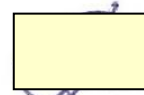


**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

На правах рукописи



БРАГИНА Полина Сергеевна

**ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ НА ОТХОДАХ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ
ПРЕДПРИЯТИЙ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

25.00.23 – физическая география и биогеография, география почв и геохимия
ландшафтов

**Диссертация
на соискание ученой степени кандидата географических наук**

Научный руководитель
доктор биологических наук, профессор М.И. Герасимова

Москва – 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПОЧВАХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ В РАЙОНАХ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР).....	10
1.1. Особенности формирования почв и техногенных поверхностных образований на отвалах и хвостохранилищах	10
1.2. Свойства техногенных поверхностных образований и почв	14
1.3. Подходы к классификации почв и техногенных поверхностных образований на отвалах и хвостохранилищах	16
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	23
2.1. Методы исследования.....	24
2.2. Физико-географические условия района исследований.....	26
2.3. Объекты исследования	28
2.4. Технология формирования отвалов и хвостохранилищ.....	29
2.5. Факторы почвообразования на техногенных объектах	32
2.5.1. Рельеф.....	32
2.5.2. Горные породы	36
2.5.3. Климат	42
2.5.4. Растительность	45
ГЛАВА 3. ПОЧВЫ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ	56
3.1. Фоновые почвы	56
3.2. Почвы и техногенные поверхностные образования угольных отвалов.....	58
3.2.1. Свойства техногенных поверхностных образований на угольных отвалах	58
3.2.2. Свойства почв на угольных отвалах.....	61
3.3. Почвы и техногенные поверхностные образования хвостохранилищ железорудных обогатительных фабрик.....	67
3.3.1. Свойства техногенных поверхностных образований на хвостохранилищах	67
3.3.2. Свойства почв на хвостохранилищах.....	70
ГЛАВА 4. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ И ТЕХНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ.....	75
4.1. Классификация техногенных поверхностных образований	75
4.2. Классификация почв	77
ГЛАВА 5. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	83
5.1. Почвенный покров угольных отвалов.....	84
5.2. Почвенный покров хвостохранилищ железорудных обогатительных фабрик.....	86
ГЛАВА 6. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ.....	90
6.1. Подходы к определению и группировке элементарных почвообразовательных процессов	90
6.2. Диагностика почвообразовательных процессов на объектах исследования.....	93
6.2.1. Метаморфизм органического вещества	93
6.2.2. Метаморфизм минерального вещества	98
6.2.3. Переорганизация твердой фазы субстратов	103

6.2.4. Миграция вещества	105
6.2.5. Цементация	108
6.2.6. Оглеение.....	110
6.3. Распространение элементарных почвообразовательных процессов.....	111
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	115
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	117
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПОЛЕВЫЕ ОПИСАНИЯ ПОЧВ И ТПО	128
Байдаевский отвал.....	131
Калтанский отвал	142
Абагурское хвостохранилище.....	147
Мундыбашское хвостохранилище.....	153

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Добыча и обработка полезных ископаемых являются важными элементами экономики России, при этом, несмотря на экономические выгоды, приносимые предприятиями данных отраслей, их работа, зачастую оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Так, при добыче угля открытым способом из оборота изымаются значительные площади земель, происходит изменение гидрогеологических условий, в отвалы на поверхности выносятся вскрышные и вмещающие породы, неустойчивые в гипергенных условиях. Предприятия по обработке полезных ископаемых являются источником выбросов и сбросов, а их отходы занимают большие площади.

Побочные технологические продукты, такие как вскрышные и вмещающие породы, а также остатки пород после обогащения на большинстве предприятий не используются и складировются в специальные хранилища (отвалы, хвостохранилища, шламоохранилища и др.). В настоящее время, по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, общая площадь отходов в России составляет 4 млн. га, кроме того, ежегодно под них выделяется около 0,4 млн. га. На долю предприятий по добыче полезных ископаемых приходится более 90% отходов, при этом переработке подвергается лишь 40% из них (www.rpn.gov.ru).

На территории Кемеровской области с высокой плотностью горнодобывающих предприятий, площадь земель, нарушенных в процессе добычи полезных ископаемых, по данным на 2006 г., составляет 91,7 тыс. га (Манаков, 2008). Наибольший вклад вносят предприятия по добыче и обогащению угля и железной руды, локализованные в средней и южной частях области.

С увеличением темпов накопления промышленных отходов все более остро встают проблемы рекультивации и восстановления нарушенных земель, тесно связанные с вопросами первичного почвообразования. Породы, поступающие в отвалы и хвостохранилища, выступают в роли почвообразующих, от их свойств зависят направление и скорость образования почв и формирования почвенного покрова. Сразу после отсыпки отвалов и наполнения хвостохранилищ на них присутствуют лишь непочвенные техногенные поверхностные образования (ТПО), являющиеся предшественниками почв. В.М. Фридланд называл их «парапочвами» (Фридланд, 1982). По мере развития растительности, а также протекания процессов выветривания, дифференциации и миграции веществ, ТПО постепенно приобретают свойства почв. В связи с этим, возникает ряд актуальных научных и научно-прикладных задач связанных с классификацией почв, формирующихся на отходах горнодобывающих предприятий; разработкой критериев разделения непочвенных и почвенных образований; рассмотрения протекающих в них почвообразующих процессов и их сравнения на разных типах объектов и в различных природных зонах.

Многие из перечисленных выше задач решаются отечественными и зарубежными исследователями. В России работы по изучению почв на отходах горнодобывающих предприятий ведутся во многих регионах: Кемеровская область (Кузнецкий угольный бассейн) (Андроханов и др., 2004, 2005б; Глебова, 2005, Соколов и др., 2012); Красноярский край (Канско-Ачинский угольный бассейн) (Миронычева-Токарева, 1998), Пермский край (Кизеловский угольный бассейн) (Солнцева, Никифорова, 1984; Максимович, Хайрулина, 2011), Ростовская область (Донецкий угольный бассейн), Московская и Тульская области (Подмосковный угольный бассейн) (Солнцева, Никифорова, 1984; Солнцева и др., 1992), Белгородская и Курская области (Курская магнитная аномалия) (Гонеев и др., 2011; Фильчаков, 2008), Ленинградская область (Абакумов, Гагарина, 2006). За рубежом исследования по данной тематике проводятся в Чехии (Frouz et. al., 2013), Польше (Misz-Kennan, Fabiańska, 2013), Франции (Huot, 2013), Австралии (Carras et.al., 2009); Украине (Панов, Проскурня, 2002), Индии (Chaubey et.al., 2012), США (Sloss, 2013); Китае (Sun, 2009).

Кемеровская область была выбрана в качестве региона исследования в связи с высокой плотностью горнодобывающих предприятий и расположением их отходов в различных природных зонах. Наибольшее внимание в диссертационной работе уделялось сравнению факторов почвообразования, свойств почв и процессов на техногенных объектах в различных природных зонах; выявлению различий между разными типами хранилищ отходов (отвалами и хвостохранилищами).

Цель и задачи. Основная цель работы – выявить особенности процессов формирования почв на угольных отвалах и железорудных хвостохранилищах в лесостепной и горно-таежной зонах Кемеровской области.

Решались следующие задачи:

- сравнить факторы почвообразования на отвалах и хвостохранилищах в лесостепной и горно-таежной зонах, определить их значимость для развития процесса почвообразования;
- изучить свойства почв и ТПО, определить черты их сходства и различий на однотипных техногенных объектах в разных природных зонах;
- выявить протекающие в почвах и ТПО элементарные почвообразовательные процессы на основе комплекса методов: морфологического, в том числе мезоморфологического, химико-аналитического и сравнительно-географического;
- определить классификационное положение почв и ТПО отвалов и хвостохранилищ в формате новой классификации почв России.

Материалы и методы исследования. Исследования основывались на методологии, разрабатываемой отечественными и зарубежными учеными для изучения техногенных почв (сотрудников лаборатории рекультивации Института почвоведения и агрохимии Сибирского Отделения РАН (ИПА СО РАН): В.М. Курачев, В.А. Андроханов, И.М. Гаджиев, Ф.К. Рагимзаде и многих других; Г.И. Моторина, Л.В. Етеревская, Н. Huot, J-L. Morel, L. Uzarowicz, S. Skiba); геохимии техногенных ландшафтов (Н.П. Солнцева, Е.М. Никифорова, Н.Е. Рубилина, Ю.А. Проскурня, Б.С. Панов); классификации почв (В.Д. Тонконогов, М.И. Герасимова, М.Н. Строганова, Т.В. Прокофьева и др.); почвообразующих процессов (И.П. Герасимов, А.А. Роде, М.А. Глазовская, В.О. Таргульян). В основу диссертации легли собственные материалы, собранные в ходе нескольких полевых сезонов (2009, 2010, 2013 г.). Для обработки данных использовались географические, геохимические, картографические и статистические методы, а также метод микроскопии.

Научная новизна работы. В работе впервые комплексно изучены различия процессов почвообразования на контрастных техногенных объектах – отвалах и хвостохранилищах, расположенных «попарно» в разных природных зонах; дано сравнение факторов почвообразования, характерных для разных типов техногенных объектов; выявлены ключевые свойства техногенных почв и ТПО. Впервые применен метод мезоморфологического анализа для изучения техногенных почв и идентификации идущих в них почвообразовательных процессов. Определены протекающие в техногенных почвах элементарные почвообразовательные процессы, проведено их сравнение. Оценено пространственное распространение разных групп элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП), выявлены наиболее благоприятные для развития почв и растительного покрова участки отвалов и хвостохранилищ. Для классификации почв и ТПО в рамках существующей «Классификации и диагностики почв России» (2004) и «Полевого определителя почв» (2008) предложены: выделение типов техногенных почв в отделе слаборазвитых, их дальнейшее разделение до уровня разряда; разделение ТПО до уровня рода.

Личный вклад соискателя и степень достоверности результатов. Автором осуществлен весь комплекс полевых работ (почвенное картографирование техногенных объектов, опробование почв), заложено 26 почвенных разрезов; выполнены аналитические работы (определение pH, органического углерода (Сорг), подвижного фосфора, подвижного калия и тяжелых металлов в почвах); проведено мезоморфологическое (микроскопическое) исследование 91 образца почв; интерпретированы и визуализированы полевые и лабораторные материалы. Проведено обобщение и анализ литературных данных. Иллюстративный, картографический и табличный материал, если не указано иное, подготовлен автором. Результаты обсуждались в рецензируе-

мых изданиях из перечня ВАК, Web of Science, Scopus, а также на Международных и Всероссийских конференциях.

Положения, выносимые на защиту.

1. На отходах горнодобывающих предприятий Кемеровской области за 30 лет формируются почвы со слабо развитым генетическим профилем, что отличает их от техногенных поверхностных образований. Формирование почв обеспечивается сочетанием благоприятных климатических условий лесостепи и горной черневой тайги со свойствами техногенных субстратов: щебнистых нефитотоксичных угольных отвалов и суглинистых местами засоленных железорудных хвостохранилищ.
2. Зональные различия между техногенными объектами проявляются в составе их почвенного покрова (соотношении площади почв и техногенных поверхностных образований) и характере верхних горизонтов почв. В горно-таежной зоне площадь почв выше и распространены почвы с гумусово-слабо развитым горизонтом, в лесостепной зоне высока доля техногенных поверхностных образований и доминируют почвы с подстильно-торфянистым горизонтом. Различия в почвообразующих субстратах выражены в классификационном положении почв на уровне типа.
3. Для почв и техногенных поверхностных образований характерны 6 групп элементарных почвообразовательных процессов; в почвах процессы выражены на уровне генетических горизонтов, в техногенных поверхностных образованиях – на уровне морфонов. Общими для всех объектов являются процессы миграции, минерального метаморфизма и структурной переорганизации. В техногенных поверхностных образованиях выявлены процессы цементации, в почвах – метаморфизм органического вещества и оглеение.
4. Почвы отвалов и хвостохранилищ отнесены к стволу первичного почвообразования, отделу слабо развитых почв, в котором выделены два типа почв на техногенных субстратах: петроземы техногенные и пелоземы техногенные. Разделение на подтипы производится по признакам наложенных почвообразовательных процессов в минеральных горизонтах и процессов метаморфизма органического вещества в верхних горизонтах. Эволюционные связи почв с техногенными поверхностными образованиями отражаются на уровне рода через свойства субстратов. В систематике техногенных поверхностных образований предложены дополнительные критерии их разделения по особенностям субстратов.

Практическая значимость и реализация результатов работы.

Диссертационная работа является продолжением исследований, проводившихся сотрудниками кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ по

изучению техногенных почв в районах горных разработок в рамках выполнения госбюджетной темы «Природные и антропогенные изменения почв». Номер госрегистрации: 01201154404.

Результаты работы применимы для оценки пригодности техногенных объектов к рекультивации. Выявленные особенности почв и ТПО позволяют предсказать направление их эволюции; устранить или нейтрализовать свойства, препятствующие развитию почвообразования, выявить наиболее благоприятные для развития почв участки техногенных объектов.

Предложенные в работе классификационные подразделения слаборазвитых почв и ТПО могут быть использованы в описании объектов подобного рода, а также при разработке новой версии «Классификации почв России».

В качестве нового метода исследования техногенных почв и их свойств предлагается использовать мезоморфологический метод, который прост в использовании, и позволяет быстро и эффективно изучить не идентифицируемые при обычных морфологических исследованиях свойства и процессы.

Материалы диссертации использовались в учебном курсе кафедры геохимии ландшафтов и географии почв «Антропогенные почвы» географического факультета Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова. Полученные результаты также могут быть учтены при экологической оценке состояния г. Новокузнецк, п.г.т. Мундыбаш и Кемеровской области в целом.

Апробация работы, публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 2 статьи в журналах из перечня ВАК и 2 статьи в журналах из перечня Web of Science/Scopus.

Материалы, положенные в основу диссертации, были представлены на Международных научных конференциях: молодых ученых «Ломоносов» (Москва, 2011, 2013); «Природно-техногенные комплексы: рекультивация и устойчивое функционирование» (Новосибирск-Новокузнецк, 2013); «Soils of Urban, Industrial, Traffic, Mining and Military Areas (SUITMA 7)» (Польша, Торунь, 2013); «First divisional conference of all commissions and working groups of IUSS Division 1 "Soils in space and time"» (Германия, Ульм, 2013); а также на Всероссийской научной конференции «Природа и экономика Кемеровской области и сопредельных территорий» (Новокузнецк, 2014).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения, изложенных на 127 страницах печатного текста, содержит 59 рисунков, 16 таблиц и приложения на 29 страницах. Список литературы насчитывает 173 наименования, в том числе 24 на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю профессору

М.И. Герасимовой за помощь в работе над диссертацией и конструктивную критику; заведующему кафедрой геохимии ландшафтов и географии почв академику РАН Н.С. Касимову и профессору А.Н. Геннадиеву за обсуждение материалов диссертации; А.В. Шараповой, А.С. Цибарт, М.П. Завадской, Е.Б. Двуреченской, Н.Т. Егоровой, В.С. Горбунову, И.С. Семиной за помощь в проведении полевых работ; П.П. Кречетову, Т.М. Диановой, Е.В. Терской, Л.В. Добрыдневой за консультации и помощь в проведении лабораторных анализов; И.А. Ямновой и Л.В. Шванской за проведение рентгеноструктурного анализа; О.И. Глебовой, А.С. Водолееву, Д.А. Соколову, В.А. Рябову за предоставленные литературные материалы; О.А. Никитиной, Д.В. Власову, Д.В. Орданович, Д.Н. Костюку, М.Ф. Верхозиной, С.С. Чернянскому, В.В. Филиппову, Е.С. Шелягиной, С.В. Дудову за поддержку; а также всем сотрудникам кафедры геохимии ландшафтов и географии почв за ценные советы и замечания.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПОЧВАХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ В РАЙОНАХ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

1.1. Особенности формирования почв и техногенных поверхностных образований на отвалах и хвостохранилищах

Почвы и почвоподобные тела на отходах горнодобывающих предприятий представляют собой специфические образования, отличные от естественных почв. Исследование техногенных объектов и почв на них представляет значительный интерес, вследствие ряда характерных особенностей твердофазного материала отходов.

1. Техногенные объекты (отвалы и хвостохранилища) имеют довольно *небольшой и точно датированный возраст*, известный по времени окончания отсыпки отвала или наполнения хвостохранилища. Следовательно, можно определить длительность протекания тех или иных процессов: зарастания отвалов и стадий растительных сукцессий, частных и общих почвообразовательных процессов. При этом техногенные объекты подобного рода довольно широко распространены, что дает возможность построения временных и пространственных рядов. Датированность техногенных объектов широко используется в работах ботаников (Моторина, 1970; Махонина, Чибрик, 1975) и почвоведов (Петров, 2012; Махонина, 2001, 2004; Соколов и др., 2012, Лисецкий, Голеусов, 2011; Абакумов и др., 2005).

2. Относительная молодость техногенных объектов обуславливает *высокую скорость эволюции* почв и биоценозов на них. Окончание отсыпки отработанных пород (вскрышных, вмещающих или переработанных в процессе обогащения) и завершение формирования рельефа отвалов и других типов хранилищ промышленных отходов (горнотехнический этап рекультивации) можно принять за ноль-момент в образовании техногенных почв. Известно, что в начале так называемой эволюционной кривой до момента достижения «плато» или до первого кризиса скорость эволюции очень велика (Геннадиев, 1990; Арманд и др., 1999). При наличии благоприятных условий на ранних этапах формирования техногенных почв высокая скорость развития профиля выражается в структурных преобразованиях (дезинтеграции пород, перераспределении мелкозема по профилю), накоплении органических остатков и образовании гумусового горизонта (Гумусообразование..., 1986; Андроханов и др., 2000, 2004).

3. Субстраты отвалов и хвостохранилищ выступают в качестве почвообразующих пород, но на начальных этапах развития представляют собой техногенные поверхностные образования (ТПО). В определенный момент, после качественных и количественных перестроек, накопления органического вещества ТПО начинают функционировать как почвенные тела. *Пограничное положение* поверхностных образований на отвалах и хвостохранилищах между почвами и ТПО

представляет значительный интерес. Четкого критерия разделения ТПО и почв в настоящее время не предложено, граница между ними довольно размыта и интерпретируется по-разному. В некоторых подходах ТПО не выделяются, а все образования на поверхности техногенных объектов определяются как почвы (Курачев, Андроханов, 2002). Согласно подходу, изложенному в классификации почв России (2004) в ТПО, в отличие от почв, отсутствует четко сформированный генетический профиль. Однако в одной из последних версий классификации WRB к объектам почвенной классификации относится любой материал в пределах 2 м от дневной поверхности, находящийся на контакте с атмосферой (World Reference..., 2015), и в таком случае, граница между почвами и «не почвами» отсутствует.

4. Скорость перехода от техногенного субстрата к почвенному образованию и дальнейшая скорость формирования почв, непосредственно зависит от сочетания факторов почвообразования: пород, рельефа, климата и биоты. Причем, как отмечает Г.И. Махонина, специфика техногенных объектов заключается в том, что в отличие от естественных почв с развитым профилем, *факторы почвообразования* на них можно рассматривать по отдельности и учесть вклад каждого (Махонина, 2004). В некоторых работах антропогенное воздействие предлагается рассматривать как отдельный фактор (Leguédols et.al., 2015).

4.1. В первоначальной Докучаевской формуле все *факторы имеют равный вес*, в то время как в техногенных ландшафтах многими исследователями такой фактор как породы, выносятся на первый план (Гаджиев, Курачев, 1992; Андроханов, 2005). Зачастую породы в отвалах и хвостохранилищах имеют свойства, препятствующие развитию почв на них. Так, в составе пород отвалов в Кизеловском, Подмосковном и Донецком угольных бассейнах присутствует значительное количество токсичных для растений веществ (соединений серы, тяжелых металлов), что существенно замедляет темпы почвообразования на них (Солнцева и др., 1992; Панов, Проскурня, 2002). В Кузнецком бассейне породы отвалов в большинстве своем не токсичны. В субстратах железорудных хвостохранилищ практически повсеместно отмечается присутствие вредных для растений веществ (сульфатов, хлоридов, тяжелых металлов) (Водолеев, 2007; Фильчаков, 2008; Гонеев и др, 2011).

4.2. Так как зарастание техногенных объектов происходит в основном за счет приноса спор и семян растений с соседних участков, то важным является естественное «*окружение*» техногенных объектов. При этом отмечается высокая степень сходства состава растительности на отвалах и зональных сообществах (Манаков, 2012). Наличие в окружении высокопродуктивных ценозов, способствует инокуляции спорами микроорганизмов, почвенных водорослей и диаспорами высших растений (Гумусообразование..., 1986).

5. *Естественное самозарастание* техногенных объектов протекает в три последовательные стадии: пионерная растительная ассоциация, простая и, затем, сложная растительные группировки (Манаков и др., 2009; Миронычева-Токарева, 1998). Смена растительности происходит за счет соседних фитоценозов, увеличивается биомасса и видовое разнообразие (Манаков, 2012, Гумусообразование..., 1986). На первых стадиях сукцессий в заселении отвалов участвуют лишь виды, обладающие широкой экологической амплитудой, а также рудеральные виды, число которых обычно не превышает 5-10. При этом наблюдается зависимость от характера рельефа: чем он сложнее и неоднороднее, тем лучше приживаются растения. На стадии простой растительной группировки происходит усложнение фитоценозов, количество видов возрастает до 30-50, более того, определяется направление будущего развития сообщества (лесное или луговое). Сложные фитоценозы в свою очередь обладают ярусным строением с преимущественным участием зональных видов, растительный покров сомкнут, число видов составляет 20-40 (Манаков и др., 2009). Перечисленные особенности характерны для обоих типов изучаемых техногенных объектов. Однако наибольшее количество работ посвящено изучению растительных сообществ угольных отвалов, развитие растительности на хвостохранилищах изучено слабо.

6. Теоретические основы *биологической рекультивации* были заложены в 70-80-х годах В.В. Тарчевским (1970), Л.В. Моториной, В.А. Овчинниковым (1975), Л.П. Баранником, А.М. Шмоновым (1988). При наличии участков биологической рекультивации на поверхности техногенных объектов, в сукцессиях фитоценозов на соседних нерекультивированных участках появляются виды, использованные для рекультивации. Ее направления зависят от экономических и природных условий; так, в Кузбассе наиболее распространенным является лесохозяйственное; в Донбассе – сельскохозяйственное, за рубежом обычно применяются смешанные направления (лесное, водохозяйственное, рекреационное и др.) (Sloss, 2013). В лесной рекультивации, благодаря усилиям лаборатории рекультивации ИПА СО РАН, Новокузнецкого лесхоза и Кузбасской государственной педагогической академии, были выявлены наиболее пригодные для произрастания на отвалах и хвостохранилищах древесные породы; к ним относятся сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и береза повислая (*Bétula péndula*); на хвостохранилищах хорошо приживаются тополь бальзамический (*Populus balsamifera*) и ива пятитычинковая (*Salix pentandra L.*) (Баранник, Шмонов, 1988; Водолеев, 2007).

7. По мере зарастания техногенных объектов и смены растительных сообществ происходят изменения в *строении почв и почвенного покрова*. На угольных отвалах исследователями выделяется несколько последовательных стадий развития техногенных почв, которые в целом соответствуют сукцессиям растительности (Курачев, Андроханов, 2002). Различия между поч-

вами разных этапов развития заключаются в характере органогенных горизонтов, их мощности, структуре и строении, а также в доминирующих почвообразовательных процессах.

8. Несмотря на молодость, в почвах отвалов и хвостохранилищ протекают *почвообразовательные процессы*, сходные с процессами, имеющими место в естественных почвах. Одним из главных является процесс накопления органического вещества в верхних горизонтах техногенных почв (Uzarowicz, Skiba, 2011). Имеет место и трансформация минерального вещества, включающая образование новых минералов и химических соединений в процессе дезинтеграции первичных минералов (Scholtus et al., 2009). По мере накопления органических остатков и их трансформации в почвах начинаются структурные перестройки, заключающиеся в образовании почвенных агрегатов в верхних частях профилей. Протекают также процессы миграции, цементации, поступления и потери веществ (Huot e.al., 2013; Соколов и др., 2014).

9. *Почвенная фауна, альгофлора и микрофлора* в пределах техногенных объектов представлены довольно слабо, особенно на начальных этапах эволюции. Однако по мере зарастания отвалов и хвостохранилищ видовое разнообразие увеличивается (Frouz, 2008, 2013; Малахова, 2007). Микроорганизмы и почвенная биота играют важную роль в процессах трансформации растительных остатков и образовании гумусовых веществ и во многом определяют физико-химические свойства почвы, интенсивность ее биохимических процессов и скорость круговорота веществ (Богородская и др., 2010).

10. Различия в формировании почв на объектах одного типа (отвалах или хвостохранилищах), но расположенных *в разных природных зонах* обсуждаются в работах отечественных исследователей (Соколов и др., 2014; Солнцева и др., 1984, Андроханов и др., 2004). В зависимости от климатических характеристик природных зон в почвах проявляются те или иные черты, свойственные и природным почвам. Так, в условиях недостаточного увлажнения техногенные почвы отвалов и хвостохранилищ приобретают черты аридных почв, для них характерны низкая влажность и наличие в профилях легкорастворимых солей. При избыточном увлажнении активно протекают процессы миграции минеральных и гумусовых веществ. Помимо этого, различия проявляются в объемах и темпах поступления и трансформации органических остатков, а также образовании гумусовых веществ.

11. Сравнению *разных типов хранилищ отходов* посвящено довольно малое количество работ (Водолеев, 2007; Двуреченский и др., 2011, Артамонова и др, 2011). Литературные данные показывают, что по физическим свойствам субстраты отвалов и хвостохранилищ существенно различаются, что находит отражение в характере и строении почвенного и растительного покровов, почвообразовательных процессах.

1.2. Свойства техногенных поверхностных образований и почв

Почвы и ТПО, формирующиеся на отходах горнодобывающих предприятий, представляют собой пространственно-временной континуум: по мере развития почвообразования ТПО сменяются почвами. Данный процесс протекает постепенно, начинаясь в отдельных локусах, где по мере улучшения качества местообитания, ТПО «превращаются» в почвы. Четкую границу между этими двумя твердофазными телами, соответственно, понятиями провести довольно сложно, вопрос об их разделении является отчасти философским или вопросом договоренности, и представляет собой тему для отдельного исследования с анализом значительного количества морфологических описаний, химических показателей и их статистической обработки.

Поскольку данная задача еще не решена исследователями, разделение почв и непочвенных образований на техногенных объектах в большинстве публикаций не рассматривается. Впервые для обозначения искусственных грунтов и почво-грунтов термин «техногенные поверхностные образования» был предложен И.И. Лебедевой с соавторами (1993). С.А. Тарановым с соавторами (1974) вместо не отражающих генетическое содержание терминов (неразвитые, примитивные, мелкопрофильные, пионерные, антропогенные и т.д.) было предложено название «молодые почвы техногенных ландшафтов». С.С. Трофимов с соавторами для обозначения групп почв, формирующихся под воздействием техногенеза, применяют термин «инициальные» почвы (Гумусообразование..., 1986). В.М. Курачев и В.А. Андроханов (2002) используют термин эмбриоземы.

Широкий спектр техногенных объектов и их распространенность обуславливают значительное многообразие почв и ТПО на них. Несмотря на это разнообразие, для почв и ТПО характерны общие основные свойства, обсуждаемые в статьях и немногих монографиях:

Очевидно, что почвы, в отличие от ТПО, характеризуются присутствием в верхних частях профилей *органического вещества*, в той или иной степени разложившегося; как отмечается во многих исследованиях, темпы гумусонакопления в них очень высоки (Андроханов, 2004; Huot, 2013). Активное образование гумусовых веществ протекает в молодых почвах в течение некоторого периода, длительность которого, по наблюдениям С.С. Трофимова с соавторами, сильно варьирует и зависит от характера техногенного рельефа и состава субстрата (Гумусообразование..., 1986). В первые годы, после поселения первых растений, на поверхности техногенных объектов образуются органогенные горизонты: лесная подстилка, степной войлок, дернина и др., различающиеся в зависимости от преобладающей растительности. Органогенные горизонты характеризуются малой мощностью и степенью разложения. По замечанию Г.И. Махониной (2004), строение этих горизонтов на техногенных объектах расположенных в лесной, лесостеп-

ной и степной зонах, в целом аналогично таковому в зональных почвах, что вызывает известные сомнения.

Со временем, по мере накопления гумусовых веществ, под органогенным горизонтом начинает формироваться гумусовый горизонт, мощность которого зависит от возраста техногенного объекта, физико-химических свойств субстрата и характера растительного покрова. Степень развития гумусового горизонта и его мощность значительно варьируют на разных типах техногенных объектов. Так, на гидроотвалах Курской магнитной аномалии его мощность обычно не превышает 2 см (Щеглов и др., 2001; Двуреченский и др., 2011). На 80-200-летних отвалах разного типа на Урале колеблется в пределах 2-6 см (Махонина, 2004). На 100-летних отвалах Рурского бассейна в Германии достигает 10 см (Field Guide., 2007). На 50-летних отвалах в Северной Дакоте достигает 15 см (Simonson, 1959 цит. по Гумусообразование., 1986). На железорудных гидроотвалах во Франции – 20 см (Huot et. al., 2013).

Содержание гумуса также в значительной степени варьирует. На угольных отвалах, в связи с наличием обломков угля, содержание органического углерода колеблется от 0,1 до 20% и более (Никифорова, Солнцева, 1984; Андроханов и др., 2004). На отходах железорудных обогатительных фабрик, благодаря применению органических веществ при обогащении, содержание гумуса обычно не превышает 5,5-6% (Щеглов и др., 2001; Водолеев, 2007; Huot et. al., 2013). На разновозрастных почвах отвалов разного типа на Урале содержание гумуса составляет не более 3% (Махонина, 2004).

Распределение гумусовых веществ по профилю в молодых почвах соответствует регрессивно-аккумулятивному типу с максимумом в верхней части профиля, что справедливо для всех типов отвалов и хвостохранилищ.

По *физическим свойствам* ТПО и почвы обладают значительным сходством. Так, практически для всех техногенных объектов характерна высокая плотность, обусловленная технологией отсыпки/заполнения, уплотнением пород на горнотехническом этапе рекультивации. На хвостохранилищах плотность субстратов составляет $1,7 \text{ г/см}^3$, а на гидроотвалах железорудного месторождения в Лотарингии, Франция, может достигать $2,9 \text{ г/см}^3$ (Водолеев, 2007, Huot et. al., 2013; Столбоушкин, 2014). Плотность материала отвалов, особенно в первые годы после завершения отсыпки, также велика и достигает $1,8 \text{ г/см}^3$; по мере усадки отвалов и протекания процессов гравитационной дифференциации плотность снижается до $1,1-1,2 \text{ г/см}^3$ (Шипилова, 2012).

Особенностью большинства почв и ТПО отвалов является их высокая каменистость – значительная доля обломков плотных осадочных пород в их составе. Однако встречаются месторождения угля, где вследствие особенностей вмещающих пород, отвалы имеют суглинистый и

песчаный состав, как, например, в Подмосковном бассейне (Шарапова, 2013). Хвостохранилища в большинстве своем характеризуются песчано-пылеватым составом (Двуреченский и др., 2011; Столбоушкин, 2014).

Щелочно-кислотные свойства почв и ТПО также обнаруживают значительное варьирование значений на разных типах техногенных объектов, обусловленное преимущественно свойствами техногенных субстратов. Так, в Подмосковном, Кизеловском и Донецком угольном бассейнах, вследствие присутствия во вмещающих породах значительного количества пирита, реакция среды в отвалах может опускаться до 1,8 единиц pH (Солнцева, Никифорова, 1984; Панов, Проскурня, 2002). В Кузнецком угольном бассейне реакция среды обычно нейтральная или слабощелочная (Андроханов, 2004). Для хвостохранилищ железорудных обогатительных фабрик характерна щелочная реакция среды, однако присутствие обломков пирита и реакция его окисления могут способствовать смещению реакции среды в кислую сторону (Водолеев, 2007; Фильчаков, 2008; Артамонова и др., 2011; Huot e.al., 2013). По мере развития почв на всех типах техногенных объектов, в верхних частях профилей, вследствие поступления органических веществ, отмечается слабое подкисление.

Угольные отвалы, вследствие своего каменистого состава, имеют промывной водный режим, который даже называют провальным (Баранник, Шмонов, 1988). Отвалы наливного типа, в т.ч. хвостохранилища, из-за слоистого сложения, суглинистого состава и наличия водоупорного горизонта обладают периодически водозастойным режимом (Водолеев, 2007).

В горнодобывающих регионах в результате размещения отходов добычи и обогащения происходит техногенная геохимическая трансформация ландшафтов. По геохимическим характеристикам, а также поведению химических элементов техногенные объекты и почвы на них значительно отличаются от естественных ландшафтов (Солнцева, Никифорова, 1972, Шарапова, 2013).

1.3. Подходы к классификации почв и техногенных поверхностных образований на отвалах и хвостохранилищах

Классификация почв на техногенных объектах представляется довольно сложной задачей, так как критерии, применяемые для полнопрофильных почв, не могут быть использованы, вследствие недостаточного проявления тех или иных процессов, малой мощности профиля, необычных свойств субстратов. Рассматриваемые почвы являются молодыми образованиями со слабо сформировавшимися горизонтами, и, согласно Классификации и диагностики почв России (2004), могут быть отнесены к отделу слаборазвитых. Многими исследователями были

предложены собственные классификации техногенных почв, наиболее известные из них представлены в таблице 1.3.1.

Таблица 1.3.1

Характеристика основных особенностей классификаций почв техногенных ландшафтов
(по Е.В. Абакумову, Э.И. Гагариной, 2006, дополнено автором).

Авторы, год (объекты)	Принципы	Таксоны и термины	Главные особенности
1	2	3	4
Л.В. Етеревская и др., 1984 (Техногенные почвы УССР)	Разделение молодых почв без нанесения и с нанесением плодородного слоя, с учетом различных, в т.ч. зональных, условий почвообразования	<i>Типы:</i> литоземы, техноземы <i>Подтипы</i> – степные, лесостепные и т.д. <i>Виды</i> – по степени проявления основного почвообразовательного процесса <i>Подвиды</i> – по мощности гумусированного слоя <i>Разновидности</i> – по содержанию гумуса <i>Варианты</i> – по гранулометрическому составу	Близость классификации к группе факторно-генетических; в основу положены принципы Классификации и диагностики почв СССР (1977); учет широкого спектра свойств и факторов формирования почв.
Н.П. Солнцева, М.И. Герасимова, Н.Е. Рубилина, 1990 <i>Широкий спектр техногенно преобразованных почв (ЕТР)</i>	Субстантивно-генетический подход, понятие матрицы почвенного тела и степени ее нарушения как критерия разделения техногенных почв	<i>Группы почв</i> с максимально разупорядоченной матрицей, с частично разупорядоченной матрицей, с новой природоподобной матрицей	Объединение нарушенных и ненарушенных почв в одну последовательность по степени антропогенного воздействия, без строгой классификационной упорядоченности
В.М. Первушина и др., 1996 <i>Почвы с различными видами техногенных нарушений</i>	Субстантивно-профильный подход	<i>Типы:</i> Антропоземы (почвы с искусственно прерванным развитием), Техноземы (искусственно созданные почвы)	Отделение антропогенного фактора от техногенного
В.И. Терентьев, П.А. Суханов, 1998 <i>Почвы с различными видами техногенных нарушений</i>	Классификация деградированных почв и непочвенных поверхностных образований	<i>Типы:</i> петроземы, новоземы, мортоземы, линоземы, тектоземы (по характеру техногенной почвообразующей породы)	Рассмотрение многообразия почв, образующихся на отходах промышленных предприятий

Таблица 1.3.1 (продолжение)

1	2	3	4
И.М. Гаджиев, В.М. Курачев, 1992, В.М. Курачев, В.А. Андроханов, 2002 <i>Молодые почвы на отвалах разного типа (Кузбасс и КАТЭК)</i>	Профильно- генетическая классификация	<i>Классы:</i> литогенно- неразвитые (элювиоземы), биогенно-неразвитые (эм- бриоземы), техноземы трансформируемые (техно- земы). <i>Типы:</i> инициальные, орга- но-аккумулятивные, дерно- вые, гумусово- аккумулятивные и др.	Довольно полный охват слаборазвитых почв первичного почвообра- зования и искусственно созданных
Классификация антропогенных почв Беларуси (Г.С. Цытрон, Н.И. Смеян, 2008) <i>Почвы с различ- ными видами тех- ногенных наруше- ний</i>	Субстантивно- профильный под- ход	Выделение <i>класса техно- генных</i> почв <i>Типы:</i> рекультивированные почвы в <i>подклассе</i> поверх- ностно- трансформированных; карьерно-литогенные почвы в <i>подклассе</i> нарушенных неполнопрофильных почв	Рекультивированные почвы и почвы забро- шенных карьеров выде- лены на уровне типов

Первая попытка классифицировать техногенные почвы в рамках концепции Классификации и диагностики почв СССР (1977), с учетом эколого-генетических и географических аспектов, принадлежит Л.В. Етеревской с соавторами, которые предложили называть почвы литоземами и техноземами, по отсутствию или наличию в них плодородного слоя; дальнейшее разделение на подтипы осуществлять в зависимости от зональных условий (Етеревская и др., 1984).

Позже были предложены различные названия почв: В.М. Первушина с соавторами (1996) используют термины антропоземы (почвы с искусственно прерванным развитием) и техноземы (искусственно созданные почвы). В.И. Терентьевым и П.А. Сухановым (1998) были обоснованы названия почв на разных типах промышленных отходов (тектоземы, петроземы, новоземы, мортоземы, линоземы).

И.М. Гаджиевым и В.М. Курачевым в 1992 году была разработана профильно-генетическая классификация, которая позднее была дополнена (Курачев, Андроханов, 2002), в ней для обозначения почв используются такие названия как элювиоземы, эмбриоземы и техноземы. Разделение на типы осуществляется по наличию типодиагностических горизонтов.

Для оценки нарушенности техногенных почв и их отклонения от природных эталонов, а также для их классификации Н.П. Солнцевой с соавторами (1990) было предложено понятие почвенной матрицы, где разделение почв происходит по характеру структурной организации матрицы – комплекса свойств твердой фазы слоев и/или горизонтов.

Г.С. Цытроном и Н.И. Смяном разработана классификация почв Беларуси, в которую был включен отдел антропогенно-преобразованных почв (2008). В данном отделе выделен класс техногенных почв, разделение на подклассы ведется по видам воздействия на почвы.

Специфика каждой из перечисленных выше классификаций заключается в том, что их разработка велась применительно к определенным объектам и природным зонам, поэтому достаточно затруднительно их экстраполяция на техногенные объекты, расположенные в других природных условиях. В таких случаях приходится вносить поправки и изменения в авторские системы. Например, в классификации Л.В. Етеревской с соавторами (1984) разделение на типы происходит по наличию на поверхности «насыпного гумусированного почвенного слоя», однако, на практике, в качестве поверхностного слоя при рекультивации часто используют негумусированный материал, обладающий относительно высоким потенциальным плодородием (ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель»).

В международных классификационных системах также существуют подходы к обозначению техногенных почв. Так, в коррелятивной системе WRB (World Reference Base for soil resources) в 2006 году появились Техносоли – новая Реферативная Почвенная Группа, объединяющая почвы, почвенные процессы и свойства которых определяются преимущественно их индустриальным (техническим) происхождением. Техносоли содержат значительное количество артефактов, или запечатаны плотным материалом (созданным человеком и резко отличающимся своими свойствами от природного), или содержат в своем теле геомембраны. К Техносолям отнесены почвы промышленных свалок и отходов (шахтных, хвостохранилищ, грунты насыпей, золы и шлаки). Для дальнейшего разделения используются квалификаторы, представляющие естественные процессы, с одной стороны, и собственно техногенные с другой (World..., 2015). Почвы отвалов и хвостохранилищ соответствуют Spolic Technosols в связи с присутствием в них артефактов (промышленные отходы). Для почв и ТПО отвалов может использоваться квалификатор Technoskeletal, указывающий на их каменистость. Для определения хвостохранилищ применимы такие квалификаторы как Arenic (песчаные) и Fluvic (стратифицированные).

В Классификацию почв США (Soil Taxonomy) антропогенные почвы не включены, однако, Международный комитет по антропогенным почвам (ICOMANTH) активно продвигает их включение в классификацию. Так, на основании 7 циркуляра ICOMANTH, представленного на сайте Департамента Сельского хозяйства США (www.usda.com), почвы угольных отвалов стоит относить к порядку Энтисолей, подпорядку Арентов; почвы, сформированные на намывных хвостохранилищах – к порядку Энтисолей, но к подпорядку Флювентов. Разделение на группы основано на характере поверхностных горизонтов. Предлагается включение в классификацию классов в зависимости от типа антропогенно-перемещенного субстрата (Circular Letter 7., 2010).

В классификации почв ФРГ (1997) в классе Урбиковых Антросолей, который включает практически все антропогенные и антропогенно-измененные почвы (кроме пахотных), выделяются почвы на отложенном субстрате мощностью более 40 см – Депосоли, которые классифицируются по характеру насыпного материала, выступающего в качестве почвообразующей породы. Так, природному субстрату соответствуют Аллосоли, смесям природного и техногенного субстратов – Фиросоли, техногенному субстрату – Техносоли. Среди них по степени развитости выделяются – Сироземы, Регосоли и Рендзины (Mitteilungen..., 1997).

В «Классификации и диагностике почв СССР» (1977) почвы промышленных территорий не рассматриваются, но в «Приложении №3» для почв на переотложенных и антропогенных субстратах мощностью более 30 см выделяется группа (без определения ее таксономической категории), со шкалами для описания обилия антропогенных включений в почвенной массе и рядом других характеристик.

Вопрос о классификации непочвенных поверхностных образований довольно давно обсуждается в работах отечественных ученых, наиболее полная работа по их систематике, до появления новой версии Классификации и диагностики почв России (2004) была проделана В.Д. Тонконоговым (2001), его разработки представлены в этой классификации.

В настоящее время для определения почв и непочвенных образований на территориях, нарушенных добычей полезных ископаемых, может быть использована «Классификация и диагностика почв России» (2004) и «Полевой определитель почв России (2008). Кроме того, стоит принимать во внимание некоторые дополнения, предложенные Т.В. Прокофьевой с группой авторов (2014) для городских почв.

Помимо почв в «Классификации и диагностике почв России» (2004) и в «Полевом определителе почв России» (2008) приводится систематика техногенных поверхностных образований вынесенная за рамки почвенной классификации. К ним относят целенаправленно сконструированные почвоподобные тела, а также продукты хозяйственной деятельности, состоящие из природных и/или техногенных субстратов, к которым можно отнести породы, поступающие в отвалы. Отмечается, что эти образования нельзя считать почвами, так как в них не сформирована система генетических горизонтов. В них могут выделяться слои с разными свойствами, созданные искусственным путем, которые не могут квалифицироваться как генетические горизонты. Техногенные поверхностные образования систематизируются на основе их вещественного состава, используется двухуровневая система таксономических единиц: выделяются группы и подгруппы. Группы ТПО выделяются по потенциальной способности их материала к последующему хозяйственному использованию и возобновлению почвообразования при поселении растительности. Предложено разделение на четыре группы: квазиземы, натурфабрикаты, арти-

фабрикаты, токсифабrikаты (Классификация...,2004). Подгруппы ТПО выделяются на основании вещественного состава слагающего их материала. Разделение подгрупп на более мелкие таксономические единицы не было разработано, но авторами классификации отмечается, что в дальнейшем оно может проводиться по характеру исходного природного материала: рыхлые породы различного гранулометрического состава, щебнистые и скальные породы; по составу органогенного материала; по карбонатности, засолению, а также по проявлению естественных процессов почвообразования.

При начальном почвообразовании, буквально через 2-3 года после окончания отсыпки, при наличии благоприятных условий для развития растительности, на поверхности техногенных объектов начинают появляться признаки органогенных почвенных горизонтов, что отмечалось всеми исследователями независимо от положения в той или иной природной зоне. По-видимому, такие образования следует классифицировать уже как почвы. Возникает вопрос о критериях разделения почв и ТПО на отходах горнодобывающих предприятий. В качестве критериев для разделения почв и ТПО могут быть использованы: наличие органо-аккумулятивного или гумусово-аккумулятивного горизонта, присутствие педогенных преобразований в структуре и/или сложении субстрата; дополнительным показателем может выступать степень развития растительного покрова (его сомкнутость, проективное покрытие).

Обобщая все вышесказанное можно сделать вывод, что ни одна из существующих в настоящий момент классификаций почв не дает возможности охарактеризовать многообразие техногенных почв и поверхностных образований. Поэтому работы по их описанию и систематике имеют большое значение для уточнения и разработки новых критериев диагностики.

Выводы

Почвы и ТПО на поверхности отвалов и хвостохранилищ характеризуются специфическими факторами почвообразования, малым возрастом и высокой скоростью эволюции.

Основные работы по изучению техногенных почв и ТПО направлены на выявление факторов, стимулирующих и ограничивающих развитие почв; вкладу отдельных факторов почвообразования, а также протекающим почвообразовательным процессам. Меньшее внимание уделяется сравнению почвообразования на однотипных техногенных объектах, находящихся в разных природных зонах; практически отсутствуют работы посвященные сравнению процессов формирования почв на разных типах хранилищ отходов. Сравнению свойств почв, формирующихся на объектах разного типа и расположенных в разных природных зонах, посвящено довольно малое число работ. При этом, лучше изучены свойства почв на угольных отвалах, в то время как сведения о почвах хвостохранилищ немногочисленны.

В работах по изучению техногенных почв, вследствие слабого развития их профилей, наибольшее внимание уделяется поверхностным горизонтам: гумусовым веществам в их составе, структурной организации горизонтов и их эволюции. Свойства гумусовых горизонтов используются в большинстве авторских классификаций.

Свойства почв и ТПО на поверхности отвалов и хвостохранилищ варьируют в зависимости от типа техногенного объекта, его возраста и географического положения. На них также оказывает влияние «естественное окружение», наличие участков биологической рекультивации.

Классификация техногенных почв является достаточно молодой, первые попытки их систематизации были предприняты только в 80-х годах. К настоящему моменту разработано несколько вариантов классификации техногенных почв, в т.ч. являющихся частью национальных классификаций Германии, стран ЕС. Стоит отметить, что в большинстве классификаций малое внимание уделяется твердофазным образованиям предшествующих почвам, несмотря на то, что их свойства в большой мере определяют свойства почв. Подобная «научная несправедливость» объясняется тем, что «превращение» ТПО в почвы протекает за небольшой срок и критерии разделения почв и ТПО четко не обозначены. Поэтому в авторских классификациях, как в России, так и за рубежом, образования на поверхности техногенных объектов сразу после завершения их отсыпки или наполнения относятся к почвам.

Критерии для разделения почв на техногенных объектах разработаны недостаточно подробно. В настоящее время ни одна из существующих классификаций не позволяет описать все разнообразие техногенных почв с учетом как зональных, так и технологических их особенностей. В большинстве авторских классификаций основными критериями разделения почв служат особенности строения их верхних горизонтов.

Особенностью многих твердофазных образований на поверхности техногенных объектов также является их пограничное положение между собственно почвами и ТПО, что создает особые трудности при выборе классификационных критериев и вопрос о критериях для этого разделения.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в южной части Кемеровской области (рис. 2.1.1). Объектами были выбраны два породных отвала, сформированные при открытой добыче угля (*Байдаевский* и *Калтанский разрезы*), и два хвостохранилища обогатительных железорудных фабрик (*Абагурской* и *Мундыбашской*) (рис. 2.1.2).



Рис. 2.1.1 Расположение объектов исследования в Кемеровской области

Возраст всех объектов – более 25-30 лет; они располагаются в пределах Кузнецкой котловины и в предгорьях Горной Шории, в двух природных зонах: лесостепной и горно-таежной.

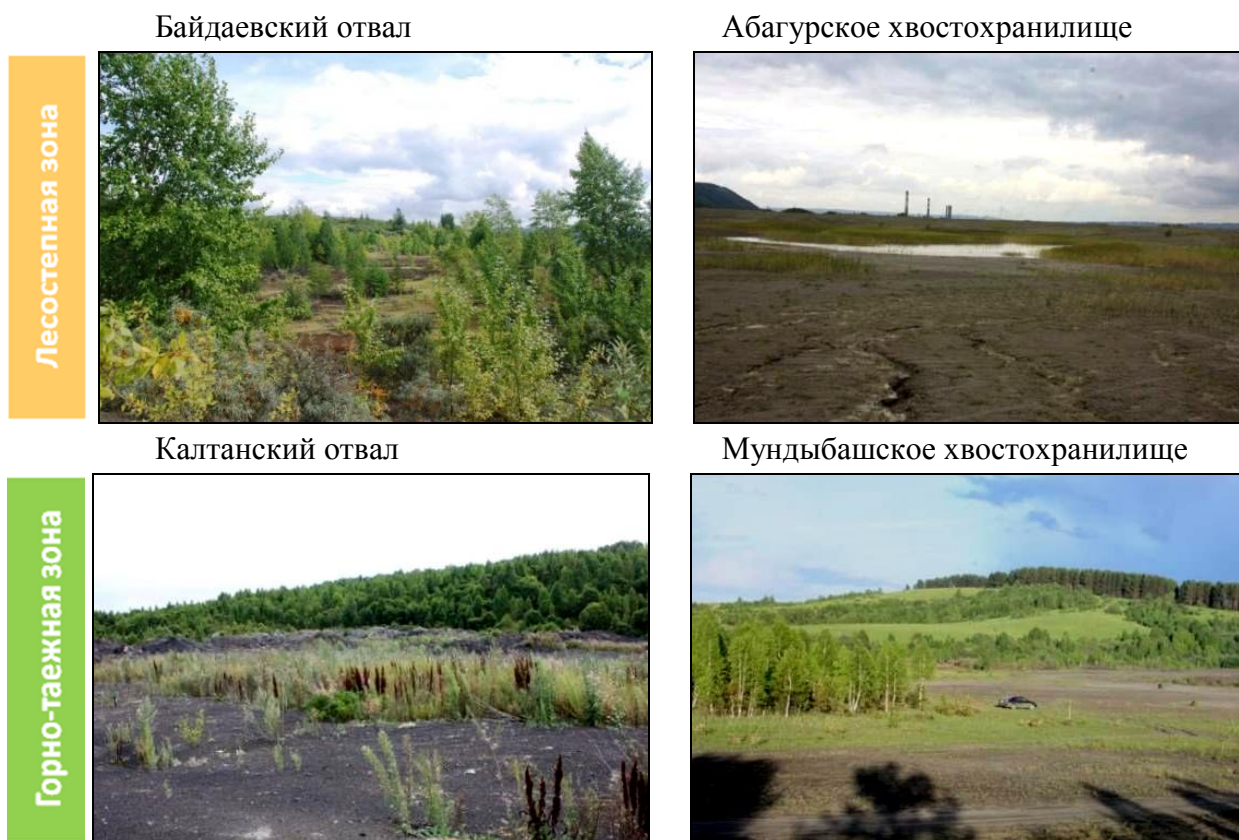


Рис. 2.1.2. Объекты исследования

2.1. Методы исследования

Полевые методы. При проведении полевых работ применялись методы ключевых участков и сравнительно-географический метод. В качестве основного при изучении почв и ТПО отвалов и хвостохранилищ, а также фоновых почв, был использован *метод ключевых участков*: на территориях с характерным индивидуальным сочетанием факторов почвообразования, а также технологических особенностей закладывались почвенные разрезы, проводилось детальное описание морфологических свойств профиля и комплексное описание ландшафтов. Всего было заложено 26 разрезов (в т.ч. 2 фоновых), их описания приведены в Приложении 1.

В техногенных почвах и ТПО образцы для дальнейшего лабораторного анализа отбирались послойно с шагом 10 см и дополнительным отбором из поверхностных горизонтов; в фоновых почвах отбор проб производился из каждого генетического горизонта.

Сравнительно-географический метод использовался для выявления специфики одинаковых техногенных объектов в разных зонах, с одной стороны, и разных объектов в одной и той же зоне, с другой.

Аналитические методы. Лабораторные исследования были проведены автором в эколого-геохимическом центре географического факультета МГУ. В образцах почв определялись актуальная кислотность ($pH_{\text{водн.}}$), содержание легкорастворимых солей (TDS), с использованием потенциометрического метода в водной суспензии на кондуктометре «Seven Easy conductivity

Mettler-Toledo». Содержание органического углерода определялось по методу И.В. Тюрина. Кроме того, был проведен анализ валового содержания микроэлементов (Sr, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb) с использованием рентген-флуоресцентного метода на приборе «Спектроскан-МАКС GV». Для определения содержания калия было решено использовать пламенно-фотометрический метод на пламенном фотометре PFP7 (Jenway). Спектрофотометрический метод использовался для определения содержания фосфатов, измерения проводились на приборе Odyssey DR/2500 (Hach). Для определения качественного состава новообразований на поверхности хвостохранилищ сотрудниками кафедры кристаллографии и кристаллохимии геологического факультета МГУ был выполнен рентгеноструктурный анализ на порошковом рентгеновском дифрактометре АДП-2.

Количество проанализированных каждым методом образцов приведено в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1

Перечень проведенных лабораторных анализов

Определяемый показатель	Метод	Количество образцов почв и ТПО
pH	Потенциометрический	116
TDS		116
Валовой состав	Рентген-флуоресцентный	61
Содержание C_{org}	Метод бихроматной окисляемости И.В. Тюрина	116
Содержание фосфатов	Спектрофотометрический	48
Содержание подвижного калия	Пламенно-фотометрический	48
Минералогический состав гипсовых и железистых новообразований	Рентгеноструктурный	2

Камеральные методы. Обработка полевых материалов проводилась с использованием GIS-методов, все приведенные в работе карты были построены в программе MapInfo, которая также была использована для оценки степени зарастания техногенных объектов на основе космических снимков, представленных на порталах Яндекс Карты и Карты Google.

Для интерпретации результатов анализа валового содержания микроэлементов в почвах и техногенных субстратах были использованы такие геохимические показатели как кларк концентрации $KK = C_n/K$ и кларк рассеяния элементов $KP = K/C_n$, где C_n – содержание элемента в почве/породе (субстрате), мг/кг; K – кларк элемента в земной коре, мг/кг. Величины кларков приведены в таблице 2.1.2.

Таблица 2.1.2

Кларки элементов в земной коре (по Григорьеву, 2009)

Элемент	Sr	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Pb
Кларк в литосфере, мг/кг	270	121	92	17	50	39	75	5,6	17

Полевое изучение морфологических свойств почв было дополнено мезоморфологическими наблюдениями под микроскопом Scope Capture Digital Viewer с 10-60-кратным увеличением, что позволило выявить признаки протекания тех или иных почвообразовательных процессов. Всего был описан 91 образец почв и ТПО.

2.2. Физико-географические условия района исследований

Согласно схеме физико-географического районирования, территория исследований относится к Алтае-Саянской горной стране, Кузнецко-Салаирской области, и разделяется по характеру рельефа на две провинции: горную (Абакано-Шорскую) и равнинную (Кузнецкую), которым соответствуют горно-таежная и лесостепная зоны (Рациональное природопользование..., 1989) (рис. 2.1.1).

Лесостепная зона, в которой находятся *Байдаевский отвал* и *Абагурское хвостохранилище*, расположена в Кузнецкой котловине – межгорной эрозионной равнине, расчлененной густой сетью широких пологосклонных долин малых рек и балок. Абсолютные высоты изменяются от 200 м на севере до 400 м на юге. Котловина сложена мощной толщей осадочных отложений преимущественно палеозойского и мезозойского возраста: песчаниками, аргиллитами, конгломератами, которые чередуются с пластами каменного угля и перекрыты плащом четвертичных лессовидных суглинков мощностью несколько десятков метров (Ильичев, Соловьев, 1988; Геологическая карта Кузбасса, 2004).

Горно-таежная зона, в которой находятся *Мундыбашское хвостохранилище* и *Калтанский отвал*, относится к Кузнецко-Салаирской горной области, горному массиву Горная Шория – возвышенному плато, расчлененному глубокими речными долинами (Воскресенский, 1957). Средние абсолютные высоты варьируют от 500 до 850 м над уровнем моря; высшая точка – гора Мустаг (1570 м). Массив сложен нижнепалеозойскими кристаллическими известняками, доломитами, зеленоватыми песчаниками, сланцами и вулканическими туфами с многочисленными интрузиями гранитов, нефелиновых сиенитов, габбро, гранито-гнейсов (Яворский, 1954; Гвоздецкий, Михайлов 1970). В его северной части широко распространены аргиллиты, алевролиты и песчаники. Четвертичные отложения представлены бурыми бескарбонатными глинами и лессовидными суглинками (Семина, 2015).

Климат района исследований континентальный, среднегодовая температура воздуха в лесостепной зоне составляет +1,2°C, в горно-таежной – поднимается до +1,8°C. Количество осадков довольно существенно различается: в лесостепи за год выпадает 400-500 мм, в то время как в горах в некоторые годы может выпадать до 900 мм (700-800 в среднем). Коэффициент увлажнения равен 1,1-1,4 в лесостепи и 1,7-2,3 в горной тайге. Мощность снежного покрова в лесостепной зоне не превышает 70 см, в горно-таежной зоне может достигать 120-200 см. Снежный

покров в горах держится на несколько недель дольше, чем в равнинной части. Почвы горной тайги, вследствие мощного снежного покрова не промерзают. В лесостепной зоне, вследствие сильных ветров и преобладания открытых, незалесенных пространств, снежный покров сдувается в понижения рельефа, что способствует глубокому промерзанию почв в этой зоне (до 120-180 см) (Трофимов, 1975).

Для южной лесостепи Кузнецкой котловины характерны разнотравно-злаковые сообщества, в составе которых преобладают: ковыль (*Stipa pennata* L.), типчак (*Festuca valesiaca*), тонконог (*Koeleria asiatica* Domin.) (Ильичев, Соловьев, 1988). Виды разнотравья очень многочисленны и разнообразны: прострел раскрытый (*Pulsatilla pátens*), клубника луговая (*Fragária viridis*), адонис сибирский (*Adónis sibirica*), таволга обыкновенная (*Filipéndula vulgáris*), скабиоза бледно-желтая (*Scabiosa ochroleuca*) и др. (Куминова, 1949). С массивами суходольных лугов и луговых степей чередуются березовые и березово-осиновые перелески и колки с хорошо развитым кустарниковым и травяным ярусом, а также защитные лесополосы (Трофимов, 1975).

Горная Шория, согласно геоботаническому районированию Г.Н. Огуреевой (1980), принадлежит к северной Алтае-Саянской горно-таежной провинции. В пределах исследуемых участков распространены осиново-пихтовые леса (черневая тайга), в качестве примеси в них присутствуют ель, кедр, береза. Леса имеют хорошо развитый подлесок из крупных кустарников, многоярусный травяной покров (Самойлова, 1973; Огуреева, 1980). В травяном ярусе преобладают: какалия копьевидная (*Cacalia hastata* L.), борец высокий (*Aconitum excelsum* Rehb.), бодяк разнолистный (*Cirsium heterophyllum* L.) Hill.). Видовой состав кустарников: рябина (*Sorbus aucuparia*), жимолость (*Lonicera caerulea*), черная смородина (*Ribes nigrum*). Большие пространства занимают вторичные березовые (*Betula pendula*) и березово-осиновые (*Populus tremula*) леса, перемежающиеся с безлесными участками высокотравных лугов на месте черневой тайги.

В центральной части Кузнецкой котловины распространены оподзоленные и выщелоченные черноземы, встречаются темно-серые почвы, в долинах рек формируются аллювиальные гумусовые и болотные почвы. В горно-таежной зоне наибольшее распространение получили дерново-глубокоподзолистые почвы. (Трофимов, 1975). Согласно карте почвенно-экологического районирования России (2013), лесостепная часть Кемеровской области относится к Кемерово-Прокопьевскому округу черноземов выщелоченных среднемощных среднегумусных, черноземов оподзоленных и темно-серых лесных почв суглинистых на лессовидных и делювиальных отложениях. Горно-таежная зона принадлежит к Салаиро-Кузнецко-Саянской горной провинции, где от вершин гор к подножью сменяются

следующие почвы: подбуры, подзолы, буроземы, дерново-подзолистые, серые (Карта почвенно-экологического..., 2013). По классификации теплового режима почвенных провинций СССР, почвы южного Кузбасса можно отнести к типу непромерзающих холодных почв (Димо, 1972).

2.3. Объекты исследования

Выбор объектов исследования определялся следующими критериями: близким возрастом – около 25-30 лет, двумя технологиями создания (железородные хвостохранилища – угольные отвалы), расположением в двух природных зонах (лесостепь – черневая тайга), причем каждая «технологическая пара» находится в разных зонах. Выбранная комбинаторика позволяет сравнить почвы и почвообразующие процессы на однотипных объектах в разных природных зонах.

В дальнейшем для обозначения того или иного конкретного объекта – отвала или хвостохранилища будут использованы аббревиатуры ЛС – лесостепная и ГТ – горно-таежная зоны.

Несмотря на близкое расположение относительно друг друга, исследуемые отвалы и хвостохранилища находятся в окружении различных природных ландшафтов, которое в значительной степени определяет скорость формирования растительных сообществ и, соответственно, почв. Основные природные характеристики районов размещения техногенных объектов приведены в таблице 2.3.1.

Таблица 2.3.1.

Основные характеристики природных ландшафтов, окружающих угольные отвалы и хвостохранилища обогатительных железорудных фабрик

Техногенные объекты	Отвалы		Хвостохранилища	
	Байдаевский	Калтанский	Абагурское	Мундыбашское
Зона	Лесостепная	Горно-таежная	Лесостепная	Горно-таежная
Абс. высоты, м.	245	310-360	265-290	330-400
Преобладающие растительные сообщества	Злаково-разнотравные луга с осинкой и березой	Черневая тайга	Вторичные мелколиственные леса (березово-осиновые с тополем)	Черневая тайга
Преобладающие почвы	Черноземы глинисто-иллювиальные (оподзоленные)	Дерново-глубоко-подзолистые	Аллювиальные гумусовые, черноземы глинисто-иллювиальные (оподзоленные)	Дерново-глубоко-подзолистые

Исследуемые объекты размещены на различных формах рельефа: Абагурское хвостохранилище (ЛС) расположено на пойме р. Кондома, Байдаевский отвал (ЛС) находится на междуречье рек Томь и Абашева. Калтанский отвал (ГТ) находится на месте карьерной выемки Калтанского разреза на междуречье малых рек Бол. Теш и реки без названия. Мундыбашское хвостохранилище (ГТ) приурочено к долине ручья без названия. Абсолютные высоты объектов, расположенных в горно-таежной и лесостепной зоне, различаются не более чем на 100 м.

2.4. Технология формирования отвалов и хвостохранилищ

При рассмотрении почв и ТПО, формирующихся на разных типах хранилищ отходов необходимо учитывать существенное значение техногенного (антропогенного) фактора. Его влияние прослеживается в том, что многие свойства данных образований определяются именно технологиями добычи/обогащения и заполнения. Данный фактор определяет расположение отвалов и хвостохранилищ, их форму, ключевые свойства субстратов, наличие или отсутствие включений в их составе. Технологии формирования отвалов и хвостохранилищ различаются.

Угольные отвалы, рассматриваемые в работе, являются отходами добычи каменного угля открытым способом, они разделяются по расположению относительно разреза на внешние (Байдаевский (ЛС)), вынесенные за пределы угольного разреза, и внутренние (Калтанский (ГТ)), размещенные в его отработанной выемке (рис 2.4.1).

Транспортировка пустой породы осуществляется большегрузной техникой, отсыпка проводится неселективно: в отвалы поступает смесь вскрышных и вмещающих пород с примесью обломков угля. Складированная порода уже на месте будущего отвала равномерно по высотным ступеням заполняет проектируемую форму. На завершающей стадии поверхность отвала выравнивается и уплотняется. Далее, в зависимости от выбранного направления рекультивации, на поверхности отвалов проводится биологическая рекультивация с нанесением слоя потенциально плодородных пород или без него, с выполнением посадочных работ или без них (ГОСТ 17.5.3.04-83).

В результате несовершенного уплотнения поверхности отвалов и присутствия в них обломков угля, вследствие протекания экзотермических реакций иногда происходит самовозгорание отвалов. Очаги самовозгорания были обнаружены на обоих исследуемых отвалах: один на Калтанском отвале (ГТ) и два на Байдаевском (ЛС), причем на последнем один из очагов имеет значительное пространственное распространение, для его подавления, изоляции и локализации на поверхность отвала был нанесен суглинистый рекультивационный субстрат (Приложение 1, разрез N-22). В то время как на Калтанском отвале (ГТ) очаг имеет небольшой размер (Приложение 1, разрез N-32).

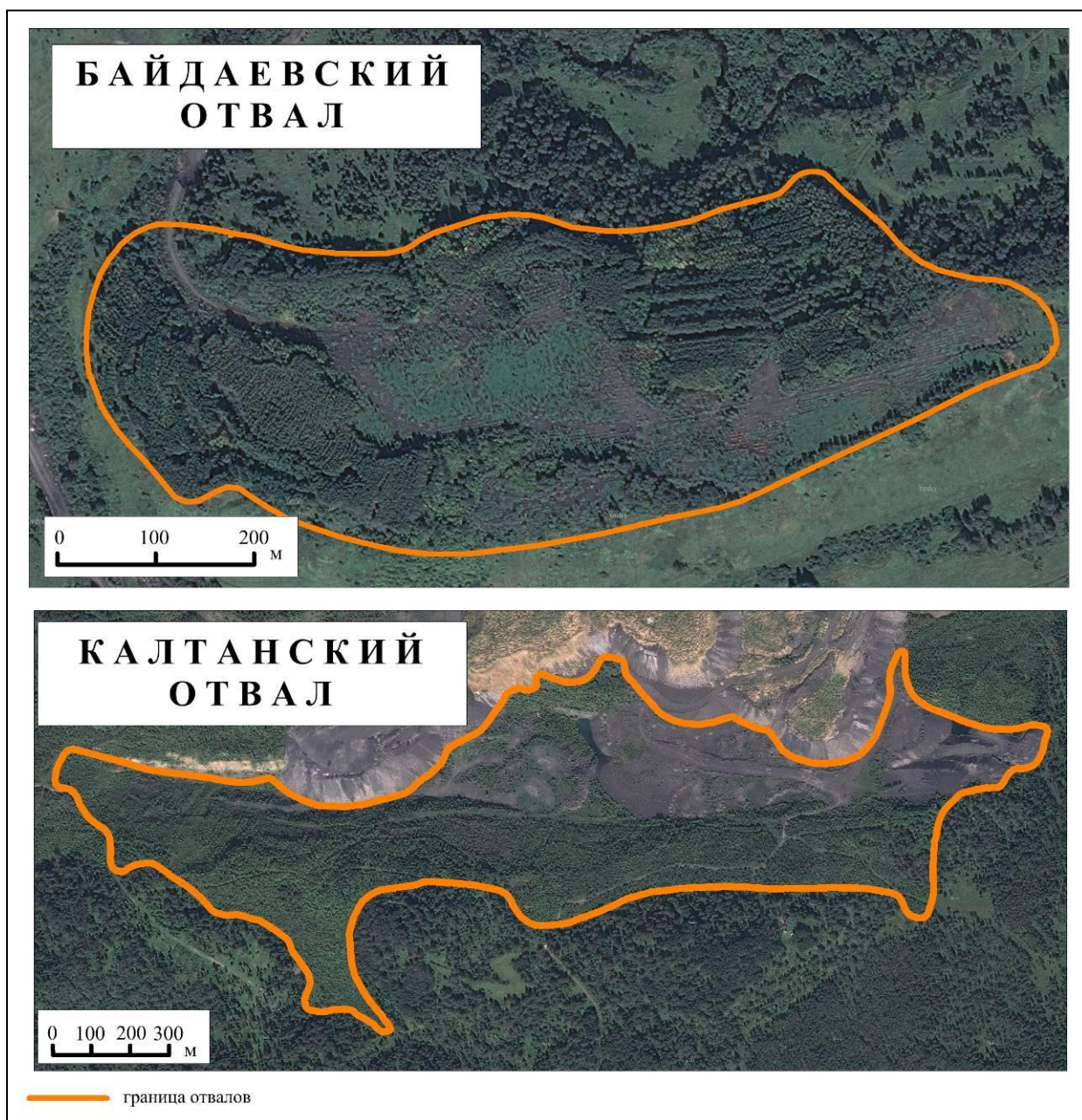


Рис. 2.4.1. Космические снимки исследуемых отвалов (Яндекс Карты)

Хвостохранилища железорудных обогатительных фабрик заполняются пульпой с помощью специальных пульпопроводов. Состав отходов при обогащении и агломерации руды формируется в результате поступления шламов от магнитной сепарации, слива дешламаторов, гидроциклонов и «хвостов» флотации известнякового и агломератного шламов. На территории Кузбасса встречаются как хвостохранилища с дамбами, сформированные в естественных понижениях рельефа (Мундыбашское (ГТ)), так и бездамбовые – расположенные на выровненных поверхностях, обваловка которых устранялась по мере заполнения хвостохранилища (Абагурское (ЛС)) (рис. 2.4.2). Оба типа хвостохранилищ заполняются поэтапно, с постепенным увеличением высотных ступеней.

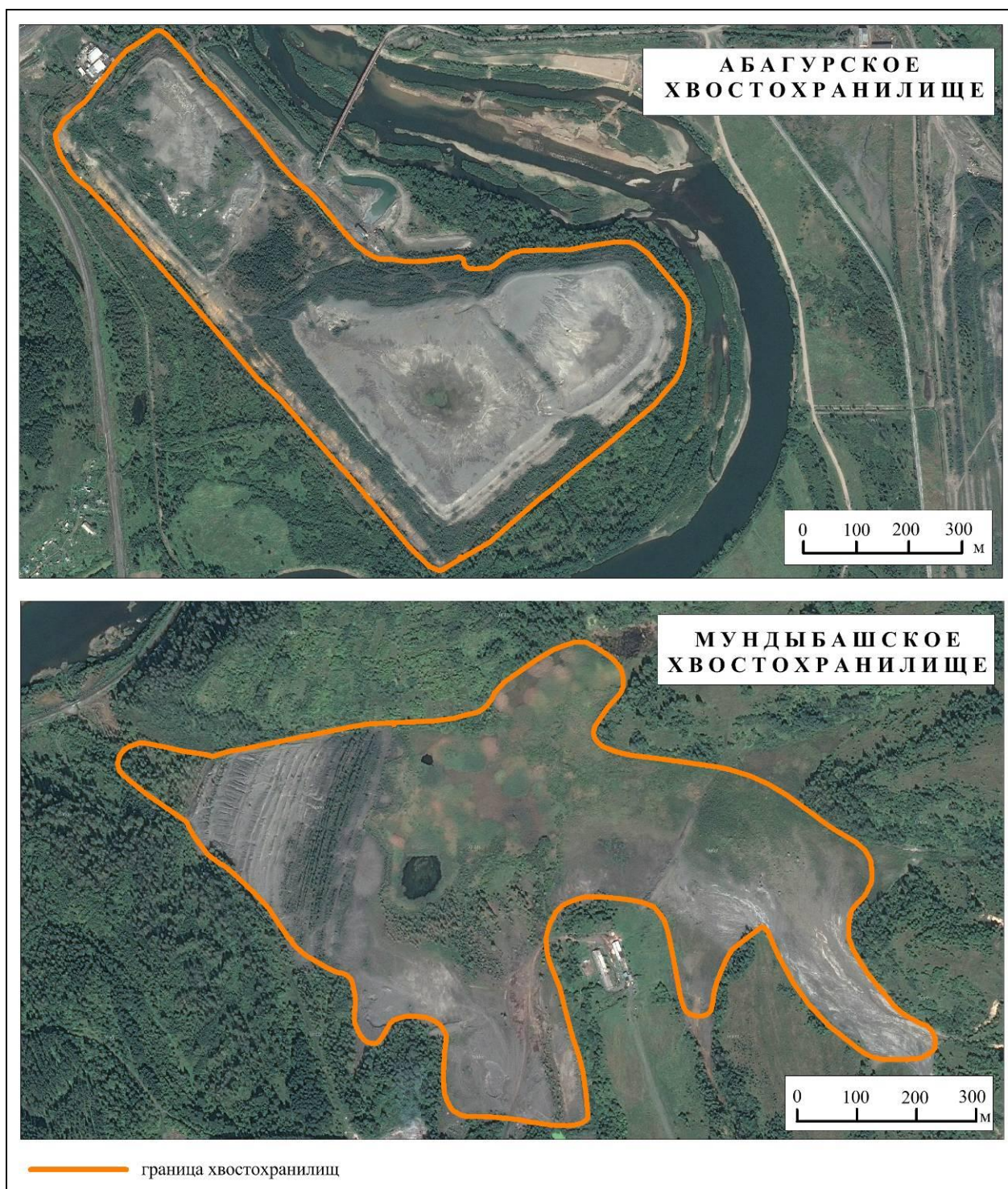


Рис.2.4.2. Космические снимки исследуемых хвостохранилищ (Яндекс Карты)

Получение железорудного концентрата в Абагурском и Мундыбашском филиалах ОАО «Евразруда» производится методом магнитной сепарации из железных руд одних и тех же месторождений юга Кузбасса (Таштагольского, Казского и Шерегешевского), поэтому материал, слагающий хвостохранилища обеих фабрик, имеет сходный вещественный состав и свойства (www.evraz.com). Однако, при детальном мезоморфологическом рассмотрении видно, что в субстратах Абагурского хвостохранилища (ЛС) присутствует большее количество железосо-

держащих минералов, в то время как в субстратах Мундыбашского (ГТ) они практически отсутствуют. Различия в содержании данных минералов связаны с лучшим отделением руды от вмещающих пород на Мундыбашской агломерационной фабрике.

В процессе обогащения руды и получения агломератов применяется большой набор техногенных веществ (колошниковая пыль, известняк, известь, кокс, антрацитовая пыль и др.). Кроме того, в процессе производства образуются побочные химические соединения: хлориды, сульфиды, кальций, магний, гидратная щелочь, железо, оксиды кальция, углерод (Большина, 2012). Все они, при недостаточной очистке сточных вод и смешивании их с пульпой, могут поступать в хвостохранилище.

2.5. Факторы почвообразования на техногенных объектах

В техногенных ландшафтах, как и в естественных, почвообразовательные процессы и свойства почв определяются сочетаниями факторов почвообразования, которые, однако, отличаются от комплексов природных факторов.

2.5.1. Рельеф

Вследствие своей технической природы отвалы и хвостохранилища имеют общие черты в строении рельефа. Оптимальной формой хранилищ промышленных отходов считается платообразная, с плоской верхней ступенью и несколькими террасовидными уступами. Такая форма позволяет увеличить емкость хранилища и, одновременно, не создает предпосылок для развития неблагоприятных процессов (Горное дело..., 2001). Высота техногенного плато обычно варьирует от 20 до 100 м, количество ступеней зависит от высоты, площади и возраста объекта.

Основные характеристики рельефа исследуемых техногенных объектов приведены в таблице 2.5.1.1. Из нее видно, что хранилища отходов одного типа обладают значительным сходством. Основные различия между отвалами и хвостохранилищами связаны с технологией их наполнения и свойствами самих техногенных субстратов. Однако особенности рельефообразующих процессов проявляются специфично в разных природных зонах. Например, эоловые процессы более активны в лесостепи, из-за «открытости» окружающего пространства, большей скорости ветра и меньшей влажности субстрата.

Угольные отвалы

Значительная расчлененность рельефа в изучаемом регионе отражается в специфике форм отвалов, которые нередко располагают в балках и оврагах, насыпают на положительные формы рельефа (Байдаевский (ЛС)), либо приурочивают к карьерным выемкам (Калтанский (ГТ)) (рис. 2.5.1.1).

Таблица 2.5.1.1

Характеристика рельефа отвалов и хвостохранилищ

Параметры объектов	Отвалы		Хвостохранилища	
	Байдаевский (ЛС)	Малиновский (ГТ)	Абагурское (ЛС)	Мундыбашское (ГТ)
Площадь, км ²	0,66	3,4	1,9	1,2
Возраст, ¹ лет	Более 30	25	30	25
Тип/Форма (по Тарчевскому, 1970)	Внешний/ Поля нарушений с различными формами мезо- и микрорельефа	Внутренний/ Поля нарушений с различными формами мезо- и микрорельефа	Наливной/ Чашевидная	Наливной/ Чашевидная
Положение в рельефе территории	Поверхность междуречья малых рек	Склон междуречья малых рек и участок карьерной выемки разреза	Пойма р. Кондома	Долина безымянного ручья
Средняя относительная высота, м	20-30	90	30-50	100
Длина склонов, м	30-50	500	15-40	100
Максимальная крутизна склонов, град.	25	15	50	35
Преобладающие формы рельефа, их доля, %	Субгоризонт. поверхность верхней ступени, 60%	Склоны, 60%	Склоны, 50%	Субгоризонт. поверхность верхней ступени, 60%
Число уступов	1	2	2	1
Глубина расчленения, м	До 3	До 2	До 3	До 5
Мощность делювиальных шлейфов, м	0,5	До 0,5	1-2	1-3

Форма отвала часто повторяет очертания естественных неровностей на территории его размещения. Несовершенное выравнивание и уплотнение на завершающем этапе горнотехнической рекультивации отвала обуславливает присутствие на поверхности специфических техногенных форм рельефа: ям, насыпей, траншей и пр.

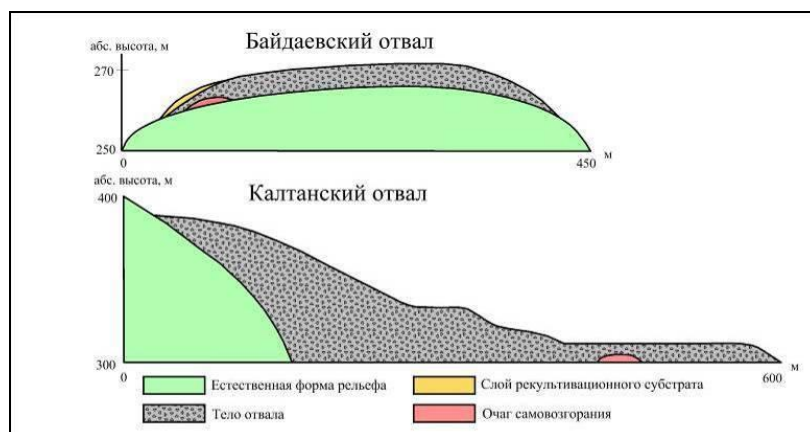


Рис.2.5.1.1. Схематические поперечные профили Байдаевского (ЛС) и Калтанского (ГТ) отвалов

¹ Возраст дается на период исследования.

Сравнение рельефа исследуемых отвалов показывает, что, несмотря на значительные различия в их географическом положении и форме, для них характерны общие черты. Так, на склонах обоих отвалов проявляются процессы эрозии, особенно активные на незадернованных участках, в местах самовозгорания, либо на площадках, перекрытых рекультивационным субстратом. Наиболее распространенными эрозионными формами являются борозды и рытвины, глубина которых варьирует от нескольких сантиметров до 0,5 м (рис. 2.5.1.2).

Эрозионные процессы более активны на Байдаевском отвале (ЛС), где на бровке склона в месте возникновения наиболее крупного очага самовозгорания образовался шов отседания глубиной 0,4 м. Склоны Калтанского отвала (ГТ) большей частью залесены, поэтому активного протекания процессов эрозии не отмечается; однако в некоторых местах незадернованные склоны крутизной 3-7° пересечены руслами временных водотоков, эрозионными рытвинами и бороздами, глубиной до 0,3 м.



Рис.2.5.1.2. Эрозионные формы рельефа на отвалах: Байдаевском (а), Калтанском (б), и хвостохранилищах: Абагурском (б), Мундыбашском (г) (фото А.В. Шараповой)

В местах появления очагов самовозгорания обычно образуются просадки, глубина которых может достигать 0,5 м, диаметр – 10 м. Просадки со временем преобразуются в блюдцеобразные понижения и заполняются тонкодисперсным материалом. Диаметр «блюдца» может достигать 15-20 м, глубина обычно не превышает 0,3 м.

В нижних частях склонов сформированы делювиальные шлейфы, мощностью до 0,5 м. На Байдаевском отвале (ЛС) они образовались в месте контакта отвала с естественными формами рельефа. На Калтанском отвале (ГТ) – перекрывают выровненную поверхность, а также образуются на месте контакта с соседними отвалами, сложенными преимущественно рыхлыми отложениями. Для делювиальных шлейфов обычно характерно повышенное увлажнение.

На участках биологической рекультивации развиты биогенные формы микрорельефа: приствольные повышения, высотой до 0,15 м, дерновинные кочки до 0,1 м.

Хвостохранилища железорудных обогатительных фабрик

Борта обоих хвостохранилищ имеют форму ступенчатых склонов с террасовидными уступами. Верхняя ступень представляет собой выровненную площадку, в центральной части которой образованы суффозионные блюдцеобразные понижения, диаметром до 150 м (рис. 2.5.1.3).

Со временем суффозионные понижения заполняются водой атмосферных осадков, соседние участки заболачиваются. Всего на поверхности обоих хвостохранилищ сформировалось по одному «блюдцу».

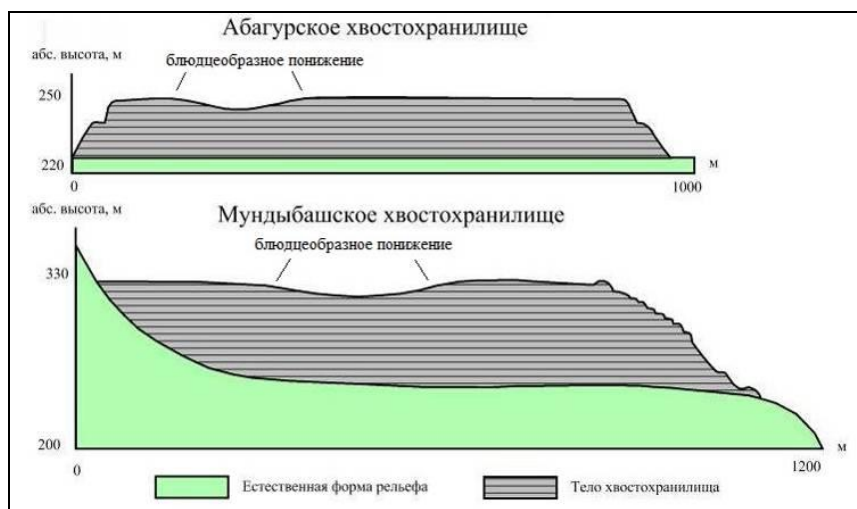


Рис. 2.5.1.3. Схематические профили Абагурского (ЛС) и Мундыбашского (ГТ) хвостохранилищ

На склонах активно протекают эрозионные процессы, глубина вреза может достигать 5 м, при относительной высоте хвостохранилищ от 30 до 100 м. В верхних частях склонов нередки швы отседания и следы оползней (рис. 2.5.1.2).

На наиболее крутых участках склонов и на бортах оврагов и рытвин имеет место послойное вымывание мелкозема под воздействием суффозии в сочетании с тоннельной эрозией (рис. 2.5.1.4).



Рис. 2.5.1.4. Проявление суффозии в сочетании с тоннельной эрозией на склоне Абагурского хвостохранилища (ЛС)

В результате дефляции на поверхности Абагурского хвостохранилища (ЛС) местами присутствует ветровая рябь, высота «волн» которой может достигать 0,3 м. Для Мундыбашского хвостохранилища (ГТ), расположенного в долине ручья и находящегося в ветровой тени соседних участков, эоловые формы рельефа не характерны.

В небольших понижениях на верхних ступенях хвостохранилищ, где весной при таянии снега и в летние дожди накапливается вода, сформированы такыроподобные корки с трещинами усыхания глубиной до 5 см. Более активно такие корки образуются на поверхности лесостепного Абагурского хвостохранилища. Кроме того, в его прибровочных частях были обнаружены железистые корки, толщиной до 2 см, и диаметром до 2 м.

Многочисленны техногенные формы микрорельефа: насыпи, траншеи, котлованы, а также автомобильные колеи. У подножья склонов накоплены относительно мощные делювиальные шлейфы, которые на Мундыбашском горно-таежном хвостохранилище переувлажнены. Био-генные формы микрорельефа развиты по периферии блюдцеобразных понижений и представлены кочками куртин злаков, большее распространение они имеют на поверхности Мундыбашского хвостохранилища (ГТ).

2.5.2. Горные породы

Породы отвалов и хвостохранилищ выступают в качестве почвообразующих и определяют основные химические и морфологические свойства техногенных почв и ТПО.

Угольные отвалы

В Кузнецком угольном бассейне субстраты всех отвалов имеют сходный состав, они состоят из смеси обломков плотных осадочных пород мезозойского возраста (в основном юрских

песчаников, алевролитов и аргиллитов) с четвертичными суглинистыми отложениями и обломками угля. В минералогическом составе плотных пород преобладает кварц, полевые шпаты и биотит, среди глинистых минералов доминируют гидрослюды и монтмориллонит. Байдаевский отвал (ЛС) сложен преимущественно песчаниками, алевролитами, аргиллитами, сцементированными глинистым, известковистым, реже кремнистым цементом (Андроханов и др., 2004). В Калтанском отвале (ГТ) преобладают средне- и крупнозернистые песчаники и темно-серые алевролиты (Семина, 2011). Для пород исследуемых отвалов характерна высокая степень каменистости, доля мелкозема в них в среднем не превышает 30%. Среди обломков пород присутствуют обломки угля, попадающие в тело отвала из-за несовершенства технологии отделения угля от вмещающих пород. Согласно классификации по пригодности к рекультивации все породы отвалов можно отнести к категории «потенциально плодородные» (Баранник, Шмонов, 1988).

Делювиальные шлейфы отвалов сложены преимущественно мелкоземом и мелкими обломками пород. Аккумуляция тонких частиц происходит также в руслах временных водотоков, блюдцеобразных понижениях и прочих отрицательных формах рельефа, связанных с действием флювиальных и/или суффозионных процессов.

На поверхности отвалов (либо в виде примеси в теле отвалов) присутствует суглинистый рекультивационный субстрат с редкими включениями щебня и гумусированного материала. На Байдаевском отвале (ЛС) мощность слоя рекультивационного субстрата может достигать 1 м, на Калтанском отвале (ГТ) биологической рекультивации не проводилось, поэтому суглинистые породы присутствуют в основном в виде примеси, попавшей в тело отвала во время транспортировки рекультивационного субстрата на соседние отвалы.

Проведенные аналитические исследования показывают, что химические свойства пород в обоих отвалах довольно неоднородны: для них характерны нейтральные и слабощелочные значения $pH_{\text{водн.}}$: от 6,6 до 8,4; сумма солей практически повсеместно не превышает 0,03%. Содержание углерода варьирует в широких пределах: от 0,1 до 20% в зависимости от количества включений обломков угля, что осложняет определение содержания гумуса в почвах и ТПО.

Исследуемые отвалы обладают сходным микроэлементным составом, который в целом близок к микроэлементному составу фоновых почв (табл. 2.5.2.1).

В породах отвалов кроме типичной для фоновых почв аккумуляции свинца и мышьяка отмечена аккумуляция цинка и стронция. Ванадий и кобальт рассеиваются в плотных породах.

Во вскрышных и вмещающих породах, а также в рекультивационном субстрате, отмечаются повышенные содержания мышьяка, свинца и стронция, в несколько раз превышающие кларковые значения (табл. 2.5.2.2).

Таблица 2.5.2.1

Геохимические спектры пород в отвалах и фоновых почвах

Зона	Отвал	Породы	Элементы с повышенным содержанием	Элементы с околочларковым содержанием	Элементы с пониженным содержанием
Лесостепная	Байдаевский отвал	Породы отвала	Pb, As, Zn, Sr	Cr, Ni, Cu	Co, V
		Рекультив. породы	Pb, As, Sr, Zn, Co	Cr, Ni, Cu	V
	Фоновые почвы (черноземы глинисто-иллювиальные)		Pb, As, Co	Cr, Ni, Cu, Zn	V, Sr
Горно-таежная	Калтанский отвал	Породы отвала	As, Pb, Sr	Cr, Ni, Cu, Zn	Co, V
	Фоновые почвы (дерново-подзолистые сверхглубокоосветленные)		As, Pb, Co	Cr, Ni, Cu, Zn	V, Sr

В фоновых глинисто-иллювиальных черноземах и дерново-подзолистых почвах наблюдается аккумуляция свинца, мышьяка и кобальта, рассеивание отмечается для ванадия и стронция. Концентрации цинка в породах Байдаевского отвала (ЛС) повышены относительно кларка; кроме того, в его рекультивационном субстрате присутствует значительное количество кобальта, что соответствует фоновым почвам. При этом в плотных породах обоих отвалов кобальт рассеивается. Содержание других микроэлементов в основном околочларковое.

Таблица 2.5.2.2

Кларки концентрации мышьяка, свинца и стронция в породах отвалов и в фоновых почвах

Порода	Байдаевский отвал (ЛС)					Калтанский отвал (ГТ)			
	As	Pb	Sr	Zn	Co	As	Pb	Sr	Co
Субстрат отвала	2,3-3,0	1,9-2,3	1,3-1,7	1,4-2,5	*	1,9-2,4	2,6-3,6	2,1-3,1	*
Суглинистые породы, используемые при рекультивации	1,9-2,3	2,6-3,5	1,6-2,5	1,2-1,9	1,6-2,4	-	-	-	-
Фоновые почвы	1,6-2,0	1,8-2,9	*	1,2-1,3	1,6-2,2	1,8-2,6	2,3-4,1	*	1,6-2,3

* отмечается рассеивание элемента

Таким образом, основным различием микроэлементного состава отвалов и фоновых почв является аккумуляция стронция в техногенных породах и его рассеивание в почвах. Обратная картина наблюдается для кобальта, который накапливается в почвах и рассеивается в плотных породах отвалов. Различия в количестве данных элементов в почвах и породах связаны, прежде всего, с исходным минералогическим составом вскрышных и вмещающих пород. Однако, кроме этого, для почв характерны более низкие значения pH по сравнению с породами отвалов; в

таких условиях соединения стронция довольно подвижны, а интенсивность миграции кобальта – наоборот снижается.

Хвостохранилища железорудных обогатительных фабрик

Субстрат, слагающий хвостохранилища, представляет собой высохшую пульпу – измельченные отходы обогатительных фабрик, образованные при отделении руды от вмещающих пород. Для них характерен песчано-пылеватый (суглинистый) гранулометрический состав (табл. 2.5.2.3).

Таблица 2.5.2.3

Гранулометрический состав субстратов хвостохранилищ (по данным А.Ю. Столбоушкина, 2014)

Название хвостохранилища (природная зона)	Содержание частиц, %, размер частиц, мм			
	>2,5	0,4-2,5	0,4-0,05	<0,05
Абагурское (лесостепная)	0,2	8,2	41,0	50,6
Мундыбашское (горно-таежная)	0,2	9,8	46,0	44,0

Сложение субстратов хвостохранилищ слоистое с чередованием песчаных и пылеватых прослоев, вследствие разновременного оседания частиц пыли и песка при послойном заполнении хвостохранилища. Слои залегают горизонтально или с небольшим наклоном, и различаются по цвету, плотности и гранулометрическому составу. При мезоморфологическом рассмотрении было выделено два вида слоев, каждый из которых разделяется на подвиды по обилию железистых минералов (рис. 2.5.2.1).

Слоистость субстратов проявляется повсеместно на всех участках хвостохранилищ, за исключением нижних частей склонов, где залегание слоев может быть нарушено. Перераспределение частиц разной крупности, как и в случае с угольными отвалами, связано с механической миграцией: у подножия склонов, в руслах временных водотоков, а также в днищах блюдцеобразных понижений происходит аккумуляция делювиальных и эоловых наносов, состоящих из пылеватого материала.

В минералогическом составе субстратов преобладают карбонатные минералы, хлорит, гранаты, амфиболы, полевые шпаты и кварц; в небольшом количестве присутствуют пирит, гематит, халькопирит и магнетит (Столбоушкин, 2014).

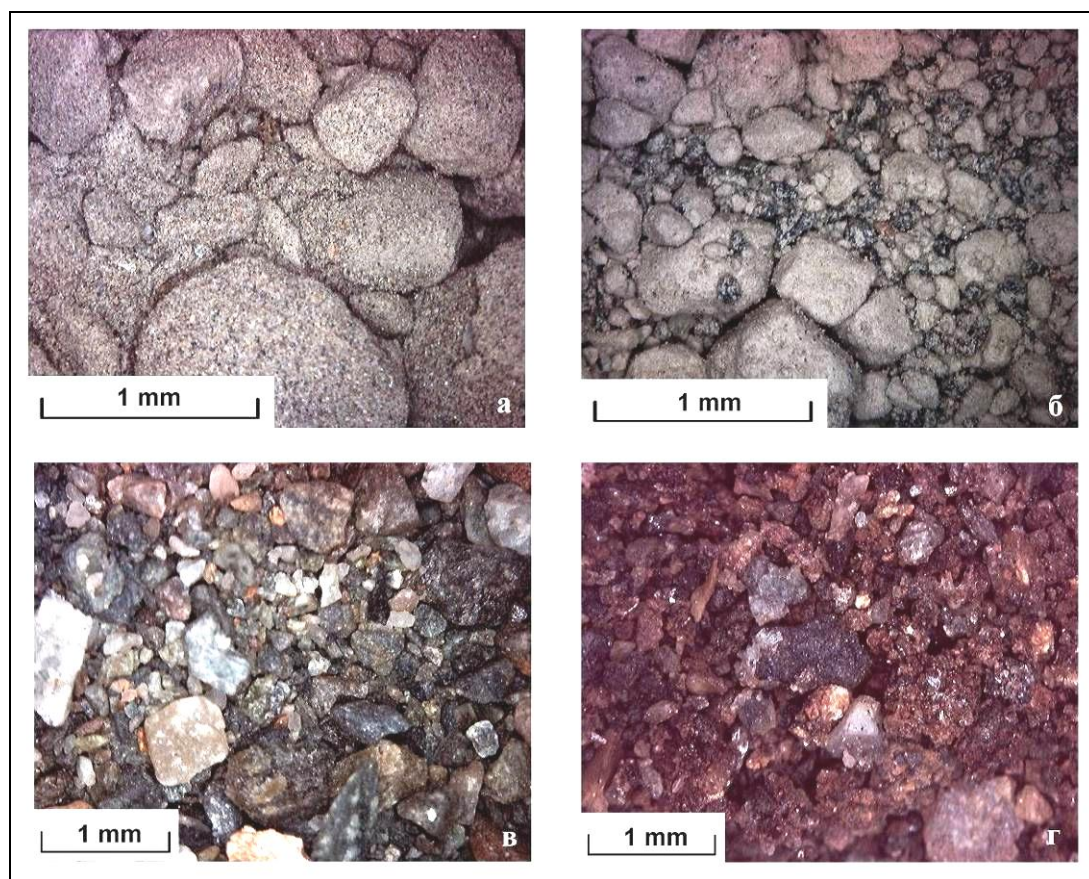


Рис.2.5.2.1. Мезоморфологические снимки суглинистых и пылеватых прослоев в материале хвостохранилищ

- 1) Суглинистые, состоящие из окатанных слоистых агрегатов
 - с низким содержанием железистых минералов (а);
 - с высоким содержанием железистых минералов (б);
- 2) Песчаные (разнозернистый песок)
 - с низким содержанием зерен железосодержащих минералов (в);
 - с высоким содержанием зерен железосодержащих минералов (г).

Для субстратов исследованных хвостохранилищ характерна нейтральная – слабощелочная реакция среды: значения $pH_{\text{водн.}}$ варьируют от 7,5 до 8,2. Однако на Абагурском хвостохранилище (ЛС) в местах скопления железистых минералов в поверхностной части отвала, реакция среды может становиться сильноокислой (до 3,1). Суммарное содержание солей в субстратах хвостохранилищ обычно велико по технологическим причинам; на исследуемых объектах в обеих природных зонах оно превышает 0,11%, достигая 3,5% в лесостепной зоне. По данным А.Ю. Столбоушкина (2014) среди солей в составе пульпы преобладают сульфаты кальция, магния и натрия. Содержание углерода, достаточно велико, его концентрация практически повсеместно находится в диапазоне от 1 до 2%, что также связано с технологическим процессом.

Среди макроэлементов в составе материала хвостохранилищ велика доля кремния, железа, алюминия, кальция, магния и серы (табл. 2.5.2.4).

Таблица 2.5.2.4

Средний валовой химический состав хвостов обогащения железных руд Абагурской (ЛС) и Мундыбашской (ГТ) обогатительных фабрик (по данным А.Ю. Столбоушкина и Г.И. Стороженко, 2009)

Содержание оксидов в % на сухое вещество										
Оксид	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	SO ₃
Амплитуда Значений	24-44	6-13	3-12	9-19,5	8,5-16	3,5-8	1,2-2,5	0,1-0,6	0,2-0,7	0,5-4,5

Проведенный анализ микроэлементного состава субстратов хвостохранилищ показал, что большинство элементов в них (V, Cr, Ni, Zn) содержатся в количествах, превышающих кларки литосферы (табл. 2.5.2.5). Концентрация стронция превышает кларковое значение в субстратах Мундыбашского хвостохранилища (ГТ), а в субстратах Абагурского (ЛС) наоборот – ниже него. Содержание свинца крайне низкое и не превышает предела обнаружения, что справедливо для всех проанализированных проб субстратов хвостохранилищ в обеих природных зонах.

При этом в отличие от отвалов, микроэлементный состав субстратов хвостохранилищ существенно отличается от такового фоновых почв лесостепной и горно-таежной зон. В последних наблюдается рассеивание или слабая аккумуляция ванадия, хрома, никеля и стронция; в то время как в техногенных субстратах эти элементы накапливаются. Особенно высоко содержание в пульпе хвостохранилищ ванадия и цинка, что объясняется значительными концентрациями данных элементов в рудах, которые поступают на обогащение (Шпайхер, Саликов, 2003).

Таблица 2.5.2.5

Кларки концентрации элементов в субстратах хвостохранилищ и в фоновых почвах

Зона	Объекты	Элемент					
		V	Cr	Ni	Zn	Sr	Pb
Лесостепная	Абагурское хвостохранилище	2,4-3,1	1,8-2,6	1,1-2,6	3,7-11,4	*	*
	Черноземы глинисто-иллювиальные	*	*	1,3-1,4	1,2-1,3	*	1,8-2,9
Горно-таежная	Мундыбашское хвостохранилище	2,4-2,8	2,1-2,3	1,6-2,2	5,1-16,4	1,3-2,3	*
	Дерново-глубоко-подзолистые	*	*	1,3-1,5	1,2-1,4	*	2,3-4,1

* - отмечается рассеивание элемента

Субстрат хвостохранилищ, вследствие засоления и наличия локальных участков с сильно-кислой реакцией среды, является фитотоксичным и относится к категории малопригодных для рекультивации (Баранник, Шмонов, 1988). По содержанию токсичных солей субстраты хвосто-

хранилищ относятся к средне- (Мундыбашское хвостохранилище (ГТ)), сильно и очень сильно засоленным (Абагурское хвостохранилище (ЛС)) (Панкова и др., 2006).

Сравнение субстратов отвалов и хвостохранилищ показывает, что они в значительной степени различаются (табл. 2.5.2.6).

Таблица 2.5.2.6

Средний состав субстратов – почвообразующих пород отвалов и хвостохранилищ
(данные А.Ю. Столбоушкина (2014) и автора)

Показатель	Объекты исследования			
	Угольные отвалы		Хвостохранилища	
	Байдаевский	Калтанский	Абагурское	Мундыбашское
Природная зона	Лесостепная	Горно-таежная	Лесостепная	Горно-таежная
Преобладающие породы	Песчаники, алевролиты, аргиллиты	Крупнозернистые песчаники и темно-серые алевролиты	Измельченные обломки рудовмещающих пород, состоящие из первичных и вторичных минералов (амфиболов, пироксенов, гранатов и др.)	
Преобладающая фракция	Крупнообломочная		Песчано-пылеватая	
Макрокомпонентный состав	$\text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{CaO} > \text{K}_2\text{O} > \text{MgO}$		$\text{SiO}_2 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{CaO} > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{FeO} > \text{MgO} > \text{S O}_3$	
Особенности микроэлементного состава	Повышенное содержание Pb, As, Sr		Повышенное содержание V, Cr, Ni, Zn	
pH	7,2-7,9	7,1-8,3	7,5-8,0	7,5-8,0
Содержание солей, %	0,03-0,05%	<0,03	0,3-1,5%	0,3-0,7%

Причем, основные их свойства обусловлены технологическими факторами, и большее сходство обнаруживается у объектов одного типа, чем у объектов расположенных в одной природной зоне.

2.5.3. Климат

К наиболее существенным для формирования почв показателям климата относятся количество осадков и длительность снежного периода, определяющие режим увлажнения. Так, для объектов, расположенных в горно-таежной зоне, вследствие большего количества осадков и постепенного таяния снежного покрова характерны более высокие значения влажности, способствующие более быстрому распространению растительного покрова на них и, следовательно, почвообразованию. В лесостепной зоне, проявляются признаки недостатка влаги, что ограничивает развитие почв.

В горно-таежной зоне, благодаря мощному снежному покрову, почвы практически не промерзают, либо промерзают на небольшую глубину, в то время как в лесостепной зоне, глу-

бина промерзания составляет 1,3-1,6 м (Доклад..., 2015, Трофимов, 1975). Летом температурные различия между двумя этими зонами не столь существенны.

Исследуемые техногенные объекты обладают специфическим, нетипичным для естественных ландшафтов микроклиматом и водным режимом, вследствие особенностей их сложения, формы и свойств поверхности. Вместе с тем, им свойственна значительная вариабельность показателей микроклимата в разных условиях рельефа (Андроханов, 2005). Сочетания температурного и водного режимов во многом определяют свойства техногенных объектов, связь гидротермических режимов наиболее сильна на участках со слабым развитием растительности, где не проявляется ее «буферный эффект».

Угольные отвалы

Малая доля мелкозема и высокая степень каменистости материала отвалов обуславливают их высокую водопроницаемость и наличие мощной зоны аэрации, иногда охватывающей всю толщу (Уфимцев, 2011). Водный режим отвалов, сложенных крупнообломочным материалом, некоторые специалисты называют провальным, поскольку происходит быстрое и почти полное просачивание осадков сквозь их толщу. В результате, в теле отвалов наблюдается некоторый дефицит влаги (Рагим-заде и др., 1977).

Хвостохранилища же, наоборот, при тех же количествах атмосферных осадков, обладают почти непромывным водным режимом и малой мощностью зоны аэрации. Вследствие слоистости субстратов и чередования слоев с различными водно-физическими свойствами, пути движения влаги в почвах становятся нелинейными (Шеин, 2001). Влага задерживается в пылеватых прослоях и быстро просачивается через песчаные. На поверхности хвостохранилища нередко возникают водозастойные явления, в профилях почв присутствуют оглеенные горизонты.

Тепловой режим на разных участках отвалов и хвостохранилищ очень неоднороден. Помимо зонального положения, он зависит от формы рельефа, экспозиции и крутизны склонов, свойств поверхности (цвет, отражающая способность) и характера растительности. Наиболее значимым из них является экспозиция; исследователями отмечается, что летом температура поверхности на склонах южной экспозиции и на плакорных участках отвалов в южной части Кузбасса, на 5-9 градусов превышает температуру поверхности на склонах северной экспозиции (Гумусообразование..., 1986; Баранник, Щербатенко, 1972). Тепловой режим различается на склонах разной экспозиции не только летом, но и зимой: снежный покров практически полностью сдувается с ветроударных западных склонов, что способствует их большему промерзанию; восточные склоны, на которых скапливаются основные снежные массы, промерзают меньше (рис.2.5.3.1).

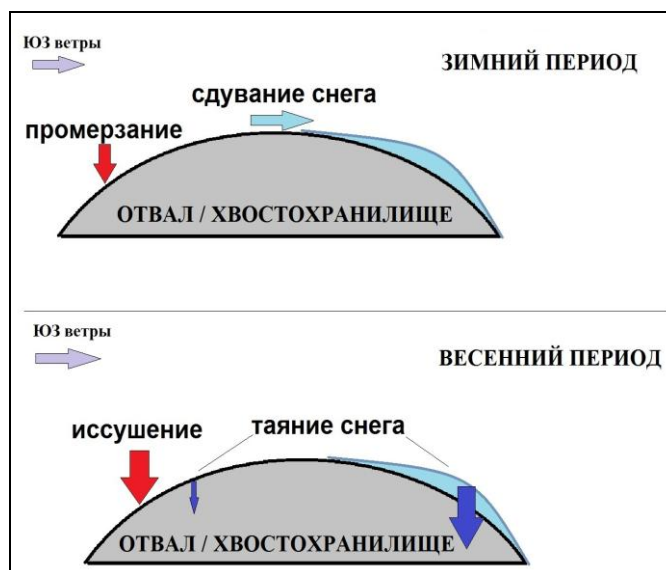


Рис.2.5.3.1. Схема перераспределения и таяния снега на склонах различной экспозиции техногенного объекта (рисунок автора, по данным Л.П. Баранника, 1977)

Между отвалами и хвостохранилищами обнаруживаются значительное сходство в характере температурного режима, вследствие платообразной формы и темной окраски поверхности; различия в режимах связаны лишь с большей влажностью субстратов хвостохранилищ и преобладанием в них тонкодисперсных частиц. Так, И.С. Семиной и В.А. Андрохановым выявлено, что отвалы, сложенные каменистым материалом, нагреваются на 25% сильнее, чем сложенные суглинками (Семина, Андроханов, 2012). Для хвостохранилищ данная закономерность не выявлена, вследствие общей однородности гранулометрического состава по всей толще.

Неравномерным является также режим влажности на разных участках техногенных объектов. Подчиненные ландшафтные позиции закономерно более увлажнены, чем плакорные. Яркое проявляется экспозиционный эффект: в весенний период довольно медленное и равномерное таяние снега на склонах восточной экспозиции приводит к тому, что талые воды в большей степени пропитывают толщу субстрата на этих склонах по сравнению со склонами западной экспозиции (рис. 2.5.3.1).

Важным фактором увлажнения является растительный покров. По данным О.Н. Тороховой и И.В. Агуровой (2009) на северных склонах и вершинах техногенных объектов, занятых растительностью, влажность субстрата всегда выше, чем на склонах и вершинах без растительности.

Существенные изменения режимов температуры и увлажнения происходят на угольных отвалах в местах возникновения очагов самовозгорания. Как известно, температура внутри очагов может достигать 1300°C (Панов, Проскурня, 2002). При этом на поверхности отвалов в данных участках температура поднимается до 50-60°C. В таких условиях вода, содержащаяся в

межобломочном пространстве отвалов, испаряется, степень ксероморфизма данных местообитаний увеличивается.

На исследуемых объектах описанные выше закономерности микроклимата проявляются очень четко.

По наблюдениям автора, для техногенных объектов характерна высокая межгодовая вариабельность значений температуры и влажности. Так, в летний период в 2009 и 2013 годах, вследствие устойчивой засушливой погоды влажность отвалов и хвостохранилищ была низкой, что сказывалось на состоянии растений и количестве карбонатных и солевых новообразований. На поверхности хвостохранилищ солевые выцветы отмечались практически повсеместно на ровных участках верхней ступени хвостохранилищ, на их бортах и в понижениях. В дождливое лето 2010 года влажность была выше, а солевые новообразования встречались довольно редко.

2.5.4. Растительность

Расположение техногенных объектов в окружении естественных высокопродуктивных сообществ лесостепной и горно-таежной зон, описанных в разделе 2.2, способствует более быстрому освоению растительностью поверхности отвалов и хвостохранилищ.

Кузбасс, по сравнению с другими угольными бассейнами, в целом характеризуется условиями, способствующими развитию растительности и высокой скорости зарастания отвалов, вследствие сочетания оптимальных климатических условий с отсутствием в субстратах фитотоксичных соединений, а также низкого содержания серы (Биологическая рекультивация..., 1981). Хвостохранилища не обладают такими же условиями для развития растительных сообществ, вследствие присутствия в субстратах фитотоксичных соединений, однако их физические свойства в целом более благоприятны для растений.

На всех рассматриваемых в работе техногенных объектах за исключением Калтанского отвала (ГТ) была проведена биологическая рекультивация. На отдельных участках Абагурского хвостохранилища (ЛС) и Байдаевского отвала (ЛС) были осуществлены эксперименты по приживаемости различных видов и их пригодности для рекультивации. На Мундыбашском хвостохранилище (ГТ) рекультивация проводилась очень локально – в верхней части склона. В настоящее время растительные сообщества на поверхности изучаемых объектов можно назвать природно-техногенными, так как в их состав входят как виды, использованные в рекультивации, так и виды с соседних естественных участков.

В ходе исследований в течение нескольких полевых сезонов (2009, 2010, 2013 г.) отмечена существенная динамика в интенсивности зарастания исследуемых объектов: заметно увеличение общей площади задернованных участков, возросло проективное покрытие на участках, за-

нятых травяной растительностью, появился молодой подрост древесных видов, зафиксировано увеличение общего количества видов.

Несмотря на благоприятные условия и высокую скорость формирования растительных сообществ, свойственные отвалам и хвостохранилищам, растительный покров на них все же имеет фрагментарный характер. Степень зарастания варьирует на различных объектах, однако везде имеются участки, полностью лишенные растительного покрова. На отвалах растительность отсутствует обычно на выровненных участках, вследствие их переуплотнения, кроме того, незаросшие участки окаймляют очаги самовозгорания. На хвостохранилищах, помимо плоских участков на верхней ступени, растительность часто плохо приживается на склонах.

В целом, для техногенных растительных сообществ характерны общие черты: преобладание ксерофитных видов в автономных позициях и широкое распространение рудеральных. Значительная часть растений находится в угнетенном состоянии, которое вызвано на угольных отвалах преобладанием крупнообломочной фракции и, отчасти, влиянием очагов самовозгорания; на железорудных хвостохранилищах – фитотоксичностью пород, а также значительной запыленностью территории.

Ядрами распространения растительности в пределах техногенных объектов выступают участки рекультивации, либо участки самозарастания. На хвостохранилищах в качестве таких ядер выступают блюдцеобразные понижения, которые, как в лесостепной, так и в горно-таежной зонах, выделяются более густой растительностью. От «блюдца» происходит постепенное освоение растениями соседних участков. На отвалах подобных блюдец не образуется, очагами распространения растительности служат естественные лесные массивы и лесопосадки.

Техногенные ландшафты, как уже было показано выше, имеют практически полный комплекс ландшафтных позиций, начиная с возвышенных автономных – на верхних ступенях отвалов и хвостохранилищ, заканчивая подчиненными позициями на делювиальных шлейфах. Несмотря на молодость техногенных объектов, растительный покров на них довольно четко дифференцирован в зависимости от рельефа. К более влажным местообитаниям закономерно приурочены осоково-тростниковые сообщества; к засушливым возвышенным участкам – полынно-солянковые. Общие характеристики растительного покрова отвалов и хвостохранилищ представлены в таблице 2.5.4.1.

Угольные отвалы

Наиболее широко на поверхности отвалов представлены лесные сообщества, их характеристика, приведена в таблице 2.5.4.2.

Таблица 2.5.4.1

Сравнительная характеристика растительного покрова техногенных объектов

	Отвалы		Хвостохранилища	
	Байдаевский (ЛС)	Калтанский (ГТ)	Абагурское (ЛС)	Мундыбашское (ГТ)
Общее проективное покрытие, %	70	80	38	60
Подготовка поверхности к биологической рекультивации	Фрагментарное нанесение рекультивационных пород	Не проводилась	Не проводилась	Не проводилась
Биологическая рекультивация (возраст)	Посадки березы и сосны, осины; экспериментальные площадки, посеvy злаков	Не проводилась	Посадки березы и сосны; экспериментальные площадки, посадки облeпихи на склонах	Посадки облeпихи и сосны на склонах

Байдаевский отвал (лесостепная зона)

Многочисленные участки биологической рекультивации, распространение интродуцированных видов по поверхности Байдаевского отвала, а также специфические местообитания (таких как участки самовозгорания и прогоревшие части отвала) обуславливают существенную дифференциацию растительного покрова.

По данным дешифрирования снимков (2013 года) поверхность отвала более чем на 70% покрыта растительностью, представленной древесными, древесно-кустарниковыми и травянистыми видами (рис. 2.5.4.1).

На выровненной поверхности отвала сконцентрированы многочисленные участки с лесопосадками. *Посадки березы и сосны* представляют собой небольшой массив в северо-восточной части отвала, в нем хорошо развит травяной ярус, на поверхности почвы местами встречается зеленый мох. *Посадки березы* занимают значительную часть отвала в западной (наиболее крупный массив) и восточной его частях, травяной ярус в них редкостойный, ввиду высокой сомкнутости крон; на поверхности почвы практически повсеместно развит зеленый мох.

В центральной части отвала имеются 5-7 летние *посадки осины* с разреженным травяным покровом, в котором присутствуют лишь единичные полыни и донник. Имеются также посадки тополя (высотой до 1,5 м), березы (до 2 м), сосны (до 1,5 м) и кедра (высотой до 1,5 м), большая часть саженцев кедра находится в угнетенном состоянии. Вдоль южной границы отвала следует полоса *березово-тополевых посадок* с разреженным покровом трав.

Среди лесов, имеющих условно естественное происхождение, наиболее распространены *березово-сосновые с участием тополя*. В нижних частях склонов и на делювиальных шлейфах

произрастают *осиново-березовые леса с ивой* с высокой сомкнутостью крон и хорошо развитым травяным ярусом и высоким проективным покрытием (до 100%).

Таблица 2.5.4.2

Характеристика лесных сообществ Байдаевского (ЛС) и Калтанского (ГТ) отвалов

Растительные сообщества	Формула древостоя / Сомкнутость крон, баллы	Высота деревьев	Состав подлеска (подроста) и куст. яруса	Травяной ярус	Проект. покрытие
Байдаевский отвал (лесостепная зона)					
Посадки березы и сосны	7Б+3С/2-4	12-15 м	калина, рябина, <i>облепиха</i> , <i>акация</i>	ежа сборная, клевер средний, вейник, мятлик, подорожник, ромашка, одуванчик, тысячелистник, полевика	70%
Посадки березы	10Б/5-8	10-25 м	сосна, береза, клен американский, рябина, <i>акация</i>	костяника, одуванчик, лопух, донник	30%
Посадки осины	10О/–	до 3 м	-	полынь, донник	10-30%
Посадки березы и тополя	5Б+5Т/7	15-20 м	-	ежа сборная, одуванчик, мятлик	20%
Березово-сосновые с участием тополя	5Б+4С+1Т/7	20-30 м	-	полевика, ежа сборная, костяника, земляника	50%
Осиново-березовые с ивой	5И+3Б+2О/5-6	4-6 м	-	ежа сборная, полынь древовидная, донник, бор развесистый, крапива, кострец, герань луговая, пупавка красильная, лопух	80-90, до 100%
Калтанский отвал (горно-таежная зона)					
Ивово-березовые	8И+2Б/3-4	2-8 м	сосна, пихта	земляника лесная, клевер средний, тимфеевка, ежа сборная, одуванчик	40-60
Березовые	10Б/3-4	15 м			
Пихтово-сосновые	8П+2С/5	15 м	-		30-50

Среди участков рекультивации в юго-восточной части Байдаевского отвала (ЛС) имеются участки с *посевами трав*. В центральной части посевов доминируют злаки: ежа сборная, пырей ползучий, полевика, тимфеевка. По мере продвижения к периферии возрастает доля травяных видов, в основном рудеральных: василек, полынь, конский щавель, пижма, тысячелистник, земляника, осот полевой, чертополох колючий.

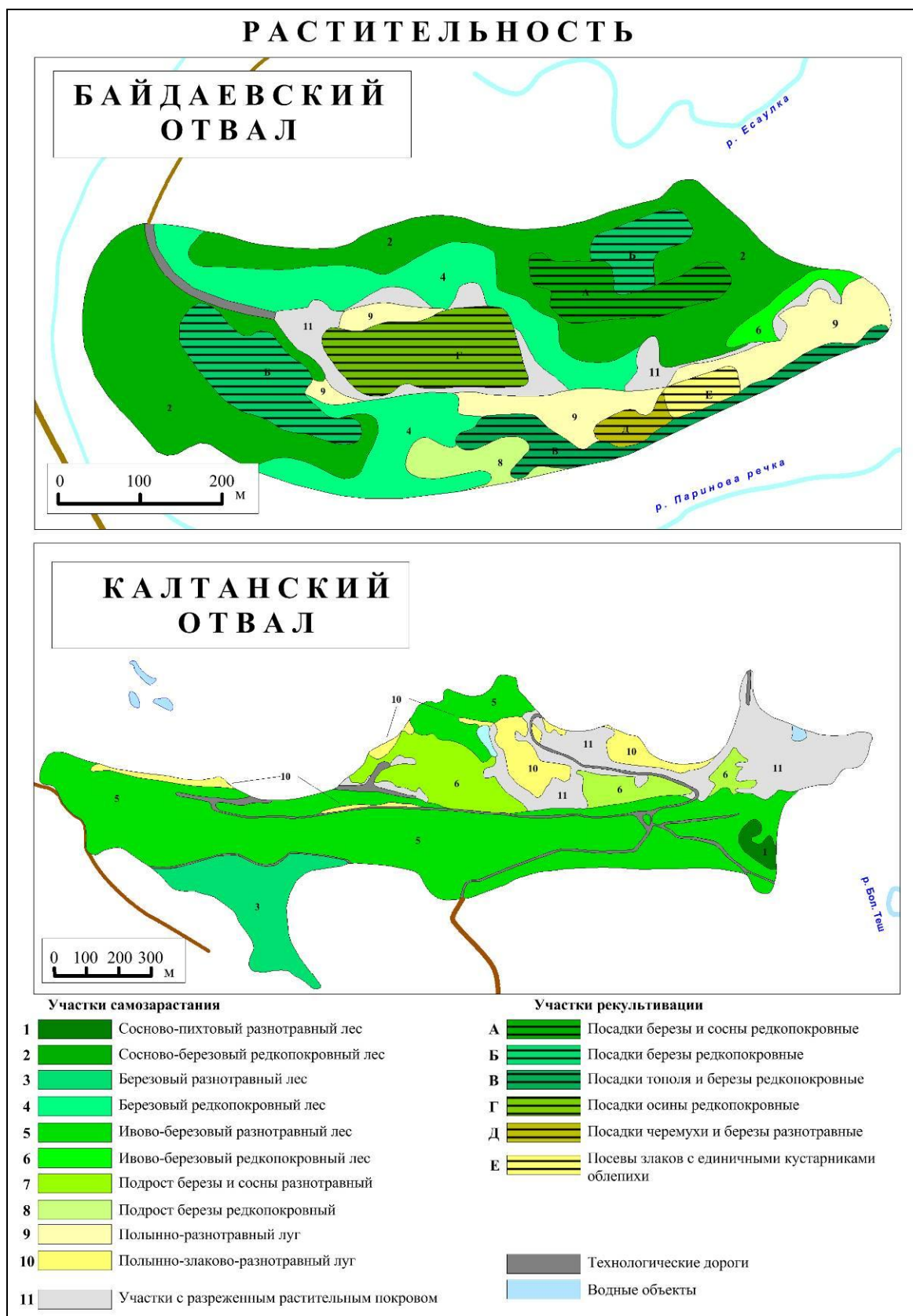


Рис. 2.5.4.1. Карты растительности Байдаевского (ЛС) и Калтанского (ГТ) отвалов

На поверхности отвала имеются участки самозарастания, с отдельными деревьями (березами, тополями, кленами, соснами) и кустарниками (облепихой, рябиной, акацией желтой); вы-

сота деревьев не превышает 4 м. Травяной ярус похож на травяной ярус посадок осины в центральной части отвала.

В пределах очагов самовозгорания растительный покров отсутствует, встречаются лишь стволы обгоревших деревьев, остатки травянистых растений. Участки самозарастания, соседствующие с очагами самовозгорания, либо участки, приуроченные к наиболее неблагоприятным местообитаниям, характеризуются фрагментарным растительным покровом. Доминируют: полынь, донник, верблюдка, молочай. Проективное покрытие может достигать 30-40%, но обычно – не превышает 15%.

Калтанский отвал (горно-таежная зона)

Калтанский отвал более чем на 80% покрыт лесной растительностью (рис. 2.5.4.1). На отвале была проведена только горнотехническая рекультивация.

Склоновые позиции заняты *ивово-березовыми* и *березовыми* лесами с хорошо развитым разнотравно-злаковым травяным ярусом и незначительным участием сосны и пихты. Незначительный по площади участок в восточной части отвала занимает *пихтово-сосновый лес*, в котором наблюдается чуть более высокая сомкнутость крон (до 5 баллов) и более разреженный травяной покров с подобным видовым составом. Данный тип леса наиболее близок к естественным горно-таежным сообществам.

В центральной части отвала формируются молодые *ивово-березовые* леса с развитым травяным ярусом. Высота деревьев не превышает 3,5 м. На выровненных участках встречаются группы берез и сосен высотой до 2 м с менее развитым травяным покровом, среди доминатов отмечаются ежа сборная, клевер, одуванчик и полынь.

В пределах лесных массивов встречаются небольшие площадки с густым травяным покровом из василька, пижмы, чертополоха, тысячелистника, ежи сборной, вейника, донника.

Фрагментарная травяная растительность в пределах выровненных площадок на поверхности отвала сформирована в основном рудеральными видами, среди которых полынь серая, чертополох, донник, одуванчик, конский щавель.

Хвостохранилища железорудных обогатительных фабрик

Абагурское хвостохранилище (лесостепная зона).

Растительность занимает всего 38% от общей площади хвостохранилища (рис 2.5.4.2). Рекультивация проводилась в разное время: на склонах 15-20 лет назад была высажена облепиха; западная часть хвостохранилища длительное время, начиная с 1980 года, использовалась в качестве полигона для экспериментов по применению различных растений-рекультивантов,

вследствие чего растительный покров в данной части хвостохранилища менее однороден. В восточной части значительные по площади участки незадернованы.

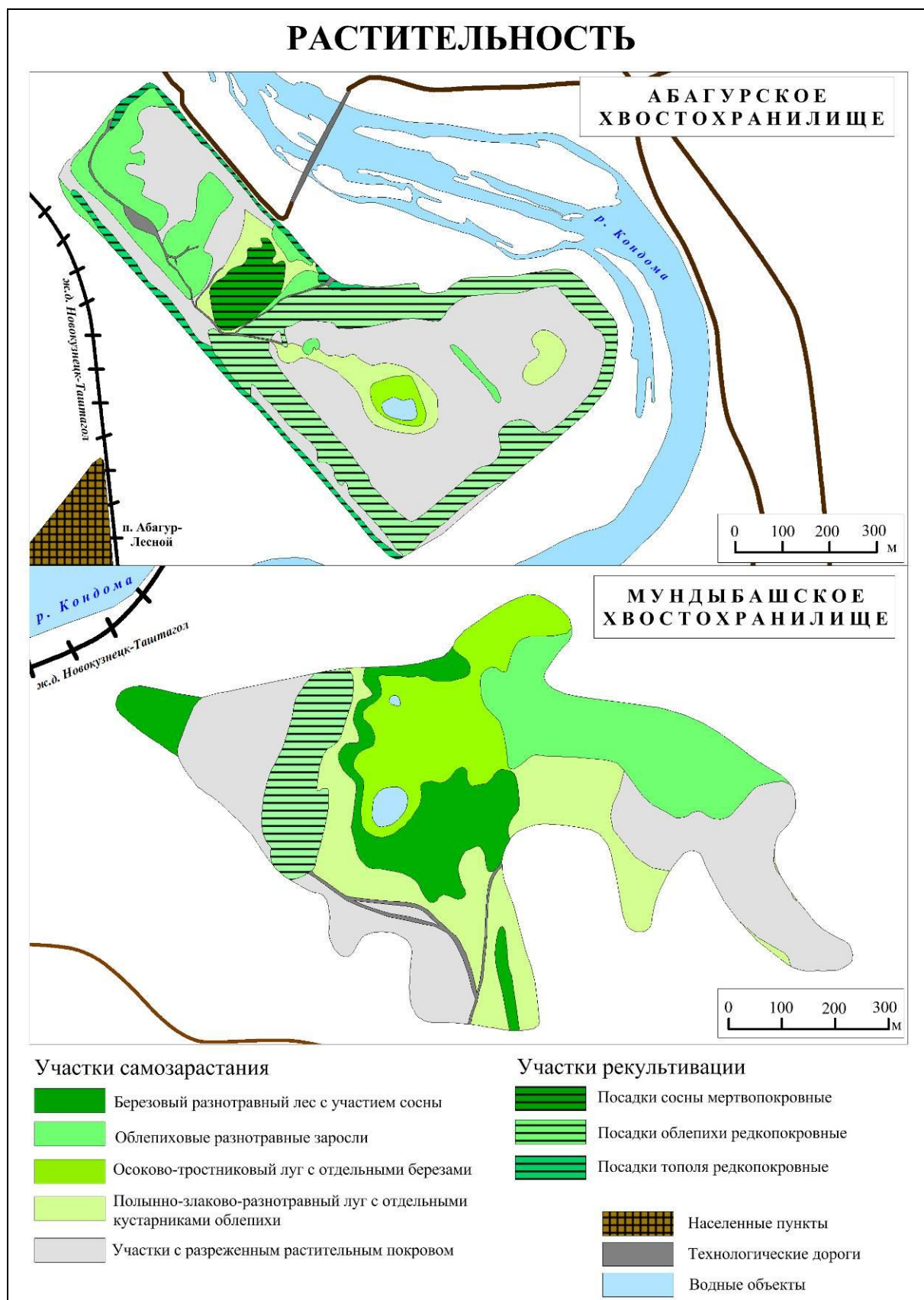


Рис. 2.5.4.2. Карты растительности Абагурского (ЛС) и Мундыбашского (ГТ) хвостохранилищ

Большая часть растений находится в угнетенном состоянии за счет фитотоксичности и недостатка влаги, кроме того, надземные органы растений повсеместно покрыты слоем пыли, в нижних частях склонов и в небольших понижениях отмечается перекрытие приземных органов эоловыми или делювиальными наносами.

Участки выровненной поверхности хвостохранилища, оставленные под самозарастание, в большинстве своем характеризуются фрагментарным растительным покровом или полным его отсутствием. Преобладают серая и белая полынь, верблюдка, одуванчик и качим, произрастают также овсяница и мятлик. Изредка встречаются молодые деревья тополя черного и клена ясенелистного. Проективное покрытие не достигает 20%. Спорадически присутствуют отдельные группы кустарников облепихи, с одуванчиком, полынью, купырем, качимом, овсяницей и мятликом в травяном ярусе. Площадь подобных «островков» самозарастания на верхней ступени не превышает 20 м², обычно они приурочены к микропонижениям.

Блюдцеобразное понижение, расположенной в центральной части верхней ступени занято тростниково-рогозово-осоковым болотом; его окаймляет полоса злаково-травянистых сообществ (полынь, одуванчик, верблюдка, мятлик, овсяница). По периферии понижения встречаются тополя высотой 0,5-4 м.

Наиболее крупным участком рекультивации является лесной массив, созданный около 30 лет назад по проекту ИПА СО РАН, где была высажена сосна обыкновенная; присутствуют также береза бородавчатая, тополь бальзамический, в подлеске – рябина сибирская и черемуха обыкновенная. Большинство сосен находится в угнетенном состоянии. Травяной покров практически отсутствует, поверхность почвы покрыта прошлогодним опадом, а на опушках – зеленым мхом.

На склонах растительный покров развит неравномерно, существенные различия прослеживаются между разными участками склонов, а также между склонами разной экспозиции. Рекультивационные работы с высадкой облепихи, проведенные 15-20 лет назад, сыграли значительную роль в зарастании склонов. В настоящий момент около 65% склоновых поверхностей покрыто облепиховыми зарослями. В нижних частях склонов, практически по всей периферии хвостохранилища был посажен тополь, приблизительно 15-20 лет назад. Травяной ярус на склоновых поверхностях развит слабо: в верхних и средних частях склонов в составе травостоя доминируют полынь, одуванчик, качим, в нижних частях встречаются люцерна, мятлик, овсяница, льнянка, мышиный горошек, мать-и-мачеха. Поверхность почвы местами покрыта зеленым мхом. Наименее освоенным растительностью является ветроударный инсолярный юго-западный склон, в западной части которого отмечаются лишь единичные кусты облепихи.

Мундыбаишское хвостохранилище (горно-таежная зона)

Поверхность хвостохранилища на 60% покрыта растительностью, однако, как и в случае с Абагурским хвостохранилищем (ЛС), она распределена неравномерно (рис 2.5.4.2). Рекультивации верхней ступени хвостохранилища не проводилось. На склоне хвостохранилища с целью закрепления пульпы 5-10 лет назад были высажены облепиха и сосна.

На верхней ступени выделяется несколько местообитаний: вокруг блюдцеобразных понижений, по мере удаления от центра блюдца и уменьшения влажности почв происходит постепенная смена одних растительных ассоциаций другими: участки с рогозом, осоками и тростником сменяются мезофитами (вейник, кострец, мятлик), встречаются также единичные ивы и березы. Высота травяных растений может достигать 2 м, высота древесных – обычно не превышает 4 м, степень проективного покрытия достигает 100%. Периферия блюдцеобразных понижений занята березовым лесом с участием ивы, сосны, клена, рябины и кустарников облепихи. Травяной покров в лесу хорошо развит, в нем присутствуют овсяница, мятлик, одуванчик, вейник; проективное покрытие в среднем не превышает 60%.

Лесной массив окружен разнотравно-злаковым лугом с подростом сосны и березы (высотой не более 5 м), куртинами ивы и облепихи. Древесные растения находятся в угнетенном состоянии. На лугу преобладает одуванчик, значительно участие клевера, донника, мятлика, вейника, мать-и-мачехи, полыни, встречаются тысячелистник, цикорий, льнянка. Проективное покрытие колеблется от 20 до 60%. Вне блюдцеобразного понижения растительный покров фрагментарный, единично встречаются полынь, одуванчик, цикорий, мятлик. Поверхность почвы местами покрыта зеленым мхом.

В верхних частях склонов находятся растительные сообщества с участием видов-рекультивантов: сосны и облепихи, высота сосен достигает 5-7 м, облепихи – 2,5 м. Помимо сосны в составе древостоя присутствуют также береза, ива и рябина. Травяной ярус представлен полынью, одуванчиком, мятликом, васильком, цикорием, овсяницей. Проективное покрытие достигает 50%. В нижних частях склонов растительный покров разрежен: встречаются единичные кусты облепихи, угнетенные сосны, а также полынь, василек, одуванчик, вейник, мятлик. К подножьям склонов приурочены отдельные куртины березы с развитым травяным ярусом, состоящим из полевицы, хвоща лесного, зверобоя, бадана. Переувлаженные участки шлейфов заняты различными осоками.

Выводы

Изучаемые отвалы и хвостохранилища имеют ряд общих особенностей связанных с их общей техногенной природой, и ряд различий, определяемых природными и технологическими процессами и явлениями.

К чертам сходства относятся:

1. Общий характер и строение рельефа (преобладание склонов, многочисленность линейных эрозионных форм и разнообразных техногенных форм мезорельефа), а также сходства температурных режимов обусловлены единством функционального назначения отвалов и хвостохранилищ (хранение отходов) и сходством технологии их формирования (поступление и накопление твердофазного материала).
2. Условия на отвалах и хвостохранилищах в целом благоприятны для почвообразования в отношении климата, рельефа и растительности; главным ограничением являются породы – субстраты техногенных объектов.
3. Зональное положение отвалов и хвостохранилищ, несмотря на определенные климатические различия между лесостепной и горно-таежной зонами, обуславливает сбалансированность увлажнения субстратов и достаточность тепловых ресурсов, что обеспечивает значительную продолжительность вегетационного периода. Большое значение во всех случаях имеет окружение высокопродуктивными биоценозами луговых лесостепей и черневой тайги.
4. На поверхности техногенных объектов распространение растительности протекает от своеобразных «ядер» зарастания, которые также выступают в качестве «ядер» почвообразования. На отвалах ими являются участки биологической рекультивации, либо наиболее пригодные для произрастания растений участки; на хвостохранилищах – отрицательные формы рельефа, в частности блюдцеобразные понижения.

Различия между техногенными объектами:

1. По факторам почвообразования наибольшие различия отмечены для микроклимата и растительности. Осадков в горно-таежной зоне почти в 1,5 раза больше, что способствует лучшему развитию растительности. Косвенным проявлением зональных различий является большая расчлененность рельефа в горно-таежной зоне.
2. Наибольшие различия между отвалами и хвостохранилищами проявляются в характере субстратов, свойства которых обусловлены самими объектами добычи, технологией извлечения и переработки сырья. Для субстрата отвалов характерны: мозаичное сложение, промывной водный режим и отсутствие токсичных соединений (за исключением очагов самовозгорания). Субстраты хвостохранилищ обладают четко выраженной техногенной стратификацией, непромывным водным режимом и присутствием значительного количества сульфатов и хлоридов.
3. Основное влияние на распространение растительности оказывают сочетания локальных особенностей техногенных объектов, таких как химические и физические свойства

ва субстратов, характер их сложения, особенности микрорельефа и микроклимата. Лимитирующими развитие растительности факторами на отвалах выступают каменистость субстратов и их высокая плотность; наиболее благоприятны участки с большей долей мелкозема. На хвостохранилищах развитие растительности ограничивается наличием солей и плотностью субстрата.

Для изучения техногенных объектов большое значение приобретает сочетание различных методов исследования: почвенных, географических, химических, геохимических, мезоморфологических и др. Их совместное использование позволяет более полно и достоверно исследовать свойства техногенных объектов, выявлять ключевые закономерности, факторы, стимулирующие и ограничивающие развитие на них растительности, следовательно, почв.

ГЛАВА 3. ПОЧВЫ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

3.1. Фоновые почвы

Фоновыми почвами на территории исследования являются: *черноземы глинисто-иллювиальные оподзоленные* в лесостепной зоне и *дерново-подзолистые сверхглубокоосветленные*² – в горно-таежной. Почвообразующими породами в лесостепной зоне служат карбонатные покровные лессовидные суглинки, в горно-таежной – бескарбонатные глины и суглинки (Трофимов, 1975). Полевые описания разрезов фоновых почв представлены в Приложении 1.

Черноземы глинисто-иллювиальные были описаны на междуречье малых рек Байдаевка и Коммунарка под луговой растительностью, на абсолютной высоте 315 м. (Приложение 1, разрез N-10). В данных почвах одновременно протекают процессы интенсивного гумусонакопления и слабой элювиально-иллювиальной дифференциации почвенного профиля. Для них характерен хорошо оструктуренный темnogумусовый горизонт (AU), переходящий в глинисто-иллювиальный (BI), в котором незначительно увеличивается содержание илистой фракции и имеются глинистые и гумусово-глинистые кутаны на вертикальных гранях структурных отдельностей; иногда в нижних частях горизонта AU и в верхних частях горизонта BI бывают заметны светлые песчаные и пылеватые зерна (рис. 3.1.1).

Для черноземов глинисто-иллювиальных характерна слабокислая реакция среды в верхней части гумусового горизонта, которая слабо изменяется с глубиной. Карбонатных новообразований не обнаружено, почвы не вскипают от HCl, однако, в нижних частях профилей иногда слышится слабое потрескивание. Содержание гумуса в поверхностных горизонтах достигает 4,5-8,5% и резко снижается с глубиной. В составе гумусовых кислот преобладают гуминовые. Емкость поглощения в черноземах глинисто-иллювиальных в темnogумусовом горизонте очень высока (до 50 мг/экв на 100 г почвы) и постепенно убывает к нижним горизонтам. В составе поглощенных катионов доминирует кальций, на него приходится около 75-80% от общей суммы; доля магния достигает 25% (Трофимов, 1975).

Дерново-подзолистые сверхглубокоосветленные почвы были описаны на поверхности междуречья малых рек Малая Кедровка и Большой Теш. На опушке естественного сосново-осиново-пихтового лесного массива на высоте 323 м (Приложение 1, разрез N-33). Местоположение данного разреза соответствует нижней высотной отметке распространения черневой тайги. В литературных источниках (Трофимов, 1975) данные почвы названы дерново-глубокоподзолистыми.

В дерново-подзолистых сверхглубокоосветленных почвах на поверхности сформирован серогумусовый горизонт мощностью 16 см, который постепенно переходит в мощный белесый

² Названия почв даны в соответствии с «Полевым определителем почв» (2008).

элювиальный горизонт (EL), достигающий 50 см. Элювиальный горизонт также очень постепенно переходит в достаточно мощный субэлювиальный горизонт (BEL), которому свойственна неоднородная окраска с чередованием охристо-бурых и белесых морфонов (останцовый тип по «Классификации...» 2004; «Полевому определителю...», 2008). Ниже залегает плотный текстурный горизонт (BT) с ярко выраженными глинистыми кутанами, постепенно переходящий в почвообразующую породу (Приложение 1, разрез N-33).

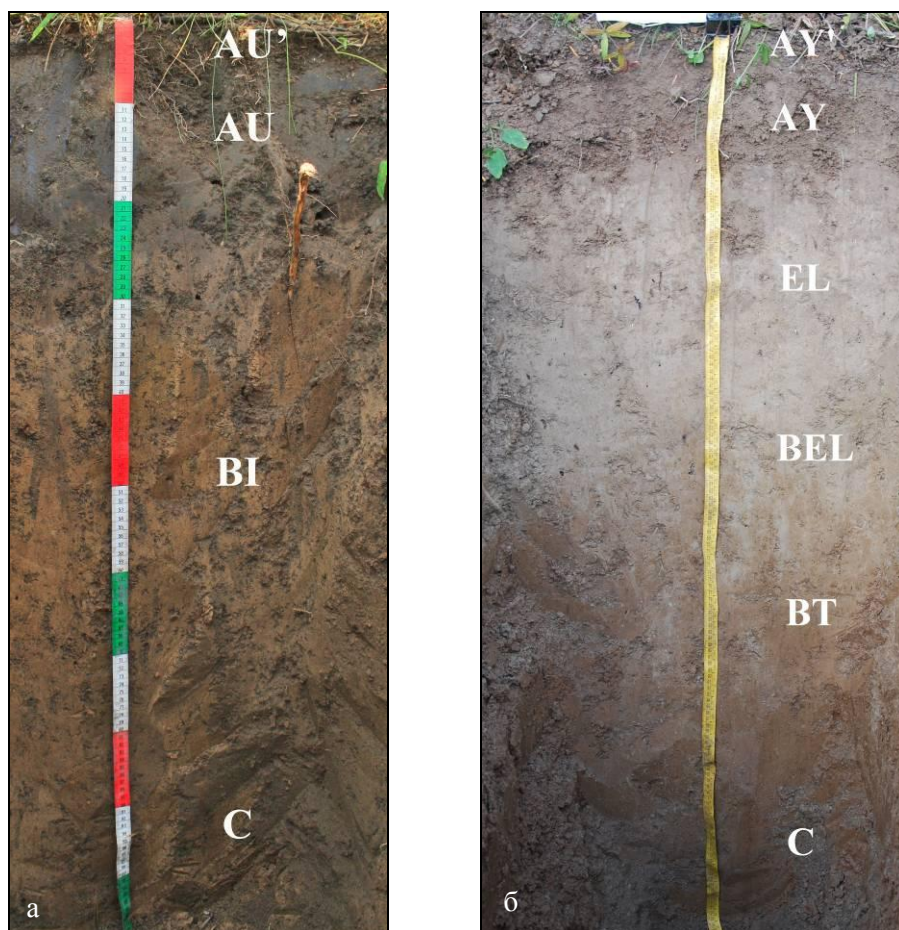


Рис. 3.1.1. Фоновый глинисто-иллювиальный чернозем лесостепной зоны (а) и дерново-подзолистая сверхглубокоосветленная почва горно-таежной зоны (б)

Реакция среды в профиле слабокислая, становящаяся нейтральной во втором метре. В дерновом горизонте содержится от 2,5 до 3,5% гумуса, количество которого относительно постепенно убывает с глубиной. Причем, для гумуса характерен фульватный состав. Почвы по всему профилю не вскипают от HCl. Согласно данным С.С. Трофимова (1975), для дерново-подзолистых почв Горной Шории, формирующихся на бескарбонатных глинах, характерна низкая емкость поглощения в верхней части профиля (в особенности для горизонта EL), которая немного возрастает в нижних горизонтах (до 25 мг/экв на 100 г почвы). Среди поглощенных катионов доминируют кальций и магний; в верхних 50 см также значительна доля водорода и

алюминия. Кроме того, в почвах велико содержание подвижных форм железа, количество которого максимально в верхней части горизонта EL и в горизонте BT.

В обеих фоновых почвах очень активно идут почвообразовательные процессы, сформированы мощные профили. Этому способствует значительная фитомасса, которая в черневой тайге достигает 390-400 т/га, в луговых степях – 9-23 т/га, а также высокий уровень биологической активности в лесостепных и горно-таежных ландшафтах (Трофимов, 1975).

3.2. Почвы и техногенные поверхностные образования угольных отвалов

3.2.1. Свойства техногенных поверхностных образований на угольных отвалах

Техногенные поверхностные образования на поверхности отвалов занимают участки с разреженным растительным покровом (11, рис. 2.5.4.1). Несмотря на неоднородность пород и хаотичность сложения отвалов, морфологические и химические свойства ТПО на их поверхности пространственно достаточно однородны, за исключением участков самовозгорания, где свойства ТПО существенно отличаются.

Толща ТПО, в отличие от почвенной, не дифференцирована, в ней отсутствуют органо-генные или гумусово-аккумулятивные горизонты; однако, морфологически выделяются два слоя, различающихся степенью выветрелости и размерами обломков. Зональные отличия в строении ТПО выражены слабо и проявляются в большем количестве мелкозема в горно-таежной зоне. Верхний слой более светлый: буровато-сероватый или светло-серый, имеет мощность до 5 см и состоит из мелких обломков пород, доля мелкозема в нем достигает 20%. Нижний слой имеет темно-серый цвет и состоит из крупных обломков пород и угля, доля мелкозема обычно не больше 10%. На гранях обломков пород имеются карбонатные пятна; обычно их больше в отвалах в горно-таежной зоне, что можно объяснить более высокой подвижностью карбонатов, вследствие большего количества осадков и более низких летних температур (рис. 3.2.1.1а).

Участки самовозгорания на обоих рассматриваемых отвалах очень локальны, но их свойства существенно отличаются от свойств ТПО на других участках. На их поверхности отмечается слабый дым, резкий запах, нередко выцветы и кристаллы солей, могут встречаться просадки, глубиной до 20 см. Толща таких ТПО состоит из двух слоев, мощность которых зависит от размера и глубины очага самовозгорания, его температуры. Мощность верхнего слоя ТПО при близком нахождении очага самовозгорания к поверхности на Байдаевском отвале (ЛС) невелика: 5-8 см. На Калтанском отвале (ГТ), где очаг самовозгорания имеет небольшой размер, верхний слой имеет большую мощность – до 32 см (рис. 3.2.1.1в). Поверхностный слой, темно-серого цвета, с редкими включениями красноватых обломков пород, на 80% состоит из обломков аргиллитов и алевролитов с обильными и хорошо выраженными карбонатными корочками и выцветами, особенно развитыми в горно-таежной зоне. Ниже залегает термически преобразо-

ванный красновато-серый слой, состоящий из выветрелых и обожженных обломков пород; он теплый и более влажный, чем вышележащий. На гранях обломков местами встречаются кристаллы и выцветы солей белесого и желтоватого цветов, нефтеподобные пленки.

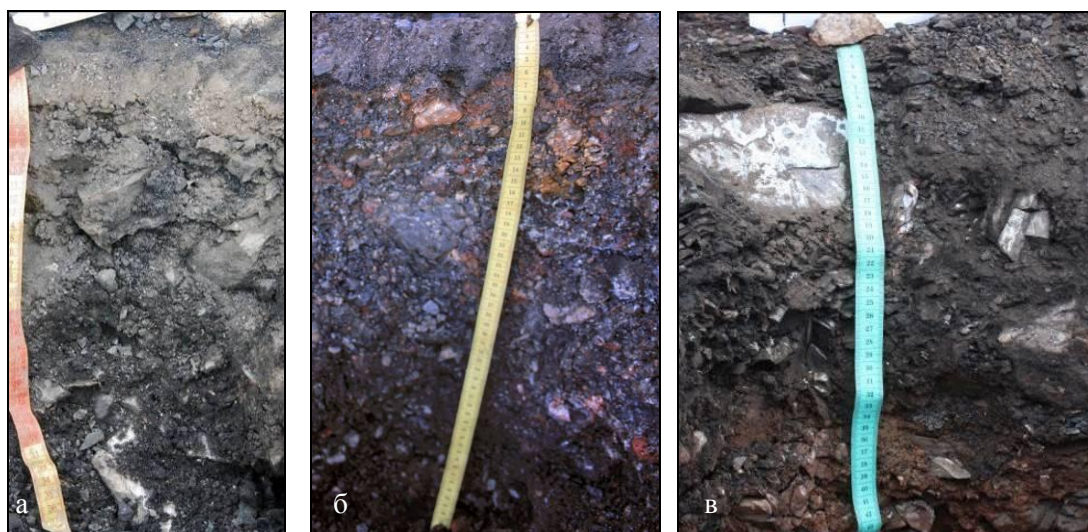


Рис. 3.2.1.1. Профили ТПО (а) вне участков самовозгорания на Калтанском отвале (ГТ), в нижней части видны карбонатные пятна; на участках самовозгорания на (б) Байдаевском (ЛС) и на (в) Калтанском (ГТ) отвалах

Большинство ТПО на поверхности отвалов, как в лесостепной, так и в горно-таежной зоне, имеют нейтральную или слабощелочную реакцию среды, что связано с присутствием карбонатов в составе пород (табл. 3.2.1). Чуть более равномерно значения рН распределены в ТПО лесостепного Байдаевского отвала, где реакция среды более щелочная, чем в горно-таежном Калтанском отвале, что соответствует зональным условиям. В ТПО Калтанского отвала (ГТ) значения рН более кислые, причем в верхнем слое величина рН меньше, чем в нижнем, что может быть связано с выносом щелочных продуктов разрушения пород (рис. 3.2.1.2). Верхний слой ТПО обычно слабее вскипает от HCl, в нижнем – вскипание бурное.

Таблица 3.2.1

Кислотно-основные свойства и содержание легкорастворимых солей в ТПО отвалов

Название отвала	Байдаевский отвал		Калтанский отвал	
Природная зона	Лесостепная		Горно-таежная	
Химические свойства	ТПО	ТПО на участках самовозгорания	ТПО	ТПО на участках самовозгорания
рН (в верхнем слое/ в нижнем слое)	8,2/8,9	3,1/7,4	7,1/8,3	8,3/8,6
Содержание легкорас- творимых солей, %	0,02-0,05	0,55	>0,03	0,03

На участке самовозгорания Байдаевского отвала (ЛС) ТПО характеризуются самыми кислыми значениями рН, особенно в верхней части профиля (3,1), что связано с наличием термодинамического барьера у поверхности. На барьере происходит конденсация паров, поднимаю-

щихся от очага горения, которые имеют преимущественно кислотный характер (Панов, Прокурня, 2002). Воздействие кислотных продуктов на породы вызывает их разрушение и подкисление среды. Для ТПО на горящем участке в горно-таежной зоне такого явления не зафиксировано, для них характерна щелочная реакция среды, что, вероятно, объясняется небольшим размером очага возгорания (рис. 3.2.1.2).

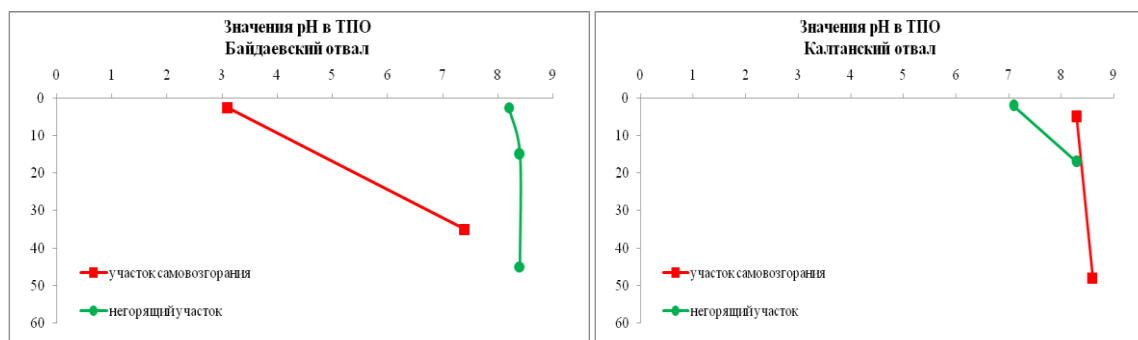


Рис. 3.2.1.2. Значения pH в ТПО на Байдаевском (ЛС) и Калтанском (ГТ) отвалах

Содержание легкорастворимых солей слабо варьирует в ТПО на территории рассматриваемых отвалов и в целом оно крайне низкое (от 0,02 до 0,05%). Исключением является, как и в случае с сильнокислыми значениями pH – ТПО на очаге самовозгорания в лесостепной зоне, где воздействие кислотных продуктов горения приводит к растворению пород и образованию легкорастворимых солей (сульфатов и нитратов). Засоление проявляется морфологически в виде кристаллов солей на поверхности (рис. 3.2.1.3). На горящем участке Калтанского отвала (ГТ) повышения концентрации солей не отмечается, их количество, как и в ТПО на негорящих участках, не превышает 0,03%.

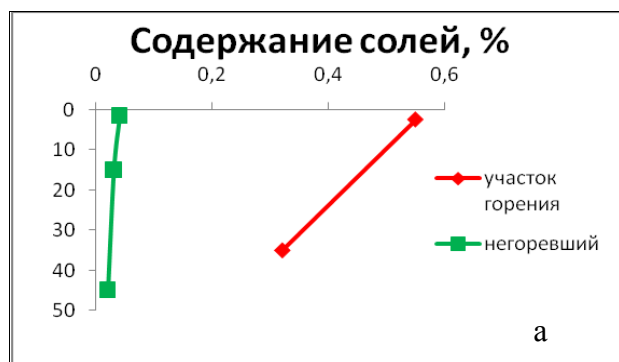


Рис. 3.2.1.3. Содержание легкорастворимых солей (а), выцветы солей на обломках пород (б) в ТПО Байдаевского отвала (ЛС)

Содержание углерода в ТПО очень сильно колеблется в зависимости от присутствия включений обломков угля: от 0,1 до 20,5%; какие-либо пространственные закономерности не выявлены.

3.2.2. Свойства почв на угольных отвалах

Почвы, формирующиеся на угольных отвалах, можно назвать эволюционным продолжением ТПО, поэтому для них характерна высокая степень сходства. На Байдаевском отвале (ЛС) почвы формируются как на рекультивированных участках, так и там, где рекультивация не проводилась. В некоторых случаях рекультивационный материал был перемешан с субстратом отвалов. Мощность суглинистых пород, использованных при рекультивации, не превышает 0,3 м на субгоризонтальных участках, и 1 м – на склонах. На Калтанском отвале (ГТ) все почвы сформированы на участках самозарастания.

Почвы на рекультивированных и нереккультивированных участках имеют значительные отличия в строении профилей.

Основные различия в свойствах почв на участках, где не было проведено биологической рекультивации, заключаются в характере верхних горизонтов, их мощности и структуре.

В почвах отвалов в обеих природных зонах на *участках самозарастания* со слабо развитым растительным покровом (9 и 10, рис. 2.5.4.1), представленным преимущественно травянистыми видами, формируется гумусово-слаборазвитый горизонт (W), мощность которого обычно не превышает 3-5 см. Горизонт окрашен в темно-серый цвет, на 50-60% состоит из мелкозема (рис. 3.2.2.1). Небольшие обломки пород, размером до 1 см, оплетены корнями растений.



Рис. 3.2.2.1. Профили почв на участках самозарастания Байдаевского отвала (ЛС)

Структура верхних горизонтов существенно различается на разных участках отвалов в зависимости от характера растительности, особенно травяного яруса.

На Байдаевском отвале (ЛС) на участках с лесной растительностью, вследствие слабого развития травяного яруса, на поверхности формируются подстильно-торфяные горизонты (О) (рис. 3.2.2.2а). В отдельных местах, где проективное покрытие чуть выше, верхние горизонты имеют черты подстильно-торфяных, однако, структурирующая деятельность корней все же заметна, что позволяет диагностировать их как гумусово-слаборазвитые (рис. 3.2.2.2б). Струк-

тура в описанных выше горизонтах выражена слабо, в горизонте О она практически отсутствует, в горизонте W – мелкокомковатая, проявляется преимущественно вблизи корней.

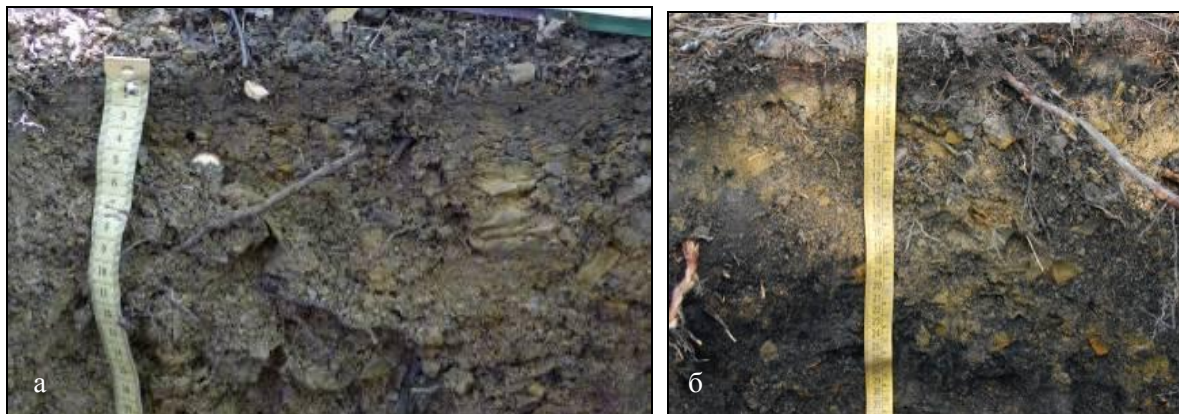


Рис.3.2.2.2. Подстильно-торфяной (О) (а) и гумусово-слаборазвитый (W) (б) горизонты в почвах Байдаевского (ЛС) отвала (фото А.В. Шараповой)

В почвах Калтанского отвала (ГТ) развитие моховой подстилки также зачастую сближает горизонт W с подстильно-торфяным, однако влияние корней трав все же проявляется: в горизонте выражена мелкокомковатая структура по корням (рис. 3.2.2.3).



Рис.3.2.2.3. Гумусово-слаборазвитый горизонт (W) (а) и моховой покров (б) в почвах Калтанского отвала (ГТ)

На большей части Калтанского отвала (ГТ) травяной ярус развит хорошо (рис. 2.5.4.1), вследствие чего в почвах на участках с лесной растительностью преобладает горизонт W (рис. 3.2.2.4). Для него характерна темно-серая окраска, комковатая структура, бóльшая, по сравнению с почвообразующей породой, влажность, высока доля корней (до 30% объема). Несмотря на значительную переработку субстрата почвенными процессами, в верхнем горизонте все же присутствуют обломки пород, обычно мелкие, до 1 см, которые нередко вовлекаются корнями в структурные отдельные.



Рис. 3.2.2.4. Гумусово-слаборазвитые горизонты в почвах Калтанского отвала (ГТ).
Темный цвет унаследован от породы и не является результатом процесса гумусонакопления

На участках самозарастания под подстильно-торфяным или гумусово-слаборазвитым горизонтом залегает переходный горизонт, имеющий темно-серую окраску, иногда с буроватым оттенком. Горизонт отличается от почвообразующей породы большим количеством мелкозема, большей долей мелких обломков и присутствием корней. Его мощность обычно невелика, до 5 см. Под ним залегает горизонт почвообразующей породы, темно-серый, щебнистый, на 70-90% состоящий из обломков пород, (нередко выветрелых) в том числе угля. На отдельных участках, вследствие неселективной отсыпки, в почвообразующих породах имеется примесь бурого и желтоватого суглинка (рис. 3.2.2.2-3.2.2.4).

На *участках рекультивации* Байдаевского отвала (ЛС) характер поверхностного горизонта зависит от направления рекультивации. Так, при посевах злаков и трав (Е, рис. 2.5.4.1) в верхней части профиля формируется гумусово-слаборазвитый горизонт, приближающийся по своим свойствам к серогумусовому горизонту (рис. 3.2.2.5). Его мощность составляет 3-7 см. Горизонт имеет серовато-бурую окраску, густо пронизан корнями растений (до 40% на стенке разреза), неясно оструктурен, с элементами слабой комковатости. Ниже следует мало измененный почвообразовательными процессами суглинистый горизонт, представляющий собой рекультивационный субстрат. Мощность горизонта варьирует от 30 до 100 см, он окрашен в серовато-бурый цвет с охристыми и серыми пятнами. Структура выражена слабо, присутствует небольшое количество корней, встречаются включения обломков пород, иногда обильные.

Нижняя часть профилей почв на участках рекультивации сильно различается. На выровненном участке под рекультивационным субстратом, имеющим мощность 20-30 см, залегает

исходный субстрат отвалов, по своим морфологическим характеристикам идентичный описываемым выше (рис. 3.2.2.5а).

На склонах мощность субстрата обычно достаточно велика, поэтому подстилающие породы не вскрываются. Однако были выявлены температурные преобразования в месте перекрытия очага самовозгорания рекультивационным субстратом (рис. 3.2.2.5б), проявляющиеся в изменении окраски, увеличении влажности, присутствии многочисленных карбонатных пятен. В нижней части склона зафиксированы процессы оглеения рекультивационного субстрата (рис. 3.2.2.5в)

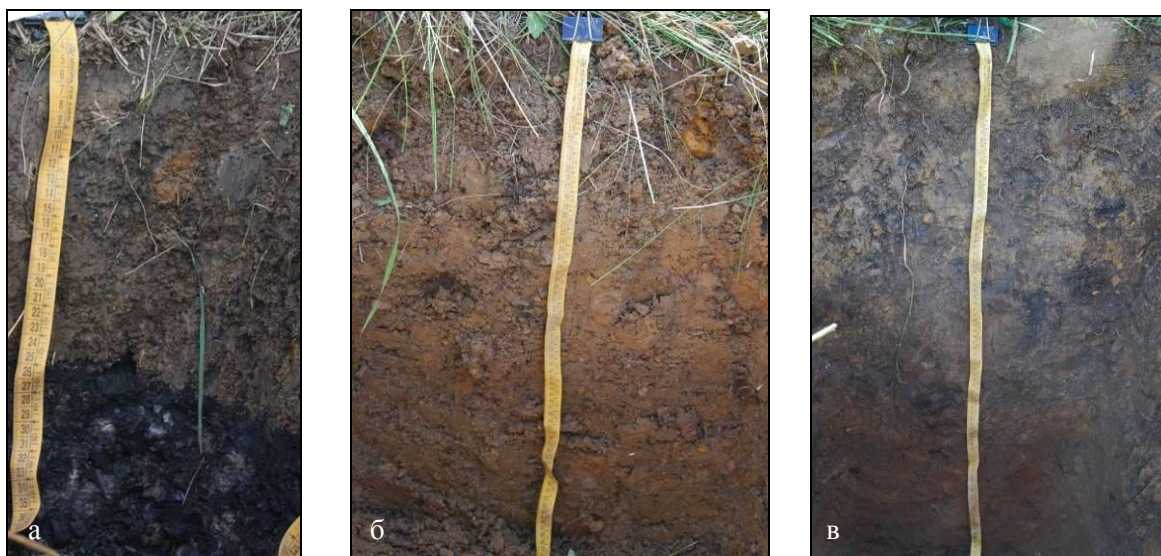


Рис.3.2.2.5. Профили почв на рекультивированных участках Байдаевского отвала (ЛС) под травянистой растительностью а) с мощностью рекультивационного субстрата 30 см; с мощностью рекультивационного субстрата более 100 см: б) в районе очага самовозгорания; в) с оглеением в нижней части профиля (фото А.В. Шараповой)

На поверхности рекультивированных участков с посадками березы и сосны (А, рис. 2.5.4.1), вследствие слабого развития травяного покрова, сформированы подстилично-торфяные горизонты, состоящие из слабо разложившихся листьев, хвои и мелких веток (рис. 3.2.2.6а). В местах, где травяной покров развит лучше (на опушках леса или полянах) образованы гумусово-слаборазвитые горизонты (рис.3.2.2.6б). Под ними залегает рекультивационный субстрат, нередко с включениями обломков пород и угля.



Рис.3.2.2.6. Профили почв на рекультивированных участках Байдаевского отвала (ЛС), под древесной растительностью а) со слабым развитием травяного яруса; б) с развитым травяным ярусом (фото А.В. Шараповой и А.С. Цибарт)

По химическим показателям почвы на отвалах в разных зонах имеют больше различий, чем ТПО. Так, почвы на Байдаевском отвале (ЛС) характеризуются слабощелочной и щелочной реакцией (рис. 3.1.2.7а), в почвах Калтанского отвала (ГТ) реакция среды более кислая (рис.3.1.2.7б). Различия в уровне значений рН в разных зонах связаны с характером растительности (ее сомкнутостью и фитомассой) и водного режима (количеством осадков и их сезонным распределением). В обеих зонах в гумусовых горизонтах отмечается подкисление благодаря гумусовым кислотам, образующимся при разложении растительных остатков.

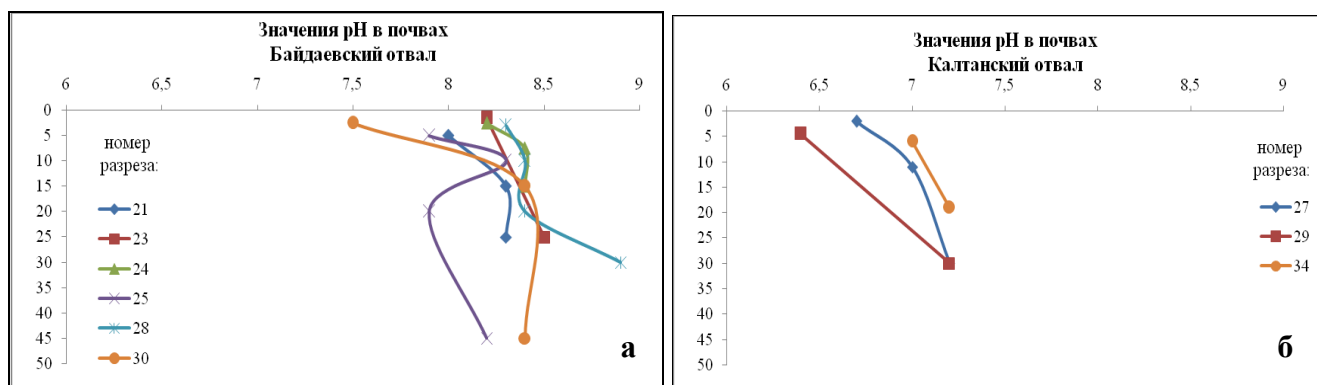


Рис. 3.2.2.7. Значения рН в почвах а) Байдаевского (ЛС) и б) Калтанского отвалов (ГТ)

Почвы отвалов, как в лесостепной, так и в горно-таежной зоне, не засолены; содержание солей не превышает 0,03%, как во вскрышных, так и во вмещающих породах.

Содержание углерода в почвах очень сильно варьирует вследствие разного количества включений угольных обломков, что довольно сильно осложняет интерпретацию результатов анализов. Наиболее часто используемый в почвоведении показатель содержания гумуса в поч-

вах отвалов зачастую неинформативен, поэтому в работе приводится содержание углерода. В почвах Байдаевского отвала (ЛС) на некультивированных участках разброс его значений очень велик: от 0,38 до 21%, причем четко выраженных тенденций не наблюдается. На участках рекультивации в горизонтах почвообразующих пород углерода содержится очень мало (0,07-0,7%), за исключением разреза, где почвообразующие породы имеют малую мощность и подстиляются субстратом отвалов (разрез 28 на рис. 3.2.2.8б, Приложение 1). При этом в поверхностных горизонтах почв на рекультивационных участках содержится заметно больше углерода: от 2 до 8%, что, скорее всего, обусловлено процессом гумусонакопления (рис. 3.2.2.8б).

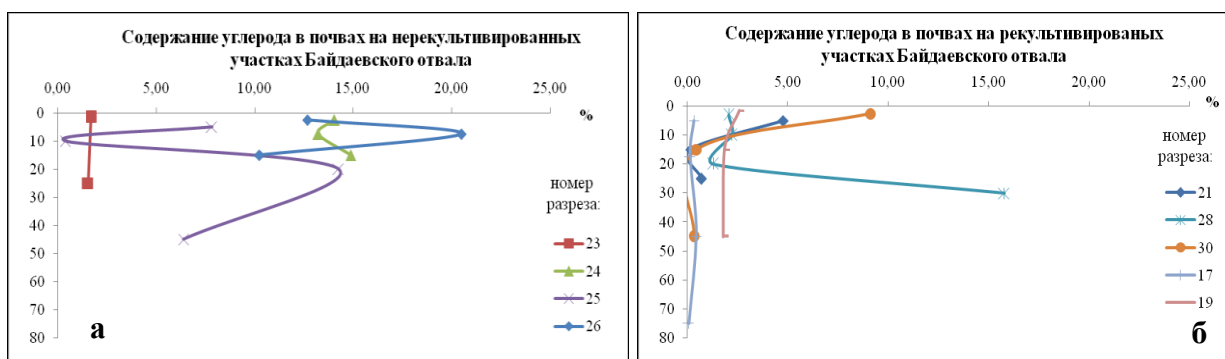


Рис. 3.2.2.8. Содержание углерода в почвах Байдаевского отвала (ЛС) на а) некультивированных и б) рекультивированных участках

В почвах Калтанского отвала (ГТ) содержание углерода по тем же причинам неоднородно, без четко выраженных закономерностей (рис. 3.2.2.9).

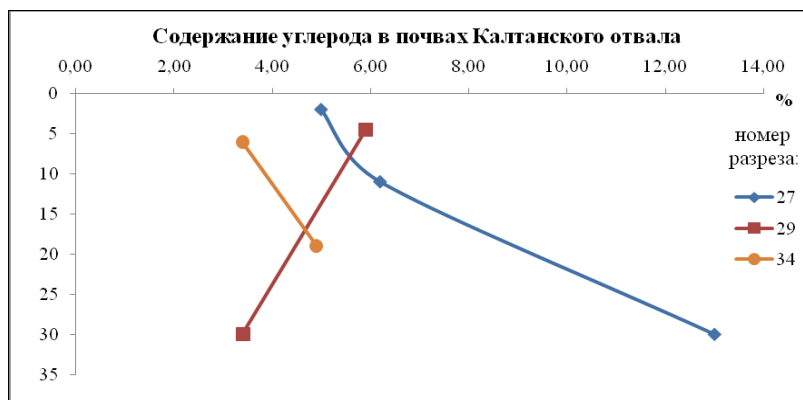


Рис.3.2.2.9. Содержание углерода в почвах Калтанского (ГТ) отвала

Содержание подвижного калия и фосфора в почвах обоих исследуемых отвалов очень сильно варьирует (рис.3.2.2.10).



Рис.3.2.2.10. Содержание подвижных форм фосфора и калия в поверхностных горизонтах почв отвалов

Полученные данные по содержанию элементов питания в почвах не связаны с характером растительности или рекультивацией, четких закономерностей в распределении обоих элементов не выявлено. Концентрации в почвах отвалов подвижных соединений калия и фосфора отражает только исходные свойства техногенных субстратов и носят случайный характер.

3.3. Почвы и техногенные поверхностные образования хвостохранилищ железорудных обогатительных фабрик

Почвы и ТПО на поверхности хвостохранилищ значительно отличаются от почв и ТПО на угольных отвалах, что в первую очередь связано с различиями в технологии их формирования. Для всех почв и ТПО на хвостохранилищах характерна ярко выраженная техногенная слоистость, серая и темно-серая окраска, которая при рассмотрении свойств почв осложняет определение гумусовой прокраски профилей и проявлений оглеения.

При изучении морфологических свойств почв и ТПО хвостохранилищ информативным оказался мезоморфологический метод, позволивший выделить их ключевые особенности.

3.3.1. Свойства техногенных поверхностных образований на хвостохранилищах

Техногенные поверхностные образования хвостохранилищ, как и угольных отвалов, имеют высокую степень сходства на разных участках хвостохранилища, а также на хвостохранилищах, расположенных в разных природных зонах. Участки с ТПО легко обнаруживаются на местности по отсутствию растительности на их поверхности (рис.2.5.4.2). Верхняя часть ТПО уплотнена (в результате разравнивания техникой), на поверхности иногда встречаются глинистые корки и обломки пород диаметром до 1 см.

Толща ТПО представляет собой слоистый материал, состоящий из чередующихся пылеватых и песчаных слоев, менее плотный в верхней части и более плотный на глубинах

свыше 1 м. Толщина отдельных слоев обычно не превышает 5-7 см. Пылеватые слои характеризуются серовато-бурой окраской; на мезоморфологическом уровне выявляется их технологическая структура в виде «окатышей» – эллипсоидов, размерами до 0,5 см (рис. 2.5.2.1). Песчаные слои состоят из зерен разноцветных минералов, в том числе, на Абагурском хвостохранилище (ЛС) – железосодержащих.

В нижней части ТПО в суглинистых прослоях отмечаются редкие железистые пленки, более обильные в лесостепной зоне. На окатышах и гранях обломков пород, с глубины 30-40 см, в Абагурском хвостохранилище (ЛС) и с 10 см – в Мундыбашском (ГТ) присутствует слабый кремнистый «налет».

Однако, при общем сходстве, различия в строении толщ ТПО все же проявляются. В лесостепной зоне вследствие меньшей влажности субстратов, в ТПО техногенные слои выражены более контрастно, по сравнению с ТПО в горно-таежной зоне (рис. 3.3.1.1).

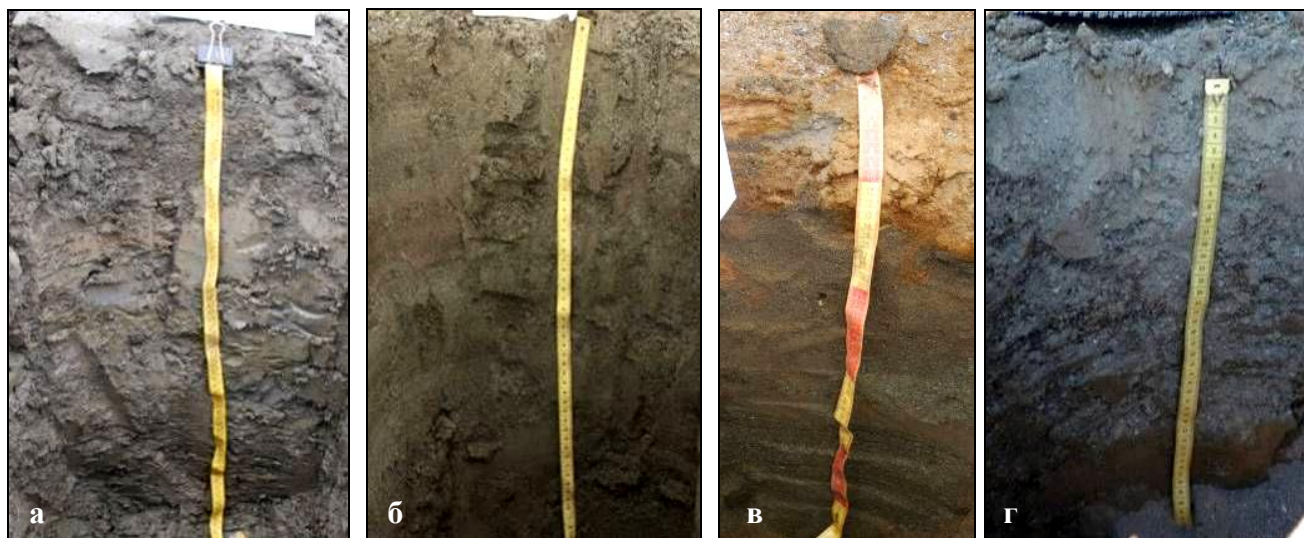


Рис. 3.3.1.1. ТПО на поверхности Абагурского (ЛС) (а,б,в) и Мундыбашского (ГТ) (г) хвостохранилищ

Для большинства ТПО на хвостохранилищах характерна нейтральная реакция среды (рис. 3.3.1.2). В лесостепной зоне, на Абагурском хвостохранилище, в верхних частях разрезов, заложенных непосредственно на поверхности хвостохранилища, отмечается подкисление: слабое в разрезе 13 (рис. 3.3.1.2а) и очень сильное в разрезах 51 (рис. 3.3.1.2в) и 20 (рис. 3.3.1.2б) (до 3,2 и 3,1, соответственно). Усиление кислотности объясняется наличием в составе субстрата железосодержащих минералов (преимущественно пирита), которые окисляются с образованием серной кислоты.

В горно-таежной зоне кислотно-основные свойства ТПО слабо изменяются с глубиной, хотя незначительное подкисление может быть также вызвано присутствием железосодержащих минералов в нижней части толщ.

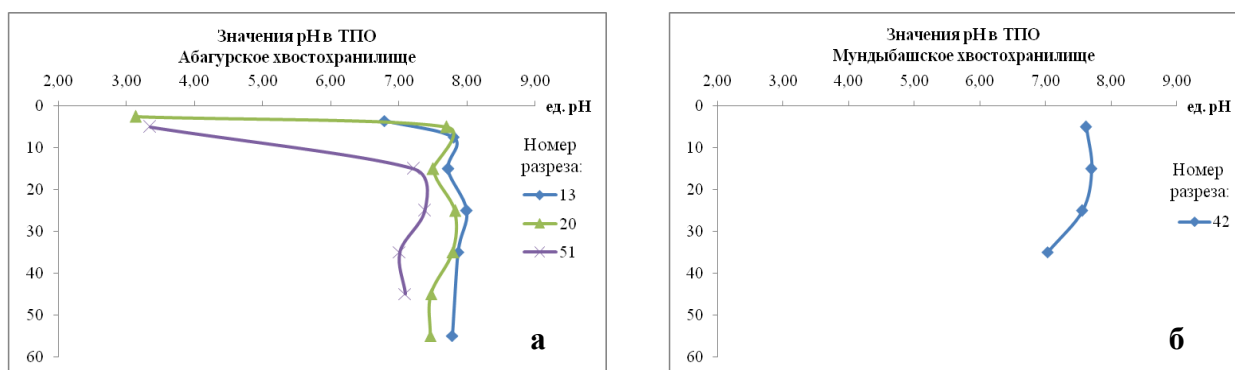


Рис. 3.3.1.2. Значения pH в ТПО Абагурского (ЛС) (а) и Мундыбашского (ГТ) (б) хвостохранилищ

В ТПО хвостохранилищ содержатся легкорастворимые соли, поступившие в шламы в ходе обогащения руды: их концентрация варьирует от 0,1 до 3,0%. Причем на Абагурском хвостохранилище (ЛС) их радиальное распределение нерегулярно – выражена техногенная стратификация, тогда как на Мундыбашском (ГТ) большее количество осадков обеспечивает вынос солей в нижние части толщи (рис. 3.3.1.3).

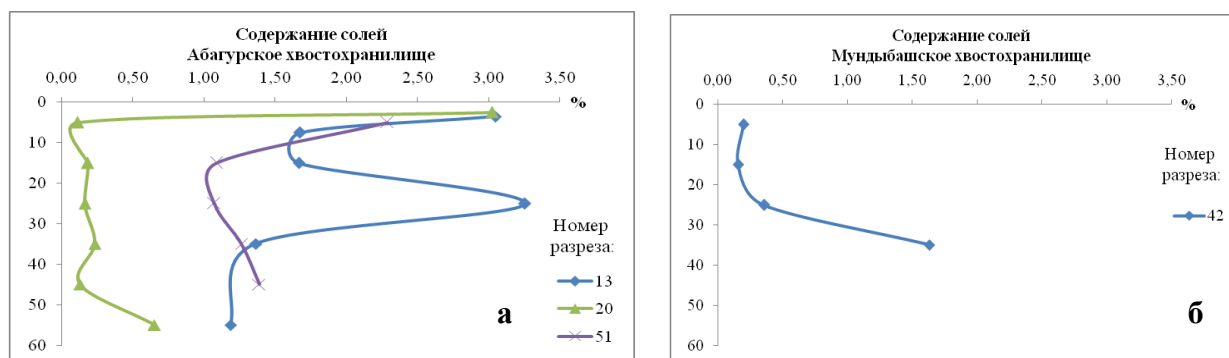


Рис.3.3.1.3. Содержание легкорастворимых солей в ТПО Абагурского (ЛС) (а) и Мундыбашского (ГТ) (б) хвостохранилищ

Содержание углерода в ТПО обоих хвостохранилищ неоднородно, графики его распределения часто имеют пилообразную форму, обусловленную техногенной слоистостью субстрата (рис. 3.3.1.4а). В лесостепной зоне концентрации $C_{орг}$ варьируют в пределах от 1 до 2,5%; максимальные значения наблюдаются в пылеватых слоях, минимальные – в песчаных (рис. 3.3.1.4а). В горно-таежной зоне содержание углерода в целом меньше, отмечается поверхностно-аккумулятивный тип распределения (рис. 3.3.1.4б). Увеличение содержания углерода в верхней части, вероятно, объясняется привносом растительных остатков (листьев и хвои) с соседних заросших участков. Стоит отметить исходно довольно высокое содержание органических веществ в составе субстратов, связанное не столько с почвообразованием, сколько с применением различных химических соединений органической природы при обогащении (кокс, поверхностно-активные вещества и др.).

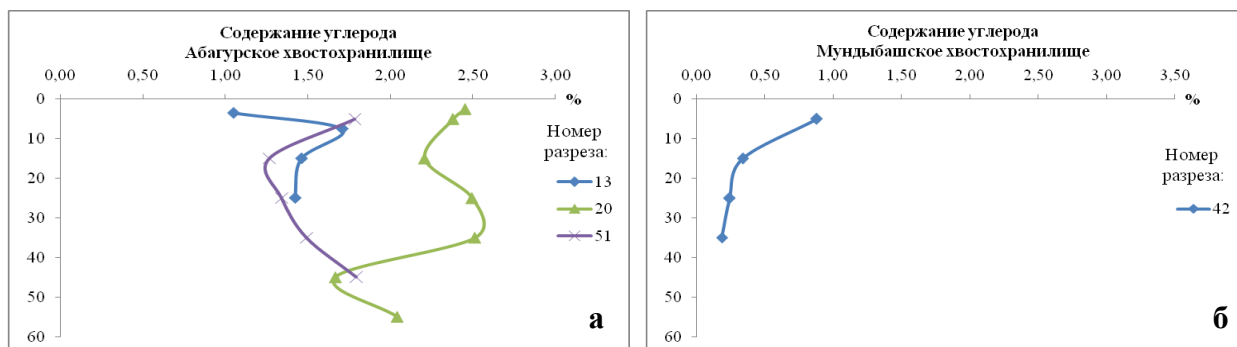


Рис.3.3.1.4. Содержание углерода в ТПО Абагурского (ЛС) (а) и Мундыбашского (ГТ) (б) хвостохранилищ

Содержание подвижного фосфора и калия в ТПО хвостохранилищ низкое: на Абагурском хвостохранилище (ЛС) оно не превышает 12 и 162 мг/кг, на Мундыбашском (ГТ) – 3,4 и 34 мг/кг, соответственно.

3.3.2. Свойства почв на хвостохранилищах

Строение почв на хвостохранилищах в целом аналогично строению ТПО, однако верхняя часть их профиля переработана процессами почвообразования, и характерная для субстратов хвостохранилищ «технологическая» стратификация оказывается нарушенной.

Для хвостохранилищ в лесостепной и горно-таежной зоне отмечается сходная схема формирования гумусовых горизонтов, развитие которых протекает в несколько последовательных стадий, которые, как отмечалось В.А. Андрохановым с соавторами (2004), соответствуют стадиям развития растительности. Изначально, при появлении на поверхности хвостохранилищ мхов, верхняя часть субстратов «схватывается» ризоидами, образуя прослойку мощностью несколько сантиметров (рис.3.3.2.1а).



Рис.3.3.2.1 Образование структуры в почвах хвостохранилищ а) «схватывание» поверхностной части субстрата хвостохранилищ ризоидами мхов; б) гумусово-слаборазвитый горизонт; в) структура гумусово-слаборазвитого горизонта: непрочно комковатая и местами – слоистая остаточно-литогенная.

Затем, по мере поселения высших растений и проникновения корней внутрь толщи хвостохранилищ, на поверхности формируется гумусово-слаборазвитый горизонт (рис. 3.3.2.1б), в

котором со временем происходит улучшение структуры: в верхней части профиля, по ходам корней начинает появляться непрочная комковатая структура (рис. 3.3.2.1в).

По мере развития растительных сообществ на стадии перехода к сложной растительной группировке поверхностные горизонты дифференцируются в зависимости от характера растительного покрова. На участках с лесной растительностью (рис.2.5.4.2), аккумулируется опад (рис. 3.3.2.2а, б), при развитии влажнотравной растительности происходит оторфовывание горизонтов (рис. 3.3.2.2в). Для всех горизонтов характерна темно-серая окраска, комковатая и мелкокомковатая структура. Нередко отмечается потечность гумуса: гумусовые вещества могут проникать на глубину более 15 см.



Рис. 3.3.2.2. Гумусовые слабообразованные горизонты в почвах Абагурского (ЛС) (а) и Мундыбашского (ГТ) (б, в) хвостохранилищ

Под гумусовыми горизонтами залегает переходный к почвообразующей породе горизонт, слабо переработанный корнями растений, имеющий темно-серый с буроватостью цвет. В нем слабо заметны признаки стратификации и присутствует небольшое количество древесных или травянистых корней. Ниже располагается слоистая почвообразующая порода, в нижней части которой практически повсеместно отмечаются процессы оглеения. Огленные горизонты в лесостепной и горно-таежной зонах располагаются на разных глубинах.

Большинство почв имеет нейтральную и слабощелочную реакцию, варьирующую в пределах 7,2-7,9 единиц pH. В верхних частях профилей, как в лесостепной, так и в горно-таежной зоне, отмечается подкисление, что объясняется поступлением органических остатков и процессами их разложения (рис. 3.3.2.3). Чуть более сильное подкисление наблюдается в тайге (7,0), а чуть меньшее в лесостепи (7,2). В распределении значений pH отмечается некоторая «пилообразность», более выраженная в лесостепной зоне, которая может быть связана с адсорбцией органических веществ пылеватыми частицами, либо с исходными «технологическими» свойствами субстратов.

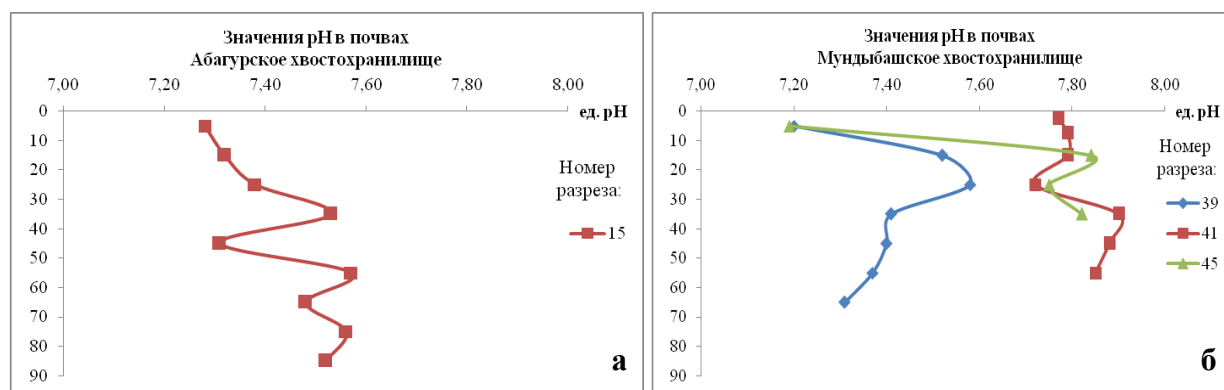


Рис.3.3.2.3. Значения pH в почвах Абагурского (ЛС) (а) и Мундыбашского (ГТ) (б) хвостохранилищ

В целом, суммарное содержание солей в почвах, как и в ТПО хвостохранилищ, достаточно велико, в их распределении также прослеживаются различия между песчаными и пылеватыми прослоями. В лесостепной зоне амплитуда значений достаточно велика от 0,4 до 1,3% (рис. 3.3.2.4а). Максимальные концентрации наблюдаются на границе органо-аккумулятивного горизонта с субстратом и на границе с оглеенной частью субстрата. В почвах Мундыбашского хвостохранилища (ГТ) содержание солей в целом меньше, максимальная концентрация не превышает 0,7%, распределение их по профилю более равномерное (рис. 3.3.2.4б), что закономерно отражает большее увлажнение.

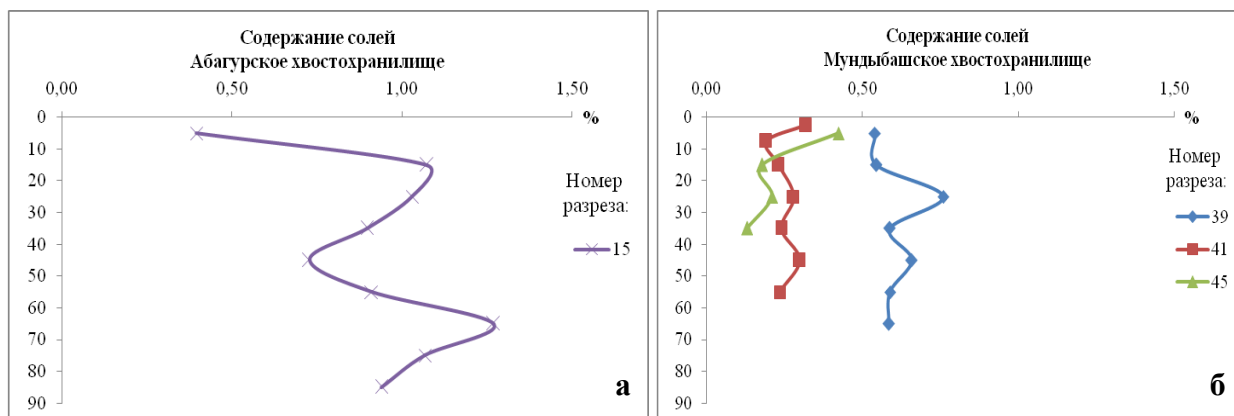


Рис. 3.3.2.4. Содержание легкорастворимых солей в почвах Абагурского (ЛС) (а) и Мундыбашского (ГТ) (б) хвостохранилищ

Содержание углерода в почвах хвостохранилищ повсеместно больше 0,5%, что связано с исходной техногенной «обогащенностью» субстратов органическими веществами. Графики распределения углерода в почвах обоих хвостохранилищ, так же как и всех остальных показателей, имеют пилообразную форму вследствие слоистости субстрата (рис. 3.3.2.5).

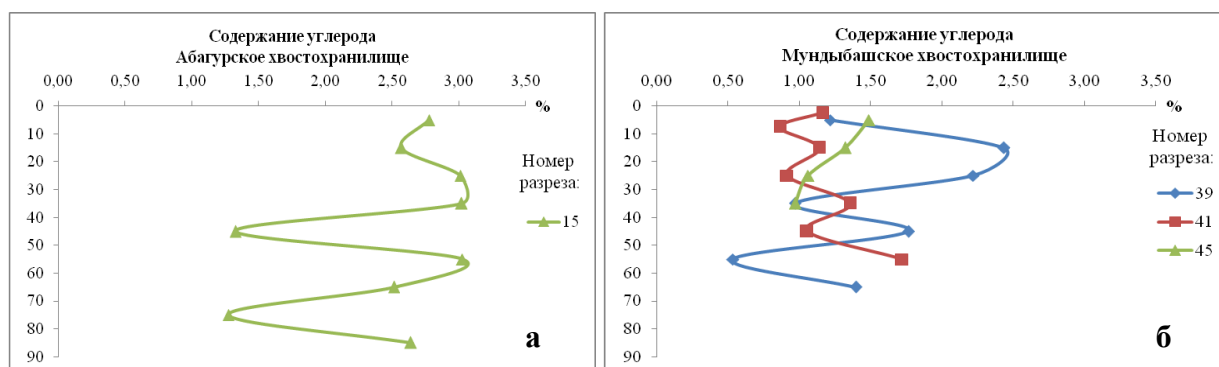


Рис. 3.3.2.5. Содержание углерода в почвах Абагурского (ЛС) (а) и Мундыбашского (ГТ) (б) хвостохранилищ

В лесостепной зоне содержание углерода варьирует от 1 до 3%. Пилообразная кривая отражает приуроченность повышенных концентраций к пылеватым прослоям, пониженных – к песчаным. В горно-таежной зоне содержание углерода, в целом меньше, однако закономерности его распределения те же самые. Наибольшая вариабельность значений отмечается на участке с лучшим развитием растительного покрова (в разрезе 39, в центре блюдцеобразного понижения).

Содержание подвижного калия и фосфатов в почвах обоих хвостохранилищ очень низкое, как и в субстратах ТПО (рис. 3.3.2.6).



Рис. 3.3.2.6. Содержание фосфатов и подвижного калия в поверхностных горизонтах почв Абагурского (ЛС) и Мундыбашского (ГТ) хвостохранилищ

Причем, как и в случае с отвалами, характер и обилие растительности на поверхности почв не оказывают существенного влияния на содержание данных веществ. То есть, концентрации фосфатов и подвижного калия зависят преимущественно от исходных свойств субстратов как в ТПО, так и в почвах.

Выводы

Почвы и ТПО отвалов и хвостохранилищ, несмотря на известное сходство, существенно отличаются, вследствие различий в технологии их формирования. Общими чертами всех ТПО

является практически полное отсутствие проявлений почвообразовательных процессов и педогенной стратификации; видны лишь слабые признаки дифференциации толщи. Все ТПО угольных отвалов сильно щебнисты, имеют провальный водный режим, крайне неоднородны по сложению и содержанию углерода, не засолены, преимущественно карбонатны; особыми и контрастными свойствами отличаются участки самовозгорания. Для ТПО хвостохранилищ характерна ярко выраженная техногенная стратификация, проявляющаяся в чередовании песчаных и пылеватых прослоев – результата цикличности поступления пульпы. Горизонтальная слоистость и песчано-пылеватый состав способствуют периодическому застаиванию атмосферной влаги. В силу технологических причин они содержат значительное количество солей и органического углерода. Зональные различия между ТПО на разных типах техногенных объектов выражены слабо.

Почвы на отвалах и хвостохранилищах, имеющие 25-30-летний возраст, характеризуются маломощными простыми профилями, состоящими из гумусово- или органо-аккумулятивного горизонта, залегающего непосредственно на техногенном субстрате. Морфологически процессы почвообразования проявляются в формировании гумусовых горизонтов, дифференциации почвенных профилей по содержанию мелкозема/пылеватых частиц. В лабильных химических свойствах почв также заметны признаки почвообразования (профильный ход pH, легкорастворимых солей и, частично, гумуса).

Зональные различия между почвами отвалов и хвостохранилищ, расположенных в разных зонах, выражены лучше, чем между ТПО. Морфологически они проявляются в следующем: в почвах отвалов в горно-таежной зоне наблюдается большее количество выветрелых обломков пород и мелкозема, лучше развиты поверхностные горизонты и постоянно выше влажность, значения $pH_{\text{водн}}$ более кислые, чем в почвах отвала в лесостепной зоне. Почвы хвостохранилищ в горно-таежной зоне отличаются от почв в лесостепной зоне большей влажностью, лучшим развитием верхних горизонтов, более близким к поверхности залеганием оглеенных горизонтов, меньшим содержанием солей.

Таким образом, почвы и ТПО на поверхности отвалов и хвостохранилищ обладают специфическими свойствами, значительная часть которых обусловлена технологическими причинами, меньшая часть связана с зональными факторами. Со временем зональные различия проявляются сильнее: ТПО в разных природных зонах ближе друг другу, чем почвы. И те и другие резко контрастируют со сложными и развитыми профилями фоновых почв.

ГЛАВА 4. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ И ТЕХНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Обзор литературных материалов показывает, что классификация молодых почв на отвалах и хвостохранилищах достаточно сложна и является предметом дискуссий. В работе в качестве базовой для техногенных почв была использована новая субстантивно-генетическая классификация в двух ее изданиях: «Классификация и диагностика почв России» 2004 г. и «Полевой определитель почв России» 2008 г. Помимо этого, были учтены отдельные предложения В.Д. Тонконогова (2001), В.М. Курачева и В.А. Андроханова (2002), М.И. Герасимовой с соавторами (2013), Т.В. Прокофьевой с соавторами (2014). Названия почв и ТПО были даны в соответствии с их морфологическими и химическими свойствами, соблюдая принципы новой классификации и учитывая предложения, изложенные в перечисленных работах. В Приложении 1 приведены описания почв и ТПО с их полными названиями.

Стоит отметить, что, несмотря на техногенную природу почв и ТПО, их морфологические и химические свойства не являются чем-то противоположным свойствам естественных почв, поэтому, при их классифицировании возможно проводить аналогии с естественными почвами. Тем не менее, в субстантивно-генетической классификации почв России ТПО вынесены за рамки классификации, для них предусмотрены отдельные категории двух уровней: группы и подгруппы и высказывается предположение о «возможности выделения таксономических выделов более низкого уровня» (Полевой определитель..., 2008).

4.1. Классификация техногенных поверхностных образований

Угольные отвалы состоят из пород естественного происхождения, сложение которых было нарушено в процессе добычи и отсыпки. По мнению ряда исследователей техногенных почв и, согласно ГОСТ³, природные субстраты, перемещенные с места своего исходного залегания, рассматриваются как техногенные грунты. Вскрышные и вмещающие породы были раздроблены, перемешаны и помещены в отвалы неселективно, что позволяет отнести образования на их поверхности к группе **натурфабрикатов**, подгруппе **литостратов**, в соответствии с терминологией, предложенной В.Д. Тонконоговым (Тонконогов и др., 2001; Классификация..., 2004). Напомним, что такие словесные конструкции подчеркивают отделение ТПО от почв с их генетическим профилем, а не искусственными слоями – «стратами». Разделение на роды (не предусмотренное упомянутыми работами) предлагается осуществлять по химическим свойствам субстратов, как это сделано для почв, а также по некоторым другим видимым признакам (рис. 4.1.1).

³ ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация»

На угольных отвалах среди литостратов были выделены роды: *скелетные* (состоящие из крупнозема, в которых доля обломочного материала превышает 50% (Классификация..., 2004)) и *натечно-карбонатные* – с карбонатными новообразованиями на обломках пород. На участках возникновения очагов самовозгорания был выделен род *термомодифицированные*, диагностическими признаками которого являются: наличие резкого запаха, дыма, повышенной температуры; доминирование красноватых тонов в окраске пород, наличие обожженных и спекшихся обломков. В классификации почв России (2004) имеется подтип пирогенный, который отнесен только к торфяным почвам, однако рядом авторов предлагается распространить его на лесные и прочие почвы, пройденные пожарами (Краснощеков, 2014). Стоит отметить, что на исследуемых объектах воздействия открытого огня на отвальный субстрат не происходит. Породы тлеют: протекает процесс беспламенного горения при недостатке кислорода, в связи с чем, использование термина «пирогенный» не вполне корректно, поэтому предлагается его замена термином «термомодифицированный», по аналогии с предложениями А.Н. Геннадиева с соавторами (1992) и исследованиями И.Л. Гольдфарба (2005).

Субстраты *хвостохранилищ* представляют собой отходы обрабатывающей промышленности, что дает возможность отнести их к одной из двух групп: **токсифабrikаты** или **артифабрикаты**. Определение принадлежности ТПО хвостохранилищ к какой-либо из этих групп вызывает затруднения: с одной стороны, субстраты содержат токсичные для некоторых растений вещества (сульфаты и хлориды), что может быть критерием для их отнесения к группе токсифабrikатов. С другой стороны, критерии токсичности в классификации почв России достаточно неопределенны. В нашем случае присутствие токсичных веществ не препятствует поселению растительности и дальнейшему развитию почв, поэтому ТПО на исследуемых хвостохранилищах были отнесены к группе **артифабрикатов**, подгруппе *артииндустратов*, т.е. слов *(страт)*, искусственно созданных (*арти*) в процессе индустриальной (*инду*) деятельности.

Разделение на роды, также как и для ТПО отвалов, осуществляется по свойствам субстратов; так, были выделены роды *стратифицированных* (по хорошо выраженной слоистости) и *засоленных* (содержащие более 0,1% солей (Классификация..., 2004)) артииндустратов.

Для обозначения техногенных пород предлагается использовать индексы, предложенные Т.В. Прокофьевой с соавторами (2014) для почв города. Общим для техногенных субстратов является индекс ТСН («техногенный горизонт»), которым вышеупомянутые авторы предлагают дополнить перечень почвообразующих пород. Кроме того, для обозначения различных техногенных пород в формулах профиля ими предложены специальные символы, которые целесообразно использовать и для наших объектов. Так, в литостратах, как в образованиях, состоящих из естественных пород, перемещенных с места исходного залегания, возможен символ #. Для

артииндустратов, как для отходов обрабатывающей промышленности, имеющих искусственное происхождение, используется символ Ω . Таксономический уровень изображаемых этими символами свойств техногенных пород, для городских субстратов Т.В. Прокофьевой, соответствует разряду, однако для ТПО отражается на уровне подгруппы.

Предлагаемая систематика ТПО и используемые обозначения представлены на рис. 4.1.1.

	ОТВАЛЫ	ХВОСТОХРАНИЛИЩА
Группа	Натурфабрикаты	Артифабрикаты
Подгруппа	Литостраты (ТСН#)	Артииндустраты (ТСН Ω)
Роды	Скелетные (частицы > 2мм > 50%) Натечно-карбонатные (наличие натечных карбонатных новообразований) Термомодифицированные (наличие очага самовозгорания)	Стратифицированные (наличие техногенной слоистости) Засоленные (содержание легкорасторимых солей > 0,1%)

Рис. 4.1.1. Систематика ТПО на исследуемых отвалах и хвостохранилищах: группы, подгруппы, роды и критерии их выделения.

4.2. Классификация почв

Главным отличием молодых почв отвалов и хвостохранилищ от ТПО принято считать наличие «гумусированного слоя» (Полевой определитель..., 2008). Граница между ТПО и почвами весьма проблематична и зачастую, условна. В работе в качестве основного критерия для отделения почв от ТПО было принято присутствие в профиле признаков гумусового или органо-генного горизонтов, что, в общем, соответствует наличию растительности на поверхности отвала или хвостохранилища.

В целом, почвы на рассматриваемых техногенных объектах характеризуются слабым развитием профиля и относятся к стволу первичного почвообразования. Возникает вопрос об их дальнейшем разделении, и очевидным решением является отнесение данных почв к отделу слаборазвитых. Одним из критериев диагностики типов слаборазвитых почв внутри отдела служит характер пород: имеются типы псаммоземов, пелоземов, петроземов. Следуя этой логике, нами предлагается введение в отдел слаборазвитых почв, *типов почв на техногенных субстратах* (промышленных отходов). Техногенные субстраты были использованы в систематике городских почв и для почв отдела органо-аккумулятивных (Прокофьева и др., 2014).

Разделение на типы предлагается проводить по свойствам субстратов, на которых сформированы почвы. В пределах исследуемых отвалов были выделены следующие **типы** в отделе слабо развитых почв: *петроземы техногенные* (на плотных породах отвалов) и *пелоземы техногенные* (на рекультивационном субстрате и субстрате хвостохранилищ). Названия типов аналогичны таковым естественных почв: петроземы – на плотных почвообразующих породах, пелоземы – на суглинистых. При дальнейшем разделении используются подходы и критерии, принятые в классификации почв России для природных и агрогенных почв.

Основные **подтипы** выделяются в зависимости от особенностей органогенных и гумусовых горизонтов (*подстилочно-торфянистые* и *гумусово-слабо развитые*). Стоит отметить, что разделение по характеру верхних горизонтов в «Классификации..» (2004) и «Полевом определителе..» (2008) в отделе слабо развитых почв осуществляется на уровне типа. Однако такой высокий таксономический уровень подразумевает значительные различия в свойствах диагностических горизонтов почв, что в техногенных почвах не всегда очевидно, поскольку эти горизонты (гумусово-слабо развитый (W) и подстилочно-торфянистый (O)) в них развиты слабо, имеют общие черты и не всегда могут быть достоверно диагностированы.

Разделение на подтипы производится также по признакам разных почвообразовательных процессов и отчасти по свойствам минерального субстрата (*натечно-карбонатные, потечно-гумусовые, глееватые, окисленно-глееватые, засоленные, термомодифицированные*).

Роды определяются по генезису почвообразующих пород и предшествующих ТПО. Так, породы отвалов являются естественными, но перемещенными с места своего исходного залегания, поэтому, по аналогии с ТПО (литостратами) выделен род *литостратные*. Субстраты хвостохранилищ по аналогии с артииндустратами относятся к роду *артииндустратные*. Разделение на роды, так же как и разделение на подтипы, не совсем соответствует логике «Классификации..» (2004), однако, в молодых техногенных почвах генезис пород имеет важное значения, поэтому различия в происхождении пород были вынесены на столь высокий таксономический уровень.

Разновидности выделены по гранулометрическому составу (*скелетные, суглинистые*), **разряды** – по генезису пород и многочленности (*двучленные* (на участках рекультивации); *гетерогенные* (сложенные неоднородным техногенным материалом); *стратифицированные* (слоистое сложение). Выделенные таксономические единицы представлены в таблице 4.2.1 и на рисунках 4.2.1, 4.2.2.

Таблица 4.2.1

Система таксономических единиц почв, выделенных на отвалах и хвостохранилищах

СТВОЛ ПЕРВИЧНОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ		
ОТДЕЛ СЛАБОРАЗВИТЫЕ		
ТИПЫ (по свойствам техногенных субстратов на которых они сформированы)		
Петроземы техногенные	Пелоземы техногенные	
ПОДТИПЫ (по характеру органогенных и гумусовых горизонтов)		
Подстилично-торфянистые (горизонты (O) или Ow) ⁴		
Гумусово-слаборазвитые (горизонты (W) или Wo)		
(по наложению почвообразовательных процессов и свойствам минерального субстрата)		
Натечно-карбонатные	Натечно-карбонатные Термомодифицированные	Потечно-гумусовые Глееватые Окисленно-глееватые Засоленные
РОДЫ (по генезису почвообразующих пород и их связи с предшествующими ТПО)		
Литостратные (на плотных породах отвалов)	Литостратные (на суглинистом рекультивацион- ном субстрате)	Артииндустратные (на суглинистой пульпе хвостохранилищ)
РАЗНОВИДНОСТИ (по гранулометрическому составу)		
Скелетные (>50% частиц >2мм)	Суглинистые	
РАЗРЯДЫ (по генезису пород и многочленности)		
Гетерогенные	Двучленные	Стратифицированные

Приведем примеры полного названия почв, относящихся к трем типам:

1. Почвы на нерекультивированных участках отвалов под древесной растительностью:

Отдел: Слаборазвитые

Тип: Петрозем техногенный

Подтип: Гумусово-слаборазвитый натечно-карбонатный

Род: Литостратный

Разновидность: Скелетный

Разряд: Гетерогенный

2. Почвы на рекультивированных участках отвалов:

Отдел: Слаборазвитые

Тип: Пелозем техногенный

Подтип: Гумусово-слаборазвитый натечно-карбонатный

Род: Литостратный

Разновидность: Суглинистый

Разряд: Двучленный на техногенном
крупнообломочном субстрате отвалов

3. Почвы на хвостохранилищах:

Отдел: Слаборазвитые

Тип: Пелозем техногенный

Подтип: Подстильно-торфяный засоленный

Род: Артииндустратный

Разновидность: Суглинистый

Разряд: Стратифицированный

⁴ Такие индексы верхних горизонтов отражают их нечеткую диагностику, выражающуюся в незакономерном сочетании свойств обоих горизонтов с неявным преобладанием свойств одного из них.

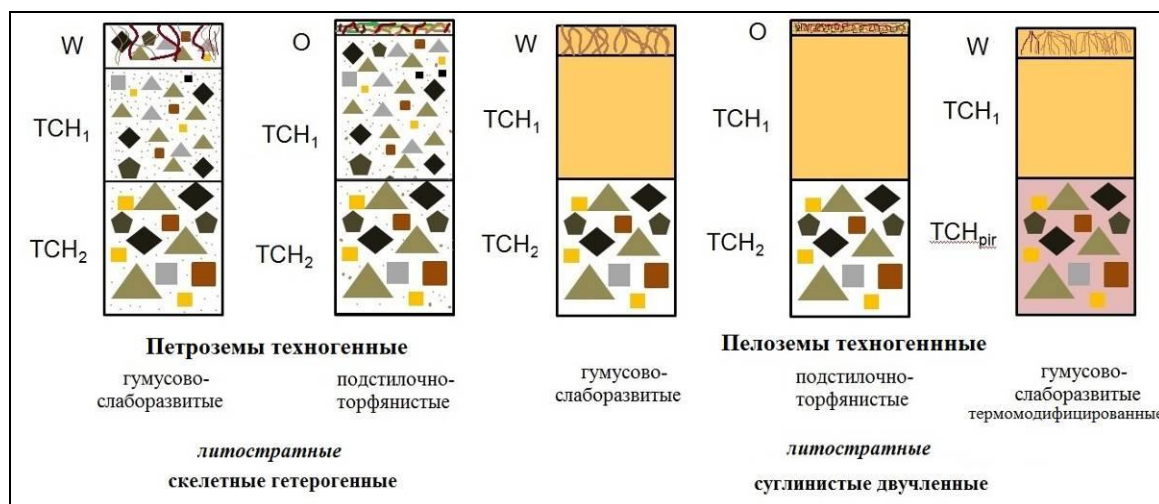


Рис. 4.2.1. Схемы строения профилей почв на отвалах

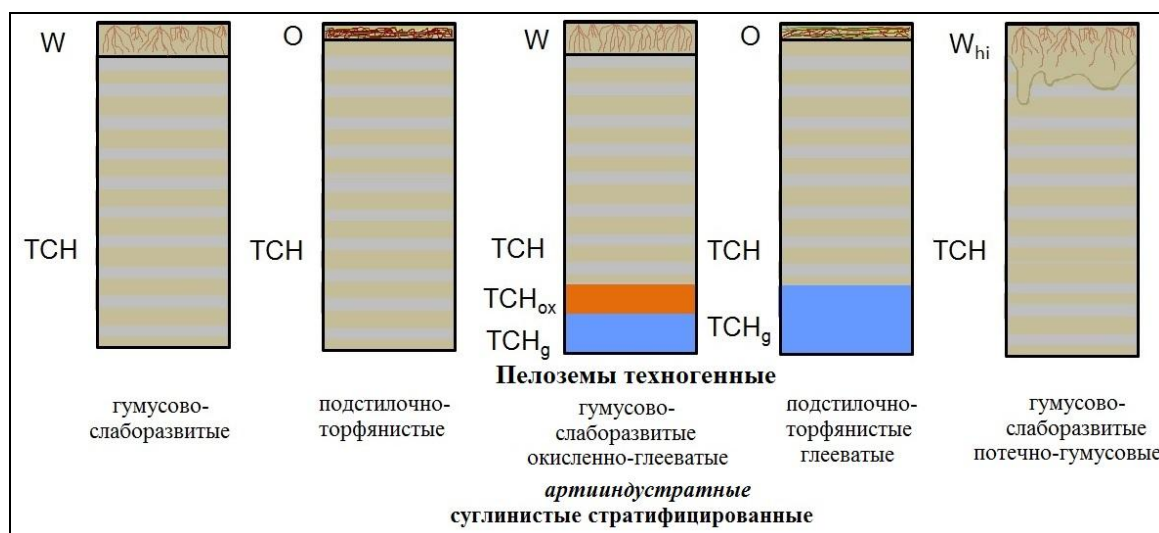


Рис. 4.2.2. Схемы строения профилей почв на хвостохранилищах

Попробуем также провести корреляцию между классификацией почв, предложенной в работе, и авторской классификацией техногенных почв В.М. Курачева и В.А. Андроханова (2002), которая была создана для примитивных почв на различных разновозрастных техногенных объектах. Центральными таксономическими единицами выступают классы почв (эмбриоземы, элювиоземы, техноземы). Основу почвенного покрова Кузбасса составляют четыре типа эмбриоземов, названных так за их малый возраст и примитивное («зародышевое») строение (Андроханов и др., 2004). Для обозначения искусственных почвоподобных тел (с использованием или без использования плодородного слоя почв) предлагается использовать термин «техноземы». Разделение на типы в данных классах осуществляется по наличию типодиагностических горизонтов. Ниже перечислены критерии выделения того или иного типа эмбриоземов и техноземов; приведены соответствующие им названия почв или ТПО, предложенные в работе.

В инициальных эмбриоземах какие-либо органогенные горизонты отсутствуют, и они аналогичны ТПО. В органо-аккумулятивных эмбриоземах обязательно присутствует горизонт

подстилки древесного или травянистого происхождения, и им соответствуют *петроземы литостратные подстилично-торфянистые*, а также *пелоземы артификабрикатные подстилично-торфянистые*. В дерновых эмбриоземах подстилка может отсутствовать, но обязательно наличие дернины, свидетельствующей о развитии растительности; они могут относиться как к отделу слаботорфянистых почв (*петроземы литостратные гумусово-слаборазвитые*; *пелоземы артификабрикатные гумусово-слаборазвитые*), так и к органо-аккумулятивным, образуя переход к гумусово-аккумулятивным эмбриоземам. В последних всегда есть гумусово-аккумулятивный горизонт, на исследуемых отвалах и хвостохранилищах такие горизонты еще не сформированы, однако гумусово-аккумулятивные эмбриоземы (как и часть предыдущих) могут классифицироваться как серогумусовые артификабрикатные и литостратные в отделе органо-аккумулятивных почв на техногенных породах. Техноземам соответствуют почвы на участках рекультивации, формирующиеся на суглинистом субстрате – *пелоземы литостратные*.

Сравнение подходов: предлагаемого в работе и принятого сибирскими почвоведом (Курачев, Андроханов, 2002) выявило три группы отличий. Разделение В.М. Курачева и В.А. Андроханова на типы осуществляется по типодиагностическим (в основном гумусовым и органо-генным) горизонтам. В работе же предлагается их разделение по свойствам почвообразующих пород, которыми выступают техногенные субстраты. Разделение по свойствам верхних горизонтов осуществляется на более низком таксономическом уровне подтипа.

Различается также подход к разделению почв и ТПО. Если сибирскими почвоведом образования на поверхности техногенных объектов при отсутствии в них диагностических горизонтов относятся к эмбриоземам инициальным, то согласно подходу, предложенному в работе, данные образования могут быть классифицированы как ТПО.

Классификация почв на рекультивированных участках также отличается. Сотрудниками ИПА СО РАН почвы на участках рекультивации с нанесением на поверхность рекультивационного субстрата определяются как техноземы. В существующей «Классификации...» (2004) выделение отдельных таксономических единиц для сконструированных почв не предусмотрено. Однако проведенные на участках рекультивации наблюдения показали, что по своим характеристикам данные почвы очень близки к естественным слаботорфянистым почвам, формирующимся на суглинистых породах (пелоземам). Поэтому, среди типов техногенных почв предлагается выделение пелоземов техногенных, сформированных на суглинистых техногенных субстратах.

Выводы

Классификация почв и техногенных поверхностных образований на отвалах и хвостохранилищах сложна и неоднозначна. Подходы, изложенные в Классификации и диагностике почв

России (2004) и Полевом определителе почв России (2008) могут использоваться для классификации техногенных почв лишь с рядом уточнений и дополнений. Техногенные поверхностные образования подлежат классификации отдельно от почв, однако при классификации последних необходимо учитывать их генетические связи.

Техногенные поверхностные образования на отвалах относятся к группе натурфабрикатов, подгруппе литостратов и характеризуются гетерогенным сложением, высокой скелетностью, присутствием угольных обломков в толще. ТПО на хвостохранилищах на уровне группы классифицируются как артифабрикаты, подгруппы – артииндустраты. Им свойственна ярко выраженная техногенная стратификация, проявляющаяся в чередовании песчаных и пылеватых прослоев – результат цикличности поступления пульпы. Предлагается дальнейшее разделение ТПО (не предусмотренное в классификации) по деталям строения субстратов и начальным признакам почвообразовательных процессов.

Почвы на изучаемых техногенных объектах отличаются от ТПО наличием системой горизонтов в профиле. Вследствие недостаточного развития профиля, все рассматриваемые в работе почвы относятся к отделу слаборазвитых. Верхняя часть профилей представлена подстильно-торфяным или гумусово-слаборазвитым горизонтами, под которыми, обычно с небольшим переходным горизонтом, располагается техногенный субстрат, аналогичный субстратам ТПО. Разделение на типы предлагается проводить по свойствам техногенных субстратов.

Почвы отвалов в зависимости от характера техногенного субстрата разделяются на два типа: петроземы и пелоземы. Первые сформированы на исходном субстрате отвалов, вторые развиваются на суглинистом рекультивационном субстрате. Дальнейшее разделение на подтипы внутри каждого типа происходит по строению органогенного/гумусового горизонта, свойствам минерального субстрата и протекающим в них почвообразовательным процессам.

Почвы хвостохранилищ относятся к типу пелоземов, разделение на подтипы происходит аналогично пелоземам на отвалах. На уровне рода почвы разделяются по генезису почвообразующих пород, названия родов даны в соответствии с названиями ТПО, предшествующим данным почвам: литостратные (формирующиеся на субстрате отвалов) и артииндустратные (на субстрате хвостохранилищ).

ГЛАВА 5. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Как показали проведенные исследования, значительную долю площади поверхности изучаемых отвалов и хвостохранилищ занимают ТПО, однако почвы, безусловно, являются важным компонентом техногенных ландшафтов.

Вопрос об отнесении ТПО к почвенному покрову довольно спорный, однако, как мы уже выяснили ранее, образования на поверхности техногенных объектов «балансируют» на грани «почвы/не почвы», что, на наш взгляд, позволяет рассмотреть ТПО в данном разделе. С другой стороны, в статье И.И. Лебедевой с соавторами (2000) и в Полевом определителе почв России (2008, стр. 174) приводится еще один аргумент целесообразности представления ТПО в составе почвенного покрова: «...находясь на поверхности и, тем самым, функционируя в экосистеме, не являются почвами в докучаевском смысле этого понятия, поскольку в них еще не сформировались генетические горизонты. В этой связи, ТПО не могут быть предметом генетической почвенной классификации. Вместе с тем, являясь объектом картографирования, они нуждаются в систематике и диагностике».

Техногенные объекты имеют довольно однообразный и примитивный почвенный покров по сравнению с естественными ландшафтами, причем, как отмечается многими авторами (Махонина, 2004; Глебова, 2005), его особенности определяются в основном биотическими факторами (общим характером растительного покрова, видовым составом растений, возрастом и стадией развития фитоценозов). В профильно-генетической классификации техногенных почв, разработанной сотрудниками ИПА СО РАН, различные типы эмбриоземов «сингентически» соответствуют стадиям сукцессии фитоценозов (Андроханов, 2005б). Таким образом, проявляется следующая закономерность: чем более сомкнутый растительный покров сформирован на отдельном участке техногенного объекта, тем более развитые почвы на нем образованы.

Проведенные исследования, в том числе дистанционные, подтвердили зависимость строения почвенного покрова от характера растительности. Контурные, выделенные на карте растительности (рис. 2.5.4.1, 2.5.4.2), соответствуют почвенным контурам (рис. 5.1.1, 5.2.1). Площадь, занимаемая почвами, по нашим оценкам, приблизительно равна общему проективному покрытию растительности рассматриваемых отвалов и хвостохранилищ (табл. 2.5.4.1). Соответственно, на долю ТПО приходится оставшаяся площадь, которая варьирует от 20% на Калтанском отвале (ГТ) до 62% на Абагурском хвостохранилище (ЛС). Очевидно, что почвенный покров на отвалах в целом развит лучше, чем на хвостохранилищах; более сомкнутый покров характерен для объектов, расположенных в горно-таежной зоне, по сравнению с лесостепью.

При ярко выраженной радиальной неоднородности в строении почв и ТПО, проявляющейся в их химических и морфологических свойствах; в строении почвенного покрова, наобо-

рот, наблюдается пространственная однородность. Особенно сильно данная закономерность выражена в почвенном покрове отвалов, вследствие их неселективной отсыпки. Близкая закономерность была обнаружена группой французских исследователей (Leguédou et al., 2015) при изучении моделей техногенных почв (Техносолей) и рассматривается ими как характерная особенность техногенных объектов.

В названиях почв, использованных в данном разделе, для облегчения восприятия, было решено не повторять термин «техногенные», входящий в название всех рассматриваемых типов почв. Однако для всех почв подразумевается, что они относятся к разным типам техногенных почв в отделе слаборазвитых почв.

5.1. Почвенный покров угольных отвалов

Почвенный покров отвалов представлен в основном различными вариантами *петроземов литостратных*, сформированных на щебнистом субстрате (рис. 5.1.1). На участках рекультивации на Байдаевском отвале (ЛС), где на поверхность был нанесен суглинистый субстрат, образованы *пелоземы литостратные*.

Наиболее развитыми растительными сообществами в пределах отвалов являются лесные фитоценозы, они приурочены к склонам, имеющим крутизну до 10° , либо к выровненным участкам, на которых обычно ясно выражен микрорельеф, т.е. наиболее ровным поверхностям. В почвенном покрове им соответствуют *петроземы литостратные гумусово-слаборазвитые*.

Несмотря на различия в строении и составе лесов в лесостепной и горно-таежной зонах, проявляющиеся преимущественно в характере травяного яруса, почвы, сформированные под ними, характеризуются значительным сходством и относятся к сложному подтипу петроземов литостратных гумусово-слаборазвитых. Как видно на карте почв и ТПО (рис. 5.1.1), ареалы данного подтипа в пределах изучаемых отвалов наиболее крупные, что в целом, говорит о том, что Байдаевский (ЛС) и Калтанский (ГТ) отвалы характеризуются благоприятными условиями для развития фитоценозов и, соответственно, почв. В пределах Байдаевского отвала (ЛС) петроземы литостратные гумусово-слаборазвитые распространены в северной и западной частях под сосново-березовыми и березовыми редкопокровными лесами и лесопосадками. На Калтанском отвале (ГТ) ареалы петроземов литостратных гумусово-слаборазвитых приурочены к ивово-березовым разнотравным лесам преимущественно в южной части отвала; небольшой массив имеется на севере.

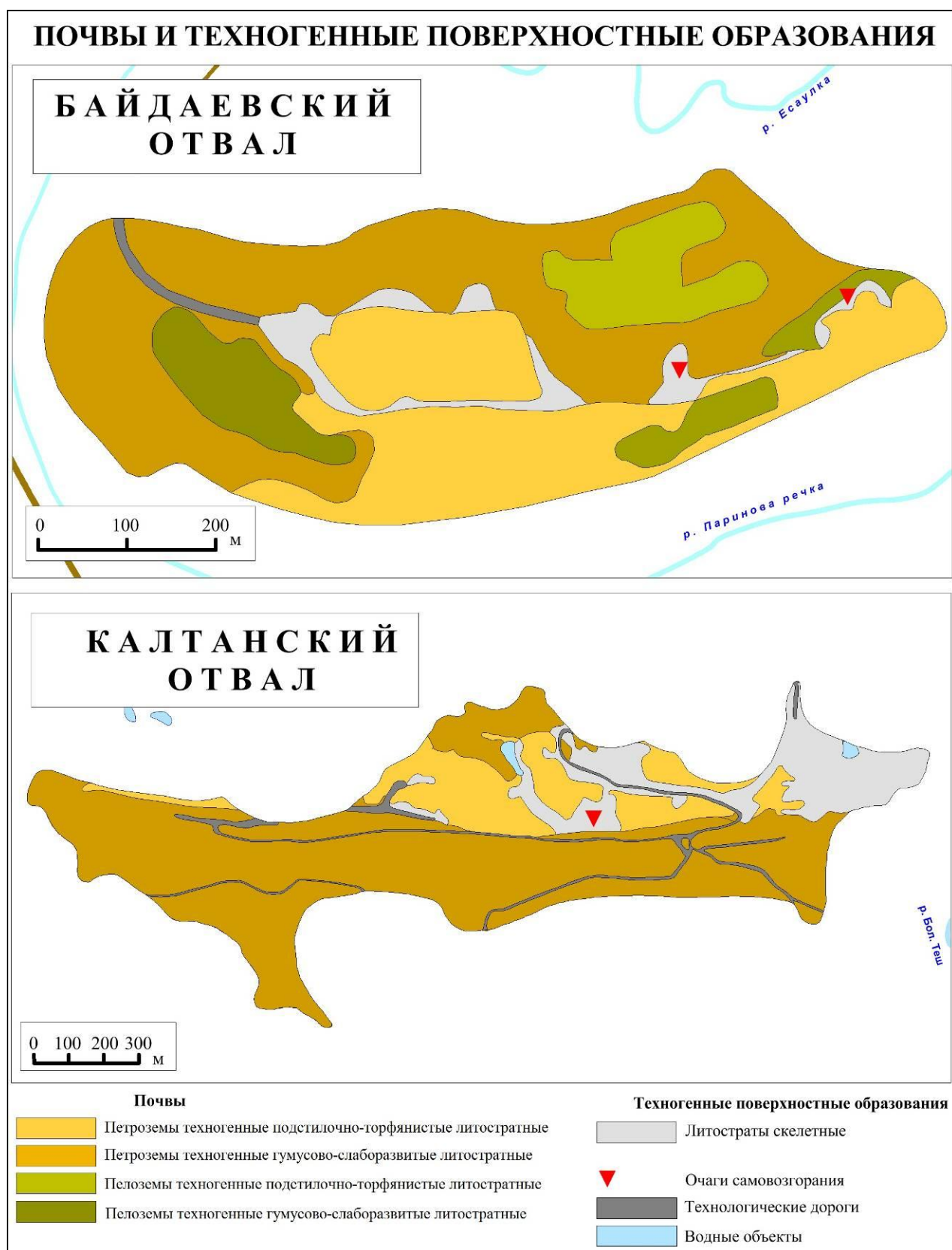


Рис. 5.1.1. Почвы и техногенные поверхностные образования Байдаевского (ЛС) и Калтанского (ГТ) отвалов

Участки отвалов с более разреженной растительностью, представленной преимущественно молодым подростом деревьев, либо молодыми лесопосадками, характеризуются меньшей

сомкнутостью и худшим развитием травяного яруса. Обычно они приурочены к наименее благоприятным местообитаниям на выровненных площадках отвалов, без каких-либо микроформ рельефа на них. На этих участках развиваются *петроземы литостратные подстильно-торфянистые*. На карте можно заметить, что на Байдаевском отвале (ЛС) доля почв, относящихся к данному подтипу, выше, чем на Калтанском, что, связано с наличием на первом многочисленных экспериментальных участков биологической рекультивации.

Тип *пелоземов литостратных* распространен на участках рекультивации в пределах Байдаевского отвала (ЛС). Подтип *гумусово-слаборазвитых пелоземов литостратных*, так же как и в случае с петроземами литостратными, занимает участки лесопосадок с развитым травяным покровом, а также участки с посевами трав и злаков. Подтип *подстильно-торфянистых* формируется в лесопосадках с высокой сомкнутостью крон и, соответственно, слабым развитием травяного яруса. Отметим, что ареалы двух описываемых подтипов пелоземов литостратных обычно не соседствуют друг с другом.

На северном склоне Байдаевского отвала (ЛС) вблизи очага самовозгорания на небольшом участке распространены *термомодифицированные* пелоземы. Для погашения очага горения, на поверхность был нанесен рекультивационный субстрат, мощностью более 1 м. Свойства пелоземов на данном участке определены протекающими в толще отвала процессами горения; они не представлены на карте вследствие малого размера их ареала.

Техногенные поверхностные образования на отвалах относятся к *литостратам скелетным* и занимают незадернованные участки. Они довольно слабо изменяются в пространстве, за исключением мест у очагов самовозгорания, на которых выделяется род *термомодифицированных литостратов*. На Байдаевском отвале (ЛС) встречено два ареала ТПО, преобразованных процессами горения, на Калтанском (ГТ) – один. Так же, как и в случае с термомодифицированным подтипом пелоземов литостратных, их малый размер не позволил отразить их на карте в виде ареалов, однако, места их проявления обозначены немасштабным знаком.

5.2. Почвенный покров хвостохранилищ железорудных обогатительных фабрик

Почвенный покров хвостохранилищ еще более однообразен, по сравнению с отвалами. Почвы хвостохранилищ относятся к типу *пелоземов артииндустратных* и, так же как и в случае с отвалами, разделяются на подтипы в зависимости от характера поверхностных горизонтов и протекания процессов, способствующих дифференциации субстрата. Связь между почвенным и растительным покровом выражена еще более ясно (рис. 2.5.4.2, 5.2.1).

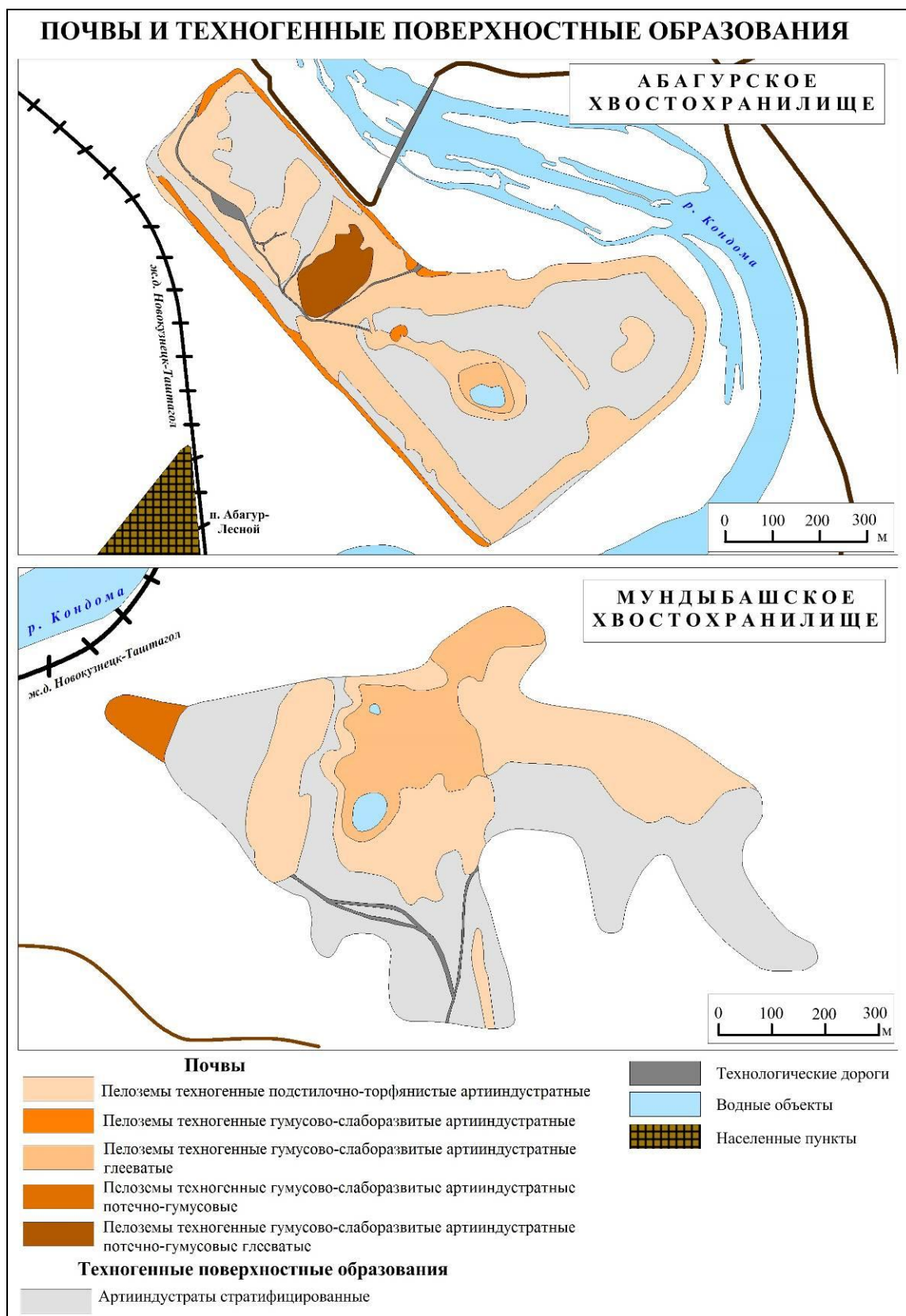


Рис. 5.2.1. Почвы и техногенные поверхностные образования Абагурского (ЛС) и Мундыбашского (ГТ) хвостохранилищ

К наиболее заросшим участкам хвостохранилищ приурочен подтип *пелоземов артииндустратных гумусово-слаборазвитых*. Причем, в отличие от отвалов, где гумусово-

слаборазвитые подтипы встречаются преимущественно на участках с древесной растительностью, на хвостохранилищах такой четкой приуроченности этого подтипа к лесным массивам не зафиксировано. На Абагурском хвостохранилище (ЛС) гумусово-слаборазвитый подтип формируется под древесной растительностью (лесопосадками), на Мундыбашском (ГТ) – обнаружен его ареал под луговой влажнотравной ассоциацией. Другие ареалы встречаются в основном в центральном «ядре» зарастания хвостохранилищ, либо в краевых частях, у границ с естественными растительными сообществами. Влияние высокопродуктивных естественных растительных сообществ, соседствующих с рассматриваемыми техногенными объектами, на развитие почвенного покрова техногенных объектов особенно ярко проявляется в горно-таежной зоне. Прилегающие к естественным сообществам участки техногенных объектов характеризуются большим проективным покрытием и соответственно, распространением почв, чем другие участки.

Почвы *гумусово-слаборазвитого* подтипа в предложенном нами варианте классификации могут быть сложными подтипами за счет наложения дополнительных процессов в зависимости от свойств минеральных субстратов и условий рельефа. Проявления этих процессов выражены слабо, но все-таки достаточно, чтобы отметить различия между почвами. В пределах блюдцеобразных понижений, встречается *глееватый* подтип, в нижних частях склона Мундыбашского хвостохранилища (ГТ) имеется *потечно-гумусовый* подтип. На Абагурском хвостохранилище (ЛС) к посадкам сосны приурочен *потечно-гумусовый глееватый* подтип. Глееватый подтип пелоземов артииндустриальных на отдельных участках сменяется окисленно-глееватым, что связано в лучшей выраженностью микрорельефа, однако четкой приуроченности окисленно-глееватого подтипа к конкретным позициям выявлено не было, поэтому на карте его ареалы отсутствуют.

Наибольшее распространение на поверхности обоих исследуемых хвостохранилищ получили *пелоземы артииндустриальные подстилочно-торфяные*, занимающие участки с несомкнутым растительным покровом. На Абагурском хвостохранилище (ЛС) описываемый подтип приурочен к верхней ступени к формам техногенного микрорельефа, а также к полосе вдоль бровки склона. На Мундыбашском хвостохранилище (ГТ) встречается только на верхней ступени и на небольшом участке склона.

Стоит отметить, что ареалы почв, относящихся к подтипу пелоземов артииндустриальных подстилочно-торфяных, характеризуются более сложными формами, чем сходные подтипы на отвалах. Особенно сильно это заметно на Абагурском хвостохранилище (ЛС). Данная особенность почвенного покрова обусловлена строением растительного покрова, развитие которого на хвостохранилищах в значительной степени лимитировано свойствами техногенных субстратов.

Доля ТПО на поверхности хвостохранилищ существенно выше, чем на поверхности отвалов. ТПО хвостохранилищ классифицируются как *артииндустраты стратифицированные*. Их свойства, как и свойства ТПО на отвалах, достаточно слабо изменяются в пространстве. Они занимают незадернованные поверхности хвостохранилищ: на Абагурском (ЛС) эти ТПО приурочены к плоским выровненным площадкам в пределах верхней ступени, встречаются также на западном ветроударном склоне. На Мундыбашском (ГТ) хвостохранилище они занимают участки, наиболее приближенные к пульпопроводам, а также крутые средние и нижние части склона ниже участка рекультивации.

Выводы

Почвенный покров отвалов и хвостохранилищ фрагментарен и примитивен, его строение определяется в основном строением растительного покрова, причем почвенные ареалы совпадают с ареалами растительности. Соответствие почв растительности проявляется в основном в строении верхних горизонтов. Так, гумусово-слаборазвитому подтипу соответствуют участки с наилучшим развитием травяного покрова. Подстильно-торфянистый подтип же, наоборот формируется на участках с разреженным травяным ярусом (в мертвопокровных лесах и лесопосадках).

Значительные по площади участки отвалов и хвостохранилищ заняты ТПО. Причем, доля ТПО в 1,2-1,6 раз выше на техногенных объектах в лесостепной зоне. Среди отвалов и хвостохранилищ большую площадь ТПО имеют на хвостохранилищах, на них площадь ТПО в 1,3-1,8 раз выше, чем на отвалах.

При яркой радиальной неоднородности свойств почв, наблюдается пространственная однородность почвенного покрова.

ГЛАВА 6. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

6.1. Подходы к определению и группировке элементарных почвообразовательных процессов

Представления о почвообразовательных процессах в отношении масштабов проявления, сущности и иерархии процессов различны у разных авторов. Изначально понимание почвообразовательного процесса, как «передаточного механизма» от факторов к свойствам почв появилось еще у В.В. Докучаева и активно разрабатывалось в первой трети XX века. Были выделены некоторые типы почвообразовательных процессов, появилось осознание их комплексности и сложности. Несмотря на то, что предложенная Докучаевым классификация почв была основана на их свойствах (которые являются функцией сочетания факторов почвообразования), сложилось представление об участии в общем почвообразовательном процессе множества «элементарных» процессов. Непосредственно термин «почвообразовательный процесс» еще не был использован, однако отдельные процессы более низкого уровня, чем общий почвообразовательный, были описаны. Так, наиболее полно был рассмотрен процесс «гниения» в черноземах, его взаимосвязь с факторами почвообразования, различия в механизмах его протекания в разных ландшафтах (Герасимов, 1973).

Сам термин «почвообразовательный процесс» впервые был использован Н.М. Сибирцевым в курсе лекций «Почвоведение» в 1900 году. Им была предложена классификация почв по общим процессам почвообразования (черноземо-образовательный, подзолообразовательный), что, по сути, является первой попыткой описания механизмов перехода от факторов почвообразования к свойствам почв.

Первое полное определение почвообразовательного процесса, с упоминанием его элементарных составляющих было сформулировано С.С. Неуструевым, выстроившим стройную систему процессов и явлений, характерных для основных типов почв. Все процессы были разделены им на элементарные (такие как гумификация, выщелачивание и пр.) и более сложные, в процессе которых создаются характерные для определенного типа почв последовательности горизонтов (Неуструев, 1926).

Разработкой иерархической системы почвообразовательных процессов занимался С.А. Захаров (1927). Им было выделено четыре уровня почвообразовательных и почвенных процессов: 1) общий почвообразовательный процесс; 2) основные процессы или процессы образования генетических горизонтов; 3) процессы, протекающие в генетических горизонтах; 4) элементарные процессы.

В 60-70-е годы И.П. Герасимовым была предложена фундаментальная формула: свойства – процессы – факторы. В 1960 году И.П. Герасимовым и М.А. Глазовской было сформулирова-

но определение элементарного почвообразовательного процесса. Множество процессов было разделено на три основные группы: 1) распад одних минеральных соединений и синтез вторичных минералов; 2) разложение одних и синтез других органических веществ; 3) вынос из почвы или передвижение в ней продуктов почвообразования и выветривания; привнос в почву соединений из атмосферы и коры выветривания (Герасимов, Глазовская, 1960; Герасимов, 1975).

В теорию почвообразовательных процессов А.А. Роде внес представления о цикличности протекания большинства процессов; в 1971 году им был предложен термин микропроцессы, которые, по сути, являются аналогом элементарных процессов С.А. Захарова. Помимо введения термина микропроцессы и систематизации этих процессов, А.А. Роде также предложил разделять множество почвообразующих процессов на три большие группы: поступления и выноса веществ и энергии в почвы; превращения веществ и энергии, происходящие в почве; передвижения веществ и энергии в почвенном теле (Роде, 1971; цит. по: Элементарные..., 1992).

Таким образом, в 60-70-е годы определилась задача разделения общего почвообразовательного процесса на частные процессы, доступные изучению. Однако она осложнялась тем, что рассмотрение частных процессов возможно на различных уровнях: начиная от групп процессов, свойственных одному типу почв, до микропроцессов, происходящих на структурных уровнях кристаллов, молекул, атомов и даже ионов и радикалов.

Последующее изучение почвообразовательных процессов проводилось в основном в Институте географии АН СССР (а позднее Института географии РАН, далее – ИГРАН). Активно разрабатываемая в 80-90-х годах сотрудниками отдела географии почв и геохимии ландшафтов (в настоящее время отдел географии и эволюции почв) концепция почвообразовательных процессов позволила детально рассматривать механизмы почвообразования в различных типах почв, их эволюцию и сопоставлять свойства почв с протеканием тех или иных процессов. Монография ИГРАН, изданная в 1992 году, подвела некую черту под полученными до этого данными о почвообразующих процессах: было уточнено понятие элементарного почвообразовательного процесса (ЭПП), определено место ЭПП в иерархической системе всех почвенных процессов. В.О. Таргульяном были предложены следующие критерии отнесения процесса к элементарным: 1) процесс является частью общего процесса почвообразования; 2) в результате его протекания образуется какой-либо твердофазный признак или ряд признаков в почвенной системе (причем этот признак должен быть устойчив во времени и иметь значение при диагностике пространственных и временных различий почв) (Таргульян, 2005).

Таким образом, согласно концепции ЭПП, обнаруживаемые в ходе изучения свойства почв являются маркерами протекания тех или иных ЭПП.

Большинство исследований, посвященных почвообразовательным процессам, как в прошлом, так и в настоящее время, относится к полнопрофильным зрелым почвам. Изучению процессов происходящих в слаборазвитых почвах уделяется мало внимания, обычно в подобных исследованиях рассматриваются отдельные ЭПП или группы ЭПП. К процессам, происходящим в техногенных почвах, также редко подходят с точки зрения классической формулы (свойства – процессы – факторы). В последние годы наиболее полное рассмотрение ЭПП было сделано И.В. Замотаевым с соавторами для почвоподобных тел на футбольных полях, расположенных в разных природных условиях (Замотаев и др., 2012).

Применение концепции ЭПП к слаборазвитым почвам и тем более ТПО, довольно неоднозначно. Согласно главе 8 «Полевого определителя почв России», основным критерием разделения ТПО и почв является наличие в последних сформированных генетических горизонтов. Однако, исследуемые в рамках данной работы поверхностные образования, находятся в некоей «буферной зоне» между ТПО и почвами. За нуль-момент этих образований можно принять время окончания отсыпки отвалов. По сути, поступившие в отвал породы по условиям почвообразования сходны с условиями на коллювиальных наносах в горных ландшафтах. Породы в отвалах выступают в качестве почвообразующих, и их «превращение» в почвы начинается практически сразу же: развиваются процессы преобразования субстрата (дезинтеграция, окисление, миграция и пр.) В связи с этим, применение термина «почвообразовательные» для изучаемых техногенных объектов кажется оправданным и для ТПО.

Проявления процессов отчетливы: с одной стороны, происходит преобразование техногенного субстрата, с другой стороны, по мере развития растительности на поверхности отвалов и хвостохранилищ активизируются механизмы аккумуляции органического вещества и образования гумуса. Преобразования в минеральной части, могут протекать как в почвах, так и в ТПО, а ЭПП трансформации органического вещества, закономерно происходят только в почвенных телах.

Изучение ЭПП, протекающих в слаборазвитых техногенных почвах и ТПО, представляется интересным, так как позволяет спрогнозировать эволюцию почв и ТПО, а также выявить факторы, блокирующие или стимулирующие их развитие. Немаловажным представляется описанное выше временное положение большинства исследуемых тел: в переходном состоянии от ТПО к почвам.

В работе процессы рассматриваются в рамках представлений, изложенных в монографии ИГРАН «Элементарные почвообразовательные процессы» (1992). Группировка и названия ЭПП, выявленных на объектах исследования, заимствованы из этой монографии, в отдельных случаях названия были изменены.

Идентификация процессов в работе проводилась на различных уровнях с использованием морфологических, мезоморфологических и химических методов. Фиксация отдельных процессов сложна, неоднозначна отчасти вследствие сезонности их проявления, локальности их ареалов и нестандартности проявлений на техногенных объектах. Осложняет диагностику тот факт, что все ЭПП находятся в тесной взаимосвязи.

6.2. Диагностика почвообразовательных процессов на объектах исследования

Почвы и ТПО на отвалах и хвостохранилищах являются молодыми образованиями, поэтому нередко интенсивность развития тех или иных процессов в них не сопоставима с таковой в природных почвах. В то же время, эволюция техногенных почв, вследствие нахождения их в начале эволюционной кривой протекает очень быстро, из-за быстрого изменения факторов почвообразования (Геннадиев, 1990; Leguédou et. al., 2015). Вследствие чего почвообразовательные процессы в техногенных почвах и ТПО очень разнообразны.

Всего в исследуемых почвах и ТПО было выделено 6 групп процессов: метаморфизм органического вещества, метаморфизм минерального вещества, переорганизация твердой фазы субстратов, миграция вещества, цементация, оглеение. Стоит отметить, что в природных почвах все процессы относительно сбалансированы, в то время как в техногенных может наблюдаться доминирование одного или нескольких процессов.

Для детального изучения каждого из рассматриваемых почвообразовательных процессов требуются специальные исследования. Задачи подробного анализа каждого ЭПП в работе не стояла, однако, была предпринята попытка их систематизации. Определение процессов проводилось с применением комплекса методов, а сами процессы выделялись в соответствии с их группировкой, изложенной в монографии ИГРАН («Элементарные...», 1992). При идентификации отдельных процессов привлекались сведения из литературных материалов, подтверждающие протекание того или иного процесса, либо проводились аналогии с другими природными и техногенными объектами.

6.2.1. *Метаморфизм органического вещества*

Группа процессов метаморфизма органического вещества является разнородной и сложной, но, в то же время, наиболее изученной в техногенных почвах (Махонина, 1974, 2004; Почвообразование..., 1979; Гумусообразование..., 1986).

Процессы данной группы можно выстроить в последовательный ряд: поступление органических остатков – их трансформация – гумификация продуктов их разложения – минерализация – миграция гумусовых веществ. Интенсивность этих процессов на разных участках техногенных объектов различна и зависит от степени развития растительного покрова. С.С. Трофи-

мовым с соавторами (1987) отмечается соответствие процессов преобразования органического вещества сингенетическим сукцессиям. Все процессы являются чисто почвенными, и в ТПО могут иметь место только за счет привноса органических остатков с соседних заросших участков. При этом В.А. Андрохановым с соавторами (2004) отмечается, что в молодых почвах отвалов процессы поступления и трансформации органических остатков доминируют над гумификацией, и, соответственно, миграцией гумусовых веществ, что обуславливает длительное существование лесной подстилки, слабую прокрашенность профилей гумусовыми веществами и слабую выраженность структуры.

Твердофазных проявлений минерализации растительных остатков в почвах замечено не было, темпы ее не оценивались, в связи она не учитывалась при систематизации ЭПП. Однако, судя по литературным данным (Батурина, 2005), минерализация довольно активно протекает на ранних стадиях развития техногенных почв и преобладает над процессами гумификации. Со временем, по мере развития растительности, увеличения мощности поверхностных горизонтов и формирования их структуры баланс смещается в сторону гумификации. Рассмотрим отдельные процессы.

Поступление органического вещества в почву в виде остатков растений, подземных и надземных. Прямых измерений параметров процесса (фитомассы, количества опада и пр.) в рамках работы не проводилось; оценка интенсивности основана на полевых наблюдениях: мощности опада, количества неразложившихся остатков растений в верхних горизонтах почв. Для некоторых отвалов отмечается, что на начальных стадиях восстановительных сукцессий общая фитомасса составляет менее 1 т/га с резким преобладанием надземной части; через 20-30 лет она увеличивается до 5 т/га, и доля корнеопада достигает половины фитомассы (Курачев и др., 1992).

На рассматриваемых объектах более развитые растительные сообщества сформированы в горно-таежной зоне на Мундыбашском хвостохранилище и Калтанском отвале, соответственно, для них характерны более высокие темпы и объемы поступления органического вещества. Причем высокая степень развития травяных ярусов в преобладающих лесных сообществах способствует тому, что растительные остатки поступают в почвы не только с поверхностным опадом, но и с подземным. В лесостепной зоне на Абагурском хвостохранилище и Байдаевском отвале процесс поступления органических остатков протекает по-разному. На последнем, вследствие наличия участков рекультивации в виде лесных посадок с довольно разреженным травяным ярусом, резко преобладает поверхностный опад, в то время как на Абагурском хвостохранилище доли поверхностного и подземного опада приблизительно одинаковы. Выявленная закономерность в целом соответствует различиям в поступлении органических остатков в лесостеп-

ных и горно-таежных растительных сообществах. Процесс поступления растительных остатков на техногенных объектах может тормозиться вследствие угнетенности растений. Особенно ярко это проявляется на хвостохранилищах, где надземные части растений практически повсеместно покрыты налетом пыли, а субстраты бывают фитотоксичны.

Трансформация органических остатков складывается из множества частных физических, химических и, конечно, биохимических процессов, набор которых индивидуален для каждого участка техногенного объекта. Неблагоприятные условия существования педофауны в субстратах отвалов и хвостохранилищ приводят к тому, что трансформация происходит больше за счет климатических факторов и деятельности микроорганизмов в отдельных локусах. В целом, по сравнению с природными почвами, трансформация в техногенных почвах протекает довольно медленно. Исключение составляют пелоземы техногенные литостратные на рекультивированных участках Байлаевского отвала (ЛС), где скорость трансформации близка к таковой в естественных почвах, вследствие близости рекультивационного субстрата к естественным почвообразующим породам.

Оценка интенсивности процессов трансформации растительных остатков проводилась при составлении морфологических и мезоморфологических описаний. Учитывалась мощность поверхностных горизонтов, сохранность органических остатков в них, процент их разложения (Приложение 1). Более высокие темпы процесса трансформации растительных остатков отмечаются в почвах отвалов, чем в почвах хвостохранилищ с их фитотоксичными субстратами. Различия в интенсивности процесса ясно видны на примере лесных подстилок (рис.6.2.1.1).



Рис.6.2.1.1. Горизонты лесной подстилки (О) в петроземах литостратных а) Байдаевского (ЛС) и б) Калтанского (ГТ) отвалов, в пелоземах артииндустратных в) Абагурского (ЛС) и г) Мундыбашского (ГТ) хвостохранилищ

Так, на обоих хвостохранилищах лесная подстилка состоит преимущественно из опада прошлых лет и медленно вовлекается в почвообразование, в горно-таежной зоне иногда наблюдается оторфованность. На отвалах лесная подстилка имеет меньшую мощность и состоит преимущественно из свежего опада, растительные остатки прошлых лет более активно вовлечены в процесс почвообразования (рис. 6.2.1.1а, б).

Зональные различия в проявлении трансформации растительных остатков также хорошо проявляются: в горно-таежной зоне данный процесс более активен, чем в лесостепной, что выражается в более высокой степени разложения остатков в поверхностных горизонтах и в меньшей доле прошлогоднего опада в них (Приложение 1). Вероятно, данная закономерность связана с более благоприятными условиями для существования микроорганизмов (большей влажности, менее резкими суточными перепадами температур, значительной мощностью снежного покрова). Наши наблюдения совпадают с данными С.С. Трофимова, по мнению которого скорость деструкции растительных остатков на отвалах в горно-таежной зоне выше, чем в лесостепной за счет непрекращающейся зимой деятельности микроорганизмов (Гумусообразование..., 1986).

Стоит отметить, что трансформация растительных остатков часто осложняется их «консервацией» пылеватыми частицами. Д.А. Соколовым с соавторами (2014) для данного явления предлагается использовать термин «мумификация органических остатков», что возможно не совсем удачно, в связи с применением данного термина Н.П. Солнцевой и Н.Е. Рубилиной для угольных отвалов, где имела место обработка растительных остатков кислыми водами (Солнцева, Рубилина, 1987). Возможно, более корректно использование термина «консервация». Особенно ярко консервация выражена в почвах хвостохранилищ, вследствие большей доли пылеватых частиц в них (рис. 6.2.1.2а,б). На отвалах консервация происходит за счет образования на остатках углистого налета.

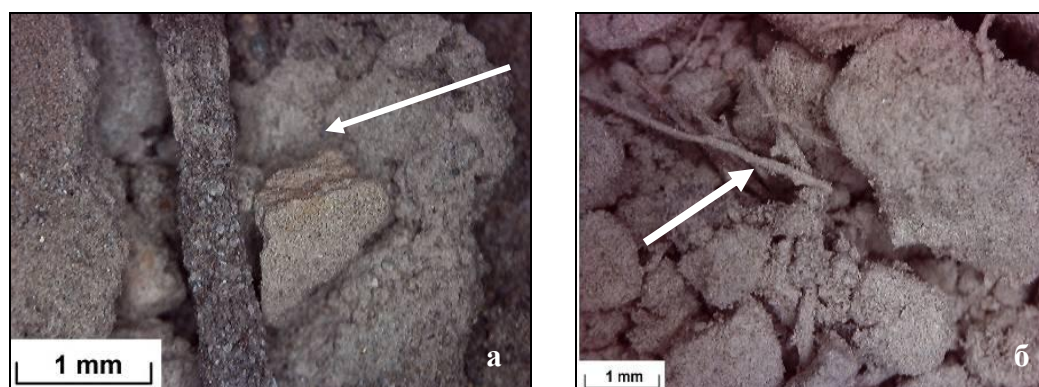


Рис.6.2.1.2. Консервация растительных остатков в пелоземах а) Абагурского (ЛС) и б) Мундыбашского (ГТ) хвостохранилищ

Гумификация – образование специфических гумусовых веществ. Морфологически проявляется в наличии в профилях почв признаков собственно гумусового горизонта: серых тонов

окраски, малого количества растительных остатков, структурности мелкозема, что, однако, не всегда очевидно в техногенных почвах в связи со спецификой субстратов: серым цветом отходов обогащения железной руды и присутствием угольных частиц и угольной прокраски в материале отвалов. Количественная оценка процесса возможна по содержанию гумуса, однако она тоже затруднена наличием в субстратах отвалов и хвостохранилищ органических веществ техногенной природы.

Выраженность гумификации, как и других процессов метаморфизма органического вещества, пропорциональна развитию растительности, с одной стороны, и связана с гранулометрическим составом, с другой: гумификация протекает активнее на супесях и легких суглинках. В результате, наибольшая ее интенсивность отмечается в пелоземах литостратных на Байдаевском отвале (ЛС). В связи с отсутствием в них включений обломков угля, темпы гумификации можно оценить количественно: содержание углерода в мелкоземе верхних горизонтов велико: от 2 до 6%. Высоки темпы гумификации также в пелоземах артииндустратных, причем темпы гумификации в лесостепной и горно-таежных зонах приблизительно одинаковы: содержание углерода достигает 3 и 2,4% (при исходном содержании углерода в субстратах 1,5-2,0% и 1%, соответственно).

В петроземах литостратных в обеих природных зонах процесс гумификации осложняется щебнистостью субстрата, кроме того, содержание гумуса сильно колеблется в зависимости от количества обломков угля, поэтому оценить темпы гумификации затруднительно. Однако, по морфологическим признакам видно, что в горно-таежной зоне данный процесс проявляется лучше, поверхностные горизонты петроземов литостратных обладают лучшей структурой и ближе к природным почвам, чем их аналоги в лесостепной зоне.

Миграция продуктов гумификации предполагает перемещение органических соединений в составе почвенных растворов и суспензий. Интенсивность оценивается по глубине проникновения гумусовой прокраски в профиле. Во всех почвах оно ограничено первыми 10 см; в редких случаях гумусовая прокраска прослеживается глубже 15 см.

В петроземах литостратных в обеих зонах процесс миграции проявляется очень слабо: гумусовая прокраска не прослеживается глубже 5-8 см, в пелоземах литостратных прокраска также не проникает глубже 8 см, а в большинстве разрезов прослеживается лишь в первых сантиметрах (Приложение 1). Наиболее сильно прокрашенность гумусом видна в пелоземах артииндустратных: в отдельных разрезах она прослеживается до глубины 15 см. Причем участки с выраженной потечностью гумуса приурочены обычно к более влажным местообитаниям с лесной растительностью.

Зональные различия в миграции гумуса в целом выражены довольно отчетливо: в горно-таежной зоне признаки миграции, как на отвалах, так и на хвостохранилищах, встречаются на глубже, чем в лесостепной.

6.2.2. *Метаморфизм минерального вещества*

Под метаморфизмом минерального вещества понимается большая группа процессов, приводящих к трансформации вещественного состава и/или структуры почв по сравнению с почвообразующей породой (исходным техногенным субстратом), без существенного перемещения унаследованного и новообразованного минерального материала (Герасимов, Глазовская, 1960; Элементарные..., 1992).

На исследуемых техногенных объектах проявляются ЭПП дезинтеграции, гипсообразования и железистого метаморфизма.

Дезинтеграция минерального материала представляет собой процесс измельчения обломков пород и зерен минералов без ясно выраженных изменений их минералогического и химического состава. Включает в себя целую группу процессов (температурное, морозное, гидратационное выветривание), которые, по сути, не являются специфическими почвенными процессами и распространены повсеместно.

Процесс значительно различается в почвах и ТПО, в отвалах и хвостохранилищах. Вместе с тем, климатические условия, в которых находятся объекты исследования, обуславливают наибольший вклад в дезинтеграцию механизмов температурного выветривания и гидратации.

На отвалах разрушение обломков пород приводит к их дифференциации с глубиной по крупности. Основными породами, слагающими отвалы, являются алевролиты, аргиллиты и песчаники, сцементированные глинистым, известковистым, реже силикатным цементом; а также угольные обломки. Размер обломков пород в различных частях отвалов варьирует от нескольких сантиметров до одного метра, доля мелкозема составляет 10-60%, в редких случаях она может достигать 85% в верхних горизонтах. Алевролиты и аргиллиты обладают примерно одинаковой устойчивостью к выветриванию: они легко распадаются на плитчатые или листоватые отдельности, остроугольный щебень и дресву и, в конечном итоге, довольно быстро выветриваются до суглинков и глин. Песчаники, ввиду их меньшей порозности, выветриваются чуть медленнее (Осадочные породы..., 2013)

Дезинтеграция в почвах и ТПО отвалов идентифицируется морфологически по доле мелкозема в межобломочном пространстве, а также по степени выветрелости пород. Обычно процессом захватываются верхние 0,3-0,5 м толщи отвала; с глубиной заметно ослабление дезинтеграции, видимое по уменьшению количества мелкозема (табл. 6.2.2.1).

Таблица 6.2.2.1.

Содержание мелкозема в почвах и ТПО отвалов (наблюдения автора, по 12 разрезам)

Зона	Лесостепная		Горно-таежная	
	Литостраты	Петроземы техногенные литостратные	Литостраты	Петроземы техногенные литостратные
Доля мелкозема в верхних 10 см, %	10-20	40-85	10-30	70-85
Доля мелкозема на глубине 30 см, %	0-10	10-20	0-20	10-40

Процесс дезинтеграции в литострататах протекает быстрее, чем в петроземах и пелоземах техногенных литостратных, что совпадает с данными В.А. Андроханова с соавторами (2004). Такая закономерность объясняется незащищенностью ТПО (или эмбриоземов инициальных – по классификации В.М. Курачева и В.А. Андроханова (2002)) от внешних воздействий, в то время как в почвах на поверхности присутствует «буферная подушка» в виде органогенных горизонтов. Однако, в то же время, развитая ризосфера в почвах отвалов способствует ускорению процесса биогенной дезинтеграции, что хорошо проявляется на мезоуровне (рис 6.2.2.1). Корни растений, проникающие в обломки пород по трещинам, способствуют их распаду на более мелкие фрагменты.

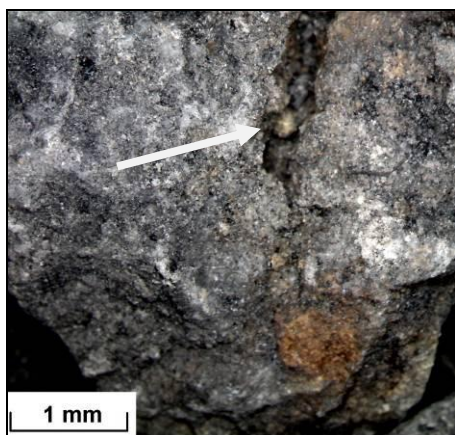


Рис.6.2.2.1. Дезинтеграция обломков пород Калтанского отвала (ГТ) по ходам корней

Из таблицы 6.2.2.1 видно, что в петроземах литостратных и литостратах в горно-таежной зоне содержание мелкозема в среднем больше, кроме того, в профилях почв часто встречаются выветрелые обломки пород (Приложение 1), что говорит о более интенсивной дезинтеграции в данной зоне по сравнению с лесостепной.

На хвостохранилищах, вследствие существенной технологической обработки субстратов, дезинтеграции подвергаются, в основном, «вторичные» техногенные агрегаты – окатыши, имеющие пылеватый состав. Процесс фиксируется на мезоуровне по нарушению целостности окатышей в пылеватых прослоях и по заполнению пылеватым материалом песчаных и суглинистых прослоев (рис.6.2.2.2).

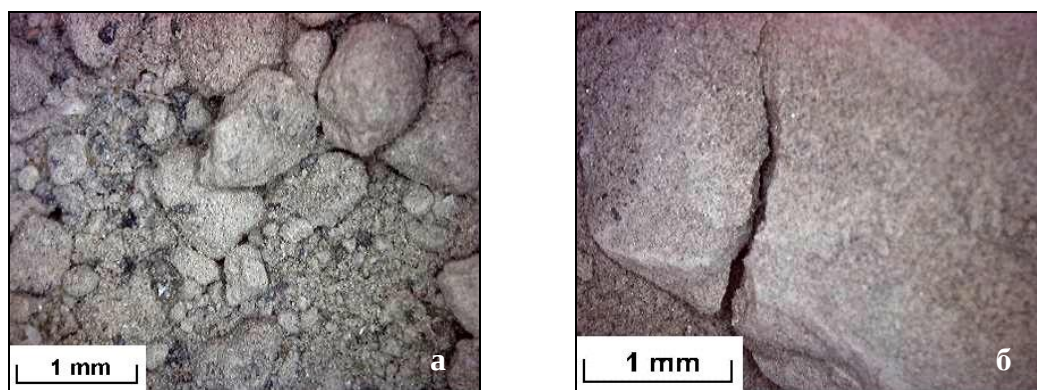


Рис.6.2.2.2. Проявления дезинтеграции в почвах и ТПО: а) наполнение пылеватых прослоев пылевыми частицами в результате разрушения окатышей Абагурского хвостохранилища (ЛС); б) разрушение окатышей Мундыбашского хвостохранилища (ГТ)

Малая размерность частиц обуславливает довольно низкую его интенсивность. Причем процесс протекает более активно в почвах, чем в ТПО: в верхних и средних частях профилей пелоземов техногенных арктических наблюдается значительное количество разрушившихся окатышей, с глубиной их доля уменьшается. Согласно результатам мезоморфологического анализа образцов, отобранных по глубинам, видно, что доля разрушившихся окатышей выше в горно-таежной зоне (до 70% в верхних 20 см), что говорит о более интенсивном протекании процесса дезинтеграции по сравнению с лесостепной зоной (40-50% в верхних 20 см). Особенно сильно эти различия прослеживаются в ТПО.

Корневые системы также активно участвуют в процессе дезинтеграции. Причем, в горно-таежной зоне, вследствие лучшего развития травяного яруса, участие корневых систем в дезинтеграции закономерно лучше выражено.

Карбонатизация – образование педогенных карбонатов в результате выветривания пород, содержащих карбонаты (Элементарные..., 1992). На исследуемых объектах процесс протекает только на отвалах, которые содержат карбонатные породы, в хвостохранилищах процесс не отмечается.

Процесс проявляется на мезо- и макроуровнях в виде выветрелых обломков карбонатных пород в профиле (рис. 6.2.2.3) в почвах и ТПО. Процесс карбонатизации тесно связан с процессом окабоначивания (миграции и осаждения карбонатов), для которого первый является поставщиком материала. Однако твердофазные результаты данных процессов различны (Элементарные...,1992). Эти различия видны на рисунках 3.2.2.3а и 3.2.2.4а (карбонатизация) и 3.2.2.5а (окабоначивание) и в Приложении 1 (разрезы N-27, N-29 и N-28, соответственно). На первых двух рисунках в профиле почв хорошо видны включения выветрелых обломков пород желтоватого и белесоватого цвета. В то время как на рисунке 3.2.2.5а, в нижней части профиля выделяются пятна карбонатов на гранях обломков пород.



Рис. 6.2.2.3. Включение выветрелой карбонатной породы в петроземах литостратных Калтанского отвала (ГТ)

В петроземах литостратных разрушение карбонатов более активно протекает в горно-таежной зоне, вследствие большего количества осадков. В пелоземах техногенных литостратных процесс карбонатизации довольно сложно идентифицируется, поскольку породные карбонаты находятся в дисперсном состоянии. В литостратах обеих зон процесс карбонатизации менее активен, по сравнению с почвами; в толще ТПО зачастую встречаются невыветрелые обломки карбонатных пород.

Гипсообразование и железистый метаморфизм являются результатом одной биохимической реакции и протекают совместно, поэтому в работе рассмотрены вместе.

Механизм гипсообразования и железистого метаморфизма сводится к окислению и гидролизу пирита: $\text{FeS}_2 + 6\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{CaCO}_3 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{CaSO}_4 + 4\text{CO}_2$ с образованием серной кислоты как промежуточного продукта, и последующим гидролизом железистых минералов. Рассматриваемые процессы тесно связаны с группой процессов цементации, для которых они выступают «поставщиками» гидроксидов железа, выступающих в роли цементирующих веществ.

Оба процесса характерны только для ТПО хвостохранилищ, на отвалах с их низким содержанием серы в силикатных породах и углях (менее 0,1%), а также в пелоземах артииндустратных не отмечены. Однако, стоит отметить, что в угольных бассейнах с высоким содержанием серы, таких как Кизеловский, Экибастузский, Подмосковский, процессы формирования гипсовых новообразований и перераспределения соединений железа типичны и зачастую определяют геохимическую обстановку района добычи (Солнцева, Никифорова, 1984, Максимович, Хайрулина, 2011).

На хвостохранилищах проявления данных процессов отмечаются локально в местах скопления серосодержащих минералов (в основном пирита) и улучшенных условий аэрации. Присутствие в теле хвостохранилища железистых минералов объясняется технологическими причинами, связанными с неполным обогащением руды. В субстратах Мундыбашского хвостохранилища, вероятно, ввиду лучшей технологии сепарации руды, крупных скоплений железистых

минералов не обнаружено, в артииндустратах встречаются отдельные железистые прожилки на гранях окатышей на глубине 20-40 см, проявлений гипсообразования не зафиксировано.

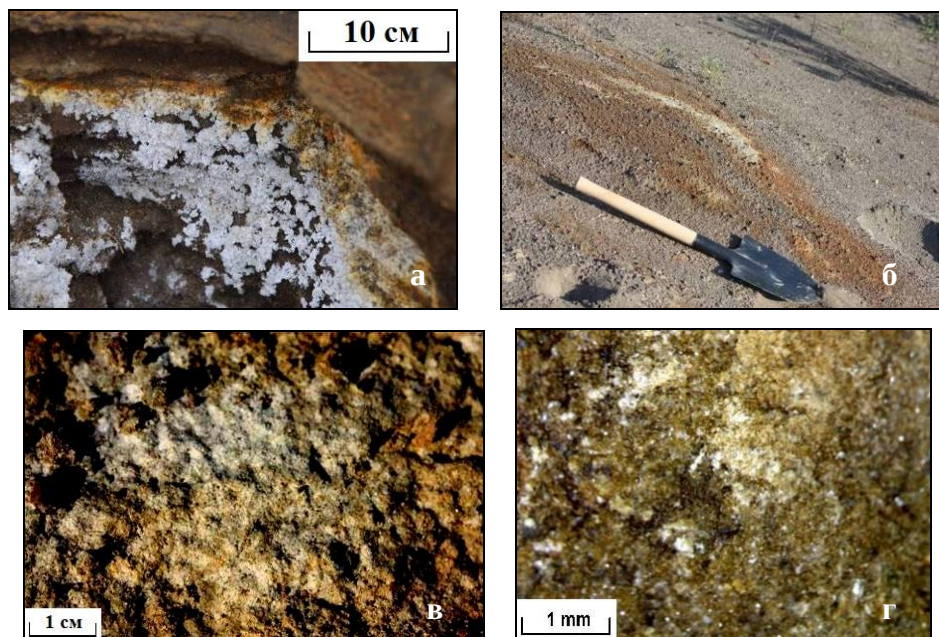


Рис. 6.2.2.4. Проявления гипсообразования и ожелезнения на поверхности Абагурского хвостохранилища а) кристаллы гипса на бровке хвостохранилища; б,в) железистые новообразования, покрытые гипсовыми «корками»; г) железистые новообразования с мезоувеличением

На Абагурском хвостохранилище (ЛС) ожелезнение проявляется в виде железистых сегрегаций и гранул (рис.6.2.2.4). Гипсообразование выражено в форме многочисленных кристаллов гипса, диаметром до 2 см, приуроченных к железистым коркам в прибровочной части хвостохранилища (рис.6.2.2.4).

Рентгеноструктурный анализ образцов с поверхности хвостохранилища показал, что белые скопления состоят преимущественно из гипса, присутствуют также такие минералы как гидроярозит, пирит и каолинит (рис. 6.2.2.5).

Железистые новообразования состоят из большого количества различных минералов, среди которых присутствуют гетит, гипс,grossуляр, каолинит, кварц и др.

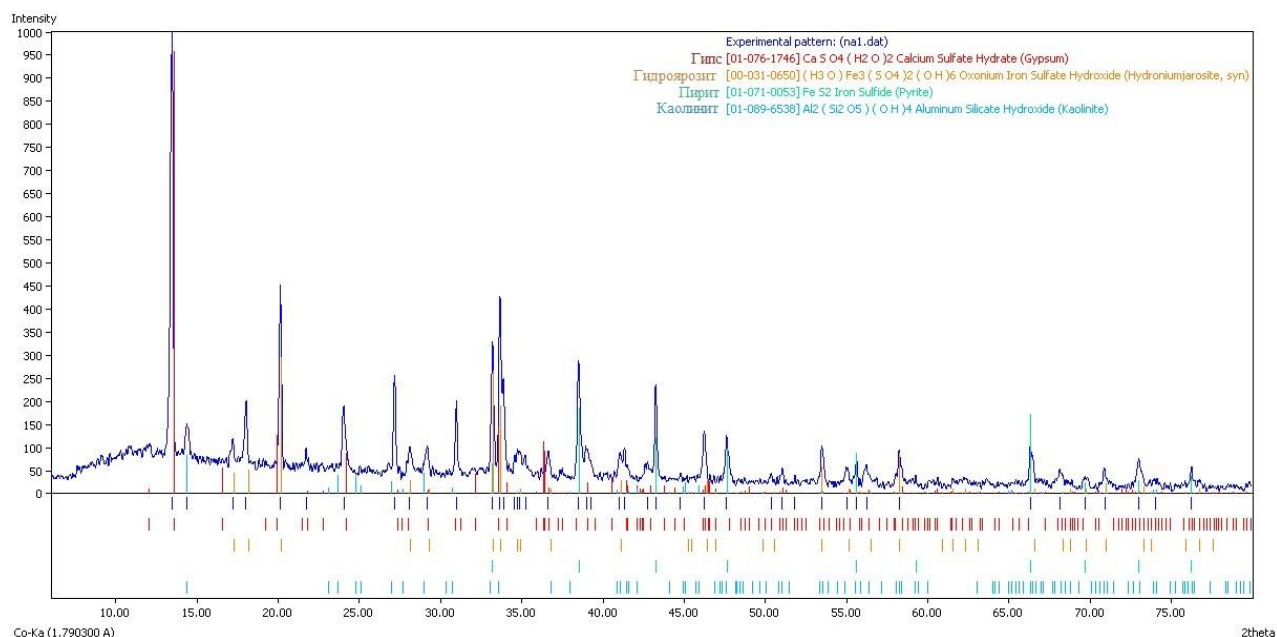


Рис. 6.2.2.5. Результаты рентгеноструктурного анализа гипсовых новообразований на поверхности Абагурского хвостохранилища (ЛС)

6.2.3. Переорганизация твердой фазы субстратов

Включает несколько ЭПП, среди которых в исследуемых техногенных объектах были определены процессы биогенного и коагуляционного оструктурирования, а также коркообразование. Масштабы явлений, как и в случае других процессов, невелики: процессы проявляются в пределах первых сантиметров толщи субстрата, но идентифицируются достаточно надежно.

Оструктурирование – процесс образования агрегатов из отдельных механических элементов при одновременном действии механизмов консолидации почвенной массы и обособления отдельностей (Элементарные., 1992). Процесс свойственен в основном почвам, но начальные его проявления заметны и в ТПО.

В почвах на техногенных субстратах протекает *биогенное оструктурирование*, связанное в основном с деятельностью корней. Оно отмечается даже в наименее развитых петроземах литостратных, где мощность органогенного горизонта не превышает 1-2 см. В них мелкие слабоветрелые обломки пород образуют так называемые «бусы по корням». С.С. Трофимовым с соавторами отмечается связь степени зарастания поверхности отвалов и оструктуренности гумусового горизонта (Почвообразование., 1979). Наблюдения показывают, что структура формируется лучше на участках с развитым травяным покровом, что справедливо как для участков самозарастания, так и для участков рекультивации. Французскими исследователями было выявлено, что в техногенных почвах (Техносолях) растения индуцируют ускорение эволюции структуры путем создания трубчатых пор и усилением агрегации (Jangorzo et.al, 2013, цит. по Leguédois et.al., 2015)

В почвах хвостохранилищ структура развита слабо и в основном связана с корнями, причем процесс оструктурирования в них довольно трудно отделить от процесса дезинтеграции. На рисунке 6.2.3.1 видно, как корешки трав разрушают техногенные окатыши, постепенно вовлекая их в формируемые ими агрегаты.



Рис. 6.2.3.1. Процессы дезинтеграции и биогенного оструктурирования в пелоземах техногенных артииндустратных: а – исходная техногенная структура; б – разрушенная корнями техногенная структура; в – вовлечение техногенных окатышей в процесс оструктурирования

На хвостохранилищах было зафиксировано образование своеобразной структуры благодаря ризоидам мхов, «захватывающим» верхние 1-2 см (рис. 3.3.2.1а).

В формировании биогенной структуры техногенных почв довольно ярко проявляются зональные различия: в горно-таежной зоне структура более прочная по сравнению со структурой почв в лесостепной, как на отвалах, так и на хвостохранилищах. Различия, как уже было сказано выше, связаны со степенью развития травяного яруса.

Кроме биогенного оструктурирования, был отмечен интересный факт *коагуляционного оструктурирования* в артииндустратах в блюдцеобразном понижении Абатурского хвостохранилища (ЛС). Хорошо сформированная многопорядковая структура в данном случае, вероятно, обусловлена сносом илистых частиц в понижение и их коагуляцией солями (рис. 6.2.3.2а). Суммарное содержание солей в верхнем горизонте здесь составляет 3%.

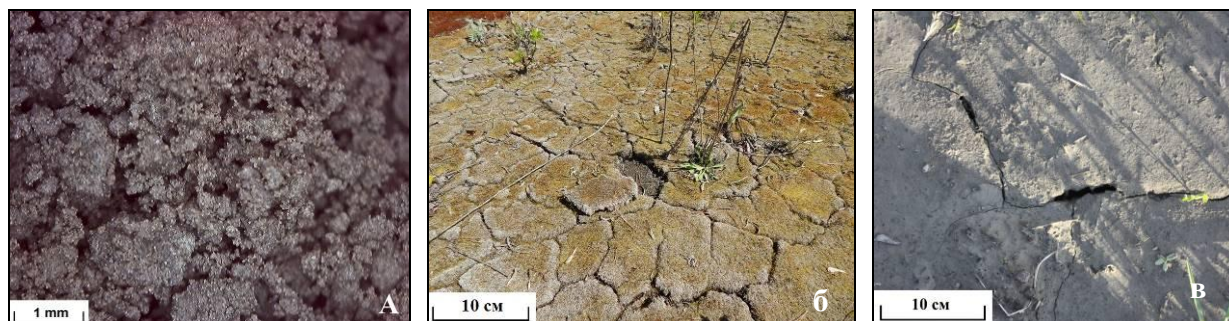


Рис. 6.2.3.2. а) коагуляционная структура (б) такыровидные корки в артииндустратах Абатурского (ЛС) и Мундыбашского (ГТ) хвостохранилищ.

На поверхности хвостохранилищ наблюдается также ЭПП *коркообразования*, проявляющийся в образовании корок и полигональных трещин (по типу такыров) на наиболее засушли-

вых участках (рис. 6.2.3.2б). Более интенсивно процесс проявляется в лесостепи, вследствие меньшего количества осадков, однако небольшие участки с трещиноватостью на поверхности зафиксированы и в горно-таежной зоне (рис. 6.2.3.2в).

6.2.4. Миграция вещества

Процессы миграции являются «универсальными» для всех почв и ТПО и заключаются в переносе разнообразных веществ по профилю. На исследуемых техногенных объектах процесс представлен двумя вариантами: миграция в растворах и миграция в суспензиях.

6.2.4.1. Миграция в растворах.

По концепции ЭПП, изложенной в монографии ИГРАН, процесс миграции в водной среде включает три «стадии»: мобилизацию, перенос (собственно миграция) и осаждение (иммобилизация). Процесс мобилизации может быть тесно связан с ЭПП дезинтеграции, метаморфизма минеральной массы и органического вещества, а также представлять собой обычный процесс растворения (Элементарные..., 1992). Иммобилизация веществ в результате миграции происходит на геохимических барьерах, при этом в зависимости от формы аккумулятивных образований (пропиточных или конкреционных), ЭПП относится либо к группе миграционных процессов, либо к группе сегрегации и цементации. Помимо иммобилизации веществ процесс миграции может приводить к их выносу за пределы профилей.

Солевая миграция. Как было показано в главах 2 и 3, все пелоземы техногенные артииндустратные и артииндустраты хвостохранилищ в большей или меньшей степени засолены, что связано с исходным составом техногенных субстратов. В составе солей доминируют сульфаты и хлориды (Столбоушкин, 2014). В связи с этим, процессы миграции по профилю легкорастворимых солей получили значительное развитие, как и тесно связанные с ними процессы солевой цементации. В лесостепной зоне результаты протекания процесса миграции солей и их осаждения очень ярко проявляются как морфологически (в виде выцветов солей), так и аналитически, распределение солей по профилю неравномерное («пилообразная кривая»), что отражает техногенную слоистость субстрата (рис. 3.3.2.4). Максимумы в содержании солей приурочены к пылеватым прослоям, что объясняется их повышенной адсорбционной способностью. Слоистость в проявлении засоления и процесса выноса солей отмечается и морфологически, на бровке хвостохранилища, в малых эрозионных формах (рис. 6.2.4.1а).

В горно-таежной зоне засоление довольно слабо заметно морфологически и фиксируется только на отдельных участках (рис. 6.2.4.1б). Однако аналитически присутствие легкорастворимых солей выявлено повсеместно (рис. 3.3.1.3б, 3.3.2.4б), их количество меньше, чем в лесостепной зоне, и они равномерно распределены по профилю, что объясняется бóльшим количеством осадков.

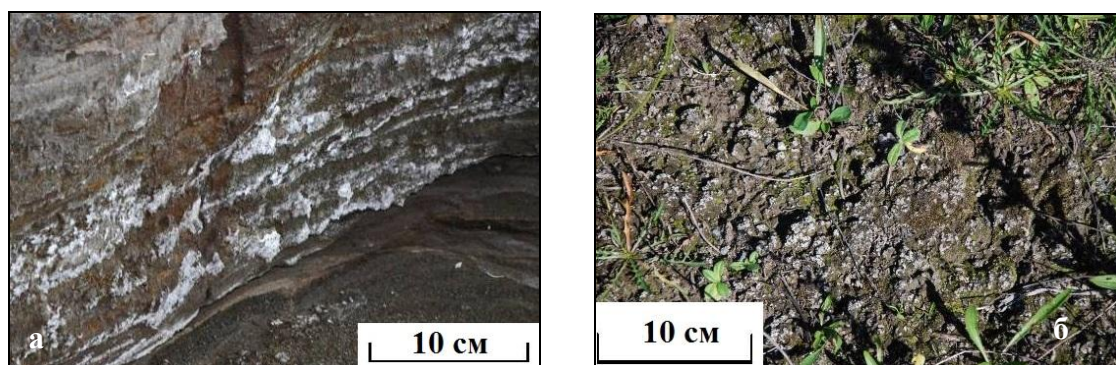


Рис. 6.2.4.1. Выцветы солей послойно а) на Абагурском хвостохранилище (ЛС); б) в виде отдельных кристаллов на Мундыбашском хвостохранилище ((ГТ)

В почвах и ТПО отвалов в лесостепной и горно-таежной зонах засоления не отмечается, что также обусловлено свойствами техногенных субстратов. Однако в литостратах на участках самовозгорания в лесостепной зоне локально зафиксировано повышение концентрации солей в приповерхностной части профиля, что проявляется и морфологически в виде солевых кристаллов на гранях обломков (рис. 3.2.1.3б). Увеличение концентрации солей связано с осаждением газов, поднимающихся от очага самовозгорания, что способствует образованию вторичных солевых минералов в приповерхностной части ТПО (рис.6.2.4.2).



Рис. 6.2.4.2. Схема термодинамического геохимического барьера в месте возникновения очага самовозгорания.

Окарбоначивание – ЭПП передвижения водных растворов бикарбонатов кальция и магния и аккумуляция их карбонатных солей в различных морфологических формах (Элементарные..., 1992). Как уже говорилось выше, процесс тесно связан с процессом карбонатизации, однако диагностически отличается от него по форме карбонатных новообразований. Для окарбоначивания характерны пятна, выцветы, натеки и пленки, заметные как на макро-, так и на мезо-уровнях (рис. 6.2.4.3). Кроме того, диагностируется по наличию «вскипания от HCl» мелкоземистой присыпки на обломках пород.

Ввиду достаточного увлажнения процесс окарбоначивания активно протекает в обеих природных зонах. Однако более активно карбонаты осаждаются в петроземах и пелоземах литостратных лесостепной зоны, что находится в соответствии с природными процессами. В пелоземах карбонатные новообразования имеют меньший размер и лучше идентифицируются мезоморфологически на гранях глыбистых отдельностей (исходных для рекультивационного субстрата) (рис. 6.2.4.3а); в петроземах литостратных окарбоначивание хорошо заметно и на макроуровне (рис. 6.2.4.3б,в).



Рис. 6.2.4.3. Выцветы и натечки карбонатов в нижних частях профилей а) пелоземов литостратных и б) пелоземов литостратных на Байдаевском отвале (ЛС); в) петроземов литостратных на Калтанском отвале (ГТ)

6.2.4.2. Миграция в суспензиях (партлювация)

Процесс определяется как перемещение по профилю твердых частиц любого размера, без каких-либо химических преобразований. Находится в тесной зависимости от процесса дезинтеграции, который выступает основным поставщиком материала. Как отмечается авторами монографии, характер протекания процесса напрямую зависит от гранулометрического состава: в суглинистых почвах передвижение имеет линейный характер, в песчаных и супесчаных – происходит медленное фронтальное просачивание, в щебнистых – наблюдается провальная фильтрация суспензий (Элементарные..., 1992).

На исследуемых объектах процесс партлювации зависит от свойств техногенных субстратов следующим образом. В петроземах литостратных и литостратах, вследствие их щебнистости, твердофазная миграция протекает в основном за счет дезинтеграции обломков пород и передвижения по профилю наиболее мелких частиц этих обломков. В пелоземах литостратных, пелоземах артификальных и артификатах, вследствие их суглинистого состава, мигрируют преимущественно частицы, образовавшиеся в результате выветривания вторичных минералов. Морфологически миграция в суспензиях проявляется в наличии скелетан на гранях обломков пород и структурных агрегатов в нижних и средних частях профилей.

В петроземах литостратных и литостратах партлювация хорошо идентифицируется на макроуровне и выражается в наличии своеобразного «угольного налета» на гранях обломков

пород, который удаляется ножом, с глубиной мощность налета возрастает (рис. 6.2.4.4а). В петроземах литостратных, несмотря на предрасположенность субстратов к партлювации, мощных скелетан не обнаружено, вероятно, вследствие молодости почв.

На хвостохранилищах процесс был зафиксирован при мезоморфологических наблюдениях: в нижних частях профилей почв и ТПО на технологических структурных агрегатах обнаруживались скелетаны, в песчаных прослоях присутствовал пылеватый материал (рис. 6.2.4.4б).

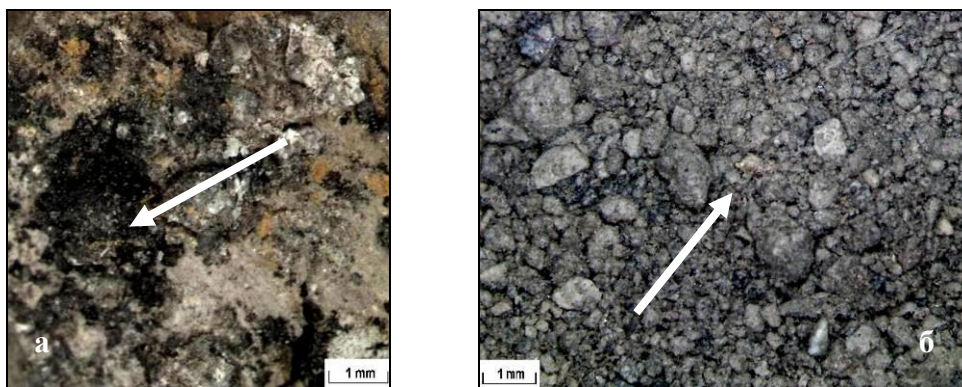


Рис. 6.2.4.4. а) угольный налет на грани обломка в петроземе литостратном Калтанского отвала (ГТ); б) заполнение пылеватыми частицами песчаного прослоя в артииндустратах Абагурского хвостохранилища (ЛС)

Таким образом, на исследуемых объектах партлювация протекает повсеместно, как в почвах, так и в ТПО. Интенсивность процесса сопоставима в отвалах и хвостохранилищах, причем, вполне закономерны ее более заметные проявления в горно-таежной зоне вследствие большего количества осадков.

6.2.5. Цементация

Данная группа процессов имеет место только в артииндустратах Абагурского хвостохранилища (ЛС), вследствие достаточной «аридности» условий на его поверхности и наличия в субстратах цементирующих веществ. Процессы выражаются в формировании в толще ТПО, либо на их поверхности (что более типично для техногенных объектов) уплотненных горизонтов или прослоев в результате скрепления частиц цементирующими веществами, выпадающими в раствор (Элементарные..., 1992).

Окислительная (железистая) цементация проявляется в образовании железистых корочек на поверхности, фиксируется в местах наилучшей аэрации, в прибровочной части Абагурского хвостохранилища (ЛС) (рис. 6.2.5.1). Цементирующим веществом выступают гидроксиды железа, что придает коркам буровато-красноватый цвет. В горно-таежной зоне процесс не проявляется, вследствие меньшего количества железистых минералов в составе субстратов.

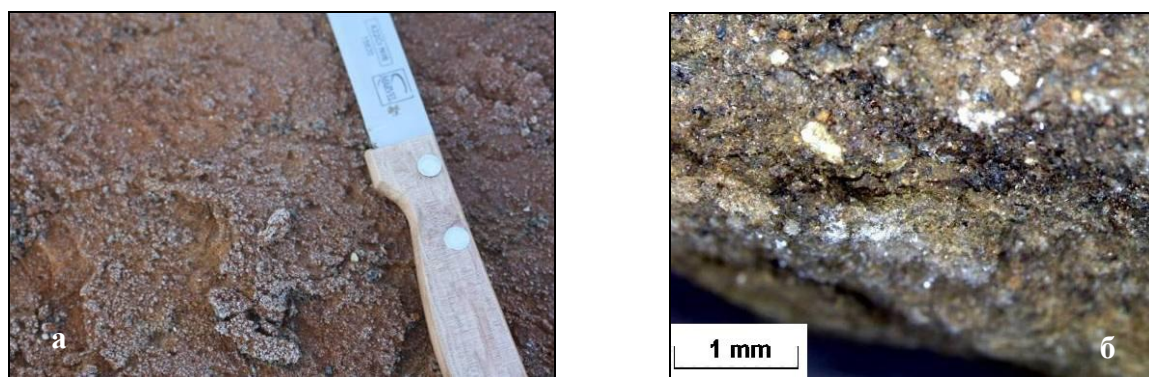


Рис. 6.2.5.1. Окислительная цементация

Гипсовая цементация – образование гипсовых корок на поверхности хвостохранилища. Обычно гипсовые корки связаны с железистыми (рис. 6.2.5.2). Как и проявления окислительной сегрегации, гипсовые уплотнения формируются только в артииндустратах в лесостепной зоне, в зоне окисления в верхних частях толщи ТПО.



Рис. 6.2.5.2. Гипсовая цементация на поверхности артииндустратов
Абагурского хвостохранилища (ЛС)

Солевая цементация – образование солевых корок на поверхности выровненных участков хвостохранилища и солевых новообразований в толще ТПО. Процесс, также как и все процессы данной группы, распространен только в лесостепной зоне, ему способствует значительное содержание солей в толще артииндустратов (от 1 до 3%). Солевые корки приурочены обычно к переуплотненным площадкам (колеи от проезда автомобилей) и такыровидным коркам (рис. 6.2.5.3). Послойные выцветы и корки солей, как уже говорилось в описании процесса миграции солей, отмечаются в артииндустратах на бровке хвостохранилища, что, вероятно, связано с их «выдавливанием» в крайние части толщи и испарением (рис. 6.2.4.1а).

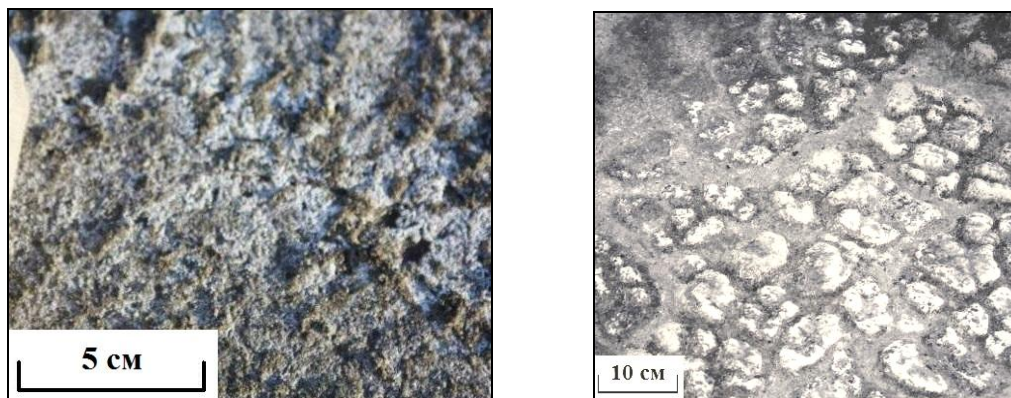


Рис. 6.2.5.3. Солевая цементация на поверхности артиндустратов
Абагурского хвостохранилища (ЛС)

6.2.6. Оглеение

Процессы оглеения, как известно, протекают при наличии органического вещества, способного к сбраживанию, переувлажнения и гетеротрофной анаэробной микрофлоры. (Зайдельман, 1998). В связи с особенностями сложения, определяющего водный режим техногенных объектов (провальный – на отвалах, непромывной – на хвостохранилищах), ЭПП оглеения имеет место только в почвах хвостохранилищ. В ТПО они не отмечены, так как для их протекания в них недостаточно органического вещества.

Восстановленный глей – ЭПП трансформации минерального вещества в условиях переувлажнения и недостатка кислорода, приводит к преобладанию «холодных» тонов окраски толщи почв – сизых, серовато-зеленоватых. Процесс был идентифицирован в пелоземах артиндустратных в лесостепной и горно-таежной зоне, по-видимому, в связи с затрудненной фильтрацией в нижней части профиля, где сохраняется техногенная слоистость с горизонтальным залеганием слоев. Очень ярко зональные различия: в горно-таежной зоне глееватость заметна на глубине 45 см, в то время как в лесостепной зоне оглеение присутствует только глубже 85 см, что служит отражением разницы в атмосферном увлажнении (рис. 6.2.6.1).

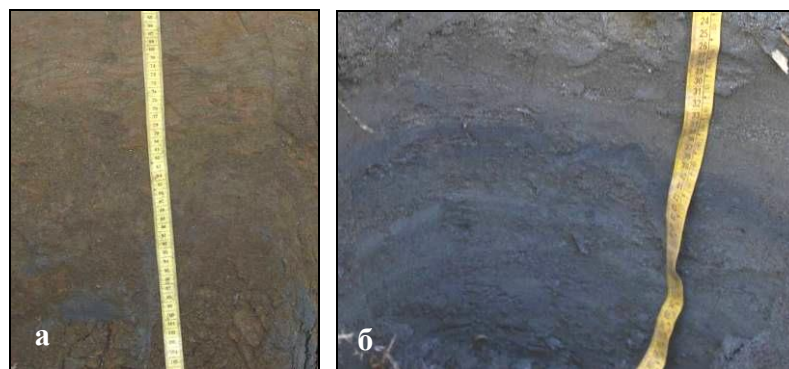


Рис. 6.2.6.1. Оглеение в профилях пелоземов артиндустратных а) Абагурского (ЛС) и
б) Мундыбашского (ГТ) хвостохранилищ

Окисленный глей – характерен для условий периодического переувлажнения с чередованием окислительных и восстановительных условий. Как и восстановленный глей, наблюдается только в пелоземах артиндустриальных, на границе оглеенной и неоглеенной частей техногенного субстрата, причем обычно лучше выражен в пылеватых прослоях и в лесостепной зоне (рис. 6.2.6.1а).

6.3. Распространение элементарных почвообразовательных процессов

Все процессы, протекающие на исследуемых техногенных объектах в почвах и ТПО, довольно четко распределены в пространстве. Возможно много вариантов их деления на группы по различным характеристикам: по проявлению только в почвах, либо только в ТПО; по приуроченности к природным зонам, к отдельным участкам.

Среди всех ЭПП можно выделить процессы, которые протекают как в почвах, так и в ТПО, как на отвалах, так и на хвостохранилищах. К ним относятся процессы дезинтеграции и партлювации, которые можно назвать универсальными не только для изучаемых объектов, но и для любых твердофазных поверхностных образований.

Общими для *почв* являются все процессы, связанные с органическим веществом и его присутствием в профиле; к ним относятся процессы метаморфизма органического вещества, биогенного оструктурирования и оглеения.

Для *ТПО* характерны процессы, связанные с образованием и перераспределением токсичных для растений веществ. К ним относятся засоление, ожелезнение, гипсообразование и коркообразование.

Процессы в почвах и ТПО различаются не только по составу, но и по масштабам их проявлений: если в почвах большинство процессов протекают на уровне горизонтов, то в ТПО – только на уровне отдельных морфонов.

Помимо своей почвенной или непочвенной «специализации» ЭПП также можно разделить на те, которые имеют место только на отвалах и те, которые происходят только на хвостохранилищах. Причинами подобного деления процессов, безусловно, являются различия в свойствах субстратов, которые в свою очередь определены различиями в технологии добычи угля и обогащения железной руды. Процессами типичными для отвалов являются карбонатизация и окарбоначивание. Для хвостохранилищ специфичны процессы засоления и солевой цементации, ожелезнения и железистой цементации, гипсообразования и гипсовой цементации, а также коркообразования и коагуляционного оструктурирования. Только в почвах хвостохранилищ были обнаружены процессы оглеения, как следствие их водозастойного водного режима.

Результаты проведенного сравнения приуроченности ЭПП к изученным техногенным объектам представлены на схеме (Рис. 6.3.1).



Рис. 6.3.1. Элементарные почвообразовательные процессы в почвах и ТПО отвалов и хвостохранилищ

По необходимости особых условий для протекания того или иного процесса можно разделить процессы на повсеместные и локальные. Так, *повсеместными* являются процессы, для протекания которых не требуется особых условий, они в основном связаны с климатом и общими для всех техногенных субстратов свойствами и факторами. Такими процессами являются дезинтеграция и партлювация, развитие которых обеспечивается, способностью пород к выветриванию; присутствием агентов дезинтеграции (в нашем случае это преимущественно температурные перепады и влага, поступающая с осадками); а также достаточным для перемещения частиц увлажнением. Причины предрасположенности почв и ТПО к дезинтеграции на отвалах и хвостохранилищах различны. На отвалах дезинтеграции способствует попадание вмещающих и вскрышных пород в гипергенные условия и их быстрое разрушение; на хвостохранилищах – техногенное сложение субстратов. И то, и другое, в сочетании с достаточным количеством осадков и объемом порового пространства, способствует проявлению ЭПП партлювации.

Локальные процессы характеризуются тем, что для их протекания необходимо определенное сочетание условий и факторов почвообразования. К данной группе относятся ЭПП гипсообразования и ожелезнения, а также гипсовой и окислительной цементации, для которых необходимы: присутствие в субстратах способных к окислению железистых минералов и карбона-

тов, а также определенные климатические условия (умеренное или недостаточное увлажнение, жаркий или теплый температурный режим). Солевая цементация протекает только в условиях засоления субстратов и переуплотнения. Локальными также могут быть процессы коагуляционного оструктурирования и коркообразования, для которых необходимо наличие значительного количества тонкодисперсных частиц, способных к склеиванию; для коркообразования требуется еще и переменный режим увлажнения. Локальными на техногенных объектах можно считать процессы оглеения, которые протекают в присутствии органического вещества и при переувлажнении.

Различия в наборе и выраженности ЭПП между парами почв (и парами ТПО) на разных техногенных объектах оказались значительно более существенными, чем зональные различия между однотипными объектами в разных природных зонах. Однако отпечаток зональности все же присутствует повсеместно, и при анализе процессов его нельзя не учитывать. Так, существенные климатические различия между лесостепной и горно-таежной зонами отражаются в наборе и интенсивности ЭПП. Количество осадков в лесостепной и горно-таежной зоне различается почти в 2 раза, наиболее сильно это различие сказывается на группах процессов метаморфизма минерального вещества, миграции и оглеения.

Вместе с тем, отмеченные выше климатические условия лесостепной зоны, в том числе тепловые режимы техногенных объектов, в сочетании со свойствами субстратов способствуют распространению процессов, свойственных более аридным условиям (засоление, железистый метаморфизм, гипсообразование, цементация, коркообразование), тогда как в горно-таежной зоне процессы в почвах и ТПО на отвалах и, в меньшей степени на хвостохранилищах, ближе к процессам, протекающим в зональных почвах.

Дифференцирующее влияние растительности на ход и специализацию процессов, по-видимому, ограничено, что может объясняться разными причинами: сходством растительных сообществ в разных природных зонах, их простотой и молодостью, малым временем существования техногенных объектов. Однако нельзя не учитывать, что по сравнению с отвалами и хвостохранилищами в других регионах, темпы почвообразования на исследуемых нами объектах в целом высоки, в чем, безусловно, есть вклад соседства с высокопродуктивными сообществами (лесостепи и черневой тайги), а также наличия более или менее благоприятных условий для развития пионерных сообществ. Биотический фактор в первую очередь находит отражение в процессах преобразования органического вещества, очевидно, что чем лучше развит растительный покров на поверхности техногенных объектов, тем быстрее и более разнообразно протекают многие процессы. Нами выявлено, что в горно-таежной зоне вследствие лучшего развития

растительности на техногенных объектах, и в частности, густоты травянистого покрова, процессы метаморфизма органического вещества протекают активнее, чем в лесостепной.

Выводы

Процессы, протекающие в почвах и ТПО на исследуемых отвалах и хвостохранилищах, имеют довольно низкую интенсивность, вследствие молодости данных образований; проявления процессов не всегда отчетливы и, следовательно, процессы трудно идентифицируются. Однако, несмотря на известные ограничения, концепция элементарных почвообразовательных процессов, разработанная ИГРАН для полнопрофильных почв, все же применима для слаборазвитых почв и ТПО отвалов и хвостохранилищ с рядом уточнений и корректировок, в основном связанных с особенностями техногенных субстратов.

В первую очередь, нетрадиционными с точки зрения концепции ЭПП являются проявления процессов, нетипичных для данных природных условий. Наиболее ярким примером могут быть свойственные аридным регионам процессы засоления, цементации и гипсообразования, имеющие место в лесостепной зоне. «Классическую» схему ЭПП также осложняет мозаичность и хаотическое сложение отвалов, которые вызывают значительную неоднородность почв и ТПО на них; наличие очагов самовозгорания и некоторые другие особенности исследуемых объектов, связанные с технологией их образования.

Набор процессов в почвах и ТПО в первую очередь определяется свойствами техногенных субстратов, а зональные условия являются вторичными, они оказывают влияние на выраженность тех или иных процессов в разных природных зонах. Элементарные почвообразовательные процессы в почвах выражены на уровне генетических горизонтов, в техногенных поверхностных образованиях – на уровне морфонов.

По распространенности и приуроченности к определенным объектам и/или условиям процессы могут быть разделены на несколько групп. Так, можно различать общие и специфические ЭПП в разных типах техногенных объектов. По распространению в пределах каждого из техногенных объектов процессы можно сгруппировать в повсеместные и локальные. Встречаемость процессов каждой группы зависит от комбинаторики условий, обеспечивающих протекание того или иного процесса. Сложность такой комбинаторики определяется сочетанием техногенно обусловленных свойств субстратов и условно природных факторов почвообразования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Техногенные поверхностные образования и почвы, сформированные на угольных отвалах и хвостохранилищах железорудных обогатительных фабрик в лесостепной и горно-таежной зонах, имеют специфические характеристики; они являются информативными объектами для изучения первичного почвообразования. К таким характеристикам относятся: точная датировка возраста поверхностных образований; их молодость; унаследованность свойств почв от ТПО и значительная скорость преобразований на начальных этапах развития почв.
2. Сочетания факторов почвообразования на отвалах и хвостохранилищах в целом благоприятны для почвообразования в отношении климата, рельефа и растительности; развитию почв также способствует природное окружение техногенных объектов: высокопродуктивные биоценозы луговых лесостепей и черневой тайги. Главным ограничением развития почв являются породы – субстраты техногенных объектов.
3. Почвы и ТПО представляют собой пространственно-временной континуум, в них, начиная с нуля-момента, которым в случае с техногенными объектами является время окончания отсыпки отвала и наполнения хвостохранилища, имеют место элементарные почвообразовательные процессы, однако по масштабам их проявления в большинстве случаев они слабо сопоставимы с естественными почвами.
4. Состав элементарных почвообразовательных процессов в техногенных почвах в первую очередь определяется свойствами субстратов, положение в той или иной зоне имеет меньшее значение.
5. Несмотря на слабую выраженность процессов в техногенных почвах и ТПО, для их изучения применима концепция элементарных почвообразовательных процессов. Эффективным методом рассмотрения процессов является мезоморфологический.
6. Климатические условия лесостепной зоны в сочетании со свойствами техногенных субстратов способствуют распространению в почвах и ТПО процессов, свойственных более аридным условиям. В то время как в горно-таежной зоне процессы в почвах и ТПО на отвалах и, в меньшей степени на хвостохранилищах, близки к процессам, протекающим в зональных почвах.
7. В «Классификацию и диагностику почв России», где техногенным почвам уделено очень мало внимания, предлагается внести дополнения:
 - включить техногенные породы в список почвообразующих (что было предложено Т.В. Прокофьевой с соавторами (2014) для городских почв);

- в отделе слабозвитых выделить типы почв, сформированные на техногенных субстратах;
- разделение на подтипы в техногенных типах почв осуществлять по строению органического/гумусового горизонта, свойствам минерального субстрата и протекающим почвообразовательным процессам

Разделение ТПО на более низких таксономических уровнях, чем подгруппа, возможно проводить с использованием отдельных почвенных критериев, отражающие почвообразовательные процессы, и по свойствам техногенных субстратов.

8. На основании предложенных классификационных дополнений, ТПО отвалов и хвостохранилищ отнесены к литостратам скелетным и артииндустратам стратифицированным. Почвы отвалов принадлежат к типам петроземов и пелоземов техногенных литостратных; почвы хвостохранилищ – к пелоземам техногенным артииндустратным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Абакумов Е.В., Гагарина Э.И. Почвообразование в посттехногенных экосистемах карьеров Северо-запада России / Е.В. Абакумов, Э.И. Гагарина – СПб.: СПбГУ, 2006. – 256 с.
- 2 Абакумов, Е.В., Гагарина, Э.И., Лисицына, О.В. Восстановление почв и рекультивация земель в районе Кингисеппского месторождения фосфоритов / Е.В. Абакумов, Э.И. Гагарина, О.В. Лисицына // Почвоведение. — 2005. — № 6. — С. 731–740.
- 3 Андроханов, В.А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.27 / Андроханов Владимир Алексеевич. - Новосибирск, 2005а. – 32 с.
- 4 Андроханов, В.А. Специфика и генезис почвенного покрова техногенных ландшафтов / В.А. Андроханов // Сибирский экологический журнал. – 2005б. – №5. — С.795-800.
- 5 Андроханов, В.А., Куляпина, Е.Д., Курачев, В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция / В.А. Андроханов, Е.Д. Куляпина, В.М.Курачев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 149 с.
- 6 Андроханов, В.А., Овсянникова, С.В., Курачев, В.М. Техноземы: свойства, режимы, функционирование / В.А. Андроханов, С.В. Овсянникова, В.М. Курачев. – Новосибирск: Наука, 2000. – 200 с.
- 7 Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
- 8 Арманд, А.Д., Люри, Д.И., Жерихин, В.В., Раутиан, А.С., Кайданова, О.В., Козлова, Е.В., Стрелецкий, В.Н., Буданов, В.Г. Анатомия кризисов/ А.Д. Арманд, Д.И. Люри, В.В. Жерихин и др. – М.: Наука, 1999. – 238 с.
- 9 Артамонова, В.С., Андроханов, В.А., Соколов, Д.А., Лютых, И.В., Булгакова, В.В., Бортникова, С.Б., Водолеев, А.С. Эколого-физиологическое разнообразие микробных сообществ в техногенно-нарушенных ландшафтах Кузбасса / В.С. Артамонова, В.А. Андроханов, Д.А. Соколов, И.В. Лютых, В.В. Булгакова, С.Б. Бортникова, А.С. Водолеев // Сибирский экологический журнал. – 2011. – №5 – с. 735-746.
- 10 Атлас Кемеровской области, Кемерово – Новосибирск, 1996. – 24 с.
- 11 Базилевич, Н.И., Панкова, Е.И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов / Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова // Бюл. почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 1972. – вып. 5. – С. 36–40.
- 12 Балтайтис, В.Я., Овчаренко, И.Р., Хорольский, В.Т. Влияние некоторых факторов на самовозгорание углей в Донбассе / В.Я. Балтайтис, И.Р. Овчаренко, В.Т. Хорольский // Безопасность труда в промышленности. – 1968. – № 12. – С. 34-36.
- 13 Баранник, Л.П., Кандрашин, Е.Р. Лесообразование на породных отвалах угольных разрезов Южного Кузбасса / Л.П. Баранник, Е.Р. Кандрашин // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск: Наука. – 1979. – С. 172-179.
- 14 Баранник, Л.П., Шмонов, А.М. Рекультивация земель / Л.П. Баранник, А.М. Шмонов. – Кемерово. – 1988. – 56 с.
- 15 Баранник, Л.П., Щербатенко, В.И. Естественное зарастание отвалов породы угольных разрезов / Л.П. Баранник, В.И. Щербатенко. – Новокузнецк. – 1972. – 78 с.
- 16 Батурина, В.Б. Особенности гумификации и минерализации корневой массы в почвах техногенных ландшафтов: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.27 /Батурина Виктория Борисовна. – Новосибирск, 2005. – 19 с.

- 17 Беланов, И.П., Шипилова, А.М. Температурный режим почв территорий, подверженных техногенезу / И.П. Беланов, А.М. Шипилова // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – Выпуск 5. – С. 28-30.
- 18 Биологическая рекультивация земель в Сибири и на Урале: рекомендации и экспериментальные схемы / Отв. ред. С. С. Трофимов. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, – 1981. – 113 с.
- 19 Богородская, А.В., Краснощекова, Е.Н., Трефилова, О.В., Шишкин, А.С. Сезонная динамика развития микробоценозов и комплексов беспозвоночных на отвалах вскрышных пород Бородинского бурогоугольного разреза (КАТЭК) / А.В. Богородская, Е.Н. Краснощекова, О.В. Трефилова, А.С. Шишкин // География и природные ресурсы. – 2010. – № 4. – С. 36-45.
- 20 Большина Е.П. Экология металлургического производства: Курс лекций. / Е.П. Большина. – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2012. – 155 с.
- 21 Бронникова, М.А., Таргульян, В.О. Кутанный комплекс текстурно-дифференцированных почв / М.А. Бронникова, В.О. Таргульян – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 197 с.
- 22 Бурлака, В.В. Шахты и экология (Экологические проблемы угольной промышленности Украины) / В.В. Бурлака // ТЭК. – 2009. – №7. – С. 45-48.
- 23 Виноградов, А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры / А.П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555-571.
- 24 ВОДГЕО. Рекомендации по проектированию сооружений хвостохранилищ в суровых климатических условиях. – М.: Стройиздат. –1977. –152 с.
- 25 Водолеев, А.С., Водолеева, Л.Н. Влияние аномальных концентраций химических элементов на жизнедеятельность растений техногенных ландшафтов / А.С. Водолеев, Л.Н. Водолеева // Природа и экономика Кузбасса. – Вып. 8. – Новокузнецк, 2000. – С. 62-65.
- 26 Водолеев, А.С. Рекультивация техногенно нарушенных земель южного Кузбасса с использованием нетрадиционных мелиорантов: автореферат дис... докт. с-х. наук: 06.01.02, 03.00.16 / Водолеев Анатолий Сергеевич. – Барнаул, 2007. - 34 с.
- 27 Воскресенский, С.С. Геоморфология Сибири. Курс лекций. Плоскогорья и низменности Восточной Сибири. Горы Южной Сибири / С.С. Воскресенский. – Москва, 1957. – 315 с.
- 28 Гаджиев, И.М., Курачев, В.М. Генетические и экологические аспекты исследований и классификация почв техногенных ландшафтов / И.М.Гаджиев, В.М. Курачев // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. – Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1992. – С. 6-15.
- 29 Гвоздецкий, Н.А., Михайлов, Н.И. Физическая география СССР / Н.А. Гвоздецкий, Н.И. Михайлов. – М.: Мысль, 1970 – с. 573.
- 30 Геннадиев, А.Н. Почвы и время: модели развития / А.Н. Геннадиев. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1990. – 230 с.
- 31 Геннадиев, А.Н., Солнцева, Н.П., Герасимова, М.И. О принципах группировки и номенклатуры техногенно-измененных почв / А.Н. Геннадиев, Н.П. Солнцева, М.И. Герасимова // Почвоведение. 1992. – №2. – С. 49-60.
- 32 Геологическая карта Кемеровской области М 1:25 000 000, ГИС-АТЛАС «Недра России». – ВСЕГЕИ, СПб, 2004.
- 33 Герасимов, И.П. Опыт генетической диагностики почв СССР на основе элементарных почвенных процессов / И.П. Герасимов // Почвоведение. – 1975. – №5. – с. 3-9.
- 34 Герасимов, И.П. Элементарные почвенные процессы как основа для генетической диагностики почв / И.П. Герасимов // Почвоведение. – 1973. – №5. – 102-113.
- 35 Герасимов, И.П., Глазовская, М.А. Основы почвоведения и географии почв /

И.П. Герасимов, М.А. Глазовская. – М.: Географгиз, 1960. – 490 с.

36 Герасимова, М.И., Лебедева, И.И., Хитров, Н.Б. Индексация почвенных горизонтов: состояние вопроса, проблемы и предложения / М.И. Герасимова, И.И. Лебедева, Н.Б. Хитров // Почвоведение. – 2013 – № 5. – с. 627–638.

37 Герасимова, М.И., Строганова, М.Н., Можарова, Н.В., Прокофьева, Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / М.И. Герасимова, М.Н. Строганова, Н.В. Можарова, Т.В. Прокофьева. – Смоленск: Ойкумена, 2003. – 266 с.

38 Глебова, О.И. Биogeографическая диагностика эмбриоземов Кузбасса: автореф. дис...канд. биол. наук: 03.00.27 / Глебова Ольга Ивановна. – Новосибирск, 2005. – 18 с.

39 Гольдфарб, И.Л. Влияние гидротермального процесса на почвообразование :На примере Камчатки: автореф. дис...канд. геог. наук: 25.00.23 / Гольдфарб Игорь Леонидович. – Москва, 2005. – 28 с.

40 Гонеев, И.А., Чепелев, О.А., Голеусов, П.В. Общие закономерности распространения тяжелых металлов в почвах зоны влияния горнорудных предприятий КМА. / И.А. Гонеев, О.А. Чепелев, П.В. Голеусов // Ученые записки: электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2011. – № 3 (19). – Т. 1. – 8 с.

41 Горное дело и окружающая среда: Учебник. /С.В. Сластунов, В.Н. Королева, К.С. Коликов, Е.Ю. Куликова, А.Е. Воробьев, В.В. Качак, В.И. Бабков-Эстеркин, А.Т. Айруни, А.С. Батугин, А.А. Шилов. – М.: Логос, 2001. – 272 с.

42 ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель».

43 ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация».

44 Григорьев, Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры / Н.А. Григорьев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 382 с.

45 Гумусообразование в техногенных экосистемах / Под ред. Р.В. Ковалева. – Новосибирск: Наука. –1986. – 167 с.

46 Двуреченский, В.Г., Соколов, Д.А., Топоровская, А.А., Берлякова, О.Г. Почвенно-экологическое состояние урбанизированных территорий Западной Сибири (на примере г. Новокузнецка) / В.Г. Двуреченский, Д.А. Соколов, А.А. Топоровская, О.Г. Берлякова // Почвоведение и агрохимия. – Алма-Аты, 2011. – Вып.2. – с. 5-14.

47 Димо, В.Н. Тепловой режим почв / В.Н. Димо. – СССР. М.: «Колос». – 1972. – 360 с.

48 Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2014 году. – Кемерово. – 2015. – 200 с.

49 Етеревская, Л.В. Донченко М.Т., Лехциер Л.В. Систематика и классификация техногенных почв / Л.В. Етеревская, М.Т. Донченко, Л.В. Лехциер // Растения и промышленная среда: сб. науч. тр. – Свердловск: УрГУ, 1984. – С. 14-21.

50 Етеревская, Л.В. Почвообразование и рекультивация земель в техногенных ландшафтах Украины: автореферат дис. ... докт. с-х наук: 06.07.03 / Етеревская Лина Васильевна. – Харьк. с.-х. ин-т им. В. В. Докучаева - Харьков, 1989. – 42 с.

51 Зайдельман Ф.Р. Процесс глееобразования и его роль в формировании почв / Ф.Р. Зайдельман – М.: Изд-во Моск. ун-та. – 1998. – 300 с.

52 Замотаев, И.В. Почвоподобные техногенные образования: свойства, процессы, функционирование: автореферат дис. ... докт. геогр. наук: 25.00.36, 25.00.23 / Замотаев Игорь Викторович. – Москва, 2009. – 50 с.

- 53 Замотаев, И.В., Белобров, В.П., Дмитриева, В.Т., Шевелев, Д.Л. Технопедогенез на футбольных полях России / И.В. Замотаев, В.П. Белобров, В.Т. Дмитриева, Д.Л. Шевелев. – М.: Изд-во Медиа-ПРЕСС. – 2012. – 286 с.
- 54 Захаров, С.А. Курс почвоведения / С.А. Захаров. – М.; Л.: Госиздат, 1927. – 440 с.
- 55 Ильичев, А.И., Соловьев, Л.И. География Кузбасса: Природные условия и ресурсы Кемеровской области / А.И. Ильичев, Л.И. Соловьев. – Кемерово, Кемеровское кн. изд-во, 1988. – 143 с.
- 56 Карта почвенно-экологического районирования России М 1:2 500 000 / под. ред. Г.В. Добровольского, И.С. Урусевской. – Москва, 2013.
- 57 Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
- 58 Классификация и диагностика почв СССР / В.В. Егоров, Е.Н. Иванова, В.М. Фридланд. – М.: Колос, 1977. – 223 с.
- 59 Краснощеков, Ю.Н. Влияние пирогенного фактора на серогумусовые почвы сосновых лесов в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории / Ю.Н. Краснощеков // Сибирский лесной журнал. – 2014. – № 2. – С. 43–52.
- 60 Кречетов, П.П., Дианова, Т.М. Химия почв. Аналитические методы исследования: учебное пособие / П.П. Кречетов, Т.М. Дианова. – М.: Географический факультет МГУ, 2009. – 148 с.
- 61 Куминова, А.В. Растительность Кемеровской области / А.В. Куминова. – Новосибирск: Изд-во Зап.-Сиб. филиала АН СССР, 1949. – 167 с.
- 62 Курачев, В.М., Андроханов, В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов / В.М. Курачев, В.А. Андроханов // Сибирский экологический журнал, 2002, №3. С. 255-261.
- 63 Курачев, В.М., Гаджиев, И.М., Рагим-заде, Ф.К., Андроханов, В.А. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов / В.М. Курачев, И.М. Гаджиев, Ф.К. Рагим-заде, В.А. Андроханов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. – 304 с.
- 64 Лебедева, И.И., Тонконогов, В.Д., Герасимова, М.И. Опыт разработки факторной классификации почв / И.И. Лебедева, В.Д. Тонконогов, М.И. Герасимова // Почвоведение. – 2000. – №2. – С. 148-157.
- 65 Лебедева, И.И., Тонконогов, В.Д., Шишов, Л.Л. Классификационное положение и систематика антропогенно-преобразованных почв / И.И. Лебедева, В.Д. Тонконогов, Л.Л. Шишов // Почвоведение. – 1993. – №9. – С. 98-106.
- 66 Лисецкий, Ф.Н., Голуусов, П.В. Восстановление почв на антропогенно-нарушенных поверхностях в подзоне южной тайги / Ф.Н. Лисецкий, П.В. Голуусов // География и природные ресурсы. – 2011. – № 1. – С. 46-52.
- 67 Максимович, Н.Г., Хайрулина, Е.А. Геохимические барьеры и охрана окружающей среды / Н.Г. Максимович, Е.А. Хайрулина. – Пермь: Изд-во ПГУ, 2011. – 248 с.
- 68 Малахова, Н.А. Водоросли спланированных отвалов Кузбасса: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Малахова Наталья Анатольевна. – Новосибирск, 2007. – 17 с.
- 69 Манаков, Ю.А. Нарушенные земли Кузбасса. Путь решения проблемы – фонд рекультивации / Ю.А. Манаков // Промышленная экология. – 2008. – №4. – С. 29-34.
- 70 Манаков, Ю.А. Особенности зарастания отвалов на разных стадиях восстановительной сукцессии в Кузбассе / Ю.А. Манаков // Успехи современного естествознания. – 2012 – №11-1. – С. 132-134

- 71 Манаков, Ю.А., Куприянов, А.Н., Баранник, Л.П. Оценка выращивания древесных пород на отвалах угольных предприятий Кузбасса / Ю.А. Манаков, А.Н. Куприянов, Л.П. Баранник // Вестник КрасГАУ. – 2009. – Вып 4. – С. 94-99.
- 72 Махонина, Г.И. Начальные процессы почвообразования в техногенных экосистемах Урала: автореф. дис. докт. биол. наук: 03.00.27 / Махонина Галина Ивановна. – Томск, 2004. – 38 с.
- 73 Махонина, Г.И. Состав гумуса почв, образующихся на буроугольных отвалах при естественном зарастании / Г.И. Махонина // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 205-209.
- 74 Махонина, Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала / Г.И. Махонина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. – 356 с.
- 75 Махонина, Г.И., Коркина, И.Н. Скорость восстановления почвенного покрова на антропогенно-нарушенных территориях (на примере археологических памятников Западной Сибири) / Г.И. Махонина, И.Н. Коркина // Экология. — 2001. — № 1. — С. 14–19.
- 76 Махонина, Г.И., Чибрик, Т.С. Естественное восстановление и вопросы рекультивации отвалов месторождений огнеупорных глин Южного Урала / Г.И. Махонина, Т.С. Чибрик // Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых: Тез. докл. координац. совещ. – Тарту, 1975. – С. 158-163.
- 77 Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.
- 78 Миронычева-Токарева, Н.П. Динамика растительности при зарастании отвалов (на примере КАТЭКа) / Н.П. Миронычева-Токарева. – Новосибирск: Наука, 1998. – 172 с.
- 79 Моторина, Л.В. Проблемы биологического этапа восстановления земель, поврежденных промышленностью / Л.В. Моторина // Вопр. Географии. –1970. – вып. 82. – С. 160–170;
- 80 Моторина, Л.В., Овчинников, В.А. Промышленность и рекультивация земель / Моторина Л.В., В.А. Овчинников. – М.: Мысль, 1975. – 240 с.
- 81 Неуструев, С.С. Опыт классификации почвообразовательных процессов в связи с генезисом почв / С.С. Неуструев // Известия геогр. ин-та Ленингр. ун-та. – 1926. – Вып. 6. – С. 3—46.
- 82 Никифорова, Е.М., Солнцева, Н.П. Влияние добычи полезных ископаемых на органическую часть почв ландшафтов южной тайги / Е.М. Никифорова, Н.П. Солнцева // Всесоюзная школа Влияние промышленных предприятий на окружающую среду (4-8 декабря 1984 г., Звенигород). Тезисы докладов АН СССР, Научный совет по проблемам биоценологии и охраны природы, Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. Северцова. – Пушкино, 1984. – С. 137-139.
- 83 Никифорова, Е.М., Солнцева, Н.П. Геохимия техногенных потоков и ореолов загрязнения в районах угледобычи (на примере Кизеловского бассейна) / Е.М. Никифорова, Н.П. Солнцева // Геохимия ландшафтов и география почв. Под ред. А.И. Перельмана и И.А. Соколова. – М: Изд-во МГУ, 1982. – С. 82-130.
- 84 Никифорова, Е.М., Солнцева, Н.П. Техногенные изменения ландшафтов под влиянием добычи горючих полезных ископаемых / Е.М. Никифорова, Н.П. Солнцева // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. – 1984. – № 6. – С. 59—66.
- 85 Огуреева, Г.Н. Ботаническая география Алтая / Г.Н. Огуреева. – М.: Наука, 1980. – 187 с.
- 86 Осадочные породы: методические указания для самостоятельной работы / Сост. Г.И. Трофимова. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2013. – 46 с.

- 87 Панкова, Е.И., Воробьева, Л.А., Гаджиев, И.М., Горохова, И.Н. Засоленные почвы России / Е.И. Панкова, Л.А. Воробьева, И.М. Гаджиев, И.Н. Горохова и др. – М.: Изд-во Академкнига, 2006. – 857 с.
- 88 Панов, Б.С., Проскурня, Ю.А. Модель самовозгорания породных отвалов угольных шахт Донбасса / Б.С. Панов, Ю.А. Проскурня // Геология угольных месторождений. – Екатеринбург, 2002. – С. 274-281.
- 89 Первушина, В.М., Суханов, П.А. К вопросу о создании единой классификации почв и других поверхностных непочвенных образований / В.М. Первушина, П.А. Суханов // Тез. Докл. II Съезда об-ва почвоведов. – СПб. 1996. – Кн. 2. – С. 110-111.
- 90 Петров, А.А. О начальной стадии почвообразования на посттехногенных ландшафтах западной Якутии / А.А. Петров // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 11. – С. 68-70.
- 91 Полевой определитель почв России. – М.: Почвенный Институт им. В.В. Докучаева, 2008. – 182 с.
- 92 Потапов, В.П., Мазикин, В.П., Счастливцев, Е.Л., Вашлаева, Н.Ю. Геоэкология угледобывающих районов Кузбасса / В.П. Потапов, В.П. Мазикин, Е.Л. Счастливцев, Н.Ю. Вашлаева. – Новосибирск: Наука, 2005. – 652 с.
- 93 Потапов, С.С., Максимович, Н.Г., Паршина, Н.В. Минералы горелых отвалов Челябинского и Кизеловского угольных бассейнов / С.С. Потапов, Н.Г. Максимович, Н.В. Паршина // Минералогия техногенеза. – Миасс, 2007. – С. 52-63.
- 94 Почвообразование в техногенных ландшафтах / Под ред. С.С. Трофимова. – Новосибирск: Наука, 1979. – 293 с.
- 95 Прокофьева, Т.В., Герасимова, М.И., Безуглова, О.С., Бахматова, К.А., Гольева, А.А., Горбов, С.Н., Жарикова, Е.А., Матинян, Н.Н., Наквасина, Е.Н., Сивцева, Н.Е. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России / Т.В. Прокофьева, М.И. Герасимова, О.С. Безуглова, К.А. Бахматова, А.А. Гольева, С.Н. Горбов, Е.А. Жарикова, Н.Н. Матинян, Е.Н. Наквасина, Н.Е. Сивцева // Почвоведение. – 2014. – № 10. – с. 1–10.
- 96 Рагим-заде, Ф.К., Трофимов, С.С., Щербатенко, В.И., Баранник, Л.П. Гипергенез и эволюция техногенного рельефа Кузбасса / Ф.К. Рагим-заде, С.С. Трофимов, В.И. Щербатенко, Л.П. Баранник // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 14-26.
- 97 Рациональное природопользование и охрана природы в СССР / Под ред.: Н.А. Гвоздецкого, Г.С. Самойловой. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 207 с.
- 98 Роде, А.А. Система методов исследования в почвоведении / А.А. Роде. – Новосибирск: Наука, 1971. – 92 с.
- 99 Романенко, М.Ф. Экология Кузбасса. Проблемы и перспективы / М.Ф. Романенко. Новокузнецк Сибирский Промстройпроект, 1992. – 78 с.
- 100 Самойлова, Г.С. Типы ландшафтов гор Южной Сибири / Г.С. Самойлова // М.: Изд-во МГУ, 1973. – 55 с.
- 101 Семина, И.С. Оценка и рациональное использование природных ресурсов для рекультивации почв в горно-таежной зоне Кузбасса: автореф. дис ... канд. биол. наук: 03.02.13 / Семина Ирина Сергеевна. – Новосибирск, 2011. – 19 с.
- 102 Семина, И.С. Рациональное использование литогенных ресурсов в рекультивации с це-

лю устойчивого функционирования техногенных ландшафтов Кузбасса / И.С. Семина // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2015. – №2 (12). – С. 84-88

103 Семина, И.С., Андроханов, В.А.. Исследования температурного режима эмбриоземов на отвалах Калтанского угольного разреза / И.С. Семина, В.А. Андроханов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, Изд-во «Горная книга», 2012, – №9 – с. 50-55.

104 Силин, А.А., Выборов, С.Г., Проскурня, Ю.А. Экологические последствия структурно-вещественных преобразований отвальных пород терриконов / А.А. Силин, С.Г. Выборов, Ю.А. Проскурня // Сборник Тезисов Международной геолого-экологической конференции "Перспективы развития минерально-сырьевой базы Украины и мира" – Донецк, ДонНТУ, 2009. – С. 58-64.

105 Смеян, Н.И., Цытрон, Г.С., Новая классификация почв Беларуси / Н.И. Смеян, Г.С. Цытрон // Грунтознавство. – 2008. – Т. 9. – № 1–2. – С.157-160

106 Соколов, Д.А. Окислительно-восстановительные процессы в почвах техногенных ландшафтов: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27 / Соколов Денис Александрович. – Новосибирск, 2009. – 17 с.

107 Соколов, Д.А., Кулижский, С.П., Доможакова, Е.А., Госсен, И.Н. Особенности формирования почв техногенных ландшафтов в различных природно-климатических зонах юга Сибири / Д.А. Соколов, С.П. Кулижский, Е.А. Доможакова, И.Н. Госсен // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – №364. – С. 225-229.

108 Соколов, Д.А., Кулижский, С.П., Лойко, С.В., Доможакова, Е.А. Использование сканирующей электронной микроскопии для диагностики процессов почвообразования на поверхности отвалов каменноугольных разрезов Сибири // Д.А. Соколов, С.П. Кулижский, С.В. Лойко, Е.А. Доможакова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – № 3 (27). – С. 36–52.

109 Солнцева, Н.П. Герасимова, М.И., Рубилина, Н.Е. Морфогенетический анализ техногенно преобразованных почв / Н.П. Солнцева, М.И. Герасимова, Н.Е. Рубилина // Почвоведение. – 1990. – № 8. – С.124-129.

110 Солнцева, Н.П., Никифорова, Е.М. Влияние техногенных потоков на геохимию лесных почв (в связи с угледобычей) / Н.П. Солнцева, Е.М. Никифорова // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. Под ред. М.А. Глазовской. – М: Наука, 1982. – С. 29-69.

111 Солнцева, Н.П., Никифорова, Е.М., Влияние угледобычи на геохимию ландшафтов (на примере Подмосковского и Кизеловского бассейнов) / Н.П. Солнцева, Е.М. Никифорова // Доклады всесоюзной научной конференции «Охрана геологической среды от отрицательного воздействия предприятий горнодобывающего профиля». – М: Изд-во МГУ, 1984. – С. 54-59.

112 Солнцева, Н.П., Рубилина, Н.Е. Морфология почв, трансформированных при угледобыче / Н.П. Солнцева, Н.Е. Рубилина // Почвоведение. – 1987 – №2. – С. 105-118.

113 Солнцева, Н.П., Рубилина, Н.Е., Герасимова, М.И., Алистратов, С.В. Изменение морфологии выщелоченных черноземов в районах добычи угля / Н.П. Солнцева, Н.Е. Рубилина, М.И. Герасимова, С.В. Алистратов // Почвоведение. – 1992. – №1. – С. 17-29.

114 Столбоушкин, А.Ю., Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.23.05 / Столбоушкин Андрей Юрьевич. – Новосибирск, 2014. – 42 с.

115 Столбоушкин, А.Ю., Стороженко, Г.И. Необходимость и перспективы утилизации шламистых железорудных отходов Кузбасса в технологии стеновых керамических материалов /

- А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Стороженко // Строительные материалы. – 2009. – №4. – С. 1-5.
- 116 Таранов, С.А., Кандрашин, Е.Р., Фаткулин, Ф.А., Шушуева, М.Г., Родынюк, И.С. Парцеллярная структура фитоценоза и неоднородность молодых почв техногенных ландшафтов / С.А. Таранов, Е.Р. Кандрашин, Ф.А. Фаткулин, М.Г. Шушуева, И.С. Родынюк // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 19-57.
- 117 Таранов, С.А., Клевенская, И.А., Щербатенко, В.И., Баранник, Л.П., Юдина, К.В. О первичном почвообразовании на естественных зарастающих отвалах Байдаевского угольного разреза / С.А. Таранов, И.А. Клевенская, В.И. Щербатенко, Л.П. Баранник, К.В. Юдина // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 196-204.
- 118 Таргульян, В.О. Элементарные почвообразовательные процессы / В.О. Таргульян // Почвоведение. – 2005. – № 12. – С.1413-1422.
- 119 Таргульян, В.О., Вишневская, И.В. Передвижение пылеватых и илистых частиц в профиле дерново-подзолистой почвы / В.О. Таргульян, И.В. Вишневская // Геохимические и почвенные аспекты в изучении ландшафта. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – С. 26—42.
- 120 Тарчевский, В.В. Классификация промышленных отвалов / В.В. Тарчевский // Растительность и промышленные загрязнения. – Свердловск, 1970. – Вып. 7: Охрана природы на Урале. – С. 84-89.
- 121 Терентьев, В.И., Суханов, П.А. Классификация деградированных почв и непочвенных поверхностных образований / В.И. Терентьев, П.А. Суханов // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения: Тезисы и доклады Всероссийской конференции. – Москва, 1998. – С. 16-18.
- 122 Техноземы: свойства, режимы, функционирование / В.А. Андроханов, С.В. Овсянникова, В.М. Курачев. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. – 200 с.
- 123 Тонконогов, В.Д. Эволюционно-генетическая классификация почв и непочвенных поверхностных образований суши / В.Д. Тонконогов // Почвоведение. – 2001. – №6. – С. 653-659.
- 124 Торохова, О.Н. К вопросу о фитотоксичности породы промышленных отвалов Донбасса / О.Н. Торохова // Промышленная ботаника. – Донецк, 2007. – вып.7. – С. 13-15.
- 125 Торохова, О.Н., Агурова, И.В. Динамика засоления и влажности субстратов отвалов угольных шахт Донбасса / О.Н. Торохова, И.В. Агурова // Промышленная ботаника. – Донецк, 2009. – вып. 9. – С. 48-56.
- 126 Трофимов, С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области / С.С. Трофимов. – Новосибирск: Наука, 1975. – 300 с.
- 127 Трофимов, С.С., Таранов, С.А. Горно-таежные глубокоподзоленные непромерзающие почвы Горной Шории / С.С. Трофимов, С.А. Таранов // Лес и почва. – Красноярск: Красн. кн. изд-во, 1968. – С. 107-120.
- 128 Трофимов, С.С., Таранов, С.А. Особенности почвообразования в техногенных экосистемах / С.С. Трофимов, С.А. Таранов // Почвоведение. – 1987. – № 11. – С. 95-99.
- 129 Трофимова, Г.И., Черемисина, В.Г. Рекультивация нарушенных земель в Кузбассе / Г.И. Трофимова, В.Г. Черемисина. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2015. – 140 с.
- 130 Уфимцев, В.И. Влияние экологических условий на состояние насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на отвалах Кузбасса: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Уфимцев Владимир Иванович. – Томск, 2011. – 16 с.
- 131 Фильчаков, Ю.В. Экологическое состояние природных ресурсов в зоне функционирования хвостохранилища Михайловского ГОКа КМА: автореф. дис. ... канд. с-х. наук: 03.00.16 /

Фильчаков Юрий Владимирович. – Курск, 2008. – 19 с.

132 Фридланд, В.М. Основные принципы и элементы базовой классификации почв и программа работ по ее созданию / В.М. Фридланд. – М.: 1982. – 149 с.

133 Черняховский, А.Г. Современные коры выветривания / А.Г. Черняховский. – М.: Наука, 1991. – 208 с.

134 Черняховский, А.Г. Элювиальный процесс и почвообразование / А.Г. Черняховский. – М.: Наука, 1994. – 110 с.

135 Чибрик, Т.С., Елькин, Ю.А. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях: (биологическая рекультивация) / Т.С. Чибрик, Ю.А. Елькин. – Свердловск: Изд-во Уральского ун-та, 1991. – 220 с.

136 Шарапова, А.В. Окислительно-восстановительное состояние почв среднерусской лесостепи в зоне влияния терриконов угольных шахт: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / Шарапова Анна Валерьевна. – Москва, 2013. – 24 с.

137 Шеин, Е.В. Движение воды в почвах / Е.В. Шеин. – Природа. Электронный журнал – 2001. – №10.

138 Шипилова, А.М. Постмелиоративное развитие и почвенно-экологическое состояние рекультивированных территорий лесостепной зоны Кузбасса: автореф. дис. ... канд. с-х. наук: 06.01.02 / Шипилова Ася Максимовна. – Барнаул, 2012. – 19 с.

139 Шпайхер, Е.Д., Салихов, В.А. Месторождения полезных ископаемых и их разведка: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Е.Д. Шпайхер, В.А. Салихов // СибГИУ. – Новокузнецк. – 2003. – 239 с.

140 Щеглов, Д.И., Тихонова, Е.Н., Щербаков, А.П. Начальный почвообразовательный процесс на отвалах рыхлых пород Курской магнитной аномалии / Д.И. Щеглов, Е.Н. Тихонова, А.П. Щербаков // Вестник ВГУ. Серия химия, биология. – 2001. – № 2. – С. 163 – 167

141 Щербо, А.С. Локализация и тушение очагов горения угольных отвалов с использованием отходов цементного производства / Щербо А.С. – Саранск: Изд-во МГУ им Н.П. Огарева, 2009. – С. 181-185.

142 Элементарные почвообразовательные процессы: Опыт концептуального анализа, характеристика, систематика. – М.:Наука, 1992. – 184 с.

143 Яворский В.И., Ли П.Ф. Геология и генезис угленосных отложений Кузнецкого бассейна / В.И. Яворский, П.Ф.Ли. – М.: Госгеолтехиздат, 1954. – 171 с.

144 Bockheim, J.G., Gennadiev, A.N. The Role of Soil-Forming Processes in the Definition of taxa in Soil Taxonomy and the World Soil Reference Base / J.G. Bockheim, A.N. Gennadiev // Geoderma Elsevier BV (Netherlands). – 2000. – 95, №1-2. – P. 53-72

145 Carras, J.N., Day, S.J., Saghafi, A., Williams, D.J. Greenhouse gas emissions from low-temperature oxidation and spontaneous combustion at open-cut coal mines in Australia / J.N. Carras, S.J. Day, A. Saghafi, D.J. Williams // International Journal of Coal Geology. – 2009. – 78. – P. 161–168.

146 Charzynski, P., Bednarek, R., Greinert, A., Hulisz, P., Uzarowicz, L. Classification of technogenic soils according to WRB system in the light of Polish experience / P. Charzynski, R. Bednarek, A. Greinert, P. Hulisz, L. Uzarowicz // Soil science annual. – 2013. – Vol. 64 No. 4. – P. 145-150

147 Chaubey, O.P., Priyanka Bohre, Singhal, P.K. Impact of Bio-reclamation of Coal Mine Spoil on Nutritional and Microbial Characteristics – A Case Study / O.P. Chaubey, Priyanka Bohre, P.K.

- Singhal // International Journal of Bio-Science and Bio-Technology. – 2012. – Vol. 4, No. 3. P. 69-80
- 148 Circular Letter 7. Proposed Revisions to the 12th Edition Keys to Soil Taxonomy, 2010. – 26 p.
- 149 Field Guide for the WRB/AK-Bodensystematik. Technosols-Stagnosols-Tour 2007 in Germany to the Ruhr-Area, Conurbation of Halle, Forest of Wermsdorf (Saxonia), South-West-Germany, Conurbation of Stuttgart / A. Lehmann et al., 2007.
- 150 Finkelman, R.B. Potential health impacts of burning coal beds and waste banks / R.B. Finkelman // International Journal of Coal Geology. – 2004. – 59. – P. 19– 24.
- 151 Frouz, J., Liveckova, M., Albrechtova, J., Chronakova, A., Cajthaml, T., Pizl, V., Hanela, L., Starya, J., Baldrian, P., Lhotakova, Z., Šimackova, H., Cepakova, S. Is the effect of trees on soil properties mediated by soil fauna? A case study from post-mining sites / J. Frouz, M. Liveckova, J. Albrechtova, A. Chronakova, T. Cajthaml, V. Pizl, L. Hanela, J. Starya, P. Baldrian, Z. Lhotakova, H. Šimackova, S. Cepakova // Forest Ecology and Management. – 2013. – 09. – P. 87–95.
- 152 Frouz J., Prachb K., Pizla V., Hanela L., Starya J., Tajovskya K., Maternad J., Balika V., Kalcika J., Rehoukova K. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites / J. Frouz, K. Prachb, V. Pizla, L. Hanela, J. Starya, K. Tajovskya, J. Maternad, V. Balika, J. Kalcika, K. Rehoukova // European journal of soil biology. – 2008. – 44. – P. 109–121.
- 153 Huot, H., Simonnot, M-O., Marion, P., Yvon, J., Donato, P., Morel, J-L. Characteristics and potential pedogenetic processes of a Technosol developing on iron industry deposits / H. Huot, M-O. Simonnot, P. Marion, J. Yvon, P. Donato, J-L. Morel // Journal of Soils and Sediments. – 2013. – Volume 13, Number 3. – p. 555-568.
- 154 IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Soil Resources Reports No. 106. FAO. – Rome. 2014. – 181 p.
- 155 Jangorzo, N.S., Schwartz, C., Watteau, F. Image analysis of soil thin sections for a non-destructive quantification of aggregation in the early stages of pedogenesis / N.S. Jangorzo, C. Schwartz, F. Watteau // Eur. J. Soil Sci. – 65. – p. 485–498.
- 156 Leguédois S., Séré G., Auclerc A., Cortet J., Huot H., Ouvrard S., Watteau F., Schwartz C., Morel J.L. Modelling pedogenesis of Technosols / S. Leguédois, G. Séré, A. Auclerc, J. Cortet, H. Huot, S. Ouvrard, F. Watteau, C. Schwartz, J.L. Morel // Geoderma. – 262 (2016) – p. 199–212
- 157 Misz-Kennan, M., Fabiańska, M. Thermal transformation of organic matter in coal waste from Rymer Cones (Upper Silesian Coal Basin, Poland) / M. Misz-Kennan, M. Fabiańska // International Journal of Coal Geology. – 2010. – 81. – P. 343–358.
- 158 Mueckenhausen, E. Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen / E. Mueckenhausen. - 3. ergaenzte Auflage – Frankfurt am Main: DLG-Verlag, 1985. – 579 S.
- 159 Puura, E. Technogenic minerals in the waste rock heaps of Estonian oil shale mines and their use to predict the environmental impact of the waste / E. Puura // Oil Shale –1999. – 16. – P. 99 - 107.
- 160 Querol, X., Izquierdo, M., Monfort, E., Alvarez, E., Font, O., Moreno, T., Alastuey, A., Zhuang, X., Lu, W., Wang, Y. Environmental characterization of burnt coal gangue banks at Yangquan, Shanxi Province, China / X. Querol, M. Izquierdo, E. Monfort, E. Alvarez, O. Font, T. Moreno, A. Alastuey, X. Zhuang, W. Lu, Y. Wang // International Journal of Coal Geology. – 2008. – 75. – P. 93–104
- 161 Rossiter, DG. Classification of urban and industrial soils in the World Reference Base for Soil

Resources / DG Rossiter // Journal Soils Sediment. – 2007 – 7. – P. 96–100

162 Scholtus, N., Leclerc, E., De Donato, P., Morel, J.L., Simonnot, M.O. Eluto-frontal chromatography to simulate chemical weathering of CO_x by low-molecular-weight organic compounds and early pedogenesses / N. Scholtus, E. Leclerc, P. De Donato, J.L. Morel, M.O. Simonnot // European Journal. Soil Science. – 2009. – 60. – P. 71-83.

163 Sloss, L. Coal mine site reclamation / L. Sloss // IEA Clean coal centre. – UK. 2013. – 70 p.

164 Soil Classification of the federal republic of Germany. – Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 1997. – Bd. 84. – p.253-275

165 Sun, Y., Fan, J., Qin, P., Niu, H. Pollution extents of organic substances from a coal gangue dump of Jiulong Coal Mine, China / Y. Sun, J. Fan, P. Qin, H. Niu // Environ. Geochem. Health. – 2009. – №31. – P. 81–89.

166 Uzarowicz, L., Skiba, S. Technogenic soils developed on mine spoils containing iron sulphides: Mineral transformations as an indicator of pedogenesis / L. Uzarowicz, S. Skiba // Geoderma. – 2011. – 163. – P. 95–108.

167 World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. – World soil resources reports, 106. Food and agriculture organization of the United Nations. – Rome, 2015. – p. 203.

168 <http://www.evraz.com> – официальный сайт ООО «ЕвразХолдинг»

169 <http://www.maps.google.ru> –Карты Google.

170 <http://www.maps.yandex.ru> – Яндекс Карты

171 <http://www.pogoda.ru.net> –Погода и климат мира.

172 <http://www.rpn.gov.ru> – сайт Федеральной службы по надзору в сфере природопользования

173 <http://www.usda.com> – сайт Департамента сельского хозяйства США

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПОЛЕВЫЕ ОПИСАНИЯ ПОЧВ И ТПО

Фоновые почвы

N-10

N 53°49'09,6''

E 87°17'23''

h 315 м

Разрез заложен в автоморфной позиции на субгоризонтальной поверхности междуречья, уклон составляет 2-3°. Растительность лугово разнотравно-злаковая: мятлик луговой (cop1), ко-стрец безостый (cop1), земляника (sp), ежа сборная (sp gr), мышиный горошек (sol), подмарен-ник мягкий (sol), василек (sol), чина луговая (un). Проективное покрытие достигает 95%



Чернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный мелкий сильновыщелоченный среднесугли-нистый

	AU'	0-5(8) см	Дернина, рыхлая, в некоторых местах слабо уп-лотненная
	AU	5(8)- 25(30) см	Темно-серый с буроватостью, проявляется слабо-выраженная белесая присыпка, свежий, уплот-ненный, легкосуглинистый близкий к среднесуг-линистому, комковатый, выделяются «бусы» по корням
	ВІ	25(30) - 80(85) см	Серовато-бурый, в верхней части часто с темно-серыми гумусовыми затеками, с довольно обиль-ной белесой присыпкой, при высыхании «седеет», свежий, уплотненный, легкосуглинистый, близ-кий к среднесуглинистому, комковато-ореховатый или разнокомковатый, встречаются «бусы» по корням В нижней части иногда выделяются матовые тем-но-бурые пленки по ГСО
	С	80(85) -104..	Бурый с желтоватостью, светло-бурый или серо-бурый, свежий, уплотненный или плотный, сред-несуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому, ореховатый с призматичностью, часто пористый.

N 53°25'03.2''

E 87°25'20.3''

h 323 м

Разрез заложен на опушке лесного массива, на поверхности естественного холма (междуречья малых рек Мал. Кедровка и Бол. Теш), в 15 метрах к западу располагается заброшенная лесная дорога. У подножья холма проходит технологическая дорога Калтанского разреза.

Растительность представлена: в древесном ярусе – сосново-пихтовый лес, высота деревьев до 17 м, диаметр стволов до 30 см. Травянистый покров представлен полевицей (cop1), ежой сборной (cop1), тимopheевкой (cop1), пижмой (sp), чертополохом (cop3), клевером (sp), мышиным горошком (sp), манжеткой (sp), подорожником (sol). Проектное покрытие до 100%. Ассоциация разнотравно-злаковая. Поверхность почвы сильно задернована.

			
Дерново-подзолистая сверхглубокоосветленная среднесуглинистая			
	AYrz	0-2(3) см	Серо-бурый, свежий, рыхлый, на 60% состоит из корней диаметром до 1 мм, легкосуглинистый, мелкокомковатый по корням, в общей массе бесструктурный, переход ясный по уменьшению количества корней, граница слабоволнистая
	AY	2(3)-16 см	Буровато-серый, свежий, уплотненный, легкосуглинистый, разнокомковатый, корней до 15%, диаметром до 2 мм, переход постепенный
	AYEL	16-25 (28) см	Буровато-серый с белесоватостью, свежий, более плотный, чем вышележащий, среднесуглинистый, комковатый, с элементами горизонтальной делимости, редкие включения корней, встречаются рыжие пятна, диаметром до 2 мм, пористый, переход постепенный
	EL	25(28)- 41(43) см	Буровато-белесоватый, свежий, уплотнен, легкосуглинистый, глыбистый, с горизонтальной делимостью, встречаются включения древесного угля, диаметром до 1 см, ходы почвенной фауны, обилие ржавых пятен по ходам корней, тонкопористый, переход постепенный
	BEL	41(43)- 55 см	Неоднородный, белесовато-бурый с рыжими пятнами и прослоями, свежий, уплотненный,

			легкосуглинистый, ореховато-глыбистый, с горизонтальной делимостью, большое количество буроватых подтеков, встречаются ходы почвенной фауны, переход ясный по цвету, граница языковатая
	BT	55-94 см	Неоднородный: сочетание рыжевато-бурых и светло-бурых тонов, свежий, уплотненный, среднесуглинистый, неоструктурен, с элементами горизонтальной делимости
	C	94-138 см...	Бурый, по граням структурных отдельностей глянцевые пленки, влажный, плотный, среднесуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому, глыбистый

Байдаевский отвал

N-17-10

N 53°53'06.1''

E 87°21'09.4''

h 258 м

Разрез заложен на 4-м участке Байдаевского угольного разреза, на склоне северной экспозиции отвала; Подножье склона, отсыпанного суглинками. Участок горит, выражен запах гари. Крутизна склона составляет 20-30°; поверхность слабоволнистая. Растительность представлена ежой сборной (cop1), бором развесистым (cop1), полынью древовидной (sp), донником желтым (sp), осотом (sp), лебедой (sol), перекасти-полем (sp), крапивой двудомной (up). Отмечается подрост клена американского.

			
Пелозем техногенный гумусово-слаборазвитый литостратный термомодифицированный суглинистый двучленный			
	W TCH ₁ #	0-10 см	Неоднородный: светло-бурый с серовато-бурыми включениями; влажный; уплотненный; с рыхлыми обломками углей и алевролитов до 2-3 см; среднесуглинистый; слабооструктурен с элементами комковатости; до 20% корней травянистых и древесных растений до 0,5 см; остатки растений; переход ясный по уменьшению количества корней, структуре и увеличению количества обломков; граница волнистая
	TCH ₁ #	10-32 см	Неоднородный: сочетание бурых, темно-бурых и черных участков; уплотненный; глыбистый; среднесуглинистый; влажный, пронизан корнями до 5% диаметром до 2 мм; включения обломков алевролитов и углей менее выветрелых, чем в вышележащем горизонте; переход ясный по окраске и температуре
	TCH ₂ #	32-68 см	Неоднородный: буровато-серый с прогумусированными темно-серыми пятнами, а также белесыми карбонатными выцветами по граням обломков; влажный; парит от высокой температуры; среднесуглинистый; неоднородно оструктурен: комковатый и глыбистый;

		корни в верхней части (2%); переход ясный по температуре и цвету; граница слабоволнистая;
	TCH _{ca} # _{pir} 68-80 см...	Красновато-бурый; с углями; плотный; теплый; влажный; среднесуглинистый; глыбистый с элементами призматично- сти и горизонтальной делимости; мно- гочисленный карбонатный налет; в нижней части красноватая горелая по- рода и уголь; высокая температура.

N 53°53'07.4''

E 87°21'09.3''

h 257 м

Разрез заложен в 15м от горящего склона; в 2-3 м от склона холма. Поверхность субгоризонтальная, слабоволнистая. Растительность представлена мятликом луговым (сор2), тысячелистником обыкновенным (sp), мать-и-мачехой (sp), мышиным горошком (sol), медуницей неясной (sp gr), осотом полевым (sol), борщевиком (sol), крапивой (sol), полынью (sol), донником желтым (sol). Отмечается подрост сосны, березы, ивы. Проективное покрытие составляет 90%.

			
Пелозем техногенный гумусово-слаборазвитый литостратный суглинистый гетерогенный			
	W	0-3 см	Бурый с сероватым оттенком с более рыжими пятнами по алевролитистым обломкам; уплотненный; бесструктурный с элементами горизонтальной делимости и комковатости; среднесуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому; влажный; корни до 24% диаметром до 1 мм; переход постепенный
	ТСН#	3-70 см...	Неоднородный: представляет собой сочетание бурых, рыжих, темно-серых и сизых пятен, в нижней части возрастает количество сизого оттенка (с 50 см); плотный; влажный (книзу влажность возрастает); среднесуглинистый; бесструктурный с элементами горизонтальной делимости.

N 53°53'05.5''

E 87°20'56.4''

h 267 м

Разрез заложен на вершинной части отвала, в 5 м от борта. Поверхность субгоризонтальная слабоволнистая. Растительность представлена ежой сборной (сор1), клевером средним (sol), вейником (sp), мятликом (sp), подорожником (sol), ромашкой (sol), одуванчиком (sol), тысячелистником (sol), полевицей (sol). На поверхности фрагментарно развит зеленый мох. Древоостой представлен сосной (12м), березой (15м). Сомкнутость крон составляет 0,2. Состав древоостоя 7Б+3С. Подрост: сосна, береза. Подлесок представлен калиной, рябиной, облепихой, акацией. На поверхности местами отмечаются грибы.

			
Пелозем техногенный подстилочно-торфянистый литостратный суглинистый гетерогенный			
		0+1 см	Состоит из листьев березы, сухой травы, хвоинок, веточек; рыхлый
	О	0-8 см	Буровато-серый; увлажненный; среднесуглинистый; заилен; ореховато-комковатый (структура выражена плохо), по корням оструктуренность лучше; пронизан корнями древесных и травянистых растений (до 2 мм в диаметре); с включениями угля и обломков пород до 2 мм в диаметре, уголь встречается реже, чем порода; встречаются агрегаты желтовато-бурого цвета и нижележащего горизонта; встречаются черви; по корням отмечается плесень; переход ясный по всем признакам; граница практически ровная
	ТСН#	8-36 см...	Неоднородный: встречаются желтовато-бурые, рыжие и бурые участки; единичны черные пятна и примазки (связаны с углем) и сизовато-серые участки выветрелых пород; многопорядковой структуры: глыбы распадаются на орехи и плитки (структура техногенная, связана с переуплотнением), легкосуглинистый, близкий к среднесуглинистому; плотный; свежий; редкие включения угля до 5 мм; обилие обломков пород до 5 см в диаметре разных по составу (сланцы, песчаники) и разной степени выветрелости; редкие древесные корни.

N 53°53'09.6''

E 87°21'10.6''

h 298 м

Разрез заложен в краевой части 4 участка открытых работ шахты Байдаевская, на склоне, крутизной 7-8°. Мощность отвала составляет 5-7 метров. Поверхность отвала в месте заложения незадернована. Рельеф неровный, осложнен промоинами. Отвал горит, из-за этого на поверхности в некоторых местах наблюдается дым и присутствует едкий запах нефтепродуктов. Ширина незадернованной полосы: 5-7 м.

			
Литострат скелетный термомодицицированный			
	C1	0-7(8) см	Темно-серый, практически черный с включениями красноватых выветрелых участков пород. Состоит из обломков пород сланцев с высоким содержанием угля, встречаются обломки угля, размеров до 1 см, свежий, рыхлый, переход ясный по увеличению температуры, увеличению размера обломков
	C2	7(8)-50 см...	Состоит из обломков пород разного размера, в основном мелкие, до 2 см в диаметре – слоистые, почти черные, встречаются более плотные, обожженные красноватые породы, по граням красные, теплый, по слоистым породам пленки черного цвета с резким запахом, пленки мажут руки, по граням обломков встречается белая присыпка кристаллов (соли). Породы в основном представлены аргиллитами, алевролитами

N 53°53'15.8''

E 87°21'10.6''

h 295 м

Разрез заложен в нижней части ложбины на северном склоне отвала. Крутизна склона составляет 15°, разрез заложен в мезопонижении. Древесный ярус представлен березой (до 25м), сомкнутость крон составляет 0,8Б, состав древостоя 10Б. В подлеске встречается акация (до 3м). Подрост: клен американский (до 2 м); рябина (до 20 см). В травостое отмечаются: костяника (sol), одуванчик (sol). Проективное покрытие составляет 10%. Поверхность почвы фрагментарно покрыта зеленым мхом.

			
Пелозем техногенный подстильно-торфянистый литостратный суглинистый гетерогенный			
		0+2,5	Состоит из листьев березы, травы, веточек
	О ТСН#	0-3 см	Серовато-бурый; влажный; неясноореховатый, структура плохо выражена; уплотнен; среднесуглинистый; 70% мелкозема; включения светло-бурых сланцев диаметром до 1 см; с единичными корнями травянистых и древесных растений (7%); переход ясный по цвету, увеличению щебнистости
	ТСН#	3-38 см...	В целом толща имеет желтовато-бурый цвет, в нем выделяются более серые включения пород; влажный; по корням отмечается комковатость, в основной массе неструктурен; уплотненный, близкий к плотному, плотнее вышележащего; единичные включения диаметром до 0,5 см; встречаются более тяжелосуглинистые мелкоземистые участки; мелкозема 15%; включения обломков пород, залегающих хаотично (диаметр до 8 см), породы слоистые

N 53°53'05.2''

E 87°21'10.3''

h 264 м

Разрез заложен на пологом борте отвала, угол падения 1°. Разрез расположен в 5 м к югу от точки N-22-10. Располагается на задернованном участке. Растительность представлена перекасти-полем (солянкой). Проективное покрытие – 30%. Поверхность отвала сложена обломкам пород, неокатанных, с острыми граням, диаметром до 5 см.

			
Петрозем техногенный подстильно-торфянистый литостратный скелетный гетерогенный			
	О ТСН ₁ #	0-6 см	Темно-серый, практически черный, 60% мелкозема, свежий, практически неоструктурен, оструктуренность увеличивается по корням, корни редкие, супесчаный, близкий к легкосуглинистому, рыхлый, встречаются слоистые, угловатые включения обломков пород, диаметром до 5 см, переход ясный по исчезновению корней, граница ровная.
	ТСН#	6-20 см...	Состоит из обломков пород, в основном темно-серого, почти черного цвета, встречаются рыжевато-бурые породы, корней нет. Породы слоистые, угловатые, много включений угля, мелкозема практически нет

N 53°52'67.2''

E 87°21'18.4''

h 263 м

Разрез заложен в нижней части северного склона отвала. Крутизна склона составляет 5-7°. Древесный ярус представлен сосной (до 20 м), березой (до 20 м) сомкнутость крон составляет 0,8Б, состав древостоя 5С+5Б. В травостое отмечаются: костяника (sol), одуванчик (sol). Проективное покрытие составляет 10%. Поверхность почвы покрыта прошлогодним неразложившимся опадом.



Петрозем техногенный гумусово-слаборазвитый литостратный скелетный гетерогенный



W ₁	0-2(3) см	Опад из листьев березы и хвои сосны, веточек, также встречаются разложившиеся остатки, покрытые гифами грибов; слоистый
W ₂	2(3)- 5(6) см	Неоднородный: темно-серый с бурыми и сизыми включениями (угля и породы); свежий, близкий к влажному; легкосуглинистый, близкий к среднесуглинистому; мелкокомковатый с горизонтальной делимостью; слегка оторфованный; уголь мелкодисперсный; переход ясный по цвету; граница слабоволнистая
TCH ₁ #	5(6)-15 см	Палево-бурый; состоит из обломков алевролита и других пород, а также мелкозема (30%); влажный; среднесуглинистый; бесструктурный с элементами глыбистости; с единичными корнями древесных растений
TCH ₂ #	15-32 см	Углисто-алевролитистый прослой, на 90% состоит из обломков
TCH ₃ #	32-50 см...	Похож на C1, но обломки пород не выветрелые; мелкозема почти нет; на границах обломков – пленки оглеения

N 53°53'04.9''

E 87°21'10.3''

h 266 м

Разрез заложен на пологом борте отвала, угол падения 1°. Разрез расположен в 10 м к югу от точки N-24-10. Располагается на задернованном участке, в 20 м от дороги. Растительность представлена полынью (cop1), молочаем (sol), донником (cop2), льнянкой (sp), сурепкой (sp). Проективное покрытие – 40%. На поверхности отвала местами зеленый мох.

		
Петрозем техногенный подстильно-торфянистый литостратный скелетный гетерогенный		
	О ТСН ₁ #	0- 10(11) см Темно-серый, 60% мелкозема, свежий, близкий к влажному, практически неоструктурен, легкосуглинистый, обилие включений обломков пород размером до 3 см, угловатые, местами слоисты, единичные включения угля, диаметром до 1 см, небольшое количество тонких корней, до 10 см глубины, переход ясный по исчезновению корней и уменьшению количества мелкозема, граница волнистая
	ТСН ₂ #	10(11)- 20 см... Состоит из обломков пород, в основном темно-серого, почти черного цвета, корней нет. Породы слоистые, угловатые, много включений угля, мелкозема практически нет

N 53°53'05.5''

E 87°20'56.4''

h 267 м

Разрез располагается на практически ровной поверхности отвала, засыпанной плодородным слоем почвы. Поверхность осложнена небольшими повышениями и понижениями, высотой до 20 см. Растительность представлена ежой сборной (cop2), облепихой (sol), льнянкой обыкновенной (sp), черемухой (sol), васильком (sp). Поверхность почвы покрыта мхом и прошлогодними остатками травянистой растительности.

			
Пелозем техногенный гумусово-слаборазвитый литостратный суглинистый двучленный на скелетном субстрате отвала			
	W	0-6(7) см	Неоднородный: серовато-бурый, с единичными темно-серыми включениями углей. Влажный, уплотненный, среднесуглинистый, неяснооструктурен, с элементами мелко-комковатости и зернистости, густо пронизан корнями травянистых растений (40-50%), переход ясный по уменьшению количества корней, граница волнистая
	TCH ₁ #	6(7)-14 см	Неоднородный: светло-бурый, встречаются пятна углистого материала и обломки алевролитов бурого цвета, разной степени выветрелости, плотный, плотнее вышележащего, среднесуглинистый, влажный, среднекомковатый, включений корней меньше, чем в вышележащем горизонте (10-15%), диаметр корней менее 1 мм, переход постепенный
	TCH ₂ #	14-26 см	Неоднородный: бурый с более темными пятнами углистого материала, более влажный, чем вышележащий, среднесуглинистый, уплотненный, тонкие корни 5-10%, переход ясный по цвету, плотности, граница ровная.
	TCH ₃ # (D)	26-36 см...	Темно-серый, влажный, состоит из углистых частиц разной степени плотности, бесструктурный, 60-70% крупнозема, на гранях обломков пород отмечаются карбонатные пятна

N 53°53'03.6''

E 87°20'30.4''

h 274 м

Разрез заложен на восточном склоне отвала Байдаевского разреза. Крутизна склона 5-7°. Поверхность отвала неровная, бугристая, осложнена приствольными повышениями. Растительность представлена березой, высотой до 12 м и диаметром до 15 см., состав древостоя 10Б, сомкнутость крон 5Б, травянистый ярус представлен донником (sp). Проективное покрытие составляет 10%. В подросте отмечается сосна и береза, высотой до 1,5 м. Поверхность почвы покрыта зеленым мхом.

			
Пелозем техногенный гумусово-слаборазвитый литостратный суглинистый гетерогенный			
		0+0,5 см	Состоит из неразложившихся листьев, веточек, единичных травинок, покрыта мхом
	W	0-1(3) см	Темно-серый с буроватостью, свежий, густо переплетен ризоидами мхов, среднесуглинистый, бесструктурный, с элементами комковатости по корням, мелкозема – 90%, включения углей, до 1 см в диаметре, редкие неразложившиеся остатки растений, переход ясный по цвету и количеству включений, граница ровная.
	TCH ₁ #	1(3)-39 см	Неоднородный, на желтовато-буром фоне встречаются обломки угля черного цвета и алевролитов рыжевато-бурого цвета, уплотненный, свежий, близкий к влажному, в нижней части влажный, на 40% состоит из мелкозема, легкосуглинистый, близкий к среднесуглинистому, бесструктурный, уплотнен, включения обломков алевролитов, до 15 см, разной степени выветрелости, переход ясный по структуре и механическому составу, граница ровная
	TCH ₂ #	39-47 см...	Желтовато-бурый, ореховато-глыбистый, плотный, влажный, среднесуглинистый, 80% мелкозема, небольшое количество включений алевролитов до 1 см в диаметре

Калтанский отвал

N-27-10

N 53°23'15.9''

E 87°23'13.8''

h 321 м

Разрез заложен на отвале Калтанского разреза. Участок внутреннего отвала, склон, прилегающий к дороге. Склон северной экспозиции крутизной 35°, поверхность слабоволнистая. Древесная растительность представлена ивой козьей (до 5м), березой (до 3м) и сосной (до 2м). Встречается рябина до 3м. В травостое присутствуют виды: ежа сборная (sp), хвощ лесной (sp), мать-и-мачеха (sol), клевер средний (sol), донник белый (sol), чина лесная (sol), вейник (sol), мышиный горошек (sol), земляника лесная (sp), тимopheевка (sp), одуванчик (sol). Проективное покрытие составляет 40%. На поверхности отмечается зеленый мох.

			
Петрозем техногенный гумусово-слаборазвитый литостратный скелетный гетерогенный			
	W	0-4(5) см	Темно-серый; свежий, близкий к влажному; легкосуглинистый, близкий к среднесуглинистому; рыхлый; мелкокомковатый; с включениями углистых частиц до 15%; 5-10% корней; переход ясный по уменьшению количества корней и цвету; граница слабоволнистая
	ТСН ₁ #	4(5)- 18 см	Элювий вскрышных пород и глинистых включений; состоит из глинистой бурой массы и алевролитов; среднесуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому; неоднородный: бурый с ржавыми пятнами; включения обломков углей до 10%; переход постепенный
	ТСН ₂ #	18-42 см...	Состоит из обломков углей, алевролитов и глинистых включений, мелкозема до 40%

N 53°23'42.9''

E 87°23'12.1''

h 321 м

Разрез заложен на Калтанском отвале на старой заросшей технологической дороге, в районе борта склона северной экспозиции. Поверхность слабонаклонная (5°) слабоволнистая. Растительность представлена видами: ежа сборная (cop1), тимopheевка луговая (cop1), клевер средний (sp), черноголовка (sp), медуница (sol), одуванчик (sol). Проективное покрытие 60%. Отмечается подрост сосны (до 3 м), березы (до 4 м) и ивы (до 2,5 м), кустарники облепихи.

			
Петрозем техногенный гумусово-слаборазвитый литостратный скелетный гетерогенный			
	W	0-2 см	Темно-серый, рыхлый; свежий, близкий к влажному; легкосуглинистый; по корням мелкокомковатый; корней до 1 мм 60%; переход ясный по уменьшению количества корней; граница ровная
	WTCH#	2-5(9) см	Темно-серый с бурыми включениями; уплотненный; свежий; легкосуглинистый, близкий к среднесуглинистому; комковатый; 30% корней; с мелкими обломками выветрелых пород до 5 мм; переход ясный по цвету, плотности; граница волнистая
	TCH#	5(9)-45 см...	Неоднородный: состоит из темно-серых, рыжих, светло-серых, желто-бурых и черных участков; свежий, близкий к влажному; мелкозема 20%; среднесуглинистый; плотный; углей 30% (встречаются обломки и разрушенный уголь); породы представляют собой крупные плотные обломки и выветрелые обломки песчаника и аргиллитов

N 53°23'46.9''

E 87°23'40.9''

h 313 м

Разрез Калтанский. Разрез заложен на незадернованной поверхности отвала. Возраст отвала 20 лет. Разрез располагается в 10 м к востоку от технологической дороги. Растительность разрежена, проективное покрытие 10%, растительность представлена подростом березы, высотой до 2м (sp), полынью серой (cop1), подростом сосны, высотой до 1,5 м (sp),

На поверхности почвы, ниже по склону. Встречаются эрозионные подтеки, по которым находится более светлый материал, чем на поверхности отвала. Местами на поверхности почвы встречаются песчаники и алевролиты, размером до 1,5 м в диаметре. Поверхность почвы также присыпана тонкой углистой пылью и обломками угля, диаметром до 3 см.

Литострат скелетный натечно-карбонатный			
	TCH ₁ #	0-3(4) см	Мелкодисперсная порода: обломки алевролитов и песчаников, бурого цвета, мелкозема до 30%
	TCH ₂ #	3(4)-30 см...	Темно-серый, состоит из крупных обломков углей, алевролитов и аргиллитов, мелкозема до 20%

N 53°23'49.0''

E 87°23'03.7''

h 308 м

Участок спланированного угольного отвала Калтанского разреза. Разрез заложен на пологой поверхности, осложненной микропонижениями. Растительность фрагментарная, представлена полынью, чертополохом, донником, одуванчиком, щавелем. Проективное покрытие – 5%.

На поверхности встречаются обломки пород до 10 см в диаметре, местами выходы глыб до 15 метров в диаметре (Аргиллиты и алевролиты, местами обожженные). Поверхность отвала дымит.

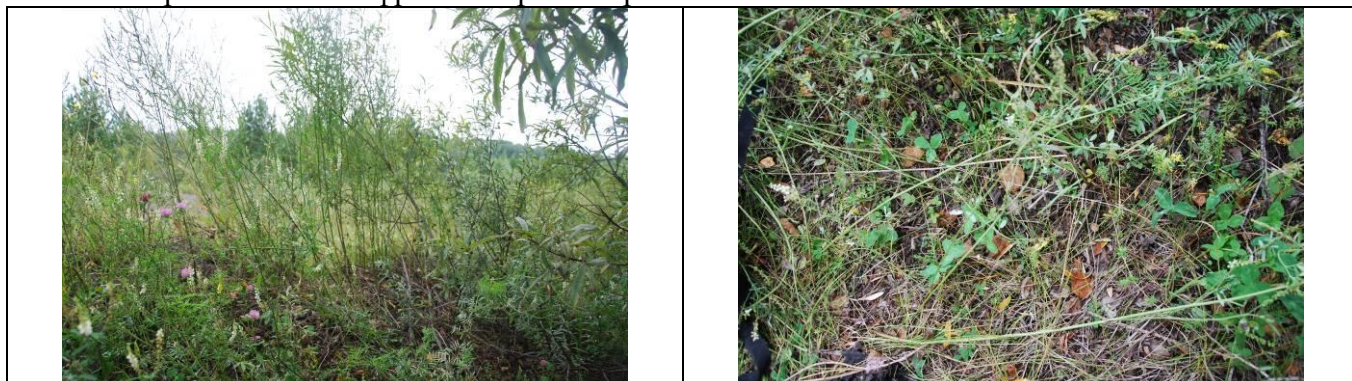
			
Литострат скелетный натечно-карбонатный термомодифицированный			
	TCH ₂ # _{ca}	0-32 см	Темно-серый, на 80% состоит из обломков пород, 20% мелкозема, плотный, теплый, мелкозем не оструктурен, встречаются обломки от 0 до 20 см, неокатанные, угловатые, слоистые, легко разламываются, по границам – белесовая карбонатная корочка, переход ясный по цвету и температуре
	TCH ₂ # _{pir}	32-65 см...	Красно-бурый, близкий к кирпичному, 10% мелкозема, теплее, чем вышележащий, мелкозем не оструктурен, среднесуглинистый по мелкозему, состоит из многочисленных обломков пород, практически таких же как в вышележащем горизонте, но более бурого цвета. Местами встречаются кристаллы и выцветы солей.

N 53°23'43.9''

E 87°23'21.2''

h 329 м

Отвал Калтанского угольного разреза, вторая высотная ступень отвала, в 5 метрах от дороги. Поверхность отвала субгоризонтальная, неровная, осложнена повышениями, высотой до 1,2 м, диаметром до 3 м. Разрез заложен на плоской поверхности, в понижении между насыпями. Растительность представлена люцерной (cop1), подмаренником (sp), клевером (sol), вейником (sp), мышиным горошком (sol), иван-чаем (sol). На повышениях – подрост сосны, высотой до 0,3 м. На понижениях - ива, высотой до 4 м, береза, высотой до 5 м. Проективное покрытие 60%. Поверхность почвы фрагментарно покрыта зеленым мхом.



Петрозем техногенный гумусово-слаборазвитый литостратный скелетный гетерогенный

		0+1 см	Опад, состоит из остатков травянистых и древесных растений.
	W	0-3(4) см	Серый, влажный, рыхлый, среднесуглинистый, наполнен обломками выветрелых алевролитов до 2 см, комковатый, переход ясный по уменьшению количества корней, граница волнистая
	WTCH#	3(4)-13(14) см	Темно-серый, мелкозернистый, влажный, среднесуглинистый, наполнен мелкими обломками углей и алевролитов (до 2 см) – 10%, переход ясный по уменьшению количества корней и цвету, граница волнистая
	TCH#	13(14)-24 см...	Состоит из обломков аргиллитов с углистыми включениями (до 90%)

Абагурское хвостохранилище

N-13-10

N 53°42' 6''
E 87°13'51,1''
h 240 м

Разрез заложен в вершинной части отвала аглофабрики, в пределах днища мезопонижения, в 10м от озера и 25м от борта отвала. Поверхность субгоризонтальная. Растительность отсутствует. Поверхность влажная. На поверхности корка толщиной до 2 см, корка пористая (с порами по внешней стороне).

			
Артииндустрат стратифицированный			
	TCH ₁ Ω	0-14(15) см	Чередование горизонтально ориентированных слоев среднесуглинистых и супесчаных по механическому составу. Верхняя часть 0-5 см – супесчаная; 5-9 см – среднесуглинистая; 9-14см – супесчаная. 0-5 см серовато-сизый; слоистый; пористый; влажный; супесчаный 5-9 см светло-бурая толща, влажный; супесчаный 9-14 см супесчаный с песчинками;
	TCH ₂ Ω	14(15)-67 см	Слоистая глинистая толща; чередование сизых, бурых и фиолетовых слоев; сырой; слоистый; плотный

N 53°42'15.9''

E 87°13'13.0''

h 224 м

Разрез заложен на субгоризонтальной поверхности старой поверхности хвостохранилища, на 20 метров ниже верхней ступени отвала, в 50 м к северу от дороги. Поверхность отвала осложнена повышениями, высотой до 20 см., диаметром до 1 м.

Растительность представлена: в 1 ярусе: сосна, до 18 метров высотой, до 20 см в диаметре, березой, высотой до 18 м., 10 см в диаметре. Сомкнутость крон 6 баллов. В подросте отмечается береза, высотой до 10 м., в подлеске – рябина, высотой до 1 м. Сосны находятся в угнетенном состоянии, засохшие, некоторые стволы покрыты зеленым мхом. Проективное покрытие 5% (мертвопокровник), обильны грибы. Поверхность покрыта мощным опадом (2-3 см) Травянистых видов нет.

			
Пелозем техногенный гумусово-слаборазвитый окислено-глееватый потечно-гумусовый артииндустратный суглинистый стратифицированный			
		0+2 см	Лесной опад, состоящий из листьев, хвои и веток разной степени разложенности
	W	0-7 см	Темно-серо-бурый, с желтовато-серыми пятнами, рыхлый, супесчаный, с плохо выраженной структурой, 15% корней, диаметром до 3 мм., свежий, переход ясный по цвету, граница ровная
	W ТСНΩ	7-29 см	Серовато-бурый, более бурый, чем вышележащий, уплотненный, неясноструктурен с элементами комковатости и горизонтальной делимости, супесчаный, свежий, 10% корней, диаметром до 0,5 см, переход ясный по цвету, граница ровная
	ТСНΩ	29-60 см	Слоистый: состоит из слоев неоднородноокрашенных 1) На оливковато-сером фоне отмечаются песчинки черного, белесоватого, рыжевато-желтого цветов, свежий, неструктурен, супесчаный, редкие корни, диаметром до 1 мм, переход ясный по цвету, структуре (степени горизонтальной делимости), граница практически ровная 2) Светло-бурый с зеленоватым оттенком, неяснокомковатый с горизонтальной делимостью, свежий, плотный, плотнее и тяжелее по

		гранулометрическому составу слоя 1
TCH_{ox} Ω	60-82 см	Слоистый, неоднородно окрашен: чередование оливковых и желтовато-бурых слоев, свежий, плотный (плотнее вышележащего), неяснооструктурен с элементами горизонтальной делимости, переход ясный по цвету, граница ровная
TCH_g Ω	82-86 см	Серовато-оливковый, более однородный, чем вышележащий, свежий, с признаками горизонтальной делимости, супесчаный, переход ясный по цвету, граница ровная
$TCHg$ Ω	86-99 см...	Серовато-сизый, сырой, менее плотный, чем вышележащий, уплотненный, бесструктурный, супесчаный, близкий к легкосуглинстому

N 53°42'03.3''

E 87°14'03.3''

h 244 м

Разрез заложен на восточной оконечности хвостохранилища Абагуровской аглофабрики, на вершинной плоской части, в 30 метрах к западу от борта хвостохранилища. Поверхность пологая, местами с небольшими повышениями (ближайшее в 20 метрах от разреза), высота повышений до 1,5 м.

Встречаются непокрытые растительностью, а также слабозадернованные участки. Единичная и разреженная растительность представлена облепихой, высотой до 1,5 м и полынью, проективное покрытие составляет 3%. На поверхности почвы отмечаются обломки щебня, диаметром до 1 см (в разрезе этот материал не встречается)

			
Артииндустрат стратифицированный			
	TCH ₁ Ω	0-12 см	Неоднородный: состоит из чередования слоев черно-серого, близкого к черному, и сизоватого цветов. В этих слоях отмечается присыпка белесая, рыжая, оливковая присыпка. Свежий, рыхлый, мелкозернистый, корней нет, переход ясный по цвету, граница ровная.
	TCH ₂ Ω	12-21 см	Слоистый: состоит из буровато-серого слоя, а также слоя с обильной присыпкой рыжевато-белесоватого и оливкового цвета. Супесчаный, плотнее вышележащего, переход ясный по цвету, граница ровная
	TCH ₃ Ω	21-26 см	Неоднородный: менее слоистый, чем вышележащий, песок, состоящий из песчинок черного, рыжевато-оливкового цвета, супесчаный, плотнее вышележащего, переход ясный по цвету, граница ровная
	TCH ₄ Ω	26-31 см	Аналогичен вышележащему, но менее плотный и более бурый
	TCH ₅ Ω	31-45 см	Аналогичен СЗ
	TCH ₆ Ω	45-60 см...	Неоднородный: темно-бурый, среднесуглинистый, плотный, плотнее вышележащего

N 53°42'13.8''

E 87°13'20.4''

h 226 м

Разрез располагается на склоне хвостохранилища, крутизной 30°, длина – 40 м. Поверхность почвы покрыта прошлогодним опадом и опадом этого года. Растительность представлена посадками тополей, высотой до 15 м.

Глубина проникновения основной массы корней – до 45 см (зона окисления)

			
Пелозем техногенный гумусово-слаборазвитый литостратный суглинистый стратифицированный			
	W	0+2 см	Состоит из прошлогоднего и настоящего опада
	W ТСНΩ	0-40 см	Состоит из буровато-серого песка с включением белых, черных, рыжих песчинок, отмечаются пятна сцементированного песка, диаметром до 3 см – буроватого цвета, а также буровато-ржавые пятна, по зонам скопления корней, бесструктурный, с элементами слабой комковатости, свежий, влажный, среднезернистый песок, уплотненный, переход ясный по уменьшению количества корней и цвету.
	ТСНΩ	40-80 см...	Серый, влажный, более влажный, чем вышележащий, бесструктурный, уплотненный, в верхней части – тонкие корни

N 53°42'14.4''

E 87°13'20.2''

h 227 м

Разрез расположен у подножия насыпанного холма – хвостохранилища, в 7 м от N-48-10. На склоне хвостохранилища, крутизной 30°, длиной – 40 м. Поверхность почвы покрыта прошлогодним опадом и опадом этого года. Растительность представлена посадками тополей, высотой до 15 м.

Глубина проникновения основной массы корней – до 45 см (зона окисления), поверхность почвы покрыта прошлогодним опадом.

			
Пелозем техногенный гумусово-слаборазвитый литостратный суглинистый стратифицированный			
	W	0-20 см	Темно-серый, с буроватостью, рыхлый, свежий, на 40% состоит из корней, в нижней части корни диаметром до 5 см, легкосуглинистый, сильноопесчаненный (заиленный песок), переход ясный по уменьшению количества корней, цвету и механическому составу
	TCHΩ	20-35 см	Неоднородный: серовато-сизый, рыхлый, по ходам корней отмечаются рыжие пятна и прослои, бесструктурный, влажный, мелкозернистый песок с многочисленными слюдястыми включениями, переход ясный по цвету. На глубине 32-35 см к сизому песку примешивается черный крупнозернистый песок, на контакте ожелезненного слоя и C1тг
	TCHoxΩ	35-50 см	Состоит из крупнозернистого песка, бурого цвета с многочисленными включениями гальки, диаметром до 2 см – 15%, уплотненный, плотнее вышележащего, переход ясный по плотности
	TCHgΩ	50-62 см ...	Неоднородный, общий фон: сизый с ржавым оттенком, многочисленные охристые пятна, тонкозернистый песок, бесструктурный, плотный, плотнее вышележащего

Мундыбашское хвостохранилище

N-39-10

N 53°13'28.3''

E 87°15'58.7''

h 330 м

Разрез располагается на Мундыбашском хвостохранилище. На верхнем уровне (ступени) хвостохранилища. В понижении, глубиной 3 м, диаметром 200 м. Растительность представлена веерником (сор1), ивой, высотой до 1,5 м (сор1), березой, высотой до 3 м (sp), кленом, высотой до 3,5 м (sp). Проектное покрытие 95%. Поверхность почвы покрыта мхом.

			
Пелозем техногенный гумусово-слаборазвитый глееватый арктииндустриальный суглинистый стратифицированный			
	Wt	0-9 см	Состоит из растительных остатков, разной степени трансформированности, бурый, свежий, рыхлый, бесструктурный, переход ясный по уменьшению количества корней и цвету, граница ровная
	W TCHΩ	9-20 см	Неоднородный, на сизом фоне – ржаво-охристый пятна, приуроченные к корням, влажный, уплотнен, неоднородный механический состав от среднесуглинистого до супесчаного, неяснооструктурен с элементами слабой комковатости, пронизан корнями растений, диаметром до 0,5 мм, переход ясный по механическому составу, граница слабо-волнистая.
	TCHΩ	20-60 см	Неоднородный, состоит из чередования горизонтально ориентированных слоев: супесчаных, до крупнозернистого песка, и суглинистый, влажный, уплотненный, неоструктурен, до 30 см отличаются ржавые оттенки на общем серовато-сизоватом фоне, в нижней части: серовато-сизоватый, переход ясный по влажности.
	TCHgΩ	60-67 см...	Серовато-сизый, сырой, бесструктурный, среднесуглинистый, местами опесчанен

N 53°13'28.3''

E 87°15'58.7''

h 330 м

Мундыбаш

Гидроотвал железорудной обогатительной фабрики. Вершинная плоская часть отвала. Граница приядерной и приустьевой зоны отвала. Разрез заложен в 30 м от заболоченного участка (в 50 м от разреза N-39-10). Растительность представлена травянистыми видами: донник (sol), тысячелистник (sp), клевер (sp), одуванчик (sol), мятлик (sp), ежа сборная (sp), люцерна (sol). Проективное покрытие составляет 30%. Местами отмечается подрост сосны до 1 м. На поверхности почвы фрагментарно развит моховой покров, ветошь трав и сухие корки с белесоватыми выцветами.

			
Пелозем техногенный подстильно-торфянистый арктииндустриальный суглинистый стратифицированный			
	О	0-2 см	Серовато-бурый; увлажненный; бесструктурный с элементами горизонтальной делимости и комковатости по корням; тяжелосуглинистый по мелкозему; рыхлый, близкий к уплотненному; переход ясный по уменьшению количества корней; пронизан корнями до 1мм
	ТСНΩ	2-62 см...	Чередование прослоев тяжелого суглинка и песка, мощность прослоев составляет 5 см 2-20 см – песчаный прослой, неоднородный: на серовато-буром фоне выделяется обломочный материал рыжего, серого, белесого, черного цветов (размер обломков до 5 мм в диаметре); песок крупнозернистый; рыхлый; бесструктурный; переход ясный; граница ровная 20-25 см – неоднородный: серовато-бурый с сизоватостью с прослоями от серо-бурого до темно-бурого цвета; бесструктурный; уплотненный В верхнем горизонте – сухой, к низу влажность возрастает, в нижней части – влажный. Единичные корни встречаются до 10 см. Ниже 25 см мощность слоев составляет 5 см.

N 53°13'26.2''

E 87°16'08.5''

h 330 м

Мундыбаш

Гидроотвал железорудной обогатительной фабрики. Вершинная плоская часть отвала. Ядро отвала. Плоская пологая поверхность (в 20 м от разреза насыпь высотой до 2 м). Растительность единична, представлена полынью (sol), одуванчиком (sol), цикорием (sol). Местами встречается подрост осины – до 0,5м высотой. Проективное покрытие составляет 5%. На поверхности почвы обилие обломков пород диаметром до 1 см.

			
Артииндустрат стратифицированный			
	TCH ₁ Ω	0-9 см	Неоднородный: состоит из мелких песчаных частиц и обломков пород черного, бурого, зеленоватого цветов диаметром до 1 см; блестит га солнце; рыхлый; свежий, близкий к сухому; переход постепенный
	TCH ₂ Ω	9-30 см	Слоистый: состоит из более светлых серых прослоев и темно-серых слоев (отличаются по влажности), а также включений обломков черного, бурого зеленоватого цветов; блестит; песчаный; свежий; плотнее вышележащего; обломков пород больше, чем в вышележащем слое (50%); переход ясный по гран составу и количеству обломков; граница ровная
	TCH ₃ Ω	30-41 см...	Светло-бурый с сизоватостью; сырой; легкосуглинистый; уплотненный, менее плотный чем вышележащий; неоструктурен с элементами горизонтальной делимости

N 53°13'28.3''

E 87°15'58.7''

h 259 м

Разрез располагается в нижней части склона дамбы (борта) ручья. Рельеф: слабонаклонная поверхность, крутизной 10°. Растительность: береза, высотой до 15 м, мать-и-мачеха (sp), хвощ болотный (sp), осока (sp), мятлик (sp), мышиный горошек (sp), одуванчик (sol). Проективное покрытие 30%. На поверхности – опад, состоящий из листьев и веточек березы, а также сухих злаков.

			
Пелозем техногенный гумусово-слаборазвитый арктииндустриальный потечно-гумусовый суглинистый стратифицированный			
	W ТСНΩ	0-10 см	Темно-серый, песок заиленный, влажный, рыхлый, бесструктурный, на 25% наполнен мелкими обломками пород, пронизан корнями на 5%, диаметром до 0,5 мм, переход ясный по увеличению количества древесных растений, гравиметрическому составу, граница слабоволнистая.
	ТСНΩ	10-36 см ...	Темно-серый, неоднородный: сочетание суглинистых и песчаных включений, слабооструктурен, с элементами комковатости, рыхлый, тонкие древесные корни, диаметром до 1 см – 10%. В нижней части обломки камней, диаметром до 10 см, разной степени окатанности.