106750 (9,3%)
	Дальневосточный федеральный округ					
Нарушено (всего) (НЗ)	120266	443883	14661	33338	-	-
Нарушено за год	22250	33124	36312	6038	-	-
Отработано из общей площади НЗ за год	24184	16162	20936	4536	-	-
Рекультивировано за год	15732 (13,8%)	10887 (2,5%)	20713 (14,6)	12301 (36,9%)	-	-
	Приморский край					
Нарушено (всего) (НЗ)	8152	8313	4773	8648	9723	10314
Нарушено за год	129	210	92	267	407	190
Отработано из общей площади НЗ за год	8	38	22	287	113	48
Рекультивировано за год, % от НЗ	84 (1,03%)	46 (0,5%)	15 (0,3%)	38 (0,4%)	85 (0,9%)	38 (0,04%)

Так что же заложено в термины «рекультивация», «нарушенные земли» и т.д.? В 2017 году был принят новый ГОСТ Р 57446—2017 Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия. В настоящем ГОСТе использованы нормативные ссылки на 25 стандартов, в том числе на ГОСТ 17.4.2.01 Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния, ГОСТ 17.4.2.02 Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей пригодности нарушенного плодородного слоя для землевания, ГОСТ 17.4.2.03 Охрана природы. Почвы. Паспорт почв и др. В стандарте

были использованы следующие термины и определения: под *нарушением земель* понимается механическое разрушение почвенного покрова, обусловленное открытыми и закрытыми разработками полезных ископаемых и торфа; строительными и геологоразведочными работами и др; *под загрязнением земель* понимается ухудшение в результате антропогенной деятельности (включая аварии) качества земель, в том числе лишенных плодородного слоя почвы (карьеры, каменные поверхности и т. д.), характеризующиеся увеличением (появлением) химических веществ или уровня радиации по сравнению с их ранее существовавшими значениями (фоновыми или на начало сравниваемого периода). *Нарушенные земли* – земли, утратившие первоначальное качественное состояние в результате хозяйственной или иной деятельности, а также чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера, нуждающиеся в восстановлении (рекультивации) в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием.

Рекультивация нарушенных земель и земельных участков – комплекс мероприятий, направленных на восстановление утраченного качественного состояния земель, достаточного для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием.

Технический этап предусматривает комплекс работ по ликвидации источников и последствий негативного воздействия на земли, включая перемещение грунтов и горных пород, планировку рельефа, снятие и нанесение плодородного слоя почвы и/или почвогрунтов, устройство гидротехнических и мелиоративных систем, а также проведение других работ, создающих необходимые условия для дальнейшего восстановления и последующего использования таких земель в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием.

Биологический этап рекультивации нарушенных земель и земельных участков (биологическая рекультивация земель и земельных участков) – этап рекультивации земель и земельных участков, включающий комплекс агротехнических, биологических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению утраченного качественного состояния земель (в том числе плодородия) с учетом выбранного направления рекультивации для определенного целевого назначения и разрешенного использования.

При проведении биологической рекультивации земель и земельных участков используют ассортимент видов растений, рекомендованный специалистами по рекультивации земель для конкретного региона. Основными направлениями рекультивации нарушенных земель являются: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, рыбохозяйственное, природоохранное, рекреационное, водохозяйственное, строительное.

Статьей 13 Земельного кодекса Российской Федерации установлено, что рекультивация проводится путем устранения последствий загрязнения почвы, восстановления ее плодородного слоя, создания защитных лесных насаждений, и т.д.

Десятого июля 2018 г. было принято Постановление Правительства РФ от N 800 "О проведении рекультивации и консервации земель" (с изменениями и дополнениями от 7 марта 2019 г.). Настоящие Правила устанавливают порядок проведения рекультивации и консервации земель, а также особенности рекультивации земель, указанных в части 2 статьи 60.12 Лесного кодекса Российской Федерации, и в равной мере распространяются на земли и земельные участки. Понятия, используемые в настоящих Правилах, означают следующее: *"деградация земель"* – ухудшение качества земель в результате негативного воздействия хозяйственной и (или) иной деятельности, природных и (или) антропогенных факторов; *"консервация земель"* – мероприятия по уменьшению степени деградации земель, предотвращению их дальнейшей деградации и (или) негативного воздействия нарушенных земель на окружающую среду, осуществляемые при прекращении использования нарушенных земель; *"нарушение почвенного слоя"* – снятие или уничтожение почвенного слоя; *"нарушенные земли"* – земли, деградация которых привела к невозможности их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием; *"плодородный слой почвы"* – верхняя гумусированная часть почвенного слоя, обладающая наибольшим плодородием по отношению к более глубоким горизонтам; *"проект рекультивации земель"* – документ, на основании которого проводится рекультивация земель.

Рекультивация земель должна обеспечивать восстановление земель до состояния, пригодного для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, путем обеспечения соответствия качества земель нормативам качества

окружающей среды и требованиям законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, в отношении земель сельскохозяйственного назначения также нормам и правилам в области обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения, но не ниже показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения, порядок государственного учета которых устанавливается Министерством сельского хозяйства Российской Федерации применительно к земельным участкам, однородным по типу почв и занятым однородной растительностью в разрезе сельскохозяйственных угодий, а в отношении земель, указанных в части 2 статьи 60.12 Лесного кодекса Российской Федерации, также в соответствии с целевым назначением лесов и выполняемыми ими полезными функциями.

Как видим в обоих документах термины и определения очень близки по содержанию, но не несут научной нагрузки. Следует отметить, что под рекультивацией мы (в отличие от ГОСТа) понимаем набор технологических приемов, позволяющий целенаправленно сформировать на месте нарушенных земель участки территории (местообитания, ландшафты, поля рекультивации) с заданными в виде технического задания в рабочем проекте рекультивации параметрами хозяйственной и/или почвенно-экологической эффективности (Полохин, 2015).

Целью рекультивации является создание устойчивого неоландшафта с заданными параметрами почвенно-экологического состояния на стадии проектирования (Sokolov et al., 2021). Научное обоснование технологий рекультивационных работ по своей природе должно быть комплексным, поэтому включает изучение всей цепочки составных элементов (Костенков, Ознобихин, 2007).

В данной главе основное внимание мы уделили грунтам отвалов угольных разрезов и шахт, поскольку добыча угля является ведущей отраслью региона, расширяющей техногенные ландшафты.

В Приморском крае уголь залегает на участках Подгородненского, Партизанского и Раздольненского угольного бассейнов. Ключевые месторождения – Бикинское, Артёмовское, Павловское, Шкотовское, Партизанское, Раздольненское, Верхнесуйфунское.

Партизанский угольный бассейн известен с 1887, разрабатывается с 1902. Добыча каменного угля здесь велась шахтным способом. В 1962 году вступило в строй первое предприятие открытой

угледобычи – Реттиховский разрез. В 1968 году в эксплуатацию был сдан Павловский разрез № 1, и уже в 1970 году вместе с Реттиховским он дал почти 30% угля, добываемого комбинатом.

Разрез "Павловский" № 2, расположенный в Михайловском районе Приморского края и обрабатывающий восточную часть площади Павловского участка Павловского бурогоугольного месторождения, начал строиться в 1971 году, но поскольку при доразведке карьерного поля, проведенной в 1971–1979 годах, были выявлены значительные изменения геологического строения месторождения, потребовалась корректировка проектных решений, что замедлило строительство разреза. В эксплуатацию разрез сдавался двумя очередями. Первая очередь была сдана 29 октября 1982 года.

В 2017 г. был открыт Разрез «Некковый» АО «Приморскуголь» (СУЭК) по добыче открытым способом каменного угля. Разрез занимает площадь 5,67 км² Липовецкого каменноугольного месторождения. Ранее уголь добывался на этом месторождении подземным способом, но из-за нерентабельности шахты были закрыты.

Земельный фонд Приморского края составляет 16467,3 тыс. га. В распределении земель по категориям наибольшая доля принадлежит землям лесного фонда 12045,8 тыс. га (73,1%). Земли промышленности и иного назначения составляют 2,3%. При распределении земель Приморского края по угодья сельскохозяйственные угодья занимают 1649,4 тыс. га (10%), лесные земли и лесные насаждения, не входящие в лесной фонд составляют 81,6%. Нарушенные земли среди угодий Приморского края занимают 16,8 тыс. га (0,1%). Из них 70,4% приходится на земли промышленности. Кроме нарушенных земель на территории края находятся 500 га под полигонами отходов и свалками. При этом с каждым годом площадь нарушенных земель только увеличивается (табл. 1.2.2).

Большая часть таких земель не рекультивируется, а оставляется под самозарастание. Послепромышленные земли практически не используются в сельском и лесном хозяйстве.

Отметим, что в Приморском крае на 1 млн. т. добытого угля приходится около 4,3 млн. м³ вскрышных пород. На первый взгляд это совершенно несущественная цифра для земельных угодий края.

Таблица 1.2.2

Состояние почв на территории Приморского края согласно ежегодной форме 2-ТП (рекультивация), предоставляемой природопользователями за 2017-2020 год

Показатель	Ед. изм.	2017	2018	2019	2020
Нарушенных земель на начало года	га	4772,5	8831,2	9428,7	10172
Отработано на начало года всего	га	22,1	199,2	492,5	485
Нарушено земель за год	га	91,5	293,1	406,6	190
Отработано из общей площади нарушенных земель	га	22,1	293,2	112,8	48
Рекультивированно, всего, в том числе под:	га	14,5	153,9	85,4	38
пашню		-	-	0	0
другие сельскохозяйственные угодья		-	-	2,7	0
лесные насаждения		-	-	46,3	10
водоемы и другие цели		-	-	8,1	26
Заскладированный плодородный слой почвы на начало года	тыс. м ³	-	3104,5	3517,7	4401
Снято плодородного слоя почвы	га	60,4	143,8	244,1	94,7
Использовано плодородного слоя почвы	тыс. м ³	48,5	106,3	57,8	34,5
Наличие заскладированного плодородного слоя почвы на конец года	тыс. м ³	-	3513,8	4202,1	6187,3

Примечание. По данным Доклада об экологической ситуации (Эл. ресурс)

Однако, хорошо известно, что залежи угля (в Приморском крае в основном бурого угля) находятся под наиболее плодородными почвами. При добыче полезных ископаемых земли отчуждаются и по окончании работ отработанные земли должны быть возвращены в состоянии пригодном для их дальнейшего использования в соответствии с предполагаемым целевым назначением. Для этого должны быть проведены рекультивационные мероприятия.

Если до 90-х годов прошлого века горнодобывающие предприятия планомерно и массово проводили необходимые рекультивационные мероприятия, широко сотрудничали с научными учреждениями,

поддерживали опытные участки с различными видами трав, кустарников и древесных культур, то в последние годы мы наблюдаем снижение объемов рекультивационных работ (табл.1.2.1, 1.2.2). Отчасти это связано и с тем, что рекультивация нарушенных земель, восстановление почвенного слоя – это вид работ крайне невыгодный предприятиям.

В частности, по данным на начало 2011 года по РУ “Новошахтинское” ОАО “Приморскуголь” было нарушено около 1650 га, отработано 45 га и рекультивировано всего 10 га (0,6%) под лесные насаждения. На не рекультивированных площадях идут процессы самозаращения и самовосстановления почвенного покрова и фитоценозов. Площади нарушенных земель постоянно увеличиваются, и их большая часть оставляется под самозаращение. В результате формируются техногенные ландшафты, являющиеся в экологическом отношении экоклинами со специфическим набором и уровнем почвенно-экологических функций.

Значительные площади нереккультивированных земель, появившиеся за последнее время в Приморском крае, определили особую актуальность изучения специфики самозаращения и восстановления почвенного покрова техногенных отвалов горных пород. До сих пор закономерности становления почв и экосистем в техногенных ландшафтах и степень их экологического влияния на прилегающие территории остаются еще фрагментарно изученными научными проблемами не только в России, но и в мире. Изучение таких ландшафтов важно не только с эволюционных позиций почвоведения и биологических наук, но также в плане разработки методов возобновления почвенных и растительных ресурсов на нарушенных землях. В Приморском крае.

Нарушение земель при подземном и открытом способе добычи угля по своим масштабам относится к существенному виду экологических последствий. При этом оценивается экологическое состояние территории по ряду критериев. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия были утверждены Минприроды РФ 30 ноября 1992 г.

Как правило, оценка экологического состояния техногенных ландшафтов производится с санитарно-гигиенических позиций. Это направление, безусловно, важно, однако это лишь частный случай в общей оценке. Требуется давать и общеэкологическую оценку состояния техногенных ландшафтов, которая позволит оценивать

перспективы самовосстановления в таких ландшафтах почв и почвенного покрова как базового компонента любой наземной экосистемы.

При этом необходимо определять набор лимитирующих развитие биоценозов факторов, их масштабы и локализацию.

Почвенно-экологическое состояние техногенного ландшафтов определяется как способность почвы конкретного местообитания в данном техногенном ландшафте поддерживать тот или иной уровень жизнеобеспечения биоценозов, то есть как мера способности данной территории к самовосстановлению почвы и ее функций. Почвенно-экологическое состояние всего техногенного ландшафта может быть количественно охарактеризовано соотношением площадей контуров, с тем или иным типом почв. Зная среднее строение почвенного покрова, то есть соотношение площадей, занимаемых тем или иным типом эмбриоземов, каждого участка можно составить реальную картину строения всего техногенного ландшафта и оценить его реальное почвенно-экологическое состояние. Для этих целей используются сравнительные почвенно-географические и почвенно-генетические принципы исследования. Реализация первого осуществляется посредством детального картографирования почвенного покрова техногенных ландшафтов. Реализация второго заключается в генетической интерпретации свойств и функций почв. Следует отметить, что непосредственное использование методов расчетов разработанных для бонитировки естественных ненарушенных почв в отношении техногенных ландшафтов, далеко не всегда подходит (Андроханов В.А., Курачев В.М, 2010).

Подобные работы широко проводятся в Западной Сибири. Для юга Дальнего востока работы в данной интерпретации являются пионерными. При этом необходимо определять набор лимитирующих развитие биоценозов факторов, их масштабы и локализацию.

При оценке почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов необходимо ориентироваться на местные почвенно-климатические условия и при рекультивации требуется стремиться создавать местообитания по качеству максимально приближенные к естественным типам почв и биоценозов. Кроме того, формировать отвалы не выше естественных отметок, в свойственных для конкретных ненарушенных ландшафтах формах рельефа.

Разработаны технологические элементы биологического этапа рекультивации на каменисто-щебнистых уже давно отсыпанных

терриконах, расположенных в пределах густо застроенной городской черты. Основное внимание при этом было уделено санитарно-гигиеническому обоснованию биологического этапа рекультивации. Подобранный метод основан на применении гумусосодержащей суспензии, приготовленной при использовании некондиционных бурых углей и углеотходов, переработанных активными штаммами микроорганизмов. Предложена схема показателей пригодности пород угольных терриконов для биологической рекультивации по физическим, водно-физическим и физико-химическим показателям (Костенков, Ознобихин, 2007). Первые работы в полевых и вегетационных опытах по ускоренному повышению биогенности пород в Приморском крае были выполнены Е.П. Новиковой и Ю.Н. Малышевым (1988) на породах отвалов разреза Реттиховский путем сплошной инокуляции их поверхности комплексом микроорганизмов, участвующих в почвообразовании. В полевых опытах на поверхность отвалов вносили углеотходы с целью создания необходимых условий для стартового развития миклофлоры. По их данным, рост подсеянных трав был почти в 2 раза выше, чем на контроле. Они же считают, что подсев трав способствует более эффективному накоплению органического вещества, чем при естественном зарастании. Такая же технология рекомендовалась и для скальных пород, хорошо поддающихся выветриванию. Л.Т. Крупская (1994) отмечает, что ее применение позволяет за один год, повысить содержание гумуса в молодых почвах до 5%.

Многоплановые исследования в Приморском крае были проведены отделом почвоведения Биолого-почвенного института ДВО РАН (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН). Немаловажное значение для биологической рекультивации имеет анализ самозарастания техногенных ландшафтов и формирования на них растительных сообществ. Так проведенные исследования на отвалах Шкотовского угольного месторождения показали, что большинство пород слагающих отвалы пригодны для лесной рекультивации. Поверхности отвалов от 15 до 30% имеют фрагментарный растительный покров. Растительность при этом можно рассматривать в качестве индикатора пригодности, слагающих отвалы пород для биологической рекультивации. Флористический список растений, зарегистрированных при самозарастании, включает более 70 видов, из них 25 древесно-кустарниковых. Практически на всех обследованных отвалах через 5-8 лет после отсыпки появляется травянистая растительность. Наиболее

благоприятны для этого нижние части склонов, то есть участки, где семена защищены от смыва и выдувания (Гусаченко, 1992). Пионерами зарастания являются экологически пластичные сорняки, способные переносить экстремальные условия техногенной среды. На первой стадии доминируют, чаще всего, горец восточный (*Polygonum orientale*), полыни побегоносная и веничная (*Artemisia stolonifera* (Maxim.), *Artemisia scoparia*), хвощ полевой (*Equisetum arvense*). На последующих этапах, в зависимости от степени фитотоксичности пород, появляются такие виды, как горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus*), одуванчик аптечный (*Taraxacum officinal*), различные виды полыни (*Artemisia keiskeana*, *A. rubripes* Nakai, *A. vulgaris*), подорожник азиатский (*Plantago asiatica*), хмель японский (*Humulus japonicus*). В некоторых местах, через 5-10 лет после начала процесса самозарастания отвалов, образуются многовидовые группировки растительности. Раастения расселяются в них неравномерно, куртинами и пятнами, с малой степенью обилия и различным соотношением видов внутри группировок. Проективное покрытие достигает 40%. Этот этап наиболее длительный и может достигать несколько десятилетий. Прослеживается последовательная смена растительных группировок от пионерных к разнотравно-злаковым, разнотравно-бобовым и злаково-бобово-разнотравным. На отвалах прошедших горно-техническую рекультивацию, наряду с с пионерной и разнотравной растительностью широко представлены злаки (*Poaceae*): вейник наземный (*Calamagrostis epigejos*), ежовник обыкновенный (*Echinochloa crus-galli*), щетинник зеленый (*Setaria viridis*); и бобовые (*Fabaceae*): вика волосистая (*Ervum hirsute*), клевер луговой (*Trifolium pratense*) и чина пятинервная (*Lathyrus quinervius*).

Другим показателем пригодности отвалов к лесной рекультивации является динамика процессов лесовосстановления, которая в значительной степени зависит от лесорастительных условий района проведения рекультивационных работ. Первыми среди древесных растений появляются различные виды ив, чозения. Доминируют ивы: Хультена (*Salix caprea* subsp. *Hultenii*), Шверина (*Salix schwerinii*), россистая (*Salix rorida*). На более старых отвалах ивы вместе с леспедецей двухцветной (*Lespedeza bicolor*) переходят в подлесок, а в верхнем ярусе преобладает тополь корейский (*Populus koreana*) и ольха волосистая (*Alnus hirsuta*).

Тем не менее, процесс естественного лесовосстановления нельзя признать удовлетворительным, поскольку он растянут на многие годы и десятилетия, а основные лесообразующие породы либо отсутствуют вообще, либо представлены единичными экземплярами. По показателям биомассы, ценофобности, т. е. неспособности некоторых растений к произрастанию в сомкнутых растительных группировках проективного покрытия, образующиеся естественным путем растительные сообщества значительно уступают искусственно создаваемым насаждениям. Поэтому на нарушенных землях следует ориентироваться на создание искусственных фитоценозов и сочетаний их с аборигенной растительностью.

Процессы естественного заселения растительностью горных отвалов тесно связаны с химическим и гранулометрическим составом субстрата. Заращение отвалов древесными растениями пионерного типа наиболее интенсивно идет при рН грунта в интервале от 4,4 до 6,0. Древесно-кустарниковые растения лучше развиваются на суглинках и супесях, чем на глинах и песчаных элювиях.

Исследования отвалов Реттиховского угольного разреза (Малютенко, Никольская, 1973; Трегубова, 1974) показали, что при возрасте отвалов 20–25 лет верхний слой грунта мощностью 40–50 см имеет приемлемые физические свойства, рН в пределах 4,6–6,4 и среднее засоление составляет 14–70 мг/кг. На глубине более 60 см значение рН составляет 3,9–6,9, а при углублении на 100 см и более физико-химические свойства субстрата резко ухудшаются, рН приобретает крайние значения (менее 3,5 и более 7,0), а засоление достигает 350–370 мг/кг. Как показали исследования посадок сосны обыкновенной, закладки 1972–1973 гг. на отвалах Реттиховского месторождения, состояние посадок на участках со сплошной планировкой несколько хуже, чем на участке с частичной планировкой, где были проведены только срезание гребней и засыпка промоин. Об отрицательном влиянии предпосадочной планировки наглядно свидетельствует динамика таксационных показателей. Например, накопление древесной массы у сосны, высаженной на спланированных отвалах, идет в 2–2,5 раза медленнее. По этой причине, а также в интересах экономии, следует отказаться от сплошного предпосадочного разравнивания отвалов в процессе лесной рекультивации, хотя таковое и предусматривается большинством нормативных документов. Кроме того, отказ от сплошной предпосадочной планировки позволяет сохранить на

отвалах естественную древесную растительность, что в свою очередь снимает объем лесокультурных работ и повышает экологический эффект создаваемых культурных ландшафтов. Создание лесных культур на промышленных отвалах следует проводить саженцами местных и интродуцированных пород по схемам, рекомендованным для лесокультурных и лесомелиоративных работ в Приморском крае (Костенков, Ознобихин, 2007) .

Изучались и искусственные насаждения древесно-кустарниковой растительности на отвалах Лучегорского угольного разреза, созданные в предыдущие годы (Саранчук, Хайлова, 2012). Исследование проводилось в искусственных насаждениях облепихи крушиновидной, тополя Максимовича, сосны обыкновенной, ясеня маньчжурского и клена приречного. Качественное состояние посадок изучалось на трех отвалах вскрышных и вмещающих пород: Восточном, Звеносборке и Северном (Табл. 1.2.3).

На момент исследования Восточный отвал был отработан, поверхность рекультивирована с нанесением плодородного слоя. Следующий отвал Звеносборка площадью 161 га был не отработан, горнотехническая рекультивация проведена частично на площади 52 га. Северный отвал площадью 1100 га был действующий, из его площади отработаны и рекультивированы 60 га.

На всех видах отвалов лесные культуры создавались методом посадки, сплошным способом производства культур, но разными породами, при использовании различных схем смешения и различном размещении посадочных мест. Культуры сосны обыкновенной на Восточном отвале были созданы в 1986 г. Площадь составляет 46 га. В 2010 году сохранность культур сосны составляла 47 %. На Восточном отвале облепиха была посажена вручную с размещением посадочных мест 6х1. Густота культур составляла 3000 шт/га. Посадка производилась кулисным способом. Кулисы по 4–5 рядов с оставлением коридоров шириной до 10 м. Ширина коридоров варьировала от 4-х до 10-и метров и ряды располагались как вдоль, так и поперек склона. Уходы за посадками не проводились.

Дополнения не требовались, т.к. приживаемость по акту приемки составила 88 %, сохранность на 2010 г. составила всего 15 %. Культуры тополя имели самую высокую сохранность 70 % только потому, что с одной стороны участка проходит дорога, а с другой – озеро вытянутой формы. Лесные культуры клена приречного на восточном

отвале были созданы в 1986 г., сохранность на 2010 год составила 15 %. Культуры ясеня создавались на отвале Звеносборка площадью 20 га, сохранность – 27 %. На Северном отвале культуры сосны не сохранились.

Таблица 1.2.3

Характеристика рекультивированных отвалов Лучегорского угольного разреза

Название отвалов	Площадь отвала, га	Из них отработано, га	Время окончания отсыпных работ	Состояние поверхности	Мероприятия горно-технического этапа рекультивации	Мероприятия биологического этапа рекультивации
Восточный	81	81	1986–1994	Рекультивирована. Посев многолетних трав. Лесопосадки 1990–1994	Планировка поверхности с нанесением плодородного слоя	Посадка саженцев сосны на площади 46 га, 1986; посадка облепихи на площади 15 га, 1986; посев многолетних трав с применением минеральных удобрений и гуминовых кислот, 1990; посадка саженцев тополя и клена на площади 15 га
Звеносборка	161	0	Не отработаны	Рекультивирована частично, самозаращение, без планировки, частично лесопосадки	Планировка поверхности частично. Нанесение ПСП частично.	Посадки ясеня. Посадки тополя
Северный	1100	60	Действующие	Рекультивирована частично	Планировка поверхности частично. Нанесение ПСП частично.	Посадка сосны произведена на площади 10 га в кол-ве 25000 шт.

Низкие показатели сохранности лесных культур связаны с отсутствием лесокультурных уходов в первые годы посадки и с прохождением 1–2 раза в год беглыми низовыми пожарами. Таким образом, в результате исследований было установлено, что отвалы угольных карьеров пригодны для выращивания лесных культур лесокультурными приемами. Чтобы не допустить значительной гибели лесных культур на нарушенных землях, необходимо после посадки осуществлять лесокультурные уходы (окашивание, прополка приствольных кругов, химическая обработка). Кроме того требуется проектировать лесные культуры по звеньевому типу смешения, с обязательным созданием минерализованных полос шириной 3–4 метра по горизонталям. Это позволит предотвратить повреждение культур низовыми пожарами.

Подводя итог вышеизложенному отметим, что в этой главе были рассмотрены кратко итоги рекультивационных и научных работ в Приморском крае на угледобывающих предприятиях. Они показывают, что темпы рекультивации остаются на крайне низком уровне. Большая часть отвалов вскрышных и вмещающих пород остаются не рекультивированными. Повсеместно отмечается недостаточное количество посадочного материала. Кроме того, набор древесно-кустарниковой растительности ограничен. Применяемые технологии рекультивации имеют низкий уровень наукоемкости и экологической эффективности. Разрабатываемые проекты не учитывают индивидуальной специфики техногенных объектов и экономической целесообразности проведения рекультивационных работ. На ранее рекультивированных участках не ведется работ по уходу за высаженными культурами. А как показали научные исследования каждый проект биологической рекультивации должен быть штучным, учитывающим не только свойства пород слагающих отвалы, но и даже экспозиции склонов одного и того же отвала. Поверхности отвалов не должны быть выровненными. Необходимо создавать микрорельеф посредством бороздования (щелевания) поверхности отвалов. При составлении проектов рекультивации необходимо на основе природно-климатических факторов, эдафических условий, петрографического состава и свойств пород, слагающих отвалы рассчитывать почвенно-экологическое состояние формируемых техногенных ландшафтов и их влияние на прилегающие территории.

Глава 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на территории Павловского, Реттиховского, Бикинского и Партизанского угольных месторождений.

Согласно схеме, принятой геологами-угольщиками, Павловское угольное поле подразделяется на два сектора: восточный, более известный как Павловка-1 и западный – Павловка-2. Исследования проведены на участках Северная депрессия, где изучены 2 самозарастающих отвала 8-ми и 15-ти лет и Восточный (8 и 16 лет). Для исследования особенностей зарастания и почвообразования заложены линейные трансекты от подножия отвалов до вершины. По положению в рельефе выбраны три позиции: на вершине отвала – элювиальная (Эль), на склоне – транзитная (Транс), у подножия или на выположенной террасе – аккумулятивная (Ак) (Полохин, 2014). Описание растительности произведено вдоль трансекта на площадках 5×5 м в двукратной повторности в каждом типе микрогруппировки или синузии. В случае недостаточного размера синузии размер площадки был уменьшен до 3×3 м. Всего выполнено 30 геоботанических описаний. Учитывали полный видовой состав и проективное покрытие видов растений в различных растительных синузиях и микрогруппировках на трансекте.

Объектом исследований на территории Партизанского месторождения явились растительность и почвы рекультивируемого участка шахты ОО "Правобережное". Юго-восточная окраина поля участка расположена на территории п. Углекаменск. В 8 км к северу находится п. Авангард. Ближайшим промышленным центром является г. Партизанск. В конце первого вегетационного периода (2009 год), в неравнозначных по экологическим условиям местах были заложены пробные площадки размером 20 x 20 м. Площадки № 1, № 2, № 3 расположены в разных частях рекультивированного породного отвала и достаточно полно представляют экологическое разнообразие его территории. Пробная площадка № 4, приурочена к территории рекультивированного лесного склада, № 5 – угольного склада. Флористические, геоботанические и почвенные исследования были проведены в конце первого вегетационного сезона (2009), третьего (2011 г.) и пятого (2013) после рекультивации. Для расчета встречаемости видов, пробные площадки разбивались на квадраты 1 x 1 м (учетные

площадки), для них составлялся полный список сосудистых растений и определялось их проективное покрытие (в %).

На территории Реттиховского месторождения исследованы почвы и растительность на самозарастающих и рекультивированных отвалах 30-45 летнего возраста.

На территории Бикинского месторождения изучены растительность и почвы, формирующиеся на разновозрастных отвалах вскрышных пород (от 1 до 25 лет) Лучегорских угольных разрезов № 1 и 2.

Определение таксономической принадлежности растений произведено по определителю растений Приморья и Приамурья (Воробьев и др., 1966). При определении типа жизненных форм растений использовались биоморфологические таблицы, разработанные А.Б. Безделевым и Т.А. Безделева (2006).

Для определения бета-разнообразия использовался коэффициент Жаккара (коэффициент флористического сходства), который вычисляется по формуле: $K=c / (a+b-c)$

где K – коэффициент флористического сходства Жаккара;

c – число общих видов в сравниваемых сообществах;

a – число видов в первом сообществе;

b – число видов во втором сообществе (Коросов, 1992).

Стадии сукцессии растительных группировок выделялись на основании классификации, разработанной А.Г. Вороновым (1973). Учет надземной фитомассы проводился методом укусов на площадках 1 м² в трехкратной повторности по методике, предложенной Н.И. Базилевич с соавторами (1978). В структуре надземной фитомассы рассматривается живая фитомасса и мортмасса. Мортмасса – отмершие растительные остатки (Гришина, 1974) в нее входят подстилка, ветошь трав, опад листьев.

Определение органического углерода проводили по методу И.В. Тюрина. Гранулометрический состав пород отвалов определяли по Н.А. Качинскому. Содержание подвижных форм фосфора – по Кирсанову, калия – по Масловой (Агрохимические методы..., 1975). Актуальную и обменную кислотность почв исследовали потенциометрически, гидролитическую кислотность – по Каппену (Аринюшкина, 1970).

Эмиссию CO₂ почв определяли абсорбционным методом (Шарков, 1987) в условиях *in exp.* каталазную активность почв определяли газометрическим методом по Галстяну (Методы почвенной микробиологии и биохимии, 1987).

В работе придерживались классификации почв техногенных ландшафтов, разработанной И.М. Гаджиевым, В.М. Курачевым (1992).

Структура почвенного покрова исследована по Фридланду (1972).

Статистическая обработка полученных результатов проводилась в программе Microsoft Excel.

Глава 3. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с географическим районированием южной части Дальнего Востока Приморский край можно отнести к Приамурско-Приморской стране Дальневосточного муссонного сектора (Ивашинников, 1999). Большая часть территории Приморского края занята горными массивами хребта Сихотэ-Алинь (Власова, 1968). В юго-западной части Приморья расположена Приханкайская низменность, усиливающая разнообразие рельефа, что существенно влияет на климат и погодные условия отдельных районов края (Короткий и др., 1967).

Приморский край – горная страна, в рельефе преобладает мелко-сочпчик (300-400 м) с различной крутизной склонов. Формы водоразделов разные, но характерны платообразные (базальтовые). Горная система Сихотэ-Алиня сильно расчленена, имеются выходы коренных пород и каменные развалы, усиливающие эффект вертикальной зональности на высотах более 1000 м над уровнем моря (Мильков и др., 1975). Территория Приморского края неоднородна в природном отношении. Крупные ее части различаются по характеру рельефа, климатическим и почвенным условиям, растительности и сочетанию ландшафтов (Исаченко, 1985). Территория Приморского края характеризуется муссонным типом климата.

Павловское месторождение расположено на территории Михайловского района Приморского края в 30 км к северу от г. Уссурийска. Изученная территория располагается в Амуро-Уссурийском климатическом районе, Тихоокеанской области, умеренной зоне с хорошо выраженными чертами муссонного климата Восточной Азии (Витвицкий, 1969) Сумма активных температур достигает 2500°С, осадков выпадает 550–600 мм в год (Степанько, 1992).

Согласно схеме ботанико-географической зональности, Павловское буроугольное месторождение находится в лесостепной зоне (Колесников, 1969). В настоящее время на обработанных территориях Павловского месторождения идут процессы естественного восстановления растительного покрова, часть территории занимают широколиственные насаждения в окружении сельскохозяйственных полей, массивов дубовых лесов и вейниково-разнотравных лугов.

Партизанское месторождение (Сучан) расположено в долине р. Партизанской, вблизи города с одноименным названием, в 150 км от г. Владивостока. Район характеризуется типичным для Приморья расчленением горного рельефа и представляет собой систему гор, речных долин и межгорных котловин, относится к Южно-Приморской области по разнообразию природных и климатических условий к Партизанской провинции (Степанько, 1992). Провинция имеет теплый и мягкий климат, так как она испытывает влияние Японского моря, а так же защищена горами от вторжения холодных континентальных воздушных масс. Самый теплый месяц - август, средняя температура которого +20, максимальная 36,6 градусов. Самый холодный месяц – январь, средняя температура -14, максимальная -29,9. Среднегодовая температура составляет 4-5⁰С, продолжительность безморозного периода – до 170 дней. Годовая сумма осадков колеблется в пределах 650-800 мм в год, причем до 90 % всех осадков выпадает в теплый период. Растительность Партизанской долины своеобразна. Склоны долины покрыты густой кустарниковой растительностью. Основная водная артерия - река Партизанская. Она принимает многозначительные потоки, из которых наиболее крупными являются реки: Тигровая, Мельники, Постышевка и ряд более мелких водотоков. Наиболее распространенными почвами в районе исследования являются дерново-буро-подзолистые и буроземы. Преобладающим развитием пользуются лиственные и смешанные леса, состоящие из зарослей монгольского дуба, различных видов берёз, липы, манчжурского ореха, амурского бархата, пихты, ели, ясени, клёна, ильма и многих других пород деревьев.

Реттиховское буроугольное месторождение расположено на территории Черниговского района Приморского края, в 30 км от п. Черниговка и в 230 км от г. Владивостока. Месторождение расположено в пределах хребта Синего, являющегося западным отрогом Сихотэ-Алиня. С севера, востока и юга месторождение окружено сопками, имеющими абсолютные отметки поверхности от 400 до 800 м, а с запада – долинами р. Сандагоу и ее правого притока р. Лефу. Рельеф месторождения пологоволнистый, с абсолютными отметками поверхности от +127 м до +240 м.

Территория горного отвода ликвидированного разреза «Реттиховский» расположена на склонах южной и юго-западной экспозиции, севернее пос. Реттиховка. Каждый из участков месторождения –

Восточный и Западный – это глубокие выемки округлой формы с уступами, образованными в процессе ведения горных работ (Геологический отчет., 1970). Климат района расположения Реттиховского месторождения имеет муссонный характер с обильным выпадением осадков в летний период и сухостью в зимний. Среднегодовое количество осадков за многолетний период составляет 583,3 мм. Наиболее холодным месяцем является январь ($-21,0^{\circ}\text{C}$), наиболее теплым - июль ($+21,0^{\circ}\text{C}$). (по данным климатической записки метеостанции Анучино за 1911-1995 гг.). Выпадение основного количества осадков - 85% - приурочено к теплему периоду (апрель-октябрь). Минимальное количество осадков приходится на январь, максимальное - на август. Незначительный снежный покров и низкие зимние температуры способствуют сильному промерзанию почвы. Растительность на территории Реттиховского месторождения до его открытия была представлена лиственничными лесами.

Бикинское буроугольное месторождение в административном отношении расположено в Пожарском районе Приморского края. Согласно схеме гидротермического районирования (Степанько, 1992) входит в южный округ Бикинской гидротермической провинции для которой свойственно значительное выпадение осадков (700-750мм) из них 70% приходится на теплый период. Сумма активных температур достигает $2000-2100^{\circ}$. исследуемая территория входит в среднюю зону смешанных хвойно-широколиственных лесов (Куренцова, 1968). Большую роль здесь играет ель аянская и пихта белокорая. Среди лиственных пород этих лесов чаще встречается клен, береза ребристая, рябина даурская. Здесь нет обилия лиан, появляются многие виды мхов, плаунов, лишайников. Для современного растительного покрова характерна комплексность. Появление мхов, плаунов и лишайников способствует формированию сильно влагоемкой подстилки. В период дождей она набирает влагу и создает условия интенсивного поверхностного переувлажнения. Небольшие повышения заняты широколиственными лесами, в состав которых входят липа, клен мелколистный, дуб монгольский, береза даурская и ребристая, рябина амурская, осина. Подлесок негустой, но иногда на осветленных участках образуются сплошные заросли из лещины маньчжурской, леспедецы двуцветной. В растительном покрове преобладают папоротники и осоки. Травостой обычно угнетен и чаще всего встречается на осветленных участках.

Повышенные элементы равнины (4 и 5 террасы) заняты редколесьем и порослевыми зарослями березы даурской, дуба монгольского, клена приречного, леспедецы двуцветной и разнотравным покровом, в состав которого входят осоки. Для 2 и 3 террас характерен комплекс колков мелколиственных пород (осина, береза) и дуба монгольского с осоковыми, вейниково-осоковыми, вейниковыми и злаково-разнотравными лугами. По заболоченным долинам рек распространены сильно заочкаренные сырые осоковые и вейниково-осоковые болота.

Окружающие природные экосистемы оказывают существенное влияние на процессы самозарастания терриконов и рекультивируемых участков.

Глава 4. ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ОТВАЛАХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

4.1. Почвообразование и самозарастание на отвалах Павловского месторождения

В проведенных ранее исследованиях на территории Павловского месторождения (Киселева и др., 2016) основное внимание при исследовании процессов самозарастания и почвообразования было обращено на временной фактор. В представленной работе мы учли, наряду с фактором времени, влияние гранулометрического состава пород и рельефа отвалов на особенности самозарастания и развитие почвенного покрова.

На исследованных разновозрастных отвалах Павловского месторождения (в пределах заложенных трансектов) отмечено 46 видов сосудистых растений, участвующих в процессе самозарастания, представленных 18 семействами.

Наибольшим количеством видов представлено семейство *Asteraceae* – 13 видов, семейство *Poaceae* и *Fabaceae* – по 6 видов, *Salicaceae* – 4 вида, *Rosaceae*, *Lamiaceae*, *Onagraceae* – по 2 вида, остальные семейства (*Cyperaceae*, *Equisetophytina*, *Caryophyllaceae*, *Commelinaceae*, *Polygonaceae*, *Convolvulaceae*, *Geraniaceae*, *Asparagaceae*, *Ulmaceae*, *Betulaceae*, *Fagaceae*) – по 1 виду.

В растительном покрове зарастающих отвалов явно преобладали многолетние растения (40 видов или 86,9% от общего числа), из них 31 вид – травянистые многолетники. Однолетние растения представлены 5 видами травянистых растений и 1 травянистой лианой. Деревья представлены 7 видами, кустарники – 2 видами.

Участие в самозарастании древесных и кустарниковых жизненных форм отмечено на отвалах более зрелого возраста (табл. 4.1.1).

Вегетативно подвижные в разной степени формы трав преобладают во флоре зарастающих отвалов (77,2%). Из корневищных наиболее продуктивно осваивают грунт на породных отвалах Хвощ полевой (*Equisetum arvense*), Полынь Арги (*Artemisia argyi*), Мискантус сахароцветный (*Miscanthus sacchariflorus*). Не менее успешно процесс освоения минерализованных участков

осуществляют и корнеотпрысковые виды: Бодяк щетинистый (*Cirsium setosum*), Осот полевой (*Sonchus arvensis*).

Таблица 4.1.1

Основные жизненные формы сосудистых растений в растительном покрове самозарастающих отвалов Павловского месторождения

Названия жизненных форм (ж.ф.)	Общее число видов ж.ф. (%)	Число видов ж.ф. (%) на отвалах участка Восточный		Число видов ж.ф. (%) на отвалах участка Северная депрессия	
		8-летний отвал	16-летний отвал	8-летний отвал	15-летний отвал
Деревья	7 (15,2%)	0	4 (18,2%)	0	4 (12,9%)
Кустарники	2 (4,3%)	0	1 (4,5%)	0	2 (6,4%)
Травянистые лианы	2 (4,3%)	0	0	1 (9,1%)	1 (3,2%)
Многолетние травы	30 (65,3%)	7 (87,5%)	14 (63,6%)	9 (81,8%)	23 (74,2%)
Одно-, дву-летние травы	5 (10,9%)	1 (12,5%)	3 (13,6%)	1 (9,1%)	1 (3,2%)
ИТОГО	46	8	22	11	31

Таблица 4.1.2

Участие вегетативно неподвижных и вегетативно подвижных жизненных форм травянистых растений в процессе самозарастания отвалов Павловского месторождения

Названия жизненных форм травянистых растений (ж.ф.)	Общее число видов ж.ф. (%)	Число видов ж.ф. (%) на отвалах участка Восточный		Число видов ж.ф. (%) на отвалах участка Северная депрессия	
		8-летний отвал	16-летний отвал	8-летний отвал	15-летний отвал
Вегетативно неподвижные (стержнекорневые, кисте-корневые)	8 (22,8%)	2 (25,0%)	4 (23,5%)	1 (10,0%)	3 (12,5%)
Вегетативно подвижные (корневищные, корнеотпрысковые)	27 (77,2%)	6 (75,0%)	13 (76,4%)	9 (90,0%)	21 (87,5%)
ИТОГО	35	8	17	10	24

На участке **Северная депрессия** исследованы два отвала, имеющие различный возраст и рельеф (приложение, рис. 1, 2). Отвалы сложены породами легкого гранулометрического состава – легкими суглинками с преобладанием песчаной фракции (содержание физической глины 25,2–30,0%).

Отвал 8-летнего возраста имеет коническую форму. Длина трансекта от подножия до вершины составила 27 метров (рис. 4.1.1А). Крутизна склонов ~ 25–30°. Породы отвала имеют кислую реакцию среды, низкое содержание подвижных форм калия и фосфора и крайне бедны органическим веществом (табл. 4.1.4).

Растительный покров фрагментарный, травянистый. Всего, в пределах заложенного трансекта на отвале, обнаружено 11 видов сосудистых растений, относящихся к 8 семействам.

В зарастании активно участвуют сорно-рудеральные виды на долю которых приходится 45% от общего числа видов на изученном отвале. Наиболее заметную роль среди них играет *Equisetum arvense*, *Sonchus arvensis* (табл. 4.1.3). Отмечено появление на отвале луговых и лугово-зарослевых видов (*Calamagrostis epigeios*, *Artemisia rubripes*).

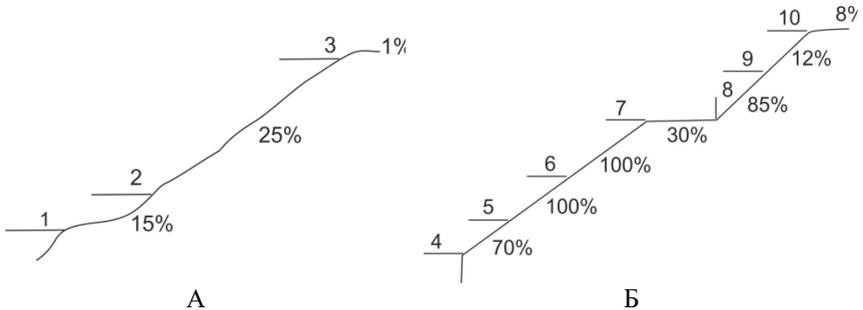


Рис. 4.1.1. Схема расположения трансектов на отвалах участка Северная депрессия:

А. 8-летний отвал; Б. 15-летний отвал

Примечание: римскими цифрами указаны номера площадок; в процентах (%) – общее проективное покрытие травянистой растительности.

В элювиальной позиции (пл. № 3) растительность практически отсутствует и представлена 4 видами трав. В основном это отдельно произрастающие особи, местами образующие небольшие группы. Общее проективное покрытие видов – до 1%. Запасы надземной фитомассы и мортмассы очень низкие (13 и 20 г/м²).

Возобновление растительности в транзитных позициях (пл. № 2) происходит неравномерно. Склоны отвала подвержены водной эрозии. Видовое разнообразие очень низкое, доминантом является *Equisetum arvense*, образующий на склоне участки разреженного зарастания с проективным покрытием до 25–30%. Запасы надземной фитомассы варьировали от 267 до 620 г/м², мортмасса практически не накапливалась.

Наибольшее количество видов растений отмечено в аккумулятивной позиции (пл. № 1), их общее проективное покрытие составляет 15–20%. Развивается редкотравно-вейниковая синузия в составе которой преобладают многолетние вегетативно-подвижные травы. Доминантами являются *Sonchus arvensis* и *Calamagrostis epigeio* (табл. 4.1.3). Существенное участие в зарастании принимают так же *Equisetum arvense*, *Artemisia rubripes*, *Carex pallida*. Здесь условия произрастания более стабильны, практически отсутствует эрозия субстрата. Запасы надземной фитомассы составляют в среднем 185 г/м², мортмассы – 75 г/м². В целом, на этом отвале происходит развитие пионерных растительных группировок. Групповой характер размещения растений характерен только для аккумулятивной позиции отвала с простой растительной группировкой. Формирующиеся на этом отвале эмбриоземы относятся к инициальным. Педогенные процессы развиты слабо, формирование каких-либо органо-генных горизонтов на этой стадии развития эмбриоземов не происходит. Почвы характеризуются кислой реакцией среды, низким содержанием подвижных форм калия и фосфора и крайне бедны органическим веществом (табл. 4.1.4).

В рельефе 15-летнего отвала отмечается терраса, (уклон 1–2°) в средней части склона, что связано с особенностями его отсыпки (рис. 4.1.1 Б). Крутизна склонов отвала составляет ~ 20°. Длина трансекта 65 м.

На отвале, в пределах заложенного трансекта, обнаружен 31 вид растений, относящихся к 12 семействам. В травостое преобладают многолетние длиннокорневищные и корнеотпрысковые растения.

В элювиальной позиции отмечается наименьшее количество видов, растительность представлена в основном *Miscanthus sacchariflorus* и *Equisetum arvense*. Единично встречаются представители семейства *Fabaceae* и *Asteraceae*, подрост *Salix Schwerinii* до 2 м высотой. Общее проективное покрытие не превышает 10% (табл. 4.1.3).

Таблица 4.1.3

Список видов сосудистых растений, участвующих в формировании естественного растительного покрова и их проективное покрытие на отвалах участка Северная депрессия

Вид	Номер учетной площадки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Деревья (проективное покрытие крон %)									
<i>Populus tremula L.</i>	-	-	-	0,1	0,1	0,5	50	20	0,3	-
<i>Salix pierotii Miq.</i>	-	-	-	-	-	-	5	0,1	-	-
<i>Ulmus pumila L.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
<i>Malus manshurica (Maxim.) Kom</i>	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	-	-
	Кустарники									
<i>Salix schwerinii E. Wolf</i>	-	-	-	-	-	3	25	3	0,1	0,3
<i>Spiraea salicifolia L.</i>	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1
	Травянистые лианы									
<i>Chylocalyx perfoliatus (L.) Hassk. Ex Miq</i>	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Calystegia inflata</i>	-	-	-	25	0,5	0,1	-	-	1	-
	Травы									
<i>Commelina communis L.</i>	0,1	5	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stellaria radians L.</i>	0,1	-	-	-	0,1	0,1	0,1	0,2	1	0,1
<i>Chamerion angustifolium (L.) Holub</i>	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Calamagrostis langsdorffii (Link) Trin.</i>	0,5	0,1	0,2	-	-	-	12	0,1	-	-
<i>Equisetum arvense L.</i>	2	20	0,1	30	60	10	5	25	10	3
<i>Miscanthus sacchariflorus (Maxim.) Benth.</i>	0,5	-	-	-	0,1	30	-	0,2	0,1	5
<i>Calamagrostis epigeios (L.) Roth</i>	5	-	-	-	0,5	1	1	-	-	-
<i>Carex pallid C.A. Mey.</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sonchus arvensis L.</i>	5	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	-	0,1	0,1
<i>Artemisia rubripes Nakai</i>	1	5	0,5	3	10	20	-	10	0,1	-

Вид	Номер учетной площадки/ проективное покрытие, %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Phleum pratense L.</i>	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-
<i>Vicia cracca L.</i>	-	-	-	0,2	1	0,1	0,1	0,2	-	-
<i>Elytrigia repens (L.) Nevski</i>	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-
<i>Neomolinia mandshurica (Maxim.) Honda</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-
<i>Achillea millefolium L.</i>	-	-	-	-	-	-	0,2	0,1	-	-
<i>Cirsium arvense L. Scop.</i>	-	-	-	-	-	0,1	0,1	-	0,1	0,1
<i>Aster tataricus L. fil.</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-
<i>Lathyrus humilis (Ser.) Spreng.</i>	-	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	0,1
<i>Trifolium repens L.</i>	-	-	-	4	5	0,1	-	0,1	-	0,1
<i>Asparagus schoberioides Kunth</i>	-	-	-	0,1	0,1	0,1	-	-	-	-
<i>Artemisia argyi Levl et Vaniot</i>	-	-	-	7	20	40	5	20	0,2	0,1
<i>Taraxacum officinale Wigg.</i>	-	-	-	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-	-
<i>Trifolium campestre Schreb.</i>	-	-	-	0,2	0,1	-	-	-	-	0,1
<i>Lycopus lucidus Turcz. Ex Benth.</i>	-	-	-	0,1	-	0,2	0,2	0,1	0,1	-
<i>Saussurea pulchella (Fisch.) Fisch.</i>	-	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	0,1
<i>Geranium eriostemon Fisch.</i>	-	-	-	0,1	-	-	0,1	-	-	-
<i>Synurus deltooides (Ait.) Nakai</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1
Кол-во видов на пробной площади	10	4	4	15	16	17	23	17	13	13

Примечание. Описание растительности проведено м.н.с. П.А. Перепелкиной.

Запасы фитомассы составляют 145 г/м², мортмассы – 83 г/м². Порода слабо затронута процессами почвообразования, имеют кислую реакцию среды, высокую гидролитическую кислотность, содержание углерода составляет в среднем 2,5% за счет углистых включений.

По гранулометрическому составу породы относятся к легкими суглинкам, имеют очень низкое содержание фосфора в 50-сантиметровой толще и высокое содержание калия в верхнем горизонте (табл. 4.1.4). В эллиовиальной позиции формируется пионерная растительная группировка на эмбриоземе инициальном (приложение, рис. 4).

В транзитных позициях исследованного отвала формируется простая растительная группировка (приложение, рис. 2Б). В целом, видовой состав на изученных площадках 4–5–6 сходен. На это указывают высокие коэффициенты Жаккара (табл. 4.1.5). Отличия в данном случае прослеживаются в соотношении тех или иных видов. Здесь отмечены высокие запасы надземной фитомассы (до 1000 г/м²) и мортмассы (до 400 г/м²). Активное самозарастание отвала приводит к формированию поверхностного слоя почвы, густо переплетенного корнями, с содержанием органического углерода до 1,1%. В таких условиях формируются эмбриоземы дерновые. Реакция среды изменяется в сторону нейтральной. Отмечается разбалансированность в содержании основных элементов питания растений: содержание подвижных форм фосфора низкое, калия – избыточное. Поверхностные горизонты эмбриоземов имеют тяжелосуглинистый состав, нижележащие – легкосуглинистый, в них так же резко снижается содержание органического углерода и основных элементов питания растений, породы имеют слабокислую реакцию среды (табл. 4.1.4).

На пл. 9 растительный покров разреженный, возможно это связано с высокой ветровой нагрузкой. Здесь сформирована простая растительная группировка, характерен групповой характер распределения растений. Формирование почвенных органогенных горизонтов не происходит.

В аккумулятивной позиции (терраса, шириной 15 м) возрастает роль древесной растительности (приложение, рис. 3). Отмечено активное возобновление *Populus tremula* высотой 1,6–5 м, диаметр стволов 4–9 см, деревья растут сгруппировано и формируют узкую полосу молодого древостоя. Сомкнутость крон достигает 60%. Так же здесь массово произрастает молодой подрост ив (*Salix pierotii* и *S. schwerinii*), формируя кустарниковый ярус. Местами она занимает до 30% площади. Единично встречаются представители семейства *Rosaceae* (*Malus manshurica*, *Spiraea salicifolia*). Это стадия замкнутого фитоценоза со сложным видовым составом и ярусной структурой. Проективное покрытие травянистой растительности снижается до 30%.

Таблица 4.1.4

Основные свойства эмбриоземов на разновозрастных отвалах

Возраст отвала, лет (позиция)	Глубина, см	Физическая глина	рН		ГК, мг экв/100 г почвы	Сорг., %	P ₂ O ₅	K ₂ O
			водный	солевой			мг/100 г почвы	
Участок Северная депрессия, эмбриоземы инициальные								
8 (Эль, Транс, Ак)	0-5	25,8±0,30	4,3±0,30	3,4±0,07	8,4±0,51	0,51±0,03	2,6±0,16	5,7±0,24
	5-20		4,4±0,09	3,4±0,04	8,8±0,31	0,54±0,04	2,0±0,14	5,2±0,20
	20-50		4,3±0,13	3,3±0,02	5,9±0,32	0,43±0,12	1,9±0,21	5,1±0,18
15 (Эль)	0-5	25,2±0,1	4,7±0,11	3,3±0,10	14,3±0,56	2,50±0,31	1,0±0,09	21,4±1,20
Участок Северная депрессия, эмбриоземы гумусово-аккумулятивные								
15 (Ак)	0-5	27,5±2,0	6,6±0,05	6,0±0,05	3,7±0,21	3,35±0,08	7,5±0,3	48,3±0,6
	5-20		5,6±0,05	4,1±0,18	6,4±0,81	1,10±0,06	3,0±0,3	43,1±0,6
	20-50		5,6±0,23	3,9±0,19	4,1±0,82	0,54±0,20	1,5±0,36	10,1±2,6
Участок Северная депрессия, эмбриоземы дерновые								
15 (Транс)	0-5	46,6±0,71	6,2±0,11	5,1±0,14	2,3±0,37	1,11±0,06	2,0±0,07	66,3±1,12
	5-20	25,2±0,41	5,2±0,40	3,7±0,20	5,0±2,50	0,10±0,03	0,7±0,0	19,3±12,1
	20-50		5,8±0,20	4,2±0,16	2,1±0,40	следы	0,8±0,10	8,0±2,7
Участок Восточный, эмбриоземы органо-аккумулятивные								
8 (Транс, Ак)	0-5	67,2±4,3	5,3±0,3	4,5±0,2	3,1±0,21	0,37±0,13	2,60±0,07	19,0±0,50
	5-20		5,0±0,3	3,6±0,11	3,8±0,3	0,18±0,02	0,5±0,02	20,4±0,32
	20-50		4,7±0,10	3,7±0,12	3,9±0,14	0,20±0,03	-	-
16 (Эль, Транс, Ак)	0-5	54,3±2,5	6,3±0,05	5,3±0,15	1,5±0,5	0,42±0,11	0,18±0,05	28,1±1,75
	5-20		5,9±0,11	4,3±0,08	2,3±0,6	0,13±0,01	следы	11,4±2,3
	20-50		6,0±0,11	4,0±0,21	2,9±0,1	следы	следы	7,7±2,75
Участок Восточный, эмбриоземы инициальные (участки с разреженной растительностью)								
16 (Транс)	0-5	50,0±0,15	6,3±0,11	5,5±0,15	0,94±0,21	0,12±0,04	следы	5,0±1,3

Примечание: данные представлены в виде средних арифметических ± стандартная ошибка средней

В состав травостоя входят как луговые, так и лесные виды. Значительно сокращается доля участия *Equisetum arvense* и представителей семейства *Asteraceae*, увеличивается количество представителей семейства *Poaceae*. Доминируют *Calamagrostis langsdorffii* с участием *Equisetum arvense*, *Artemisia Argyi*, формируя вейниково-разнотравную синузию. Запасы надземной фитомассы травянистой растительности составляют в среднем 300 г/м², мортмассы – 400 г/м² (в свежесрезанном

состоянии). В этих условиях активно протекают почво- и гумусообразовательные процессы, что находит отражение в изменении основных физико-химических параметров поверхностных горизонтов. Формирующиеся здесь почвы отнесены нами к эмбриоземам гумусово-аккумулятивным. Реакция среды в слое 0–5 см изменяется в сторону нейтральной, содержание органического углерода возрастает до 3,35%, фосфора – достигает высоких значений, калия – очень высоких.

По гранулометрическому составу поверхностный горизонт почв среднесуглинистый, нижележащие – легкосуглинистые. Резкое снижение содержания органического углерода и основных элементов питания растений отмечено на глубине ниже 20 см.

На участке **Восточный** исследован отвал, отсыпанный 16 лет назад, имеющий вытянутую в длину форму и более пологие склоны (рис. 4.1.4). Породы, слагающие изученные отвалы на участке Восточный, представлены рыхлыми покровными отложениями преимущественно глинистого состава (содержание физической глины 50–67%). Растительный покров на отвале сильно неоднороден (табл. 4.1.6). Это связано с активной эрозией в виде глубоких промоин и смылов на некоторых элементах рельефа, где растительность либо отсутствовала, либо была сильно разрежена. Травянистый ярус на отвале разнотравный, мозаичный, выражено синузидальное строение. Всего, в пределах заложённого трансекта на отвале зафиксировано 23 вида сосудистых растений, 5 из которых – древесные.

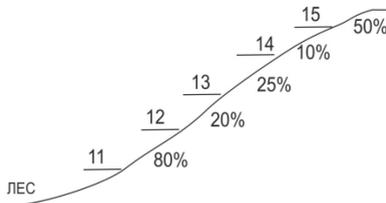


Рис. 4.1.4. Схема расположения трансектов на 16-летнем отвале участка Восточный

Примечание: римскими цифрами указаны номера площадок; в процентах (%) – общее проективное покрытие травянистой растительности

Таблица 4.1.5

Показатели бета-разнообразия растительности на учетных площадках отвалов Павловского месторождения

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0,27	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	0,14	0,12	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0,30	0,11	0,11	0,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	0,29	0,11	0,10	0,60	0,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	0,18	0,08	0,08	0,36	0,34	0,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	0,17	0,10	0,10	0,33	0,37	0,42	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-
9	0,28	0,13	0,13	0,33	0,38	0,58	0,33	0,36	-	-	-	-	-	-	-
10	0,21	0,06	0,06	0,32	0,45	0,50	0,38	0,36	0,44	-	-	-	-	-	-
11	0,20	0,12	0,12	0,26	0,30	0,29	0,19	0,15	0,23	0,23	-	-	-	-	-
12	1,17	0,07	0,07	0,24	0,28	0,22	0,17	0,22	0,26	0,33	0,14	-	-	-	-
13	0,15	0,06	0,06	0,22	0,26	0,25	0,16	0,15	0,30	0,24	0,23	0,60	-	-	-
14	0,12	0,09	0,09	0,28	0,26	0,25	0,15	0,19	0,17	0,23	0,30	0,27	0,23	-	-
15	0,09	0,06	0,06	0,22	0,21	0,30	0,23	0,24	0,23	0,17	0,33	0,25	0,35	0,29	-
16	0,13	0,09	0,09	0,10	0,09	0,13	0,19	0,14	0,24	0,24	0,22	0,19	0,24	0,14	0,16

Примечание: номера в таблице соответствуют номерам учетных площадок на исследованных отвалах

Таблица 4.1.6

Список видов сосудистых растений, участвующих в формировании естественного растительного покрова и их проективное покрытие на отвалах участка Восточный

Вид	Номер учетной площадки/ проективное покрытие, %					
	11	12	13	14	15	16
Деревья (проективное покрытие крон %)						
<i>Populus tremula L.</i>	0,1	-	-	2	-	-
<i>Betula dahurica Pall</i>	-	0,3	0,2	-	0,3	-
<i>Ulmus pumila L.</i>	-	-	0,1	-	0,1	-
<i>Quercus mongolica Fisch. Ex Ledeb.</i>	0,1	-	-	-	-	-
<i>Populus suaveolens Fisch.</i>	-	0,1	0,1	-	-	-
Кустарники						
<i>Salix schwerinii E. Wolf</i>	-	0,1	-	-	0,5	-
Травы						
<i>Calamagrostis epigeios (L.) Roth</i>	2	-	-	2	10	-
<i>Trifolium repens L.</i>	1	-	-	1	3	-
<i>Trifolium pratense L.</i>	0,1	0,2	3	2	30	-
<i>Hieracium umbellatum L.</i>	0,1	-	0,1	0,1	0,1	-
<i>Artemisia rubripes Nakai</i>	0,2	-	-	-	0,2	-
<i>Cirsium setosum (Willd.) Bieb.</i>	1	-	0,1	-	0,1	1
<i>Artemisia Argyi Levl. et Vaniot</i>	-	15	0,2	0,3	0,1	25
<i>Elytrigia repens (L.) Nevski</i>	0,1	-	-	-	0,1	1
<i>Taraxacum officinale Wigg.</i>	-	0,1	0,1	-	0,1	-
<i>Coryza canadensis (L.) Cronquist</i>	0,1	-	-	-	0,1	-
<i>Vicia cracca</i>	-	-	-	-	0,1	-
<i>Equisetum arvense</i>	75	2	20	1	-	20
<i>Erigeron annuus</i>	0,1	-	0,1	-	-	-
<i>Sonchus arvensis</i>	0,1	0,1	0,1	-	-	0,1
<i>Tussilago farfara</i>	-	0,1	0,1	-	-	-
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	-	0,2	0,1	-	-	-
<i>Trifolium campestre</i>	0,1	0,1	-	0,1	-	-
<i>Oenothera depressa</i>	-	-	-	-	-	0,3
<i>Stachys sp.</i>	-	-	-	-	-	0,1
<i>Trifolium hybridum</i>	-	-	-	-	-	30
Кол-во видов на пробной площади	14	11	13	8	14	8

Основные группы растений сформированы с доминантным участием *Trifolium pratense*, *Artemisia Argyi*, *Calamagrostis epigeios*. Обширные площади занимают участки с преобладанием *Equisetum arvense*. Единично отмечено возобновление подроста *Populus tremula*, *Populus suaveolens*, *Ulmus pumila*, *Betula dahurica*, приуроченного в основном к средней части отвала и вершине.

В элювиальной позиции отвала (пл. № 15, рис. 4.1.4) преобладает злаково-клеверовая синузия, общее проективное покрытие достигает 50%. Запасы надземной фитомассы составляют в среднем 800 г/м², мортмассы – в 2 раза ниже. Это сложная группировка с непостоянным видовым составом.

В транзитной позиции (пл. № 12–14) отмечаются обширные участки с разреженной растительностью, что вызвано водной эрозией субстрата. Развитие растительных группировок на таких участках находится в пионерной стадии, почвообразование – в инициальной. Общее проективное покрытие составляет 5-10%, реже до 25%. Основные представители *Calamagrostis epigeios*, *Trifolium pratense*, *Equisetum arvense*. Запасы надземной фитомассы здесь резко сокращаются до 160 г/м², мортмассы – до 50 г/м². Видовой состав растительности на площадках № 12–13 имеет высокий коэффициент сходства (табл. 4.1.5). На наиболее заросших участках склонов проективное покрытие может достигать до 75–80%, запасы надземной фитомассы возрастают до 1100 г/м², мортмассы до 520 г/м². Активно развивается *Trifolium pratense* с участием *Artemisia Argyi*, *Equisetum arvense* и *Calamagrostis epigeios*. Встречаются единичные особи подроста древесных. Высота деревьев от 50 см до 4 м., в основном в пределах 1,5–3 м. Это стадия сложной группировки растительности.

В аккумулятивной позиции, у основания отвала (пл. № 11) общее проективное покрытие составляет 80–100%, на долю *Equisetum arvense* приходится не менее 75%. Формируется простая растительная группировка. Здесь единично встречается подрост *Quercus mongolica* и *Populus tremula* высотой до 1,5–2,5 м, занесенные с прилегающего к отвалу небольшого дубового леса. Запасы надземной фитомассы травянистых растений составляют до 1300 г/м², мортмассы накапливается 250 г/м².

В этот период развития растительных группировок обеспечивается поступление большого количества растительного органического вещества на поверхность почвы, которое образует горизонт

подстилки. Формируются эмбриоземы органо-аккумулятивные. Содержание органического углерода низкое во всей исследованной толще (50 см), максимум приходился на поверхностный горизонт (0,4-0,5%). На участке с разреженной растительностью содержание Сорг. находится в следовых количествах, что связано со смывом поверхностного слоя. На таких участках формируются эмбриоземы инициальные. Содержание подвижных форм фосфора в породах отвала очень низкое, калия – очень высокое.

Проведенные исследования позволили установить различия в видовом составе растительности на изученных отвалах. Наиболее обильны по проективному покрытию и количеству видов на изученных отвалах являлись семейства *Asteraceae* и *Poaceae*.

Наибольший коэффициент сходства видового состава растительности отмечен для отвалов более зрелого возраста на разных участках Павловского месторождения (табл. 4.1.7). При этом представители семейства *Fabaceae* гораздо активнее развивались на глинистых отвалах участка Восточный. Влияние гранулометрического состава пород на видовой состав растений-первопоселенцев отмечается и в работе Н.Г. Коронатовой, Е.В. Миляевой (2011).

Таблица 4.1.7

Показатели бета-разнообразия растительности на исследованных отвалах Павловского месторождения

Возраст отвала (участок месторождения)	8-летний отвал (Северная депрессия)	15-летний отвал (Северная депрессия)	8-летний отвал (Восточный)
8-летний отвал (Северная депрессия)	-	-	-
15-летний отвал (Северная депрессия)	0,2	-	-
8-летний отвал (Восточный)	0,12	0,14	-
16-летний отвал (Восточный)	0,17	0,47	0,19

Представители семейств *Onagraceae*, *Polygonaceae*, *Commelinaceae*, *Caryophyllaceae* встречались только на 8-летнем отвале участка Северная Депрессия. Это сорные однолетние или

зарослевые многолетние виды. Растения семейств *Lamiaceae*, *Geraniaceae*, *Asparagaceae*, *Rosaceae*, *Convolvulaceae* были отмечены только на 15-летнем отвале участка Северная депрессия на склонах и террасе с однопородным древостоем из *Populus tremula*. В естественных условиях эти виды приурочены к лесным сообществам и кустарниковым зарослям. Здесь же отмечено и наибольшее количество видов растительности. При этом общее число видов на выровненном участке выше, чем на склоновых поверхностях всех изученных отвалов.

Отмечено увеличение запасов фитомассы с увеличением возраста отвалов. Такая закономерность отмечена и в других исследованиях, проводимых на нерекультивированных отвалах (Кандрашин, 1979, Титлянова и др., 1993). На отвалах, рекультивированных с нанесением ПСП, напротив, фитомасса с возрастом снижалась (Трефилова и др., 2016).

Ранее проведенные исследования (Комачкова, 2012) позволили установить, что отвалы, сложенные глинистыми породами, имеющие уклоны 25–30° и кислую реакцию среды, активно зарастали хвощево-полынными группировками уже к 3 году после отсыпки. На 8-летнем отвале, сложенном тяжелыми по гранулометрическому составу породами, имеющем покатые склоны (8–12°) происходило формирование простой растительной группировки с проективным покрытием до 80% (Пл. 16). В растительном покрове доминировали *Trifolium hybridum* и *Artemisia argyi*. Породы отвала имели слабокислую реакцию среды и очень низкое содержание органического углерода. Эрозионные процессы выражены слабо. Наибольшее проявление эрозионных процессов на отвалах, сложенных глинистыми породами, отмечалось по мере их зрелости, что хорошо иллюстрируется особенностями зарастания 16-летнего отвала участка Восточный. Это вероятно связано с переуплотнением пород отвалов со временем, что препятствует развитию растительности и закреплению грунтов отвала корневой системой растений.

Формирование растительности на этих отвалах, расположенных вблизи естественных остепненных лугов и сельскохозяйственных полей идет по луговому типу (Шенников, 1954) Это отмечает в своей работе и В.В. Родаева (2004). Неоднократно, исследователями отмечалось, что естественное восстановление растительного покрова в техногенных ландшафтах идет по зональному типу (Колесников и др., 1976; Чибрик, Елькин, 1991). В то же время при исследовании

разновозрастных отвалов Павловского месторождения (3–30 лет) отмечено, что сообществ, отражающих зональный тип растительности, на обследованных отвалах не обнаружено (Пуртова и др., 2013).

Нашими исследованиями установлено, что узкая полоска дубового леса, с включениями *Tilia amurensis* и *Acer mono*, с развитым кустарниковым ярусом из *Lespedeza bicolor*, протяженностью около 200 м, вплотную примыкающая к изученному 16-летнему отвалу, не оказывает заметного влияния на зарастание отвала древесными породами. Данные виды деревьев являются требовательными к устойчивому режиму увлажнения и плодородию субстрата, что не способствует их закреплению на отвале. Подрост *Quercus mongolica* встречается единично и только у подножия отвала. Вследствие естественных причин, таких как эрозия субстрата, высокая плотность грунтов, отсутствие семенного фонда пионеров мелколиственных пород древесных и невозможностью распространения семян дуба вверх по склону, развития древесно-кустарниковой растительности здесь сильно затруднено. Древесная растительность на этих отвалах встречается единично, представлена малотребовательными к почвенному плодородию видами (ива, береза, тополь).

Эрозионные процессы на отвалах, сложенных глинистыми породами наблюдались при различной крутизне склонов. Для ускорения формирования на всей поверхности изученных отвалов стабильных луговых фитоценозов, необходимы мероприятия по защите грунтов от эрозии.

Участок Северная депрессия расположен в окружении лугов и небольших участков вторичных лесов с генеративными особями *Populus tremula*, что может играть роль в ее локальном расселении. Проведенные здесь исследования показали, что при благоприятных формах рельефа отвалов происходит активное возобновление древесной растительности. Уже на 15-летних отвалах отмечены участки с развитым древесным покровом из экологически пластичных видов семейства *Salicaceae* (*Salix pierotii*, *S. schwerinii*, *Populus tremula*). Сложившийся древесный фитоценоз формирует более благоприятные экотопические условия и для других видов деревьев, происходит закрепление подроста *Ulmus pumila* и *Malus manshurica*. Склоны, крутизной 15° активно зарастали травянистой растительностью. В составе растительности до 50% от общего видового разнообразия приходится на сорные растения. Это отмечают в своей работе и О.В. Трефилова и

др. (2016) для более «зрелых» отвалов. Большинство сорных растений при этом не играют заметной роли в формировании проективного покрытия за исключением *Equisetum arvense*, *Artemisia rubripes* и *Artemisia stolonifera*.

Ввиду высокой кислотности, породы отвалов в первые годы после отсыпки малопригодны для биологической рекультивации. По истечение 8 лет снижается кислотность пород на участке Восточный в верхней 50 см толще. Легкосуглинистые породы отвалов участка Северная Депрессия, занятые пионерными растительными группировками, в первое десятилетие остаются малопригодны для биологической рекультивации. Они характеризуются кислой реакцией среды и низким содержанием подвижных элементов питания растений, педогенного накопление органического углерода при этом не наблюдается. На других отвалах, с более развитым травянистым покровом, зафиксировано накопление органического углерода в верхнем 5 см слое по сравнению с нижележащими горизонтами, в таком случае накопление Сорг. мы связываем с развитием фитоценозов.

Большую часть флоры отвалов на изученных участках Павловского месторождения составляют травянистые многолетники семейств *Poaceae*, *Asteraceae* и *Fabaceae*, доминантами в которых выступают *Calamagrostis*, *Artemisia* и *Trifolium*. Существенную роль в процессе самозаращения, особенно на его начальном этапе, играет *Equisetum arvense*.

На участке Северная депрессия, приживаемость древесных видов растений выше, чем на участке Восточный.

Для предотвращения эрозионных процессов, в условиях муссонного климата, наиболее эффективным будет проведение террасирования на отвалах. На отвалах, сложенных тяжелыми по гранулометрическому составу породами, рекомендуется нанесение плодородного слоя после их планировки.

Таким образом, на территории одного месторождения процессы самозаращения отвалов могут иметь различную скорость и направленность в зависимости от особенностей рельефа, гранулометрического состава пород отвалов и типа прилегающих растительных ассоциаций. Соответственно, при решении вопросов рекультивации необходим индивидуальный подход к каждому объекту рекультивации с учетом естественных процессов самовосстановления.

4.2. Формирование естественного почвенно-растительного покрова на отвалах Реттиховского месторождения

Работы по добыче угля на территории и Реттиховского разреза прекращены в 1996 г. В процессе эксплуатации бурогольного разреза, примыкающие к нему лиственничные леса, сменились вторичными дубняками. Однако, основными видами деревьев, участвующих в процессе самозарастания отвалов Реттиховского месторождения, являются – береза маньчжурская, несколько видов ив и тополь Максимовича. Как отмечено в работе В. В. Родаевой (2004), большая часть видового состава флоры естественного зарастания отвалов обусловлена дальним переносом семян.

Исследование растительности проведено на учетных площадках различных отвалов: Пл 1 – на сильно эродированном склоне северной экспозиции (25°) 30-летнего самозарастающего отвала (транзитная позиция); Пл 2 – на северном склоне (20–25°) 30-летнего отвала с посадками сосны (транс-аккумулятивная позиция, микротерасса); Пл. 3 – на северном склоне (20-25°) 30-летнего отвала с посадками сосны (транзитная позиция); Пл. 4. – на южном пологом склоне 45-летнего самозарастающего отвала (аккумулятивная позиция).

На обследованных площадках отмечен 21 вид сосудистых растений из 9 семейств. Наибольшим числом видов представлены семейства астровых – 8 видов и злаковых – 4 вида. Остальные семейства – по 1 виду. В растительном покрове на отвалах преобладают травянистые растения: 18 видов, составляющие 85,7 % видового состава флоры, в составе которых доминируют многолетние травы. Соотношение одно- двулетних и многолетних трав составляет 1:2 (табл. 4.2.1).

Древесные виды представлены в основном листопадными летне-зелеными формами, за исключением сосны обыкновенной, используемой с целью почвоулучшения на отвальных породах в ходе биологического этапа рекультивации.

Во флоре зарастающих отвалов преобладают вегетативно-подвижные травянистые растения (табл. 4.2.2). При этом высока доля и вегетативно-неподвижных – 38,9%. Их соотношение изменяется на разных учетных площадках в зависимости от мезорельефа, экспозиции склона и возраста изученных отвалов. На склоновых поверхностях отвалов сильно выражены эрозионные процессы в виде промоин,

канав (приложение, рис. 6). Это во многом тормозит процессы самозарастания отвальных пород.

Таблица 4.2.1
Основные жизненные формы сосудистых растений в растительном покрове самозарастающих отвалов Реттиховского месторождения

Названия жизненных форм травянистых растений (ж.ф.)	Общее число видов ж.ф. (%)	Номера учетных площадок /Общее число видов ж.ф. (%)			
		1	2	3	4
Деревья	3 (14,3%)	1 (9,1%)	2 (28,6)	3 (50,0%)	3 (33,3%)
Многолетние травы	12 (57,1%)	6 (54,5%)	4 (57,1%)	3 (50,0 %)	5 (55,6%)
Одно-, двулетние травы	6 (28,5%)	4 (36,4%)	1 (14,3%)	0 (0,0%)	1 (11,1%)
ИТОГО	21	11	7	6	9

Таблица 4.2.2
Участие вегетативно неподвижных и вегетативно подвижных жизненных форм травянистых растений в процессе самозарастания отвалов Реттиховского месторождения

Названия жизненных форм травянистых растений (ж.ф.)	Общее число видов ж.ф. (%)	Номера учетных площадок /Общее число видов ж.ф. (%)			
		1	2	3	4
Вегетативно неподвижные (стержнекорневые, кистекопные)	7 (38,9%)	4 (40,0%)	1 (20,0%)	1 (33,3%)	1 (16,6%)
Вегетативно подвижные (корневищные, корнекотпрысковые)	11 (61,1%)	6 (60,0%)	4 (80,0%)	2 (66,7%)	5 (83,4%)
ИТОГО	18	10	5	3	6

На отвале, отсыпанном 30 лет назад, на сильно эродированных склоновых поверхностях северной экспозиции (уклон 30° и более) растительный покров сильно разрежен. Проективное покрытие до 5%. Растительность учетных площадок (Пл. № 1) представлена тремя семействами травянистых растений: астровые, злаковые и гречишные. Единично встречается подрост *Populus maximowiczii*. Высока доля одно- двулетних видов, представленных огородно-полевыми

сорными видами (*Echinochloa crusgalli*, *Persicaria lapathifolia*). Запасы фитомассы не превышают 60 г/м². Мортмасса на этих отвалах практически не накапливается. Формирование каких-либо органогенных горизонтов в данном случае не наблюдается, почвообразование находится в инициальной стадии (приложение, рис. 7А).

Таблица 4.2.3

Видовой состав растительности и показатели обилия на исследованных участках отвалов Реттиховского месторождений

Вид	Номер учетной площадки			
	1	2	3	4
	Деревья			
<i>Pinus sylvestris</i> L.	-	sp.	sol.	sol.
<i>Betula mandshurica</i> (Regel) Nakai	-	sol.	sol.	sol.
<i>Populus maximowiczii</i> A. Henry	sol.	-	sol.	sp
	Травы			
<i>Agrostis scabra</i> Willd.	sol.	sol.	-	-
<i>Picris japonica</i> Thunb.	-	sol.	-	-
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	-	sol.	-	sol.
<i>Solidago pacifica</i> Juz.	-	sol.	-	-
<i>Phragmites japonicus</i> Steud.	sol.	sp.	-	-
<i>Panicum bisulcatum</i> Thunb.	sol.	-	-	-
<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Bieb.	sol.	-	-	-
<i>Artemisia stolonifera</i> (Maxim.) Kom.	sol.	-	-	-
<i>Leontodon autumnalis</i> L.	sol.	-	sol.	-
<i>Pilosella floribunda</i> (Wimm. et Grab.) Fries	sol.	-	-	sol.
<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv.	sol.	-	-	-
<i>Carex sordida</i> Heurck et Muell. Arg.		-	sol.	cop. ¹
<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) S.F. Gray	sol.	-		-
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	-	-	sol.	-
<i>Bidens frondosa</i> L.	sol.	-	-	-
<i>Equisetum arvense</i> L.	-	-	-	cop. ¹
<i>Ptarmica alpina</i> (L.) DC.	-	-	-	sol.
<i>Polygonum aviculare</i> L.	-	-	-	sol.
Кол-во видов на площадке	11	7	6	9
Общее проективное покрытие, %	5	70	10	60

Содержание органического углерода в поверхностном 10-см слое очень низкое – 0,2–0,3%. Согласно показателям рНвод., реакция среды в верхних горизонтах слабокислая, в нижележащих – нейтральная. Гидролитическая кислотность низкая по всему профилю (2,3–2,5 мг экв/100 г почвы). Для эмбриоземов характерна высокая капиллярная влагоемкость (33,4%) и средняя полная влагоемкость (40,7%). Эмбриоземы имеют оптимальную плотность почвы в поверхностном горизонте (1,1 г/см³) и характеризуются средней естественной влажностью.

Поверхность другого отвала ориентировочно того же времени отсыпки (30 лет) так же сильно эродирована. Однако, судя по растительности, на этом отвале ранее проводились рекультивационные работы (посадки сосны). Не смотря на это, попытка рекультивации отвальных пород оказалась не эффективной, в силу того, что не был выполнен первый этап горнотехнической рекультивации, включающий в себя планировку поверхности. Растительный покров на склоне северной экспозиции развит в основном на микро-терассах, где проективное покрытие достигает 70–80% (Пл. № 2). На этом отвале отмечено ослабление роли сорных однолетних растений, которые практически выпадают из травостоя (табл. 4.2.3). На отвале отмечены заросли *Phragmites japonicus*. Всего на учетной площадке зафиксировано 7 видов сосудистых растений, относящихся к 4 семействам: злаковые, астровые, сосновые, березовые.

Разрез заложен на северном склоне (20–25°) под зарослями тростника, в окружении посадок березы. Выбранный участок без сильных промоин, имеет слегка ямисто-холмистый рельеф. На поверхности отмечается маломощная подстилка. Запасы растительного органического вещества составляют 480 г/м². Формирующиеся здесь эмбриоземы относятся к органо-аккумулятивным, для которых характерно наличие подстилки без формирования четко выраженного гумусового горизонта (приложение, рис. 7Б). Профиль имеет вид АО (0–1 см) – АС₁ (0–3 см) – С₁ (3–8 см) – С₂ (8–35 см) – С₃ (35–80 см). Содержание органического углерода в поверхностном горизонте составляет 1,37%. В нижней части профиля содержание органического углерода несколько выше (табл. 4.2.3). Реакция среды по всему профилю – кислая. Гидролитическая кислотность высокая и возрастает с глубиной с 7,5 до 9,4 мг экв/100 г почвы. Формирующиеся здесь почвы слабо уплотнены (1,2–1,4 г/см³). Естественная влажность

средняя в верхнем 10-см слое, вниз по профилю влажность несколько возрастает. Для поверхностного 10 см слоя характерна капиллярная и наименьшая влагоемкость выше средних значений (до 20–24%), ниже 10 см эти показатели характеризуются как высокие. Полная влагоемкость близкая к средней (30–40%) по всему профилю.

На рядом отсыпанном отвале, со сходными характеристиками на эродированных склонах растительный покров разрежен. Растительность учетной площадки (Пл. 3) представлена *Carex sordida*, *Calamagrostis epigeios*, *Leontodon autumnalis*, подростом *Populus maximowiczii*, *Betula mandshurica* и *Pinus sylvestris*. Проективное покрытие 5-10%. В этих условиях формируются эмбриоземы инициальные. Содержание органического углерода по профилю эмбриоземов колеблется в пределах 0,2-0,7%. Реакция среды по всему профилю – кислая.

Таблица 4.2.4

Характеристика эмбриоземов Ретиховского месторождения

Отвал, возраст	Глубина	Сорг, %	ГК, мг. экв/100 г почвы	pНвод	pНсол	Поглощенные основания мг.экв/100 г почвы		P ₂ O ₅ мг/100 г почвы
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	
Пл. 1 (30 лет)	0-5	0,18	2,51	6,03	4,52	7,49	3,12	0,73
	5-20	0,30	2,28	6,19	4,56	7,56	3,57	0,58
	20-50	0,31	2,32	6,11	4,47	7,56	3,15	0,79
Пл. 2 (30 лет)	0-3	1,37	7,55	5,05	3,75	3,26	2,65	0,08
	3-8	1,26	8,25	5,02	3,69	3,30	2,47	0,1
	8-35	1,65	9,44	4,73	3,57	3,26	2,65	0,14
	35-80	1,53	9,36	4,77	3,60	3,47	2,86	0,18
Пл. 3 (30 лет)	0-2	0,18	4,39	5,00	3,80	6,32	2,86	0,26
	2-10	0,69	5,05	5,00	3,77	6,32	3,06	0,20
	10-35	0,42	4,93	4,97	3,76	8,57	4,08	0,15
	35-80	0,39	4,97	4,94	3,72	8,03	3,50	0,13
Пл. 4 (45 лет)	0-2	2,10	4,89	5,60	5,12	8,36	3,06	1,43
	2-10	0,90	4,43	5,00	3,88	4,28	1,63	0,77
	10-40	0,90	6,36	4,86	3,76	5,30	2,24	0,41
	40-80	0,75	5,79	4,87	3,76	4,90	1,84	0,41

На отвале Ретиховского месторождения, отсыпанном около 45 лет назад, для исследования выбран ровный участок, практически без уклона в самой верхней части отвала (Пл. 4). Проективное покрытие растительности на выбранном участке достигает 60 %. В составе

растительности преобладают *Carex sordida* и *Equisetum arvense*. На отвале так же распространены представители семейства астровых и гречишных. Из древесной растительности на отвале произрастают *Populus maximowiczii*, *Betula mandshurica* и *Pinus sylvestris*. Общие запасы растительного органического вещества составляют 360 г/м². При этом высока доля мортмассы (табл. 4.2.5). В этих условиях формируются эмбриоземы дерновые и гумусово-аккумулятивные. Содержание органического углерода в поверхностном горизонте составляет 2,1 %. Вниз по профилю отмечается снижение его содержания до 0,75%. По показателям рНвод. поверхностный горизонт (0–2 см) характеризуется как слабокислый (рН 5,6), вниз по профилю значения рН уменьшаются, реакция среды – кислая. Гидролитическая кислотность в горизонтах А (0–2 см) и АС (2–9 см) достигает средних показателей (4,9–4,4 мг экв/100 г почвы), с глубиной отмечается ее увеличение до 5,8–6,4 мг экв/100 г почвы. Поверхностный горизонт характеризуется оптимальной плотностью почвы (1 г/см³), нижележащие слабо уплотнены. Естественная влажность средняя и составляет 24,8% в поверхностном и 19,4% в самом нижнем горизонте. Капиллярная и наименьшая влагоемкость достигают высоких значений (> 24%) в поверхностном горизонте, ниже – выше средних значений (20–24%). Полная влагоемкость – выше средних значений в верхней части профиля, до глубины 40 см – близка к средней и в самом нижнем горизонте (40–50 см) – крайне низкая.

Таблица 4.2.5

Запасы растительного органического вещества на отвалах
Реттиховского месторождения

№ площадки	Фитомасса (надземная+подземная), г/м ³	Мортмасса, г/м ³	Суммарные запасы фито- массы, г/м ³
1	56,9	нет	56,9
2	208,6	274,3	482,9
3	55,7	50,7	106,4
4	83,5	275,0	358,5

Сложившаяся естественная влажность практически на всех рассмотренных отвалах достигает средних значений. Отвальные породы представляют собой покровные отложения суглинистого и глинистого состава, которые обладают высокой полной влагоемкостью.

Наибольшие значения полной влагоемкости характерны для поверхностных горизонтов. Капиллярная и наименьшая влагоемкость во всех рассмотренных эмбриоземах так же достигают высоких значений. Все это указывает на хорошую водоудерживающую способность отвальных пород, слагающих отвалы. Оптимальные значения плотности почв свидетельствуют о благоприятном водном, тепловом и воздушном режиме почв, при котором создаются наиболее благоприятные условия для корневых систем.

Из-за низкого содержания гумуса, подвижных форм фосфора и калия (содержание фосфора не превышает 1 мг/100 г почвы, калия – 4 мг/100 г почвы), создается резкая недостаточность питательных элементов, что может служить сдерживающим фактором при формировании растительного покрова на отвалах.

Таким образом, судя по изменениям основных показателей почв и направленности процессов самозарастания и гумусообразования, наиболее благоприятные условия для развития растительности складываются на пологих склонах отвалов и их выположенных вершинах, где формируются дерновые и гумусово-аккумулятивные эмбриоземы. На склонах отвалов, имеющих уклон более 25°, отмечаются сильные эрозионные процессы в виде промоин, размывов. Растительность здесь развита слабо и в таких условиях эмбриоземы долгое время могут пребывать на инициальной стадии. Все это указывает на необходимость проведения рекультивационных работ связанных, в первую очередь, с планировкой поверхности отвалов. На втором этапе рекультивации необходимо применение фитомелиоративных приемов с использованием посевов многолетних трав при одновременном внесении гумусосодержащей суспензии. Это ускорит формирование растительности и задернованного слоя на поверхности отвала и активизирует гумусообразовательный процесс. Посев трав в смеси с семенами березы и леспедецы будет способствовать последующему зарастанию травами и подростом древесных пород. При этом, наиболее успешно работы по биологической рекультивации будут проходить в том случае, если они аналогичны процессам естественного самозарастания.

4.3. Особенности самозарастания отвалов Бикинского угольного месторождения

Появление растений-пионеров, к которым мы относим виды, заселяющие отвальные породы, начинается уже в первый год после окончания отсыпки пород. На обследованных площадках, заложенных в транзитных и транс-аккумулятивных позициях отвалов, всего отмечено 30 видов сосудистых растений из 15 семейств. Семейство астровые (*Asteraceae*) и мятликовые (*Poaceae*) представлены 6 видами, бобовые (*Fabaceae*) – 4, гречиховые (*Polygonaceae*) и ивовые (*Salicaceae*) – 2 видами, гвоздичные (*Caryophyllaceae*), капустные (*Brassicaceae*), березовые (*Betulaceae*), жимолостевые (*Caprifoliaceae*), розговые (*Typhaceae*), кипрейные (*Onagraceae*), маревые (*Chenopodiaceae*), первоцветные (*Primulaceae*), хвощовые (*Equisetaceae*) и яснотковые (*Lamiaceae*) – по 1 виду (Костенков и др., 2011).

В растительном покрове зарастающих отвалов явно преобладают многолетние травы (20 видов), тогда как однолетники представлены только 6 видами (*Echinochloa crusgalli*, *Polygonum orientale*, *Persicaria lapathifolia*, *Atriplex patula*, *Rorippa palustris*, *Picris japonica*), что составляет 23,1 % от общего числа травянистых растений, отмеченных на площадках.

Вегетативно подвижные в разной степени формы трав явно преобладают во флоре зарастающих отвалов – 19 видов (73,1 %). Среди них наиболее многочисленна (15 видов) группа длиннокорневищных видов, способных эффективно захватывать территорию, пронизывая почву своими длинными разветвленными подземными корневищами (*Vicia amurensis*, *Vicia tetrasperma*, *Artemisia mandshurica*, *Artemisia umbrosa*, *Artemisia selengensis*, *Calamagrostis extremiorientalis*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Equisetum arvense*, *Stellaria radians*, *Lathyrus pilosus*, *Lycopus lucidus*, *Lysimachia davurica*, *Sonchus arvensis*, *Phragmites australis*). Не менее успешно процесс освоения минерализованных участков осуществляют и корнеотпрысковые виды (*Cirsium setosum*, *Chamerion angustifolium*) (табл. 4.3.1). Описание основных жизненных форм сосудистых растений и ценотических групп флоры отвалов проведено к.б.н. В.П. Верхолат (Костенков и др., 2011).

Короткорневищный вид *Poa palustris* способен образовывать дерновинки, будучи высоким растением, формирует значительную фитомассу не только в надземной части. Многолетняя корневая

система пронизывая почвенный слой, делает ее более устойчивой к выветриванию и вымыванию, способствует накоплению органических веществ. Вегетативно неподвижные – стержнекорневые виды (одно-двулетники - *Echinochloa crusgalli*, *Persicaria orientalis*, *Persicaria lapathifolia*, *Atriplex patula*, *Picris japonica*, *Rorippa palustris*) составляют 23% флоры.

Группа видов, относящихся к сорному элементу, составляет 46,2% флоры. *Vicia tetrasperma*, *Atriplex patula*, *Persicaria orientalis* (сорный элемент) – считаются на территории СДВ заносными. Виды сосудистых растений, в естественных местообитаниях формирующие различные по характеру увлажнения луга, составляют 46,2 % флоры травянистого растительного покрова зарастающих отвалов. Это *Phragmites australis* и *Typha latifolia* (доминанты мокрых и сырых местообитаний), *Calamagrostis langsdorffii* (доминант сырых и влажных), *Poa palustris*, *Lycopus lucidus*, *Lysimachia davurica* (произрастают на влажных и свежих местообитаниях), *Artemisia umbrosa*, *Calamagrostis extremiorientalis*, *Picris japonica*, *Amphicarpa japonica*, *Artemisia mandshurica*, *Vicia amurensis* (свежие и сухие местообитания). Из лугово-зарослевых видов высокоактивным является *Chamerion angustifolium*.

Таблица 4.3.1

Представленность жизненных форм травянистых растений
во флоре зарастающих отвалов

Название жизненных форм	Кол-во видов	% от общего числа видов травянистых растений
вегетативно неподвижные (стержнекорневые) однолетние травянистые растения	6	23,1
Вегетативно подвижные многолетние травянистые растения из них:		
коротко-корневищные способные образовывать дерновины	1	7,6
длиннокорневищные (тонко или толстокорневищные):	15	53,8
стержнекорневые корнеотпрысковые	2	7,6
Вегетативно неподвижные (стержнекорневые) многолетние травянистые растения	2	7,6

На пробной площадке № 1, заложенной на 8-летнем отвале, общее проективное покрытие высокое до 100%. Доминант нижнего травяного подъяруса (высота 30–45 см) *Equisetum arvense* формирует покрытие от 65 до 90 %. Общее проективное покрытие трав верхнего подъяруса (высота 60–90 см) не превышает 5–25 %. Все виды вегетативно подвижные, активно расселяющиеся на нарушенных территориях при помощи корневищ или корневых отпрысков. Это типично сорные виды (*Sonchus arvensis*, *Cirsium setosum*) или зарослевые и луговые виды (*Lycopus lucidus*, *Calamagrostis extremiorientalis*, *Artemisia umbrosa*, *Stellaria radians*, *Chamerion angustifolium*). В понижениях между буграми формируются немногочисленные группы возобновления древесных пород (ива козья, береза плосколистная, тополь дрожащий), высота стволиков которых 1,5–3,5 м. Запасы фитомассы и общие запасы растительного вещества составляют, соответственно, 367,5 и 597,9 г/м². В таких условиях формируются эмбриоземыорганоаккумулятивные с явно выраженным типодиагностическим горизонтом АО.

Пробная площадь № 2 заложена на 1-летнем отвале (приложение, рис. 8А). Растительный покров представлен отдельными особями растений, которые не смыкаются надземными частями побегов (проективное покрытие не более 5 %). В его формировании принимают участие однолетние стержневые виды, из которых один является заносным на территории СДВ (*Atriplex patula*), другой (*Persicaria orientalis*) – вышедшим из культуры и одичавшим, *Persicaria lapathifolia* и *Echinochloa crus galli* – типичными полевыми и огородными сорняками. Это «неподвижные – сидячие» растения, образующие высокие раскидистые надземные побеги. Для пробных площадок, заложенных на 1-годичных отвалах, характерны низкие показатели запасов фитомассы и суммарного запаса органического вещества (табл. 4.3.2). Мортмасса на годичных отвалах не накапливается. В таких условиях гумусонакопление и педогенное преобразование выражены слабо, в результате формируются почвы без обособленных органогенных горизонтов – эмбриоземы инициальные.

Растительный покров пробной площади № 3 (12-летний отвал) более сложный, мозаичный, сформирован 18-ю видами сосудистых растений (табл. 4.3.3). Надземная фитомасса растений распределена на два подъяруса: верхний – высота которого от 70 до 150 см,

проективное покрытие 30-80% и нижний – высота 30–50 см, проективное покрытие 60–80 %. В нижнем подъярусе господствует сорно-зарослевый вегетативно подвижный (длиннокорневищный) вид *Equisetum arvense*. Верхний подъярус сформирован вегетативно подвижными луговыми видами (*Calamagrostis extremiorientalis*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Chamerion angustifolium*) и высокими вегетативно-подвижными сорными видами (*Sonchus arvensis*, *Cirsium setosum*). На этой площадке уже встречаются такие луговые виды как *Arundinella anomala* и *Poa palustris*.

Таблица 4.3.2.

Запасы растительного органического вещества на отвалах Лучегорского разреза

№ площадки	Возраст отвала, лет	Фитомасса, г/м ³	Мортмасса, г/м ³	Суммарные запасы фитомассы, г/м ³
1	8	367,5±8,4	230,4±25,5	597,9±45
2	1	36,3±2,8	нет	36,3±2,8
3	12	678,±66,3	1587±162,9	2265,1±203,2
4	25	657,4±94,1	50,8±7,3	708,2±101,3

Кроме общих с флорой 8-летних отвалов появляются новые луговые растения (*Picris japonica*, *Vicia amurensis*, *Poa palustris*, *Calamagrostis langsdorffii*) и два гидрофита (*Phragmites australis* и *Typha latifolia*), осваивающие сырые и мокрые участки в понижениях между буграми. Древесные виды (*Salix caprea*, *Populus tremula*) принимают уже вполне заметное участие в зарастании отвала (5–25%), особенно по его окраинам и понижениям между буграми. На этой площадке зафиксирован значительный рост фитомассы. В таких условиях формируются эмбиоземы дерновые, в почвенном профиле которых четко выделяется типодиагностический дерновый горизонт АУ.

На 25-летнем отвале (пробная площадь № 4), проективное покрытие растительности 100% (приложение, рис. 8Б). В нижнем подъярусе (высота 35-50 см) господствует *Equisetum arvense* (40-70 %), в верхнем (высота 90-150 см) *Calamagrostis extremiorientalis*. Роль *Cirsium setosum* и *Sonchus arvensis* снижается. На сырых понижениях между буграми формируется новая синузия – тростниковая, в которой абсолютно доминирует *Phragmites australis*.

Видовой состав растительности и показатели обилия на учетных площадках Бикинского месторождения

Название видов	Номер учетной площадки			
	1	2	3	4
	Деревья			
<i>Betula platyphylla</i> Sukacz.	sol.	-	-	sp.
<i>Populus tremula</i> L.	sol.	-	sp.	sp.
<i>Salix caprea</i> L.	sol.	-	sp.	sp.
	Кустарники			
<i>Sambucus racemosa</i> L.	-	-	-	sol.
	Травы			
<i>Typha latifolia</i> L.	-		sol.	-
<i>Rorippa palustris</i> (L.) Bess.	-	sol.	-	-
<i>Equisetum arvense</i> L.	cop. ³	-	cop ³	cop ³
<i>Stellaria radicans</i> L.	sp.	-	sp.	sp.
<i>Lycopus lucidus</i> Turz. ex Benth.	sol.	-	sol.	sol.
<i>Sonchus arvensis</i> L.	sp	-	sp.	sol.
<i>Lysimachia davurica</i> Ledeb.	sol	-	-	-
<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Bieb.	sp.	-	sp.	sp.
<i>Calamagrostis extremiorientalis</i> (Tzvelev) Prob.	sol.	-	cop ¹	cop. ²
<i>Artemisia umbrosa</i> (Bess.)Turcz. ex DC.	sp.	-	cop ¹	cop. ¹
<i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub	cop. ¹	-	cop ³	cop. ¹
<i>Echinochloa crus galli</i> (L.) Beauv.	-	sol.– sp.	-	-
<i>Persicaria orientalis</i> L.	-	sp.	-	-
<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) S.F. Gray.	-	sol.	-	-
<i>Atriplex patula</i> L.	-	sol.	-	-
<i>Calamagrostis langsdorffii</i> (Link) Trin.	-	-	sp.	sp.
<i>Poa palustris</i> L.	-	-	sp.	sp.
<i>Arundinella anomala</i> Steud.	-	-	un.	-
<i>Picris japonica</i> Thunb.	-	-	sol.	-
<i>Vicia amurensis</i> Oett.	-	-	sol.	-
<i>Lathyrus pilosus</i> Cham.	sol.	-	sp.	sol.
<i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schereb.	-	-	-	cop. ¹
<i>Artemisia selengensis</i> Turcz. ex Besser	-	sol.	-	un
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Stend.	-	-	sp.	sp.
<i>Artemisia mandshurica</i> (Kom.) Kom.	-	-	-	sol.
<i>Amphicarpaea japonica</i> (Oliv.) B. Fedtsch.	-	-	-	sol.
Кол-во видов на пробной площади	13	6	18	20
Проективное покрытие	100%	5%	100%	100%

Заметно увеличивается площадь подроста древесных пород, кроны деревьев смыкаются, но их высота не превышает 5 м.

Общее количество сосудистых растений на 25-летних отвалах – 20 видов. Здесь впервые отмечены луговые травы (*Artemisia mandshurica* и *Amphicarpaea japonica*), однолетний заносный сорный вид из семейства бобовых – *Vicia tetrasperma* и кустарник – *Sambucus racemosa*. Суммарные запасы органического вещества на эмбриоземах гумусово-аккумулятивных резко уменьшаются.

Это обусловлено сокращением запасов фито- и мортмассы в связи с явным усилением процессов трансформации органического вещества. На этом этапе самозарастания отвалов идет формирование эмбриоземов гумусово-аккумулятивных с четко выраженным гумусовым горизонтом (AU) до 10 см. В растительном покрове на исследованных наиболее распространенными являются семейства *Asteracea*, *Poacea* и *Fabacea*. С увеличением возраста отвалов отмечено увеличение видового разнообразия растительности.

Повышение запасов фитомассы на 8- и 12-летних отвалах указывает на незрелость и нестабильность фитоценозов. На 25-летних отвалах, в связи с активизацией процессов трансформации органического вещества, значительно уменьшаются запасы мортмассы. Фитоценозы переходят в более устойчивое состояние.

В процессе становления растительных сукцессий в различный временной период их посттехногенного развития наблюдается формирование почв от эмбриоземов инициальных (отвалы до 1 года) до органо-аккумулятивных (8-летние отвалы), дерновых (12-летние) и гумусово-аккумулятивных (25-летние отвалы). В результате развития растительных сукцессий происходит поэтапное формирование почвенного покрова на отвальных породах, что стабилизирует экологическую обстановку техногенных ландшафтов за счет сдерживания водно-ветровых эрозионных процессов.

Глава 5. ОСОБЕННОСТИ ЗАРАСТАНИЯ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ОТВАЛАХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

5.1. Мониторинг растительного и почвенного покрова рекультивируемых участков Партизанского месторождения

Мониторинг за процессом восстановления растительного покрова на рекультивированных участках угольного склада (пл. 5) и породного отвала (пл. 1–3) в течение трех вегетационных периодов (2009–2011 гг.) выявил некоторые тенденции в формировании флоры и растительных сообществ (рис. 5.1.2–5.1.5).

Отмечено 72 вида сосудистых растений, участвующих в процессе самозаращения, которые представляют 25 семейств. Ведущим по количеству видов (24 вида, что составляет 33% от общего количества) оказалось семейство *Asteraceae*. Количество остальных семейств значительно ниже: *Fabaceae* 9 видов (12,5%); *Poaceae* – 7 (9,7%), *Chenopodiaceae* – 4 (5,6%); в семействах *Polygonaceae*, *Salicaceae* и *Rosaceae* – по 3 вида; *Ulmaceae* – 2 вида, а 17 семейств (24%) только по одному виду.

При самозаращении рекультивированных участков в первые три вегетационных сезона участие древесных и кустарниковых жизненных форм незначительно (табл. 5.1.1).

Семенное возобновление отмечено у ильма, тополя, ясеня, леспедецы, уже в первый год, но оно имело очень низкие показатели численности и жизненности. Безусловное преимущество в освоении минерализованных участков принадлежит травянистым видам (56 видов или 77,8% от общего количества), причем доли одно - двулетних и многолетних видов равны (по 28 видов – 38,9%). Уже в первый вегетационный период после рекультивации многие из них имеют очень высокие показатели встречаемости, а нередко и обилия. К концу третьего вегетационного сезона число одно-двулетних видов снижается более чем на треть, а многолетних незначительно. Одновременно наблюдается изменение в видовом составе.

Вегетативно неподвижные травянистые виды (стержнекорневые) имеют явное преимущество (67,9%) на первых этапах заселения минерализованных территорий (табл. 5.1.2). Стержневые корневые системы позволяют закрепиться в грунте и сформировать надземные

побеги, но большинство этих видов являются однолетними травами и погибают в конце вегетации.

Таблица 5.1.1
Основные жизненные формы сосудистых растений в растительном покрове самозарастающих рекультивированных участков (2009 и 2011 год)

Названия жизненных форм (ж.ф.)	Общее число видов ж.ф и % от общ. количества	Общее число видов ж.ф и % от общ. количества по годам		Число видов ж.ф. и % от общ. количества			
		2009	2011	Угольный склад (пл. № 5)		Отвал (пл. № 1, 2, 3)	
				2009	2011	2009	2011
Деревья	9	3	8	1	3	3	8
	12,5%	5,45%	15,4%	3,8%	12%	5,88%	16,7%
Кустарники	2	1	2	1	0	0	2
	2,7%	11,8%	3,8%	3,8%	0	0	4,2%
Полукустарники	1	1	1	1	0	1	1
	1,4%	1,8%	1,9%	3,8%	0	1,96%	2,1%
Травянистые лианы	4	3	4	2	3	3	3
	5,5%	5,45%	7,7%	7,7%	12%	5,88%	6,2%
Многолетние травы	28	24	25	9	11	22	22
	38,9%	43,6%	48,1%	34,6%	44%	43,1%	45,8 %
Одно-двулетние травы	28	23	12	12	8	22	12
	38,9%	58,2%	23,1%	46,15%	32%	43,1%	25,0%
ИТОГО:	72	55	52	26	25	51	48

Oenothera biennis, многочисленные розетки листьев которой покрывают грунт, создавая благоприятные условия для закрепления семян, наиболее успешно осваивает минерализованные участки.

Вегетативно подвижные многолетние травы по количеству видов более чем в два раза уступают вегетативно неподвижным. Наиболее продуктивные из них корнеотпрысковые (*Cirsium setosum*, *Sonchus arvensis*), которые уже к концу первого вегетационного сезона формируют разветвленную подземную корневую систему, а к концу третьего создают сомкнутые группы надземных побегов до 1 метра высотой. Из корневищных видов наиболее продуктивно осваивают грунт на породном отвале *Artemisia mandshurica* и *Artemisia umbrosa*,

Phragmites japonicus, *Hieracium umbellatum*, *Equisetum arvense*, *Agrimonia striata*.

Соотношение вегетативно неподвижных и вегетативно подвижных жизненных форм растений к концу третьего вегетационного сезона изменяется несущественно. Все выявленные на площадках сосудистые растения считаются синантропными, имеющие высокий потенциал семенного или вегетативного размножения, и, как правило, обладающие значительным светолюбием. Явное преимущество среди них (32 вида, 44,4% от общего количества) в первые три года процесса самозарастания имеют виды сорной ценотической группы (табл. 5.1.3), способные эффективно заселять минерализованные участки антропогенно нарушенных территорий.

Таблица 5.1.2

Участие вегетативно неподвижных и вегетативно подвижных жизненных форм травянистых растений в процессе самозарастания рекультивированных участков

Названия жизненных форм (ж.ф.) травянистых растений	Общее число видов ж.ф и % от общ. количества	Общее число видов ж.ф и % от общего количества по годам		Число видов ж.ф. и % от общ.			
		2009	2011	Угольный склад (пл. № 5)		Отвал (пл. № 1, 2, 3)	
				2009	2011	2009	2011
Вегетативно неподвижные (стержнекорневые, кистеконовые)	38	31	23	16	13	29	23
	67,9%	66,0%	62,2%	76,2%	68,4%	65,9%	67,6%
Вегетативно подвижные (корнеотпрысковые, корневищные)	18	16	14	5	6	15	11
	32,1%	34,0%	37,8%	23,8%	31,6%	34,1%	32,4%
ИТОГО:	56	47	37	21	19	44	34

Более 37% (12) видов этой группы являются в Приморском крае заносными – адвентивными (*Ambrosia artemisiifolia*, *Atriplex patula*, *Bidens frondosa*, *Brachyactis ciliata*, *Crepis tectorum*, *Galium vaillantii*, *Lactuca serriola*, *Senecio viscosus*, *Leonurus deminutus*, *Melilotus albus*, *Trifolium repens*, *Ulmus pumila*).

Табл. 5.1.3

Ценоотические группы флоры рекультивированных участков

Ценоотические группы	Общее число видов в группах (% от общего числа)	Число видов и % от общего количества по годам		число видов по годам и % от общего количества			
		2009	2011	Угольный склад		Породный отвал	
				2009	2011	2009	2011
Лесные	9,0	4	7	2	2	3	8
	12,5%	7,3%	13,7%	7,7%	8%	5,9%	16,7%
Луговые	15	13	10	3	3	12	10
	20,8%	23,6%	19,6%	11,5%	12%	23,5%	20,8%
Зарослевые	16	12	13	8	8	11	10
	22,2%	21,8%	25,5%	30,8%	66,6%	21,5%	28,8%
Сорные (рудеральные, сеgetальные)	32	26	21	13	12	25	20
	44,4%	47%	41,2%	50%	48%	49%	41,7%
ИТОГО:	72	55	51	26	25	51	48

Основную часть сорных видов составляют рудеральные растения. Сеgetальные виды (*Commelina communis*, *Echinochloa crus-galli*), являющиеся сорными растениями полей и огородов, представляют небольшую, но довольно активную группу, виды которой показывают высокую встречаемость, а *Sonchus arvensis*, *Ambrosia artemisiifolia*, как правило, и высокое обилие.

Прослеживается тенденция к уменьшению числа сорных видов уже на третий год после рекультивации, но число их остается высоким – 41,2%. Наблюдается также и изменения в видовом составе сорных видов. В 2011 году на территории площадок не были отмечены 10 видов этой ценогруппы (*Artemisia sieversiana*, *Atriplex patula*, *Bidens frondosa*, *Brachyactis ciliata*, *Chenopodium album*, и *Oxybasis glauca*, латук компасный, *Persicaria lapathifolia*, *Polygonum aviculare*, *Commelina communis* и др.), но появилась новые сорные виды (*Crepis tectorum*, *Galium vaillantii*, *Lappula squarrosa*, *Pterocypsela indica*, *Geranium sibiricum*, *Ulmus pumila*). Только 15 видов (*Artemisia umbrosa*, *Cirsium setosum*, *Sonchus arvensis*, *Melilotus albus*, *Plantago major*, *Taraxacum sp.*, *Artemisia scoparia*, *Trifolium repens*, *Echinochloa crus-galli*, *Oenothera biennis*, *Senecio viscosus*, *Medicago lupulina*, *Conyza Canadensis*, *Lepidium densiflorum*, *Ambrosia artemisiifolia*) этой

ценогруппы были постоянными в течение трех лет зарастания рекультивированных участков. Это составляет около 47% их общего числа.

Вместе с сорными видами активными пионерами зарастания рекультивированных участков выступают и растения зарослевой ценотической группы (16 видов или 22,2%). Преимущественно это представители аборигенной флоры, имеющие в разной степени вегетативно подвижные жизненные формы. Среди них присутствует кустарник (*Sambucus racemosa*), полукустарник (*Artemisia gmelinii*), травянистые лианы (*Clematis serratifolia*, *Metaplexis japonica*, *Amphicarpaea japonica*) многолетние и однолетние травы. Общее их количество к концу третьего вегетационного сезона увеличивается до 25,5% (2009 – 21,8%).

Луговые виды по численности несколько уступают зарослевым (15 видов или 20,8%). В основном это тоже многолетние и вегетативно подвижные травы. Выявлена тенденция к сокращению числа луговых видов к концу третьего сезона с 13 (23,6%) до 10 (19,6%). Некоторые луговые виды (*Inula Japonica*, *Hieracium umbellatum*, *Patrinia scabiosifolia*) уже в первый вегетационный сезон проявили высокую фитоценотическую активность, но к концу третьего сезона значительно снизилась их встречаемость и обилие.

Наименьшую активность (9 видов или 12,5%) в процессе самозарастания рекультивированных участков проявили виды лесной ценогруппы. Внедрение древесных и кустарниковых видов на территорию породного отвала идет крайне неудовлетворительно. Только у *Fraxinus mandshurica* отмечена высокая куртина до 170 см, остальные виды имеют низкие побеги (*Acer negundo* – 35 см, *Acer ginnala* – 70 см, *Ulmus pumila* – 30 см), жизненное состояние их пониженное.

На исследуемых участках с большим включением углистого материала (площадки 1 и 5), растительность представлена в основном семейством астровых – это *Artemisia mandshurica* и *Picris japonica* (табл. 5.1.4). Также встречаются представители семейств *Onagraceae* и *Fabaceae* – это *Oenothera biennis* и *Medicago lupulina*. Проективное покрытие составляет до 1% (приложение, рис. 9, 13).

Таблица 5.1.4

Видовой состав растительности и показатели обилия на пробных площадках рекультивируемых участков шахты ООО " Правобережное" в 2011 г.

Вид	1	2	3	4	5
Деревья					
<i>Fraxinus mandshurica Rupr.</i>	-	sol.	sp. ¹	sol.	-
<i>Acer ginnala Maxim.</i>	-	sol.	sp. ¹	sol.	sol.
<i>Ulmus pumila L.</i>	un.	sol.	sol.	-	
<i>Acer negundo L.</i>	-	sol.	-	sol.	sol.
<i>Padus avium Mill.</i>	-	-	sol.	-	-
<i>Salix rorida Laksch.</i>	-	-	sol.	-	-
<i>Salix integra Thunb.</i>	-	sol.	-	-	-
<i>Populus koreana Rehd.</i>	-	un.	-	-	-
<i>Juglans mandshurica Maxim.</i>	-	sol.		sol.	-
Кустарники					
<i>Sambucus racemosa L.</i>	-	-	-	sol.	-
<i>Rubus crataegifolius Bunge</i>	-	-	-	cop. ¹	-
Полукустарники					
<i>Artemisia gmelinii Web. ex Stechm.</i>	-	-	sol.	-	-
Травянистые лианы					
<i>Clematis serratifolia Rehder</i>	-	-	sp. ¹	cop. ¹	sol.
<i>Metaplexis japonica</i>	-	sol.	sol.	-	sol.
<i>Amphicarpaea japonica (Oliv.) B. Fedtsch.</i>	-	-	-	-	sol.
<i>Minespermum dahuricum</i>	-	-	-	sp. ³	-
Травы					
<i>Sonchus arvensis L.</i>	un.	-	sol.	cop. ¹	un.
<i>Medicago lupulina L.</i>	sol.	sol.	sol.	sol.	sp. ¹
<i>Picris japonica Thunb.</i>	sol.	sp. ²	sp. ¹	sp. ¹	sp. ¹
<i>Oenothera biennis L.</i>	sp. ¹	sp. ³	sp. ²	sp. ²	sol.
<i>Melilotus albus Medik</i>	un.	-		sol.	un.
<i>Artemisia mandshurica (Kom.) Kom.</i>	sp. ¹	sp. ²	sp. ²		sp.1
<i>Artemisia umbrosa (Bess.) Turcz. ex DC.</i>	-	cop. ²	cop. ¹	cop. ³	sol.
<i>Cirsium setosum (Willd.) Bieb.</i>	-	sp. ³	sp. ²	-	-
<i>Crepis tectorum L.</i>	-	sp. ²	sol.	sol.	-
<i>Phragmites japonicus Steud.</i>	-	sp. ²	sp. ¹	-	-
<i>Saussurea pulchella (Füisch.) Fisch.</i>	-	-	sol.	-	sol.
<i>Taraxacum sp.</i>	-	-	sol.	-	-

Вид	1	2	3	4	5
<i>Vicia amurensis</i> Oett	-	sol.	sol.	cop. ¹	-
<i>Agrimonia striata</i> Michx	-	sol.	sol.	cop. ²	-
<i>Geum allepicum</i> Jacq.	-	-	sol.	sp. ³	-
<i>Elymus excelsus</i>	-	-	sol.	sol.	-
<i>Poa skvortzovit</i> Probat	-	-	sol.	sol.	-
<i>Camppanyla cephalotes</i> Nacai	-	-	sol.	sp. ²	-
<i>Trifolium hybridum</i> L.	sol.	-	sol.	sol.	-
<i>Geranium sibiricum</i> L.	-	sol.	-	sol.	-
<i>Ranunculus repence</i> L.	-	-	sol.	sol.	-
<i>Equisetum arvense</i>	-	-	-	-	sp. ¹
<i>Geranium eriostemum</i> Fisch.	-	-	sol.	sol.	sol.
<i>Galium vaillantii</i>	-	sol.	sol.	-	-
<i>Lappula squarrosa</i> (Retz.) Dumort.	-	sol.	-	-	sol.
<i>Pterocypsela indica</i> (L.) Shih	-	-	sol.	-	-
<i>Plantago major</i> L.	-	sol.	-	-	-
<i>Artemisia scoparia</i> Waldst. & Kit	-	-	sol.	-	sol.
<i>Trifolium repens</i> L.	sol.	-	sol.	-	sol.
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	-	-	sol.	-	-
<i>Echinochloa crus galli</i> (L.) Beauv.	-	-	sol.	-	sol.
<i>Senecio viscosus</i> L.		sol.	sol.	-	sol.
<i>Lepidium densiflorum</i> Schrad.	-	-	sol.	sol.	sol.
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	-	sol.	sol.	-	sol.
<i>Inula Japonica</i> Thunb.	-	-	-	-	sol.
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	-	-	-	-	sol.
<i>Patrinia scabiosifolia</i> Fisch. ex Link	-	-	-	-	sol.

Также встречаются представители семейств *Onagraceae* и *Fabaceae* – это *Oenothera biennis* и *Medicago lupulina*. На площадке 1 в единичных экземплярах произрастает *Sonchus arvensis*, *Melilotus albus* и *Ulmus pumila* являющихся представителями семейств *Fabaceae* и *Ulmaceae*. Для исследуемых площадок свойственны очень низкие запасы фитомассы (надземной и подземной), а также общие запасы растительного органического вещества (табл. 5.1.5). На этих площадках мортмасса, как правило, не накапливается. В таких условиях формируются эмбриоземы инициальные.

Площадка 2 представляла собой сильно засоренный бытовым мусором участок (приложение, рис. 10). В составе растительности по-

прежнему преобладали представители семейства *Asterasea* – *Artemisia umbrosa*, *Cirsium setosum*, *Crepis tectorum* и *Onagraceae* – *Oenothera biennis*. Отмечен подрост древесных видов растительности (*Ulmus pumila*, *Acer negundo*, *Acer ginnala*, *Salix integra*, *Fraxinus mandshurica*). На данной площадке установлено значительное накопление мортмассы, что свидетельствовало о некоторой заторможенности процессов трансформации органического вещества, вызванного на наш взгляд, значительным дефицитом влаги. В таких условиях формировались эмбриоземы органо-аккумулятивные.

Существенно возросли запасы фитомассы (надземной и подземной и, соответственно запас растительного органического вещества (до 619 г/м²). В общем запасе растительного органического вещества преобладала надземная её часть и мортмасса. Наибольшее количество органического углерода, свойственно для надземной фитомассы и основное поступление энергетических потоков связано с органическим веществом надземной фитомассы.

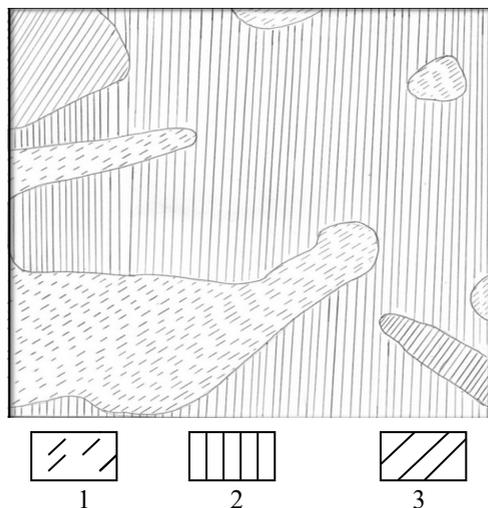
Таблица 5.1.5

Запасы фитомассы на пробных площадках рекультивируемых участков шахты ООО «Правобережное» в 2011 г

№ площадки	Запасы фитомассы		Мортмасса	Общий запас растительного органического вещества
	надземная	подземная		
	г/м ²			
1	4,7	1,4	Нет	6,1
2	311,2	74,0	233,8	619,0
3	98,3	61,8	148,6	308,7
4	427,0	189,7	37,0	653,7
5	17,8	6,8	Нет	24,6

На площадке 3 (приложение, рис. 11) видовой состав растительности, из-за существенной неоднородности почвенного покрова по содержанию углистого материала, заметно варьировал. В составе растительности по-прежнему доминировали представители семейства *Asterasea* – *Artemisia umbrosa*, *Cirsium setosum*, также появились представители семейства *Poacea* это *Phragmites japonicus* и *Clematis serratifolia*. Средние показатели запасов фитомассы (надземной и подземной) составили 160,1 г/м². При этом зафиксировано накопление мортмассы и сокращение общего запаса растительного органического вещества, что обусловило формирование эмбриоземов органо-аккумулятивных.

Как показали результаты исследований пространственного распределения общих запасов растительного органического вещества (рис. 5.1.1), в пределах исследуемой пробной площади (400 м^2) определены контуры с запасами менее 100 , $100\text{--}300$ и более 300 г/м^2 . При этом наиболее распространены группировки с запасами растительного органического вещества $100\text{--}300$ и менее 100 г/м^2 .



1 – менее 100 г/м^2 , 2 – $100\text{--}200$, 3 – более 300 г/м^2

Рис. 5.1.1. Пространственное распределения общих запасов растительного органического вещества на площадке № 3 в 2011 г.

По сравнению с площадками 1 и 4 на данной площадке значительно возросло содержание органического углерода и энергетические параметры растительного органического вещества. Наибольшие энергетические показатели и количество органического углерода на площадке 3 заключено в мортмассе (табл. 5.1.6).

Обследование растительного покрова в июне 2011 г. рекультивированных участков шахты «Правобережное» показало, что процесс зарастания продолжается, но идет очень медленно и вступает в фазу перехода от пионерных слабосомкнутых микрогруппировок из однолетних растений, в фазу формирования устойчивых к дефициту влаги почв группировок многолетних видов.

Таблица 5.1.6

Запасы органического углерода и энергетические показатели растительного органического вещества на пробных площадках рекультивируемых участков шахты ОО " Правобережное" в 2011 г.

№ площадки	Запасы органического углерода, гС/м ²			
	надземная	подземная	Мортмасса	Общий запас
	гС/м ²			
1	2,34	0,73	-	3,07
2	155,58	36,98	116,91	309,47
3	49,17	30,9	74,32	154,39
4	213,48	94,87	18,52	326,87
5	8,91	3,42	-	12,33
Энергетические показатели КДж/м ²				
1	88,17	27,26	-	115,43
2	5849,8	1390,6	4395,67	11636,07
3	1818,98	1161,84	2794,24	5805,06
4	8028,84	3567,11	694,17	12290,12
5	334,83	128,78	-	463,61

В конце 3-го вегетационного периода после рекультивации отмечено снижение общего проективного покрытия (п.п.) растительности на участках породных отвалов. На территории угольного и лесного складов п.п. осталось практически без изменений.

Общее число видов на обследованных участках изменилось незначительно или осталось тоже, но на площадках появились новые виды, в основном многолетники и выпало разное количество однолетников.

Роль однолетних видов снизилась на всех участках (от 10 до 20% от числа видов на площадках), роль многолетних видов, напротив, повысилась, но незначительно (5-10%). Несколько увеличилось общее число видов деревьев и кустарников, возобновляющихся на площадках, но формирование благонадежного возобновления древесных пород на промплощадках остается не удовлетворительным.

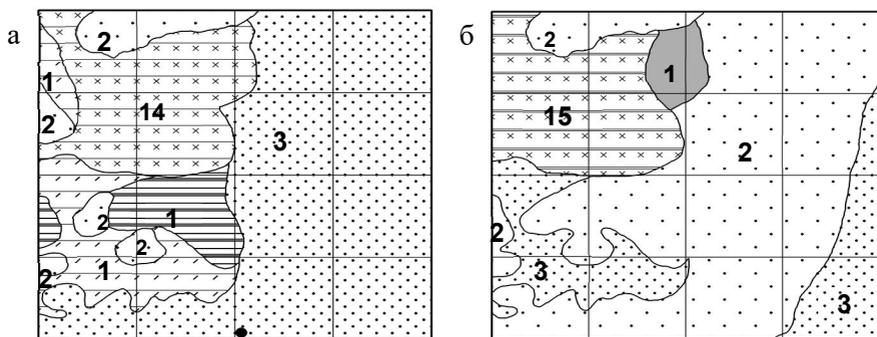


Рис. 5.1.2. Схема растительного покрова территории породного отвала № 1.
Пробные площади: а. № 1–2009, б. № 1–2011

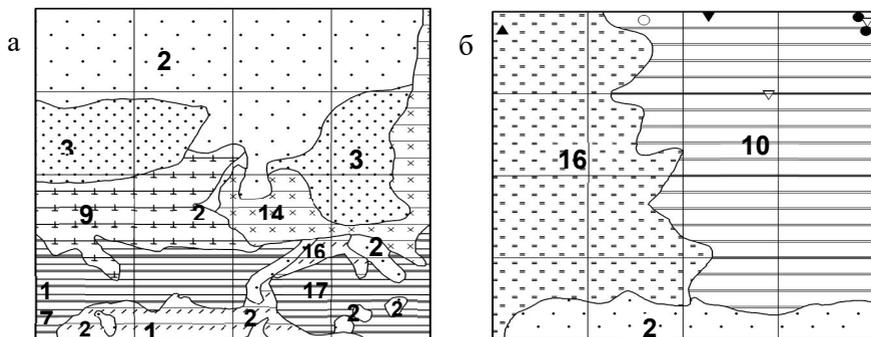


Рис. 5.1.3. Схема растительного покрова территории породного отвала № 2.
Пробные площади: а. № 2–2009, б. № 2–2011

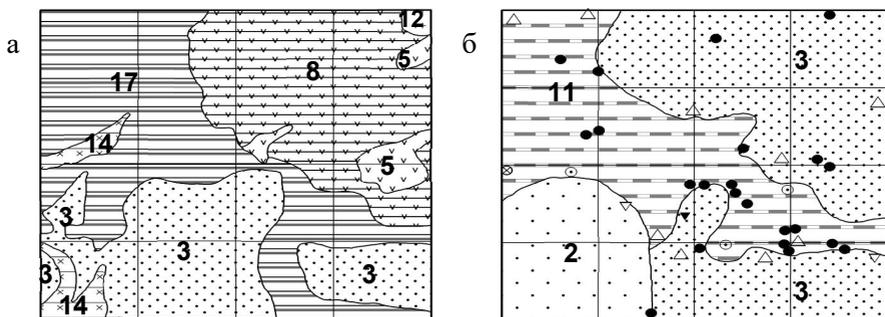


Рис. 5.1.4. Схема растительного покрова территории породного отвала № 3.
Пробные площади: а. № 3–2009, б. № 3–2011

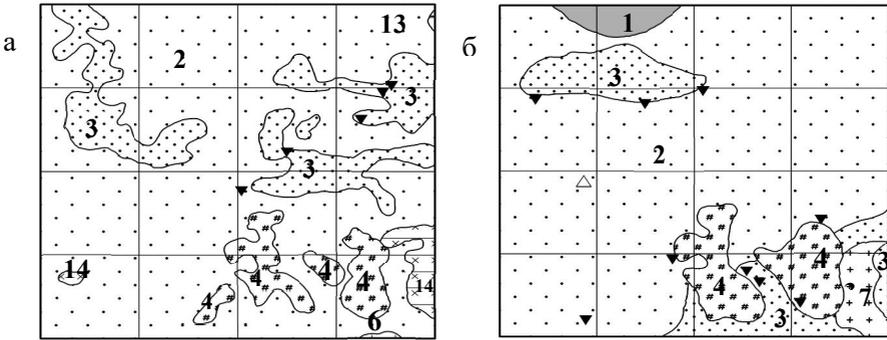


Рис. 5.1.5. Схема растительного покрова территории угольного склада.

Пробные площади: а. № 5–2009, б. № 5–2011

Примечание. Схемы выполнены В.П. Верховат по данным работы Пуртовой Л.Н. и др. (2013).

Условные обозначения

 1	 5	 9	 13	 17
 2	 6	 10	 14	
 3	 7	 11	 15	
 4	 8	 12	 16	

- ▼ Ильм низкий (*Ulmus pumila*)
- ▲ Клен американский (*Acer negundo*)
- △ Клен приречный (*Acer ginnala*)
- Ясень маньчжурский (*Fraxinus mandshurica*)
- ⊗ Ива цельнолистная (*Salix integra*)
- ⊙ Ива росистая (*Salix rorida*)
- ▽ Чермуха обыкновенная (*Padus avium*)

1 – минерализованные участки без растительного покрова;

2 – минерализованные участки с неразвитыми растительными группировками, опп менее 1%; растительный покров представлен отдельнорастущими низкими (до 50 см) побегами рудеральных однолетних, реже многолетних, видов;

3 – несомкнутый растительный покров (опп от 1 до 5%), сформированный отдельными побегами или небольшими группами однолетних и двулетних рудеральных видов;

Одноярусные монодоминантные микрогруппировки:

4 – сомкнутые (опп 80-100%) микрогруппировки хвоща полевого;

5 – сомкнутые (55-99%) микрогруппировки ломоноса пильчатолистного;

6 – слабосомкнутые (опп 20%) микрогруппировки горца развесистого;

7 – высокосомкнутые (опп от 40% до 90%); микрогруппировки люцерны хмелевидной.

Одноярусные полидоминантные микрогруппировки:

8 - слабосомкнутые (опп 10-15%) микрогруппировки донника белого с ломоносом пильчатолистным - травянистой лианой;

9 – сомкнутые (опп от 20 до 45%) микрогруппировки донника белого с тростником японским;

10 – высокосомкнутые (опп от 70 до 95%) микрогруппировки высокого рудерального разнотравья;

11 – высокосомкнутые (опп от 60 до 95 %) микрогруппировки рудерального и лугового разнотравья и с возобновлением ясеня маньчжурского; сформирован слой ветоши;

12 – сомкнутые (опп 85%) микрогруппировки полыни тенистой и ястребинки зонтичной;

13 – участки стихийной свалки с разрозненными группами низких рудеральных видов (опп от 5 до 15%).

Двухъярусные микрогруппировки:

14 – слабосомкнутые микрогруппировки донника белого (опп от 10 до 50%) с ярусом клевера (ползучего и гибридного);

15 – сомкнутые (опп от 30 до 70%) микрогруппировки рудерального высокого разнотравья с ярусом низких стелющихся трав (люцерна хмелевидная, клевер полевой, гибридный и ползучий);

16 – сомкнутые микрогруппировки донника белого (опп от 40 до 60%) с ярусом рудеральных видов;

17 – высокосомкнутые группировки донника белого (опп от 60 до 95%) с ярусом амброзии полыннолистной;

Наиболее жизнеспособным является порослевое возобновление на лесном складе, где присутствуют одиночные куртины *Fraxinus mandshurica*, *Juglans mandshurica*, *Acer negundo*, *Acer ginnala*, обильна поросль *Rubus crataegifolius*. Остальные виды представлены 2-3-летними слабыми побегами. *Fraxinus mandshurica* на породном отвале № 3 имеет тоже порослевое происхождение. Практически исчез *Ulmus*

japonica – долинный вид, но чаще стал появляться *Ulmus pumila* – заносный интродуцент с давней историей культивирования на территории Приморского края.

Упростилась горизонтальная структура растительности. Исчезли сомкнутые микрогруппировки *Melilotus albus*, которые в 2009 г. занимали до 20% участка. В 2011 г. 50% площади занимают участки с п.п. менее 1%, 25% с п.п. от 1 до 5%, 5% - без растений, 20% с п.п. от 30 до 70%. Следует отметить, что в микрогруппировках растений присутствует сухие прошлогодние побеги энотеры и полыни, сформировалась ветошь, покрывающая почву в различных микрогруппировках от 10–15 до 40–50%.

Среднее число видов на 1 учетную площадку снизилось в 2011 г. до 8,7 (10,5 в 2009 г). Сменился видовой состав группы растений с высокой встречаемостью. В 2011 г. 100% встречаемость отмечена у двух стержнекорневых видов: *Oenothera biennis* и *Picris japonica*, тогда как в 2009 г. 100% встречаемость имел только *Melilotus albus*. Высокая встречаемость продолжает оставаться у *Artemisia mandshurica* (87,5%) и *Artemisia umbrosa* (81,2%). Резко возросла встречаемость *Medicago lupulina* (87,5%, в сравнении с 2009 г. – 37,5%) .

Роль аспектирующих в растительном покрове видов в 2011 г. выполняет *Oenothera biennis* и различные виды *Artemisia*, вместо *Melilotus albus* в 2009 г. Отмечено усложнение вертикальной структуры сомкнутых микрогруппировок. В 2009 г. во всех микрогруппировках растения располагались, как правило, в одном ярусе. В 2011 году микрогруппировки имеют 2 четко различимых яруса: ярус трав от 50 до 80 см высоты и ярус низких трав, высота которых не превышает 30–40 см (клевер, люцерны, прикорневые розетки энотеры, одуванчиков, подорожника и т.д.).

Внедрение древесных и кустарниковых видов на территорию породного отвала идет крайне неудовлетворительно, жизненное состояние их пониженное. На всех площадках участие луговых трав в формировании растительного покрова остается низкой, а на территории породных отвалов она заметно снизилась (выпала *Patrinia scabiosifolia*, *Inula Japonica* и др.).

На процессы самозаращения рекультивируемых участков в период их посттехногенного развития существенное влияние оказывают природные окружающие экосистемы.

На исследуемой территории в основном преобладают эмбриоземы инициальные и органо-аккумулятивные. Для эмбриоземов с большим включением углистого материала (площадки 1 и 5) свойственны низкие запасы фитомассы и общие запасы растительного органического вещества. На площадках 2 и 3 зафиксированы более высокие показатели запасов фитомассы и общих запасов растительного органического вещества. Основное поступление органического углерода растительного происхождения происходит за счет надземной части фитомассы и мортмассы.

В 2013 году для всех исследуемых площадок отвалов (1–5) свойственно резкое возрастание общих запасов растительного органического вещества, по сравнению с 2011 г. (табл. 5.1.7). В значительной мере увеличилось видовое разнообразие растительности. На мониторинговой площадке 1 появились представители семейства *Ranunculaceae* (*Clematis serratifolia*) и *Geraniaceae* (*Geranium sibiricum*). На этой площадке отмечено накопление мортмассы. Основной вклад в формирование общих запасов органического вещества вносит надземная часть фитомассы представителей семейства *Onagraceae* (*Oenothera biennis*), *Fabaceae* (*Melilotus albus*, *Medicago lupulina*), *Asteraceae* (*Artemisia mandshurica*, *Cirsium setosum*, *Artemisia umbrosa*).

Таблица 5.1.7

Запасы фитомассы (г/м²) на постоянных площадках рекультивируемых участков шахты ООО "Правобережное" в 2013 г.

№ Площадки (отвалов)	Запасы фитомассы		Мортмасса	Общий запас растительного органического вещества
	надземная	подземная		
1 (отвал 1)	204,3	62,6	141,9	408,8
2 (отвал 2)	432,8	50,0	141,9	624,8
3 (отвал 3)	490,8	66,0	200,9	757,6
4 (лесной склад)	521,8	23,3	16,4	561,5
5 (угольный склад)	102,3	16,8	29,6	153,7

По сравнению с 2011 г значительно возросли запасы органического углерода растительного органического вещества и энергетические показатели, связанные с его содержанием (табл. 5.1.8). Наибольшее количество органического углерода и более высокие энергетические показатели свойственны для надземной части фитомассы (102,7 г/м²; 3859,6 Кдж/м²). Накопление мортмассы свидетельствует об

органо-аккумулятивной стадии гумусонакопления и заторможенности процессов разложения растительного органического вещества.

Таблица 5.1.8

Запасы органического углерода и энергетические показатели растительного органического вещества на постоянных площадках (отвалов) рекультивируемых участков шахты ООО "Правобережное" в 2013 г.

№ площадки (отвалов)	надземная	подземная	Мортмасса	Общий запас
	Запасы органического углерода, гС/м ²			
1 (отвал 1)	102,7	31,3	71,0	204,9
2 (отвал 2)	216,4	25,0	70,9	312,3
3 (отвал 3)	245,4	33,0	100,4	378,8
4 (лесной склад)	260,9	11,7	8,2	280,8
5 (угольный склад)	51,1	8,4	14,8	74,3
Энергетические показатели, КДж/м ²				
1 (отвал 1)	3859,6	1176,9	2667,7	7704,2
2 (отвал 2)	8137,8	940,0	2664,0	11741,8
3 (отвал 3)	9226,3	1240,0	3776,2	14242,3
4 (лесной склад)	9810,6	438,4	307,6	10556,6
5 (угольный склад)	1922,9	315,5	556,5	2794,9

На площадке 2, представляющей собой засоренный бытовым мусором участок, видовой состав растительности также стал более разнообразен, что привело к большему накоплению фитомассы, по сравнению с 2011 г. Основной вклад в формирование общих запасов растительного органического вещества вносят представители семейства *Fabaceae* (*Melilotus albus*) и *Asteraceae* (*Picris japonica*, *Artemisia mandshurica*). Общие запасы растительного органического вещества возросли в два раза по сравнению с 2011 г.

При этом существенно увеличилось содержание органического углерода и энергетические показатели в растительном органическом веществе. Запасы мортмассы значительно снизились, что на наш взгляд связано с усилением процессов трансформации органического вещества и переходу от органо-аккумулятивной стадии к дерновой стадии гумусонакопления.

На площадке 3 по сравнению с 2011 г запасы надземной фитомассы возросли с 98,3 до 490,8 г/м², мортмассы с 148,6 до 200,9 г/м². Существенно увеличилось содержание органического углерода и энергетические показатели растительного органического вещества

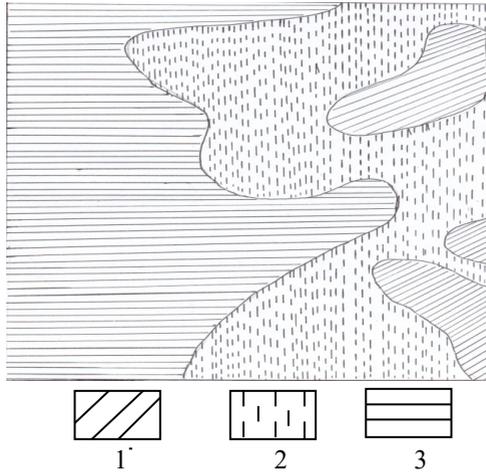
(табл. 5.1.8). В общем запасе фитомассы явно преобладала надземная часть и мортмасса. Основной вклад в формирование надземной части запасов фитомассы вносят представители семейств *Asteraceae* (*Artemisia mandshurica*) и *Fabaceae* (*Melilotus albus*).

Как показали результаты исследований пространственного распределения общих запасов растительного органического вещества, в пределах исследуемой пробной площадки 3 (400 м²), определены контуры с общими запасами фитомассы менее 300, 300–600 и более 600 г/м² (рис. 5.1.6). Наиболее распространены группировки с общими запасами фитомассы более 600 и 300–600 г/м². Следует отметить, что на данной мониторинговой площадке, наряду с инициальной стадией почвообразования, приводящей к формированию эмбриоземов инициальных, находит явное проявление органо-аккумулятивная стадия гумусо-накопления.

Связана эта стадия с накоплением мортмассы, из-за значительного поступлением органического вещества растительного происхождения с фитомассой, что, на наш взгляд во многом способствует усилению процессов разложения углей, находящихся в составе породных отвалов, и высвобождение гумусовых веществ, являющихся своеобразными активаторами роста растительности при благоприятных гидро-термических условиях. Поэтому на данной мониторинговой площадке наряду с инициальными, начинают формирование органо-аккумулятивные эмбриоземы.

На площадке 4 (лесной склад) присутствие разлагаемого древесного материала в значительной мере предопределило увеличение фитомассы на аброземах остаточного пойменных. Запасы надземной фитомассы по сравнению с 2011 г возросли с 427,0 до 521,8 г/м². Количество мортмассы, из-за усиления процессов разложения растительного органического вещества значительно сократилось с 37,0 до 16,4 г/м². В структуре фитомассы явно преобладала надземная часть. Общий запас растительного органического вещества, из-за сокращения запасов мортмассы, по сравнению с 2009 г несколько уменьшился как и энергетические показатели (табл. 5.1.8), что свидетельствовало о переходе фитоценозов в более устойчивое экологическое состояние. Видовой состав растительности был более разнообразным по сравнению площадками (1, 2, 3). Основной вклад в формирование общих запасов фитомассы внесли представители семейств злаковых

(*Poaceae*), а также *Asteraceae* (*Artemisia mandshurica*, *Artemisia umbrosa*) и *Rosaceae* (*Agrimonia striata*).



1. – менее 300 г/м²; 2. – 300-600 г/м²; 3.– более 600 г/м²

Рис. 5.1.6. Пространственное распределения общих запасов растительного органического вещества на площадке № 3 в 2013 г.

На мониторинговой площадке 5 (угольный склад), по сравнению с 2011 г явно изменилось фиторазнообразие. В составе растительного покрова появились представители семейств *Ranunculaceae* и *Ulmaceae*. Общий запас растительного органического вещества, как и содержание органического углерода возросли. Основной вклад в формирование надземной части запасов фитомассы вносят представители *Equisetaceae* (*Equisetum arvense*), *Fabaceae* (*Melilotus officinalis*, *Vicia amurensis*), *Asteraceae* (*Picris japonica*, *Artemisia rubripes*).

По сравнению с 2011 г. зафиксировано небольшое накопление мортмассы. Основное содержание органического углерода, как и запасы фитомассы, приурочены к надземной её части. В таких условиях формируются эмбриоземы инициальные.

Помимо исследований пространственного распределения и запасов растительного органического вещества изучена структура почвенного покрова типичных рекультивируемых участков (площадка 3).

Почвенный покров рекультивируемого участка 3 довольно неоднородный. Проведенными исследованиями структуры почвенного покрова (СПП) на уровне элементарных почвенных ареалов (ЭПА), масштаб проведенной съемки 1:100, установлено: СПП участка

представлено линейно-волнистым комплексом смешанного строения с конструктивным фоновым компонентом.

В состав почвенной комбинации вошли компоненты: 1 – эмбриоземы инициальные очень слабо углистые (содержание углей менее 5%), 2 – то же слабо углистые (5–20%), 3 – тоже среднеуглистые (21–36), 4 – тоже сильно углистые (37–52 %), 5 – очень сильно углистые (более 52%) (табл. 5.1.9). Наибольшую площадь занимают эмбриоземы инициальные средне углистые (58,5 %).

Прослеживается общая тенденция к увеличению содержания органического углерода в растительном веществе и их энергетических показателей.

Таблица 5.1.9

Характеристика почвенного покрова рекультивируемого участка (площадка № 3)

Почвенная комбинация	Состав основных почв
Линейно-волнистый комплекс смешанного строения с конструктивным фоновым компонентом	– эмбриоземы инициальные среднеуглистые – 58,5 %, – тоже сильно углистые – 21,4 %, – то же очень слабо углистые 5,6 %, – то же очень сильно углистые – 4,6 %

Согласно разработанным параметрам оценки СПП (Фридланд, 1972) по характеру замкнутости данная комбинация относится к замкнутой, все ее компоненты взаимосвязаны между собой. Коэффициент классификационной дифференциации почвенного покрова, из-за принадлежности формирующихся почв к одному таксономическому уровню, довольно низкий и равен 0,2. Коэффициент сложности, показывающий степень пространственной дифференциации почвенного покрова составляет 7,0, что соответствует уровню средних значений (Пуртова, Костенков, Ознобихин, 1996). При этом индекс дробности низкий – 2,7. Почвенная комбинация по содержанию углистого материала сильно контрастна ($K.k = 9,7$) и неоднородна. Индекс неоднородности (Ин) достигает значительных величин (табл. 5.1.10).

Таким образом, полученные количественные показатели характеристики СПП исследуемого участка свидетельствуют о значительной неоднородности почвенного покрова по содержанию углистого материала в эмбриоземах инициальных.

Таблица 5.1.10
Показатели структуры почвенного покрова

Показатели	
1. Характер замкнутости	Замкнутые
2. Коэффициент классификационной дифференциации (КДПП)	0,2
3. Коэффициент расчленения (Кр)	1,3
4. Коэффициент контрастности(по содержанию уг-листого материала) (Кк)	9,7
5. Коэффициент сложности (Кс)	7,0
6. Индекс дробности (Ид)	2,7
7. Индекс неоднородности (Ин)	67,8

5.2. Формирование растительности и запасов фитомассы на рекультивированных участках отвалов Ретгиховского месторождения

В качестве объектов исследований выбраны рекультивированные отвалы, на которых ранее проводились лесовосстановительные работы (посадки сосны) и отвалы, оставленные под самозарастание. Исследованные отвалы отсыпаны около 45 лет назад, проведен горно-технический этап рекультивации. Породы, слагающие отвалы представлены рыхлыми покровными отложениями преимущественно суглинистого и глинистого состава с примесью скелетной фракции (до 10 мм) 5-10 %.

Растительность на естественно зарастающем отвале представлена разреженным березовым лесом с маакией, кленом мелколистным, осиной, встречается подрост дуба, ивы, ясеня, сосны (табл. 5.2.1). Травянистая растительность очень разрежена, преобладает осока возвратившаяся, проективное покрытие не превышает 20-30 %. Поверхность отвала практически полностью устилает лиственный опад.

Таблица 5.2.1

Видовой состав растительности и показатели обилия видов на пробных площадках отвала Реттиховского месторождения при самозарастании

Вид	Самозарастание	Лесовосстановление
	Деревья	
<i>Salix sp</i>	sol.	-
<i>Fraxinus rhynchophylla Hance</i>	sol.	-
<i>Pinus sylvestris L.</i>	sol.	sp.
<i>Qercus mongolica Fisch. Ex Ledeb</i>	sol.	sol.
<i>Betula platyphylla Sukacz.</i>	sol.	sol.
<i>Maackia amurensis Rupr. et Maxim.</i>	sol.	-
<i>Acer mono Maxim.</i>	sol.	sol.
<i>Populus tremula L.</i>	sol.	-
Кустарники		
<i>Lespedeza bicolor Turcz.</i>		sol.
Травы		
<i>Chimaphila umbellata (L.) W. Barton</i>	sol.	sp.
<i>Potentilla fragarioides L.</i>	sol.	sol.
<i>Carex reventa V. Krecz.</i>	sp.	sp.
<i>Artemisia stolonifera (Maxim.) Kom</i>	sol.	cop. ¹
<i>Doellingeria scabra (Thunb.) Nees</i>	sol.	-
<i>Picris japonica Thunb.</i>	sol.	-
<i>Lysimachia barysstachys Bunge</i>	sol.	sp.
<i>Vincetoxicum acuminatum Decne.</i>	sol.	cop. ¹
<i>Viola variegata Fisch. ex Link</i>	-	sol.
Кол-во видов на пробной площадке	16	12
Проективное покрытие, %	30	90

Общие запасы растительного органического вещества, учтенного с площадок, составляет в среднем около 700 г/м². На долю мортмассы (мертвое органическое вещество) приходится в среднем 627 г/м², фитомассы – 70 г/м². При этом доля подземной фитомассы более чем в два раза превышает надземную. Из полученных данных рассчитано среднее количество органического углерода, содержащегося в растительном органическом веществе на 1 м² (табл. 5.2.2).

На другом отвале, с посадками сосны, встречается так же подрост дуба, клена. Кустарниковый ярус представлен единично

встречающейся *Lespedeza bicolor*. В нижнем ярусе доминирует *Lysimachia barysstachys*, с *Vincetoxicum acuminatum*, *Chimaphila umbellata*, *Carex reventa*. Проективное покрытие достигает 90%. На поверхности отвала отмечается хвойный и травянистый опад. Видовой состав растительности на учетных площадках отвала с посадками сосны очень схож с таковым на саморазрастающемся отвале (табл. 5.2.1).

Выбор сосны обыкновенной для лесовосстановления на отвальных породах не случаен и связан в первую очередь с тем, что сосна обладает пластичной корневой системой, развивающейся в соответствии с характером и структурой почвы. Эта пластичность корневой системы сосны делает её чрезвычайно ценной, давая возможность для искусственного облесения на самых сухих и бедных почвах.

Таблица 5.2.2

Запасы растительного органического вещества и содержание органического углерода растительного происхождения при лесовосстановлении и естественном зарастании на отвалах

	Показатели	Запасы растительного органического вещества г/м ²	% С орг.
Самозарастание	Надземная фитомасса	24,0±2,7	12
	Подземная фитомасса	46,0±3,0	23
	Общая фитомасса	70,0±5,7	35
	Мортмасса	627,0±200,0	311
	Общие запасы	697,0±205,0	-
Лесовосстановление	Надземная фитомасса	148,0±42,0	74
	Подземная фитомасса	66,0±13,0	33
	Общая фитомасса	214,0±55,0	107
	Мортмасса	839,0±144,0	419
	Общие запасы	1053,0±199,0	-

При этом общие запасы растительного органического вещества возрастают в среднем в 1,5 раза по сравнению с самозарастающим отвалом, достигая 1050 г/м². Средние запасы фитомассы достигают 214 г/м². В данном случае запасы надземной фитомассы преобладают над запасами подземной, в среднем в 2 раза. Количество мортмассы здесь так же выше, чем на самозарастающем отвале – 839 г/м². Подобные различия в запасах фитомассы можно объяснить более интенсивными процессами зарастания отвалов, где проводились лесовосстановительные работы. Различия в запасах мортмассы могут быть связаны как с количеством опада, так и с его составом: лиственным на естественно

зарастающем отвале и хвойным – на рекультивированном отвале. Известно, что опад хвойных деревьев в почве разлагается медленнее, чем лиственный и травянистый. На более интенсивные процессы разложения растительного органического вещества на естественно зарастающем отвале, с лиственным опадом, указывают полученные данные по эмиссии CO_2 : 3,5 г С- CO_2 м²/сутки, когда как на отвале с посадками сосны 1,9 г С- CO_2 м²/сутки (табл. 5.2.3).

Таблица 5.2.3

Изменение каталазной активности и продуцирования CO_2 в эмбриоземах гумусово-аккумулятивных

Почва	Глубина, см	Ка см ³ O_2 /1г почвы	г С- CO_2 м ² /сутки
Эмбриозем гумусово-аккумулятивный (Лесовосстановление)	0-3	7,2	1,92
	5-10	1,0	-
Тоже (естественное зарастание)	0-4	9,0	3,52
	4-10	0,4	-

Зарастание отвалов травянистой растительностью проходило интенсивнее на рекультивированном отвале с посадками сосны, т.е. хвойные породы создают условия для развития полноценного травянисто-кустарничкового яруса, в связи с чем, здесь отмечалось большее количество фитомассы по сравнению с естественно зарастающим отвалом. Однако, в отличие от хвойной подстилки, в менее кислой лиственной активнее протекают биологические процессы с участием микроорганизмов. Это подтверждается и полученными данными по эмиссии CO_2 на самозарастающих и рекультивированных отвалах. Таким образом, при проведении лесохозяйственной рекультивации целесообразнее закладывать смешанные лесные насаждения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенными исследованиями установлено, что общей чертой формирования растительного покрова на изученных отвалах является преобладание в составе растительности представителей сорной ценотической группы на начальных этапах самозарастания. На более поздних этапах прослеживается тенденция к уменьшению числа сорных видов и увеличение видового разнообразия растительности. Активными пионерами зарастания на отвалах выступают одно - двулетние вегетативно неподвижные травянистые виды растительности. Наибольшим количеством видов на самозарастающих отвалах представлено семейство *Asteraceae*.

Выявлено несколько стадий формирования фитоценозов: от пионерных на самых ранних этапах самозарастания, которые при неблагоприятных условиях могут сохраняться длительное время, до простых, сложных и замкнутого фитоценоза.

Установлена сингенетичность почвенных и биологических процессов (формирование фитоценозов). В процессе становления растительных сукцессий наблюдается формирование почв от эмбриоземов инициальных до органо-аккумулятивных, дерновых и гумусово-аккумулятивных.

Основные отличия в процессах самозарастания отвалов, сложенных породами различного гранулометрического состава, заключались в длительности существования пионерных группировок и в особенностях формирования древесной растительности.

Анализ показал, что большую часть флоры самозарастающих отвалов Павловского месторождения составляют травянистые многолетники семейств *Asteraceae*, *Poaceae*, и *Fabaceae*. Существенную роль в процессе самозарастания, особенно на его начальном этапе, играет *Equisetum arvense*. Формирование фитоценозов на отвалах участка Восточный, сложенных глинистыми породами, идет по луговому типу, что связано с характером прилегающих растительных формаций и неблагоприятными свойствами тяжелых глинистых пород для прорастания и закрепления семян древесной растительности.

На отвалах, сложенных породами супесчаного состава, при наличии благоприятных форм рельефа (выположенные участки, ложбины и др.) отмечалось активное возобновление древесной растительности, представленной экологически пластичными видами, занесенными с

близлежащих облесенных участков. Формировался полноценный древесный ярус с присутствием лесных видов травянистой растительности. При этом активнее зарастали и склоны отвалов, эрозийные процессы не развивались.

Поэтому для предотвращения процессов эрозии, в условиях муссонного климата наиболее эффективным будет проведение террасирования на отвалах.

Самозарастание отвалов Лучегорского угольного разреза протекает весьма интенсивно. Уже на 8-летних отвалах роль однолетних видов сводится к минимуму, происходит активное возобновление древесной растительности. На 25-летних отвалах отмечено увеличение количества видов растений, среди которых доминируют представители семейства *Fabaceae*.

Обследование растительного покрова рекультивированных участков шахты «Правобережное» показало, что в первые три вегетационных сезона участие древесных и кустарниковых жизненных форм незначительно. Процесс зарастания идет очень медленно и к третьему вегетационному периоду вступает в фазу перехода от пионерных слабосомкнутых микрогруппировок из однолетних растений, в фазу формирования устойчивых к дефициту влаги многолетних видов.

В конце пятого вегетационного периода для всех исследуемых мониторинговых площадок ООО "Правобережное" свойственно возрастание общих запасов фитомассы и значительное увеличение видового разнообразия растительности. Данные условия способствовали развитию почвообразовательных процессов и переходу от инициальной стадии гумусонакопления к органо-аккумулятивной.

Установлено, что на отвалах Реттиховского месторождения зарастание идет по лесному типу. Развитие травянистой растительностью проходило интенсивнее на рекультивированном отвале с посадками сосны. Хвойные породы создают условия для развития полноценного травянисто-кустарничкового яруса, в связи с чем, здесь отмечалось большее количество фитомассы по сравнению с естественно зарастающими отвалами. Однако, в отличие от хвойной подстилки, в менее кислой лиственной активнее протекают биологические процессы с участием микроорганизмов. Это подтверждается и полученными данными по эмиссии CO₂. При проведении лесохозяйственной рекультивации целесообразнее закладывать смешанные лесные насаждения.

Таким образом, даже на территории одного месторождения процессы самозарастания отвалов могут иметь различную скорость и направленность в зависимости от типа прилегающих растительных формаций, гранулометрического состава пород и особенностей рельефа отвалов. Соответственно, при решении вопросов интенсификации процессов самозарастания необходим индивидуальный подход к каждому объекту рекультивации с учетом естественных процессов самовосстановления.

ЛИТЕРАТУРА

- Агрохимические методы** исследования почв. М.: Наука, 1975. 436 с.
- Аринушкина Е.В.** Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.
- Андроханов В.А.** Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция / В.А. Андроханов, Е.Д. Куляпина, В.М. Курачев. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 151 с.
- Андроханов В.А., Курачев В.М.** Принципы оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. Новосибирск, 2009. Т. 16, № 2. С. 165-169.
- Андроханов В.А., Курачев В.М.** Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск.: Изд-во Сиб. отд-ния РАН, 2010. 221 с.
- Анянова Е.В., Крайнова Т.С., Воронов М.П.** Проблема рекультивации земель нарушенных в процессе угледобычи // Научное обозрение. Биологические науки. 2016. № 3. С. 36-46.
- Базилевич Н.И., Титлянова А.А., Смирнов В.В., Родин Л.Е., Нечаева Н.Т., Левин Ф.И.** Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978. 184 с.
- Бараник Л.П.** Лесопосадки на послепромышленных землях в Кузбассе // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, 1974. С. 237–240.
- Безделев А.Б., Безделева Т.А.** Жизненные формы семенных растений российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 2006. 296 с.
- Васильевская В.Д., Григорьев В.Я., Киришкин В.А.** Первичная продуктивность растительности как количественный показатель устойчивости и самовосстановления нарушенных тундровых почв // Вестн. Моск. Ун-та. Сер.17. Почвоведение. 1999. № 3. С. 49 -56.
- Витвицкий Г. Н.** Климат // Южная часть Дальнего Востока. М.: Наука, 1969. С. 70–96.
- Власова Т.В.** Физическая география материков. М., 1968. 417 с.
- Воробьев Д.П., Ворошилов В.Н., Горовой П.Г., Шретер А.И.** Определитель растений Приморья и Приамурья. М.; Л.: Наука, 1966. 491 с.
- Воронов А.Г.** Геоботаника. М: изд-во МГУ, 1973. 383 с.
- Гаджиев И.М., Курачев В.М.** Генетические и экологические аспекты исследования и классификации почв техногенных ландшафтов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1992. 305 с.
- Гельцер Ю.Г., Боров А.А., Гельцер В.Ю.** Некоторые свойства почв при возобновлении леса на нарушенных территориях Подмоскovie // Почвоведение. 1989. № 5. С. 59–64.

Геологический отчет по доразведке Реттиховского бурогоугольного месторождения / На правах рукописи. Артем, 1970. 150 с.

Голеусов П.В., Лисецкий Ф.Н. Воспроизводство почв в процессе формирования молодых геосистем // Проблемы геоэкологии, полезных ископаемых и экологии юга России и Кавказа: Матер. II межд. науч. конф. Новочеркасск, 1999. С. 143-145.

ГОСТ Р 57446-2017. Национальный стандарт Российской Федерации. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия" (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 18.04.2017 N 283-ст). 28 с.

Григорьев В.И., Васильевская В.Д., Погожева Е.А. Оценка и прогноз экологического состояния почвенно-растительного покрова на нарушенных территориях тундр // Почвоведение, 2011. № 3. С. 373–383.

Гришина Л.А. Биологический круговорот и его роль в почвообразовании. М.: изд-во Моск. ун-та, 1974. 128 с.

Гусаченко А.Ю. Оптимизация техногенных ландшафтов Приморского края посредством лесной рекультивации // Растения и промышленная среда: Первая Всесоюз. науч. конф. Днепропетровск, 1990. С. 200–201.

Гусаченко А.Ю. Экореставрация угольных карьеров юга Дальнего Востока / Вестник ДВО РАН. 1992. № 1. С. 32–44.

Гусев А.П. Особенности сукцессий растительности в ландшафтах, нарушенных деятельностью человека (на примере юго-востока Белоруссии) // Сибирский экологический журнал. 2012. № 2. С. 231–236.

Денисов Н.И., Саранчук А.П., Синица А.А. Восстановление растительного покрова на техногенных ландшафтах севера Приморского края (отвалах бурогоугольных месторождений) // Природообустройство. 2016. № 5. С. 114–122.

Двуреченский В.Г. Трансформация морфологических свойств почв Горловского угольного бассейна под воздействием антропогенеза // Живые и биокосные системы. 2020. № 31. С. 3.

Доклад об экологической ситуации 1 // Портал правительства Приморского края (departments/environment/report-on-the-environmental-situation-1.php). Дата обращения 23.03.2023.

Егорова Л.Н., Щапова Л.Н., Ковалева Г.В., Полохин О.В. Почвенные микромицеты техногенных ландшафтов на юге Приморского края // Микология и фитопатология. 2013. Т. 47. № 4. С. 218–222.

Ефимов Д. Ю., Шишкин А. С. Растительный покров рекультивированных отвалов угольных разрезов Канской лесостепи // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16. № 5. С. 190–195.

Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 06.02.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023) // Портал Консультант плюс (https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773).

Ивакина Е. В., Осипов С. В. Естественное и искусственное лесовосстановление в горнопромышленных ландшафтах Дальнего Востока России // Сибирский лесной журнал. 2016. № 2. С. 6–21.

Ивакина Е. В., Якубов В. В., Осипов С. В. Сосудистые растения участка угледобычи «Лузановский» (российский Дальний Восток) // Сибирский экологический журнал. 2013. № 2. С. 239–252.

Ивашильников Ю.К. Физическая география Дальнего Востока России (районирование, характеристика природных стран и провинций). Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1999. 326 с.

Ивлев А.М., Крупская Л.Т., Дербенцева А.М. Техногенное разрушение почв и их воссоздание (учебное пособие). Владивосток: Изд-во Дальневосточного университета, 1998. 68 с.

Информация о рекультивации земель // Портал Росприроднадзор (<https://rpn.gov.ru>). Дата обращения 31.03.2023.

Исаченко А.Г. Ландшафты СССР. Л., 1985. 136 с.

Канрашин Е. Р. Сингенез и продуктивность естественной растительности и полукультур фитоценозов на отвалах угольных разрезов Кузбасса // Почвообразование в техногенных ландшафтах. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1979. С. 163–171.

Киселева И.В., Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Почвообразование в техногенных ландшафтах Приморья: монография. Владивосток. Изд-во: ДВФУ, 2016. 126 с.

Киселева И.В., Перепелкина П.А., Бурдуковский М.Л., Пуртова Л.Н. Особенности развития почвеннорастительного покрова на отвальных породах различного состава в Приморском крае // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 11–1. С. 90–93.

Колесников Б.П. Растительность // Природные условия и естественные ресурсы СССР. Южная часть Дальнего Востока. М.: Наука, 1969. С. 206–250.

Колесников Б.П., Махонина Г.И., Чибрик Т.С. Естественное формирование почвенного и растительного покровов на отвалах Челябинского бурого угольного бассейна // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1976.

Комачкова И.В., Пуртова Л.Н. Гумусное состояние и энергезапасы почв техногенных ландшафтов Приморья // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 3 (19). С. 7–17.

Коронатова Н.Г., Миляева Е.В. Сукцессия фитоценозов при зарастании выработанных карьеров в подзоне северной тайги Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2011. № 5. С. 697–705.

Коросов А.В. Основы биометрии: введение в статистический анализ биологических явлений и процессов / Э.В. Ивантер, А.В. Коросов. - Петрозаводск, 1992. 168 с.

Короткий А.М., Кулаков А.П., Никонова Г.И. Основные черты рельефа юга Дальнего Востока // Особенности почвообразования в зоне бурых лесных почв. Владивосток, 1967. С. 12–16.

Костенко И.В., Опанасенко Н.Е. Почвообразование на отвалах сульфидных шахтных пород Западного Донбасса при их зарастании // Почвоведение. 2005. № 11. С. 1357–1365.

Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Биологическая рекультивация пород угольных отвалов. Владивосток, 2007. 99 с.

Костенков Н.М., Комачкова И.В., Пуртова Л.Н. Почвы техногенных ландшафтов Приморья (Лучегорский и Павловский угольные разрезы) // Почвоведение. 2013. № 11. С. 1283–1293.

Костенков Н.М., Пуртова Л.Н., Верхолат В.П. Растительность и запасы органического вещества в фитоценозах техногенных ландшафтов (на примере Лучегорского угольного разреза Приморского края) // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2011. № 4(158). С. 73–80.

Костенков Н.М., Пуртова Л.Н. Формирование органического вещества почв техногенных ландшафтов и их классификация // Современные почвенные классификации и проблемы их региональной адаптации: Матер. Всерос. науч. конф. Владивосток, 2010. С. 156–159.

Клевенская И.Л., Быкадорова Л.В. Биологические и экологические аспекты фиксации азота почвенными микроорганизмами // Проблемы сибирского почвоведения. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1977. С. 186–200.

Крупская Л.Т. Техногенное разрушение почв на горных предприятиях юга Дальнего Востока России и их рекультивация: дис. ...д-ра биол. наук. Хабаровск, 1994. 322 с.

Куприянов А.Н., Морсакова Ю.В. Естественное зарастание отвалов Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2006. № 3(54). С. 48–51.

Курачев В.М. Рекультивация почв техногенных ландшафтов. Проблемы и перспективы исследований // Сиб. вестник с-х. науки. Новосибирск, 1993. №1. С. 98–104.

Куренцова Г.Э. Растительность Приморского края. Владивосток: Дальиздат, 1968. 192 с.

Леднев С.А., Шарапова А.В., Семенов И.Н., Королева Т.В. Растительные сукцессии на отвалах угольных шахт в лесостепи тульской области // Известия РАН. Серия географическая. 2020. том 84. № 2. С. 239–245. DOI: 10.31857/S2587556620020089.

Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 29.12.2022) // Портал Консультант плюс (https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299).

Манаков Ю.А., Стрельникова Т.О. Куприянов А.Н. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса. Новосибирск. 2011. 168 с.

Малютенко Г.А., Никольская В.В. Естественные процессы развития и рекультивации рельефа отвалов Райчихинского бурого угольного месторождения // Природа и человек. Владивосток, 1973. С. 142–149.

Махонина Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала / Г.И. Махонина. Екатеринбург, 2003. 356 с.

Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Звягинцева. М: МГУ, 1991. 304 с.

Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А. Физическая география СССР. М., 1975. 447 с.

Миropyчева-Токарева Н.П. Динамика растительности при зарастании отвалов (на примере КАТЭКа). Новосибирск: Наука, 1996. 172 с.

Новикова Е.В., Малышев Ю.Н. К вопросу ускоренной биологической рекультивации в гумидных условиях // Ускоренная рекультивация земель с использованием высокоэффективной биотехнологии. Пермь, 1988. С. 57–61.

Осипов С.В., Ивакина Е.В. Опыт флористического анализа сукцессий растительности на основе изучения антропогенных ландшафтов // Ботанический Журнал. 2017. Т. 102. № 7. С. 909–922.

Осипов С.В., Черданцева В.Я., Галанина И.А., Якубов В.В. Видовой состав и эколого-ценотические спектры сосудистых растений, мхов и лишайников на участках золотодобычи в таежной зоне Нижнего Приамурья (Дальний Восток) // Сибирский экологический журнал. 2008. № 4. С. 553–569.

Патова Е.Н., Кулюгина Е.Е., Денева С.В. Процессы естественного восстановления почв и растительного покрова на отработанном угольном карьере (большеземельская тундра) // Экология. 2016. № 3. С. 173–179. DOI:10.7868/S0367059716020116.

Полохин О.В. Специфика преобразования минеральных форм фосфатов при почвообразовании в техногенных ландшафтах // Сибирский экологический журнал. 2007. Т. 14. № 5. С. 843–849.

Полохин О.В. Принципы, задачи и методы диагностики экологического и хозяйственного состояния нарушенных экосистем дальневосточного региона России // Современные исследования в естественных науках: Материалы II Международной научной конференции. Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2015. С. 194–198.

Полохин О.В., Клышевская С.В. Особенности микроэлементного состава почв техногенных ландшафтов в районах добычи бурого угля (Приморский край) // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2015. № 2 (180). С. 25–32.

Полохин О.В. Почвообразование на отвалах Липовецкого месторождения южного Приморья // Успехи современной науки. 2016. Т. 11. № 12. С. 105–107.

Полохин О.В. Особенности формирования почвенного и растительного покрова техногенных ландшафтов Приморского края // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11452> (дата обращения: 19.04.2022).

Полохин О.В. Органическое вещество автономных и гетерономных почв техногенных ландшафтов юга Приморского края // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 12. С. 21–25.

Пуртова Л.Н. Энергозапасы почв и устойчивость техногенных ландшафтов юга Приморья // Вестник КрасГАУ. 2011. № 9. С. 42–47.

Пуртова Л.Н., Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Почвы Среднего Приамурья. Владивосток, Дальнаука, 1996., С. 104.

Пуртова Л.Н., Шапова Л.Н., Комачкова И.В. Продуктивность растительности и процессов гумусонакопления в почвах техногенных ландшафтов юга Приморья // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2010. № 4 (152). С. 62–68.

Пуртова Л.Н., Костенков Н.М., Верхолат В.П. Почвенно-растительный мониторинг на техногенных ландшафтах Приморья (на примере рекультивируемых участков угольных шахт) // Фундаментальные исследования Биологические науки. 2013. № 11. С. 108–114.

Пономарева В.В. Условия водно-минерального питания растений как главный фактор фитоценогенеза и почвообразования // Почвоведение. 1984. № 8. С. 29–38.

Пономаренко С.В. Развитие профиля на начальных стадиях почвообразования: автореф. канд. дис. М., 1986. 18 с.

Родаева В.В. Восстановление растительного покрова на отвалах бурогольных месторождений южного Приморья: дис. канд. биол. наук. Уссурийск, 2004. 151 с.

Российская промышленность на четверть увеличила негативное воздействие на почву // Портал Finexpertiza (<https://finexpertiza.ru/press-service/researches/2022/neg-vozd-na-poch>). Дата обращения 23.03.2023.

Саранчук А.П., Хайлова О.В. Опыт создания лесных культур на отвалах Лучегорского угольного разреза Приморского края // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2012. № 1. С. 84–86.

Сибирин Л.А., Полохин О.В., Жабько Е.В. Начальные этапы формирования растительного покрова на техногенных экотопах Приморского края // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 1 (6). С. 1539–1542.

Смоленцева Е.Н. Опыт применения общих и частных коэффициентов для оценки степени дифференциации профиля гетерономных почв // Сибирский экологический журнал. 2007. № 5. С. 855–858

Степанько А.А. Агрогеографическая оценка земельных ресурсов и их использование в районах Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ДВО РАН, 1992. 114 с.

Сукцессии и биологический круговорот / А.А. Титлянова, Н.А. Афанасьев, Н.Б. Наумова и др. Новосибирск: Наука. Сиб. издат. фирма. 1993. 157 с.

Таргульян В.О. Развитие почв во времени // Проблемы почвоведения. М., 1982. С. 108–113.

Трегубова Г.А. Рекультивация отвалов Райчихинского месторождения // Почвоведение. 1974. № 1. С. 121–124.

Трефилова О.В., Ефимов Д.Ю., Оскорбин П.А., Мурзакматов Р.Т. Фитомасса растительных сообществ на отвалах угольных разрезов юга Средней Сибири // Сибирский лесной журнал. 2016. № 6. С. 38–48.

Трофимов С.С., Наплекова Н.Н., Кандрашин Е.Р., Фаткулин Ф.А., Стебаева С.К. Гумусообразование в техногенных экосистемах. Новосибирск, 1986. 166 с.

Фаткулин Ф.А., Махонина Г.И. Органическое вещество молодых почв Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. С. 84-98.

Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972. 423 с.

Чибрик Т.С., Глазырина М.А., Лукина Н.В., Филимонова Е.И. Изучение фитоценозов техногенных ландшафтов: учеб пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 166 с.

Чибрик Т.С. Елькин Ю.А. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях. Свердловск: УрГУ, 1991. 220 с.

Шарков И.Н. Сравнительная характеристика двух модификаций абсорбционного метода определения дыхания почв // Почвоведение. 1987. № 10. С. 153–157.

Шенников А.П. Луг. БСЭ, изд. 2, т. 25, 1954. 443 с.

Шляхов, С.А. Техногенные поверхностные образования в местах золотодобычи на Буреинском нагорье. Владивосток, 2002. 36 с.

Vini C. Plants growing on abandoned mine sites: a chance for phytoremediation // Geophysical Research Abstracts. Vol. 7. 02329. 2005.

Carasco J.A., Armario P., Pajuelo E. Isolation and characterization of symbiotically effective *Rhizobium* resistant to arsenic and heavy metals after he toxic spill at the Aznalcollar pyrite mine // Soil Biol. Biochem. 2005. Vol. 6. N 37. P. 1131–1140.

Chu, Zx., Wang, Sc. & Wang, Xm. Distribution pattern and limiting factors of vegetation in coal waste pile of Xinzhuangzi coal mine in Huainan. // Journal of Coal Science and Engineering (China). 2012. N 18. pp. 413–417. DOI: 10.1007/s12404-012-0414-3.

Emmer I.M. Humus form and soil development during a primary succession of monoculture *Pinus sylvestris* forests on poor sandy substrates. Amsterdam, 1995. 135 p.

Johnson M.S., Cooke J.A., Stevenson J.K.W, Hester R.E., Harrison R. M. Revegetation of metalliferous wastes and land after metal. // Mining and its

environmental impact. Royal Society of Chemistry, Cambridge, United Kingdom. 1994. pp. 31–48.

Klaas, G.J.N., Man Lagen B., Buurman P. Composition of plant tissues and soil organic matter in the first stages of a vegetation succession. *Geoderma*. 2001. N 100. P. 1–24.

Lei H., Peng Z., Yigang H. et al. Vegetation and soil restoration in refuse dumps from open pit coalmines // *Ecol. Engineering*. 2016. V. 94. pp. 638–646.

Li M. & Li Z. & Li S. & Karsten L. Interspecific association of dominant species in naturally colonized plant communities on coal gob piles of the Yangquan mining area in Shanxi, China // *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*. Vol. 21. N 6. pp. 1143–1149. DOI: 10.3724/SP.J.1145.2015.04019.

Liu L., Jia J., Xu G. Effects of soil properties on vegetation restoration in coal-gangue pile in Yima area, China // 2011 International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering. pp. 1155–1159. DOI: 10.1109/RSETE.2011.5964485.

Prach, K., Lencova, K., Rehounkova, K., Dvorakova H., Jirova A., Konvalinkova P., Mudrak O., Novak J., Trnkova R. Spontaneous vegetation succession at different central European mining sites: a comparison across seres // *Environmental Science and Pollution Research*. 2013. N 20. pp. 7680–7685. DOI: 10.1007/s11356-013-1563-7.

Pratas J., Prasod M.N.V., Frietas H. Plants growing in abandoned mines of Portugal are useful for biogeochemical exploration of arsenic, antimony, tungsten and mine reclamation // *J. Geochem. Explor.* 2005. Vol. 171. P. 191–198.

Sokolov D.A., Androkhonov V.A., Abakumov E.V. Soil formation in technogenic landscapes: trends, results, and representation in the current classifications (Review) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2021. №. 56. С. 6–32. doi: 10.17223/19988591/56/1

Wierzbicka M., Pieliowska M. Adaptation of *Biscutella laevigata L.*, a metal hyperraccumulation, to growth on a zinc-lead waste heap in southern Poland // *Chemosphere*. 2004. Vol. 54. P. 1663–1674.

Zhao-Xia C., Shunmin W., Xingming W. Distribution pattern and limiting factors of vegetation in coal waste pile of Xinzhuangzi coal mine in Huainan // *Journal of Coal Science and Engineering (China)*. 2012. Vol. 18. N 4. pp. 413–417. DOI: 10.1007/s12404-012-0414-3.

Zhao Y., Zhang P., Hu Y., Huang L. Effects of Re-vegetation on Herbaceous Species Composition and Biological Soil Crusts Development in a Coal Mine Dumping Site // *Environmental Management*. 2016. Vol. 57. N 2. pp. 298–307. DOI: 10.1007/s00267-015-0607-9.

ПРИЛОЖЕНИЕ



А



Б

Рис. 1. А. Общий вид 8-летнего отвала на участке Северная депрессия Павловского месторождения; Б. Площадка для определения запасов фитомассы и почвенный разрез в транзитной позиции (склон).



А



Б

Рис. 2. А. Общий вид 15-летнего отвала на участке Северная депрессия Павловского месторождения; Б. Площадка для определения запасов фитомассы и почвенный разрез в транзитной позиции (склон)



Рис. 3. Площадка для определения запасов фитомассы и почвенный разрез в аккумулятивной позиции (терраса) 15-летнего отвала участка Северная депрессия



Рис. 4. Элювиальная позиция (вершина) 15-летнего отвала участка Северная депрессия



А



Б

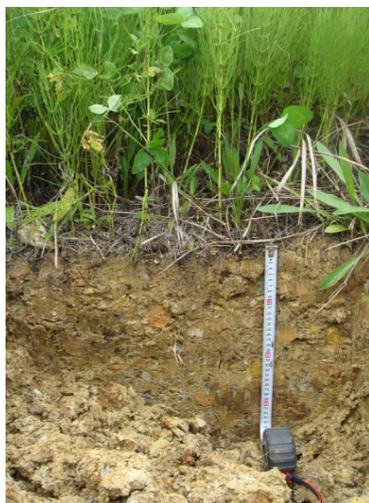


Рис. 5. А. Общий вид 16-летнего отвала на участке Восточный Павловского месторождения; Б. Площадка для определения запасов фитомассы и почвенный разрез в транзитной позиции отвала (склон).



Рис. 6. Общий вид отвалов Реттиховского месторождения.



А



Б

Рис. 7. Почвенные разрезы на 30-летних отвалах: А. Эмбриозем инициальный; Б. Эмбриозем органо-аккумулятивный.



Рис. 8. Общий вид самозарастающих отвалов Бикинского месторождения: А. 1–2-летние отвалы. Б. 25-летний отвал.



Рис. 9. Экологическое состояние площадки № 1 и учетная площадка для определения запасов фитомассы на отвале Партизанского месторождения.



Рис. 10. Экологическое состояние площадки № 2 и учетная площадка для определения запасов фитомассы на отвале Партизанского месторождения.



Рис. 11. Экологическое состояние площадки № 3 и учетная площадка для определения запасов фитомассы на отвале Партизанского месторождения.



Рис. 12. Экологическое состояние площадки № 4 и учетная площадка для определения запасов фитомассы на территории лесного склада Партизанского месторождения.



Рис. 13. Экологическое состояние площадки № 5 и учетная площадка для определения запасов фитомассы на территории угольного склада Партизанского месторождения.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
Глава 1. ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ	8
1.1. Изученность процессов самозарастания и почвообразования в техногенных ландшафтах.....	8
1.2. Состояние рекультивации техногенных ландшафтов в Приморском крае.....	16
Глава 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	31
Глава 3. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЯ...	34
Глава 4. ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ОТВАЛАХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	38
4.1. Почвообразование и самозарастание на отвалах Павловского месторождения.....	38
4.2. Формирование естественного почвенно-растительного покрова на отвалах Реттиховского месторождения.....	54
4.3. Особенности самозарастания отвалов Бикинского угольного месторождения.....	61
Глава 5. ОСОБЕННОСТИ ЗАРАСТАНИЯ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ОТВАЛАХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	67
5.1. Мониторинг растительного и почвенного покрова рекультивируемых участков Партизанского месторождения.....	67
5.2. Формирование растительности и запасов фитомассы на рекультивированных участках отвалов Реттиховского месторождения....	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	90
ЛИТЕРАТУРА.....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	102

Научное издание

Киселева Ирина Владимировна,
Пуртова Людмила Николаевна,
Полохин Олег Викторович

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО И
РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПРИ САМОЗАРАСТАНИИ И
РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГА
ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

Монография

*Отпечатано с оригинал-макета,
подготовленного И.В. Киселевой в ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН,
минуя редподготовку в издательстве*

Подписано в печать 12.07.2023 г.
Формат 60×84 / 16. Усл. печ. л. 6,28.
Тираж 500 экз. (1-й завод 1-25) Заказ 225.

Дальневосточный федеральный университет
690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10.

Отпечатано в Дальневосточном федеральном университете
690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10.
(Типография Издательства ДВФУ, 690091, г. Владивосток, ул. Пушкинская, 10)