ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.К. АММОСОВА

На правах рукописи

НИКИФОРОВ АЛЕКСЕЙ АФАНАСЬЕВИЧ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТВАЛОВ КАРЬЕРА «АЙХАЛ» (ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ)

Специальность 03.02.08 - экология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор
Миронова Светлана Ивановна

Якутск - 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ 7
1.1. Особенности природных условий района исследования 7
1.2. Особенности технологии добычи алмазов 17
1.3. Рекультивация нарушенных земель за рубежом 25
1.4. Рекультивация нарушенных земель в России 28
1.5. Рекультивация нарушенных земель в Республике Саха (Якутия) 46
1.6. Особенности рекультивации в условиях Якутии 56
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 60
ГЛАВА 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТВАЛОВ КАРЬЕРА «АЙХАЛ» 67
3.1. Характеристика естественных и техногенных ландшафтов 67
3.2. Характеристика естественных почв и техногенных почвогрунтов 75
3.3. Степень зарастания отвалов растительностью 83
ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА ОТВАЛАХ КАРЬЕРА «АЙХАЛ» 95
4.1. Анализ технологии проведения экспериментальных работ по биологической рекультивации отвалов карьера «Айхал» 95
4.2. Наиболее эффективные способы биологической рекультивации отвалов карьера «Айхал» - применение старики (ветоши) и отходов канализационно-очистных сооружений (КОС)» 100
4.3. Результаты отклоненных способов биологической рекультивации отвалов карьера «Айхал» Айхальским ГОКом 107
4.4. Обсуждение результатов исследования 116
ВЫВОДЫ 120
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 122
Приложение А 148
Приложение Б 151
Приложение В 153

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Западная Якутия – крупнейший центр алмазодобывающей промышленности мирового уровня. Открытая добыча алмазов приводит к нарушению состояния окружающей естественной экосистемы и ее трансформации. В этой связи актуально не только изучение нарушенных земель, но и решение вопросов по их рекультивации.

На нарушенных техникой землях создаются техногенные ландшафты с низкой биологической продуктивностью и специфическими биофизическими и биохимическими свойствами, образуя своеобразные «провалы» и «барьеры» на путях общепланетарной миграции веществ и энергии. Они искажают «нормальный» ход фундаментальных процессов, протекающих в биосфере. Характерной чертой техногенных ландшафтов является нарушение целостности «пленки жизни» в биосфере, вплоть до полного уничтожения почвенного и растительного покровов в результате деятельности человека, которое уже давно стало сравнимой по значимости с геологическими процессами (Вернадский, 1965).

Наиболее распространенными типами техногенных ландшафтов являются карьеры, хвостохранилища и отвалы пустых пород. Это основные объекты рекультивации.

В условиях Крайнего Севера именно биологический этап рекультивации как комплекс восстановительных мероприятий нарушенной биоты остается актуальным, имеет свои особенности (сложность приживаемости семян, отсутствие плодородного слоя, выживаемость семян после длительных заморозков и т.д.) и обусловлен высокой степенью фрагильности экосистем и сложностью подбора видов-рекультивантов.

Объектом наших исследований выбраны отвалы пустых пород карьера «Айхал» Айхальского горно-обогатительного комбината (АГОК) на территории Мирнинского района на севере Республики Саха (Якутия).

Цель исследований – изучение степени техногенной нарушенности земель в зоне влияния карьера «Айхал» и определение рекультивационного потенциала территории.

Для достижения **цели** перед нами поставлены **следующие задачи:**

- определить степень техногенной нарушенности ландшафтов Айхальского ГОКа;

- изучить почвогрунты и растительность отвалов карьера «Айхал» и в зоне влияния Айхальского ГОКа;

- определить рекультивационный потенциал нарушенных земель;

- определить наиболее эффективные способы биологической рекультивации отвалов карьера без отсыпки плодородного слоя.

Научная новизна исследований. Автором впервые составлены морфометрические характеристики (поверхность и откос отвалов) техногенных ландшафтов, изучены грунты и растительность отвалов карьера «Айхал». А также впервые определен рекультивационный потенциал территории исследования.

В суровых условиях северного региона впервые проведено исследование и научно обоснована эффективность двух способов биологической рекультивации с использованием нетрадиционных материалов: применение ста́рики (ветошь) и отходов канализационно-очистных сооружений. Способ применения старики (ветоши) и канализационно-очистных сооружений впервые использован на территории Айхальского ГОКа и в республике.

Положения, выдвигаемые на защиту:

1) Выявленная пространственная структура нарушенных земель, грунтов, растительности карьера «Айхал» позволяет оценить территорию как комплекс участков со средним и низким рекультивационным потенциалом.

2) Создание экологически эффективных методов биологической рекультивации отвалов пустых пород карьера в условиях отсутствия грунтов для отсыпки поверхности возможно только с применением нетрадиционных материалов. Наиболее эффективными методами биологической рекультивации

явились способы применения ста́рики (ветоши) и отходов канализационно-очистных сооружений (КОС).

Фактический материал и личный вклад автора. В диссертации представлены материалы, собранные непосредственно автором, в том числе полевые и камеральные работы, составление таблиц, графиков, анализ всех данных, литературный обзор, обобщение материала, статистическая обработка и расчеты.

Практическая значимость и применение результатов работы. Результаты исследования применяются при проведении биологической рекультивации отвалов алмазодобывающих предприятий Якутии. Работа позволит реализовать и получить инновационные, более эффективные и экономически выгодные методы биологической рекультивации в условиях отсутствия на территории плодородных пород для отсыпки нарушенной поверхности. Айхальским ГОКом и НИИПЭС СВФУ составлен акт внедрения результатов НИР с участием автора на тему «Создание комплексной инновационной экологически безопасной технологии добычи и переработки алмазоносных руд в условиях Крайнего Севера», тема 4 «Создание комплексной экологически безопасной инновационной технологии добычи и переработки алмазосодержащих руд в условиях Крайнего Севера», раздел 4.1. «Разработка и внедрение эффективного способа биологической рекультивации земель, нарушенных при добыче алмазов в условиях Крайнего Севера» (2010-2012 гг.). По результатам совместных исследований с сотрудниками НИИПЭС СВФУ получен патент на изобретение (Патент № 2497608 от 10.11.2013 г. «Способ биологической рекультивации нарушенных земель Крайнего Севера»), на базе имеющихся данных составлены научно-практические рекомендации.

Публикации. По теме диссертации опубликованы 16 печатных работ, из них 3 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 2 статьи - в журналах, индексируемых в международной базе цитирований Scopus, получен 1 патент РФ на изобретение.

Апробация. Основные результаты исследований были представлены на научно-практических конференциях: II республиканской научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов, посвященной Международному дню Земли «Отходы в Доходы» (Якутск, 2011-2012); Всероссийской научно-практической конференции «Природопользование на Севере. Проблемы экологической и социальной безопасности» (Якутск, 2012); научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «XVI Лаврентьевские чтения РС (Я)» (Якутск, 2012); II Всероссийской научно-практической конференции «География, экология, туризм: научный поиск студентов и аспирантов» (Тверь, 2014); IV Международной научной конференции на тему: «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства» (Краснодар, 2017).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы (глава 1), описания объектов и методов исследования (глава 2), двух глав собственных исследований (главы 3, 4), выводов, списка литературы. Общий объем диссертации 153 страниц, содержит 34 рисунка, 13 таблиц. Список литературы насчитывает 256 наименования, в том числе 27 на иностранных языках.

Автор выражает благодарность научному руководителю Мироновой С.И., всему коллективу лаборатории экологического нормирования и рекультивации и эколого-географического отделения СВФУ (кафедра экологии ИЕН). За ценные советы и замечания заведующему кафедрой зоологии и ботаники СВФУ имени М.К. Аммосова В.Е. Колодезникову. А также автор благодарит руководство и сотрудников Научно-исследовательского института прикладной экологии Севера имени Д.Д. Саввинова СВФУ им. М.К. Аммосова, руководство Айхальского ГОКа АК «АЛРОСА» (ПАО) за помощь в полевых, камеральных работах и всеобщую поддержку.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Особенности природных условий района исследования

Алмазные карьеры (трубки) расположены в пределах Вилюйского плато древней Сибирской платформы. В геоморфологическом отношении район занимает область древней аллювиальной равнины с абсолютными высотами 90-200 м, сложенной осадочным карбонатным породам и подчиненная – изверженным: траппам и кимберлитам, характеризуется слабым расчленением, равнинным характером рек. Характерны осложнения эрозионно-аккумулятивных форм рельефа мерзлотными формами и различное распространение грунтовых льдов (Зольников, 1958).

Климатические условия. Климат региона резко континентальный с большими годовыми колебаниями температуры воздуха и относительно малым количеством выпадающих осадков (Гаврилова, 1973). В зимний период господствует северо-восточный отрог зимнего азиатского антициклона. Среднегодовая температура в г. Мирном равна 7,6°С, средняя температура января -32,3°С, июля – 16,8°С (рис. 1.1.1).

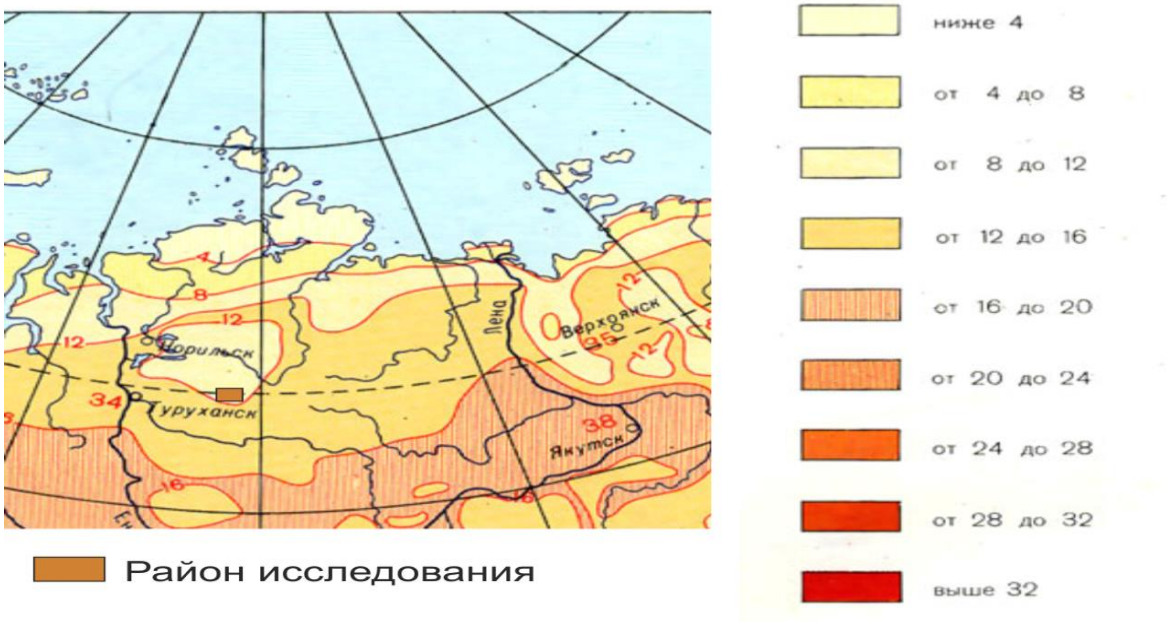


Рис. 1.1.1. Климатические показатели района исследования (Атлас Якутской…, 1981)

Среднегодовая сумма осадков составляет 200-250 мм. Снежный покров сохраняется в течение 220-250 дней в году, высота его невелика.

Немаловажным фактором, влияющим на приземный климат и почвообразовательные процессы, являются наличие многолетнемерзлых пород, распространенных повсеместно с мощностью 180-400 м. Поселок Айхал расположен в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Среднегодовые температуры грунтов на глубине 9-15 м. (т. н. нулевых годовых амплитуд) изменяются от −3°С до −6°С. Мощность криолитозоны варьирует в пределах 800 −1100 м, а в верховьях р. Мархи достигает 1500 м. Летом грунты в районе оттаивают на 0,5-2,5 м. Щебнистые грунты, лишенные растительности в отдельные годы протаивают на 2,5-3,0 м, а торфяники в долинах рек Сохсолоох, Марха, в озерных котловинах протаивают всего на 0,5 м.

Гидрология. Якутия отличается высокой плотностью и значительным разнообразием гидрологической сети. На её территории насчитывается около 700 тысяч рек и свыше 800 тыс. озер. Все реки относятся к рекам бассейна Северного Ледовитого океана. Самой большой из них является р. Лена, бассейн которой охватывает примерно 65 % территории республики. Ее главными притоками являются Вилюй и Алдан. Крупными реками Якутии также являются Анабар, Оленек, Яна, Индигирка и Колыма.

По территории район исследования протекает несколько сотен рек, они в значительной степени выступают в роли фактора, формирующего и преобразующего условия окружающей среды (рис.1.1.2). Водотоки меняют микроклимат, влияют на рельеф и формируют среду обитания для живых организмов. Главными водотоками изучаемой местности является наиболее крупная река Вилюй (его левый приток р. Марха).

Река Вилюй – самый крупный левый приток Лены. Длина ее 2650 км, площадь бассейна 454000 км^{2,} средний годовой расход воды 1520 м^3/с. На территории бассейна р. Вилюй (рис. 1.1.3) протекают более 2 тыс. рек длиной более 10 км. Из них 3 реки имеют длину более 1000 км (Вилюй, Марха, Тюнг), 4 реки – от 500 км до 1000 км (Чона, Ыгыатта, Моркока, Тююкэн).

Рис. 1.1.2. Гидрология района исследования (Атлас Якутской…, 1981)

На верхнем участке р. Вилюй вначале протекает по болотисто-озерной равнине, а затем по горному району (северная часть Восточно - Сибирского плоскогорья). Для этого участка характерно чередование широких (350-400 м) и глубоких (до 4-5 м) плесов с порожистыми участками с глубинами до 0,2-0,5 м, обусловленных, как правило, дайками или массивами изверженных пород – траппов. Скорости течения на плесах не превышают 0,2-0,6 м/с, увеличиваясь на порогах и перекатах до 3-4,5 м/с. В пределах Вилюйского водохранилища р. Вилюй представляет озеровидное расширение, местами до 10 км. На среднем участке до с. Сунтар речная долина также носит горный характер, ниже долина расширяется и течение становится спокойным. Здесь ширина русла достигает 200-600 м. На нижнем участке русло р. Вилюй неустойчивое: ширина его изменяется от 300 м до 2,5 км, имеются песчаные острова, косы и отмели. На р. Вилюй в 1967 г. построен Каскад Вилюйских ГЭС. Для обеспечения его работы создано Вилюйское водохранилище с многолетним регулированием речного стока (площадь зеркала – 2170 км^2, длина 401 км, средняя глубина – 8 м, объем воды – 9,7 км^3) (Реки и озера…, 2007).

Рис. 1.1.3. Бассейн реки Вилюй (Реки и озера…, 2007)

Река Марха – левый приток Вилюя. Длина 1181 км. Берет начало из небольшого озера на восточной окраине Вилюйского плато. Средний годовой расход воды 405 м^3/с. В бассейне около 4330 водотоков, свыше 12000 озер. Принимает 98 притоков длиной более 10 км. Вскрывается во второй половине мая – начале июня, замерзает в конце сентября. Перемерзает до 150 суток в низовье и до 208 суток в верховье. Марха - главный приток Вилюя. В ее верховье обнаружены алмазы. Поселок Айхал, Удачный и другие возникли на месте разработок этого ценного минерала. В первые годы добычи алмазов река играла важную транспортную роль. По ней доставлялись все необходимые грузы. Низко сидящие суда в прошлом поднимались по большой воде вверх на 946 км. После ввода в действие круглогодичной автотрассы Ленск – Чернышевский - Удачный Марха утратила былое значение (Глушков, 1996).

После встречи со своим главным притоком – Моркокой (площадь бассейна 32 800 км^2), которая впадает справа на 596-м километре от устья и резко увеличивает водность р. Марха (Глушков, 1996; Реки и озера…, 2007). Длинные и стремительные галечные перекаты (до устья Ханни их

насчитывается 16) чередуются с глубокими (3-5 м) и спокойными плесами. Средняя ширина реки на этом отрезке равна 170 м, максимальная 400 м. Марха течет, в основном, единым руслом среди невысоких холмов, описывая многокилометровые петли с узкими перемычками (Глушков, 1996). В верхнем течении р. Марха имеет типично горный характер, а в среднем и нижнем течении – полугорный. Русло реки изобилует галечными и каменистыми перекатами. В низовьях на отрезке 200 – 450 км от устья имеется несколько порогов, образованных выходами трапповых интрузий (Реки и озера…, 2007).

Почвенный покров. Многолетняя мерзлота способствует фиксированию осадков в пределах деятельного слоя почвы, задерживает нисходящие почвенные растворы и способствует накоплению карбонатных, щелочных и щелочноземельных элементов и развитию почв солонцового ряда под лесом (Еловская, Коноровский, 1978).

Изучение почвенного покрова территории и бассейнов рек Большая Ботуобуя и Чона, впервые проводилось сотрудниками Якутского института биологии в 1957-1960 гг. в связи с созданием здесь алмазодобывающей промышленности (Еловская, 1958, 1959; Зольников, 1958; Зольников, Еловская, 1962). По результатам первых исследований 1950-х годах составлена почвенная карта Вилюйского бассейна в масштабе 1: 2 000 000 (Зольников и др., 1962). Почвы данной территории также отражены в почвенной карте 1: 2 500 000 масштаба (Атлас сельского…, 1989).

Следующий этап исследований почвенного покрова приходится на 90-е годы, когда начались первые комплексные экологические исследования в бассейне реки Вилюй. Некоторые результаты данных работ отражены в коллективной монографии "Экология реки Вилюй" (1993). Кроме этого имеются несколько публикаций, посвященных почвам данного района в материалах конференций и сборнике научных трудов, посвященных воздействию нефтегазового комплекса на окружающую среду. По почвенно-географическому районированию данная территория входит в Западно-Вилюйский район Якутской Восточносибирской таежно-мелкодолинной

провинции (Еловская, Коноровский, 1978).

В зональных таежно-долинных ландшафтах плато здесь широко распространены дерново-карбонатные тяжелосуглинистые почвы, развитые на элювии кембрия и ордовика. В интразональных ландшафтах преобладают торфянисто - и торфяно-глеевые почвы. На бескарбонатном, нередко каменистом или щебнистом элювии осадочных и изверженных пород под пологом лиственничников формируются разновидности мерзлотных таежных почв.

Долины таежных речек, а также периодически избыточно увлажняемые слабодренируемые понижения рельефа заняты сочетаниями мерзлотных дерново-луговых, лугово-болотных, торфянисто-глеевых, торфянисто - и торфяно-болотных почв.

Мерзлотные пойменные почвы развиты под разнотравно-злаковыми лугами в наиболее расширенных частях долины реки Ирелях. Они занимают небольшие площади, т.к. пойма здесь слабо развита.

На первой надпойменной террасе в месте смыкания ее с поймой и в пойменной части получили развитие дерново-перегнойные глееватые почвы. Они формируются на тяжелосуглинистом бескарбонатном аллювии и вытянуты узкой полосой 40-50 м. Северо-восточнее этого участка неширокая (150 м), наклоненная в сторону реки, поверхность первой надпойменной террасы занята сосняком толокнянковым. Здесь, на песчаном бескарбонатном аллювии в условиях хорошего дренажа формируются мерзлотно-таежные оподзоленные почвы. Контуры этих почв ограничены, так как поверхность первой надпойменной террасы, подверженная эрозионному разрушению, сохранилась небольшими участками. По данным Л.Г. Еловской с соавторами (1968) в бассейнах рек Чона, Большая и Малая Ботуобуя массивы с данными почвами занимают до 3 тыс. га, что от общей площади района составляет около 5-6%.

Первая надпойменная терраса, постепенно повышаясь, переходит в пологий склон водораздела, занятый лиственничной тайгой, под пологом которой господствуют выщелоченные дерново-карбонатные почвы, развитые

на элювии карбонатных пород.

Исследуемая территория характеризуется микрокомплексностью почвенного покрова. Смена основных типов почв подчиняется формам рельефа и геологическим условиям данного района. Водораздельные пространства рек Марха и Сохсолох и их склоны характеризуются повсеместным распространением криоземов гомогенных оглеенных, неоглеенных и тиксотропных. Здесь и далее типы почв представлены согласно классификации. В составлении данного раздела использованы данные фондовых материалов Института прикладной экологии Севера. В почвенном покрове района исследования на водораздельных (склоновых) пространствах комплексно доминируют криоземы гомогенные неоглеенные, оглеенные и тиксотропные, сформированные на карбонатных породах позднего кембрия или раннего ордовика под лиственничными редколесьями разного флористического состава. Они характеризуются тяжелым гранулометрическим составом, сильно щебнистым маломощным почвенным профилем, оглеенностью и тиксотропностью. На территории наиболее часто встречаются перегнойно-глеевые почвы по пологим склонам или нижним частям склонов с хорошо выраженным бугристо-западинным микрорельефом. Криоземы гомогенные перегнойно-глеевые характеризуются тяжелым гранулометрическим составом, как правило, тяжелосуглинистым или глинистым, с преобладанием фракции физической глины до 49-50%. Дифференциации по составу фракций нет, почвенный профиль относительно гомогенный.

Растительность. Растительность Вилюйского бассейна относится к Восточносибирской подобласти светлохвойных лесов Евроазиатской лесной области, занимающей часть территории Якутской флористической провинции из лиственницы Гмелина и Каяндера (Караваев, 1958, 1971). Суровый и резкоконтинентальный климат обуславливает своеобразие флоры и растительности данного региона (рис. 1.1.4).

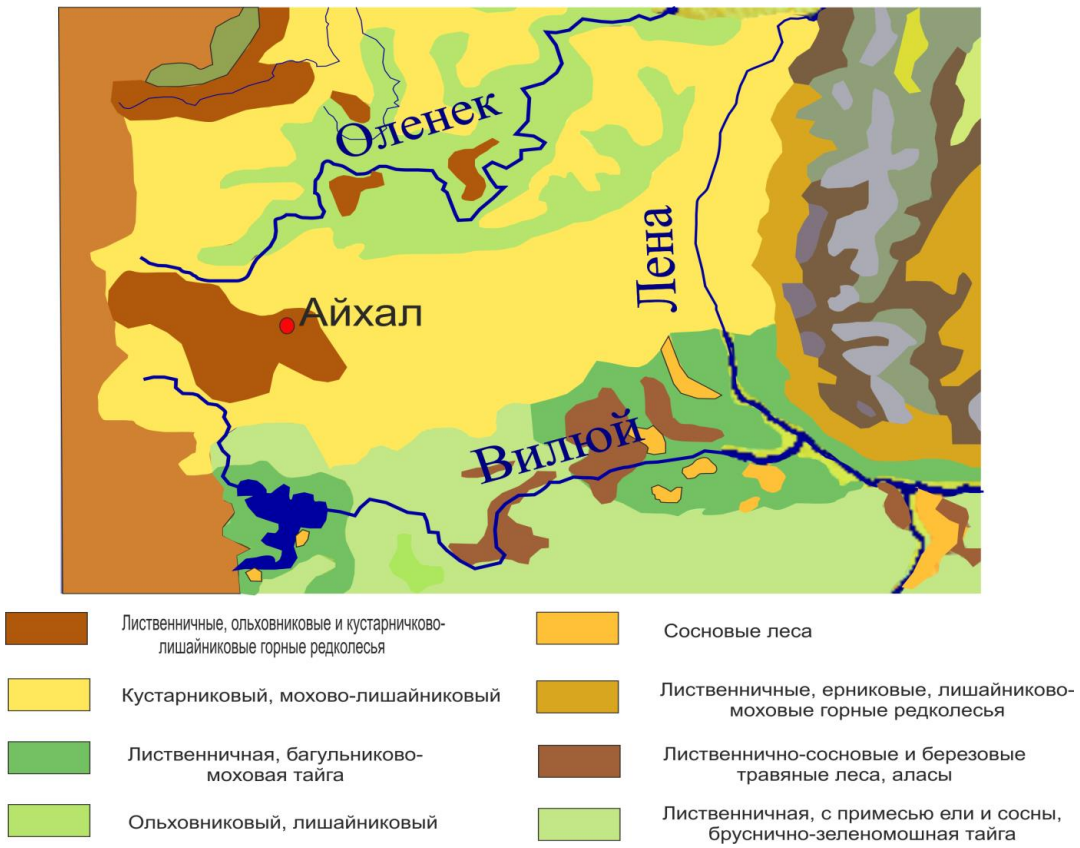


Рис. 1.1.4. Растительный мир района исследования (Атлас Якутской…, 1981; Атлас сельского…, 1989)

Первыми исследователями бассейна реки Вилюй являются Р.К. Маак, Траутфеттер. Флора и растительность были исследованы В.П. Дробовым (1916), В.Л. Комаровым (1926), Р.И. Аболиным (1929), С.Н. Недригайловым (1932), Т.Ф. Галактионовой и др. (1958), М.Н. Караваевым (1958), С.С. Черемхиным (1961), И.Д. Кильдюшевским (1964), И.П. Щербаковым (1975, 1992). В бассейне р. Далдын работали В.Б., Сочава, Н.Л. Загребина, А.Н. Лукичева (1963).

В 1963 году А.Н. Лукичевой впервые была составлена классификация растительности и на ее основе - карта бассейна р. Марха с охватом р. Киенг-Юрях. Она связала распределение растительности в зависимости с литологическим составом горных пород.

В последние годы с целью оценки современного состояния природной среды региона выполнен новый цикл работ по растительности (Миронова, 2000). Институтом прикладной экологии Севера выпущена серия книг «Экология р. Вилюй» в 1993, 1994, 1996 годах.

Суровый и резко континентальный климат обусловливает своеобразие флоры данного региона. Ее основу составляют бореальные виды, но значительную роль играют и арктоальпийские и степные виды. По данным литературы (Растительность…, 1962; Кильдюшевский, 1964) и с учетом наших исследований флора Вилюйского бассейна включает 882 вида, из них 622 вида цветковых растений, 189 высших споровых и 64 низших растений. Из цветковых растений (69 семейств), по количеству видов преобладают злаки (75 видов), сложноцветковые (64 вида), осоковые (59 видов), лютиковые (41 вид), розоцветные (34 вида), бобовые, гвоздичные, ивовые и крестоцветные (более 20 видов).

Доминирующей формацией являются лиственничные леса – самая крупная формация в регионе, как по разнообразию, так и по занимаемой площади. К ней относятся группы типов по влажности почв от сравнительно сухих (лишайниково-толокнянковых) до заболоченных моховых (сфагновых) с наибольшим распространением брусничных и багульниково-голубично-моховых типов. По характеру лесов подразделяются 2 подзоны: северотаежная и среднетаежная, граница которых совпадает приблизительно с 65-й параллелью, поднимаясь несколько к северу вблизи долины р. Лены (Растительность...,1962).

Луга (пойменные и аласные), болота и другие элементы ландшафта, хотя испытывают на себе влияние зональности и иногда играют очень большую роль в ландшафтах, все же остаются образованиями интразональными и в характеристике зональных образований имеют второстепенное значение.

По геоботаническому районированию территория относится к Оленекскому округу Северо–Западной северотаежной подпровинции подзоны северо–таежных лиственничных лесов (Андреев и др., 1987).

На территории Айхальского лесничества широкое распространение получили редкостойные лиственничники, голубичные, лишайниково–моховые и мохово–лишайниковые, встречающиеся на повышенных частях водоразделов, на надпойменных террасах (Исаев, 2011). Леса отличаются низкими классами

бонитета (Va–Vб), хорошо развитым под пологие леса мохово–лишайниковым покровом. Древостои с сомкнутостью 0,1–0,2, деревья с узкими кронами, чахлые, много сухостоя. Средняя высота деревьев – 10–12 м, средний диаметр – 25–30 см, лесовозобновление слабое. Сухие голубично–лишайниковые лиственничные редколесья развиты на долеритах, а голубично- и багульниково–моховые лиственничные редкостойные леса на туфогенных породах. Древостои сильно разрежены, образуют низкосомкнутый полог или практически не образуют такового (сомкнутость от 0,1 до 0,3, реже – 0,4). Средняя высота не превышает 8 (6–10) м, диаметр – 8–10 см. Бонитет Vб. Подлесок образован ольховником, березами тощей и растопыренной, видами ивы. Кустарничковый ярус представлен багульником, голубикой и шикшой. Из травянистой растительности господствуют злаки и осоки. Мохово–лишайниковый покров почти сплошной и состоит из цетрарии сглаженной, кладины лесной и звездчатой, аулакомнии вздутой.

В зоне промышленного отвода преобладают голубично–багульниково–моховые редколесья с сомкнутостью крон–0,1–0,3. Высота господствующего яруса в среднем составляет 8 м, максимальная – 13м. Древостой условно разновозрастный (разница между средним возрастом возрастных групп меньше 15–20 лет), развивается, как правило, по нормам Vб класса бонитета. В древостое выделяются обычно две высотные и соответственно возрастные группы – деревья–лидеры высотой 6–8 м и диаметром 6–11 см и отставшие в росте 1,5–3,0–метровые сильно угнетенные деревца. Подлесок образован березками тощей и растопыренной, ивами. Из кустарничков преобладают голубика и багульник. По сравнению с предыдущим типом леса, большее фитоценотическое значение имеют злаки и осоки. В моховом покрове преобладает аулакомний, местами пышный покров образует сфагнум. Общий запас древесины оценивается в пределах 10–15 м^3/га, хотя в отдельных случаях может достигать 20–30 м^3/га.

Растительность отвалов находится на начальной стадии сукцессионного развития (Миронова и др., 1991, Миронова, 2000). Лишены растительности

более свежие высокие отвалы и их откосы, а также промышленные площадки, где проведено частичное выравнивание поверхности (технический этап рекультивации) и привело к сильному уплотнению грунта, который препятствует закреплению семян и росту растений.

На обследованной территории до настоящего времени не отмечены устойчивые сообщества растительности. Невыровненные участки старых отвалов начали зарастать до 10–30% проективного покрытия с доминированием хамомиллы (ромашки), хвоща, встречаются единичные экземпляры звездчатки, смолевки–хлопушки, ячменя гривастого, иван–чая, бескильницы Гаупта. Местами появляются всходы лиственницы и ив высотой до 15 см.

Травяно-кустарничковый покров в лесных сообществах не развит или напротив, многовидовой за счет вытеснения лесных видов и разрастания сорных травянистых растений (ячмень гривастый, скерда кровельная, подорожник средний и др.). Мохово-лишайниковый покров либо развит слабо, либо отсутствует совсем (Исаев, 2011).

1.2. Особенности технологии добычи алмазов

Разработка алмазных месторождений, как открытым, так и подземным способом, ведется практически на всех континентах. В настоящее время Россия занимает первое место в мире по годовому количеству добываемых алмазов (Электронный ресурс www.alrosa.ru., 2011).

Все месторождения алмазов подразделяются на две группы: коренные (первичные) и россыпные (вторичные). Коренные месторождения связаны с магматическими горными породами. К ним относятся кимберлиты и лампроиты.

Всего по Республике Саха (Якутия) по состоянию на 01 января 2016 года учитывается 2182 месторождения полезных ископаемых по 59 видам минерального и углеводородного сырья. Республика занимает ведущее место в Российской Федерации по добыче алмазов, золота, сурьмы, в значительных масштабах для внутренних и экспортных целей ведется добыча нефти, угля, для

внутренних потребностей добываются природный газ, подземные воды, строительные материалы, общераспространенные и другие полезные ископаемые (Гос. доклад об экол. ситуации, 2015).

АК «АЛРОСА» (ПАО) является одним из крупных природопользователей на территории Республики Саха (Якутия) и крупнейшей в Российской Федерации алмазодобывающей компанией, занимающейся разведкой, добычей, обработкой и реализацией алмазов (Гос. доклад об экол. ситуации, 2015).

Добывают алмазы в Якутии следующим способом:

1 этап — разведывательный, от поиска месторождения до добычи первого экземпляра занимает несколько лет.

2 этап — инфраструктурный (подготовка площадки, закупка техники и оборудования, строительство жилья для людей).

3 этап — непосредственно добыча. Карьерная добыча (добыча открытым способом) производится до глубины около 600 метров. Более глубокие залежи отрабатываются подземным способом. Добытая тем или другим способом руда самосвалами доставляется на обогатительную фабрику, где подвергается следующим операциям: Дробление руды. Измельчение породы происходит сначала в дробилках на куски до 1,5 метров, затем в мельницах мокрого самоизмельчения до 50 см. Спиральные классификаторы распределяют сырье по плотности. Вибрационное сито (грохот) просеивает материал. Обогащение при помощи отсадочных машин. В условиях пульсации воды куски породы средних фракций оседают на дно. Мелкий материал вместе с водными реагентами поступает в пневмофлотационную машину, где мелкие кристаллы притягиваются пузырьками пены и направляются вместе с ней в доводку. Крупные фракции руды обогащают посредством рентгенолюминесцентной сепарации, которая основана на свойстве алмазов люминесцировать при рентгеновском облучении. После световой вспышки по звуковому сигналу специальное устройство отсекает кристаллы алмазов от породы. Окончательная доводка, заключается в рассеивании, очищении, ручной выборке, сортировке и упаковке.

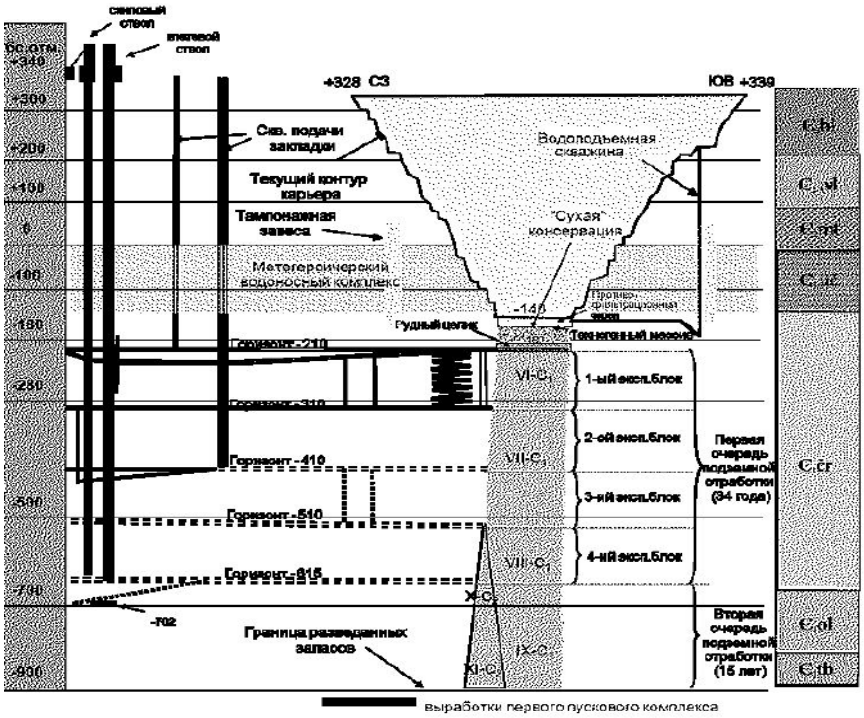


Рис. 1.2.1. Принципиальная схема комбинированной отработки трубки «Мир» (Дроздов, Акишев, Мельникова, 2014)

Разработка алмазных трубок является одним из приоритетных направлений в освоении месторождений полезных ископаемых. Открытый способ разработки является основным способом при добыче алмазов, где средневзвешенная глубина карьеров достигла 273 м. Максимальная глубина карьеров – 640 м и в перспективе будут углубляться до 720 м и более. В связи с этим, практически все кимберлитовые карьеры находятся в стадии реконструкции и рассчитаны на предельную по горнотехническим условиям глубину и производительность по добыче руды (Заровняев, Акишев и др., 2013).

В настоящее время за счет интенсивной отработки кимберлитовых месторождений открытым способом карьеры достигли критической глубины. На месторождениях «Айхал» и «Мир» завершены открытые горные работы соответственно на глубинах 325 и 525 м. Осложнилась горнотехническая обстановка из-за загазованности карьеров выхлопными газами автотранспорта, продуктов буровзрывных работ и сероводородных испарений, большого объема вскрышных работ. Все это приводит к долговременным простоям карьеров.

Разработка законтурных запасов на стадии завершения работы карьеров имеет ряд существенных факторов, которые влияют на ведение очистных работ. Это смерзаемость и расщепление кимберлитовой руды, размокание и выветривание, слоистость и большая трещиноватость. Они оказывают существенное влияние на выбор системы разработки и параметры буровзрывных работ, а также на показатели полноты и качества извлечения при разработке рудных месторождений.

Переход на подземную разработку алмазоносных месторождений затрудняется отсутствием практики ведения горных работ в условиях Севера. Автоматический перенос традиционных технологий разработки алмазоносных месторождений, в том числе связано с выпуском руды, в условиях многолетнемерзлых горных пород. При переходе с открытого способа добычи на подземные работы приводит к большим потерям и разубоживанию руды.

После открытых разработок месторождений алмазов естественный рельеф преобразуется в техногенные формы как карьеры, траншеи и канавы, различных по своим параметрам.

Карьер представляет собой совокупность горных выработок, образованных при добыче полезного ископаемого открытым способом. Форма карьеров определяется условиями залегания полезного ископаемого и геометрией разрабатываемого пласта или рудного тела (Миронова, 2012):

- выровненные мульдообразные карьеры характерны для разработок торфяников, сапропелей иных площадных пологопадающих залежей полезных ископаемых при небольшой мощности вскрышных пород. Их глубина обычно не превышает 10 м;
- мульдообразные гребневидные формируются при разработке сходных по геометрии и положению в разрезе залежей, при большей мощности вскрышных пород или значительном преобладании масс вмещающих пород над массой полезного ископаемого (россыпные месторождения).
- в случае разработки террасовых россыпей собственно карьерная выработка может не быть выраженной в рельефе и, в этом случае, система

гребневидных отвалов представляет собой уже аккумулятивные формы техногенного рельефа;

- трапециевидные вытянутые горизонтальные карьеры образуются при разработке вытянутых горизонтальных или пологопадающих залежей малой (до 20 м) мощности, с перевалкой пород маломощной вскрыши драглайнами во внешние бортовые отвалы, экскаваторами или отвалообразователями - во внутренние;
- трапецевидные террасированные вытянутые горизонтально каньоны формируются при разработке полого или крутопадающих глубоких залежей любой мощности, с перевалкой вскрышных пород во внутренние отвалы;
- циркообразные террасированные карьеры формируются при разработке глубокозалегающих залежей крутого падения, в том числе - кимберлитовых трубок, с перевалкой вскрышных пород только во внешние отвалы.

Траншеи представляют собой трапециевидные вытянутые горизонтальные или наклонные горные выработки, протяженность которых значительно превышает их ширину. По отношению к контуру карьера, траншеи могут располагаться внутри него, либо находится за его пределами. При значительной глубине траншеи ее борта могут быть террасированы.

Канавы - вид горных выработок, характерный для геологоразведочных работ, использующийся в горных предприятиях обычно для отвода поверхностных вод от карьерного или шахтного поля.

Техногенный рельеф речных долин, остающийся после разработки россыпных месторождений сложен и разнообразен. Его морфологические параметры сопоставимы с параметрами естественных форм рельефа: высотами речных террас, глубиной вреза в их поверхность долин и ручьев.

Глубина карьерных выемок составляет от 2 до 25 м. Высота отвалов вскрышных пород в зависимости от способа их транспортировки достигает обычно 8-12 м, при бульдозерном или скреперном отвалообразовании до 20-25

м. Высота отвалов обогащения может составлять от 2-3 метров при гидравлическом их транспорте, до 15-20 м при использовании транспортных механизмов. Высота дражных отвалов, весьма распространенных в долинах рек, составляет 8-15 м (Трофимов, 1974).

Нарушенные горными разработками земли представляют собой склоновые поверхности различной формы и ориентировки, увенчанные гребнями или конусами, существенно отличающиеся по ряду своих свойств от естественных.

Таким образом, наиболее существенные нарушения природной среды возникают именно при открытых горных работах, для организации которых и используется обычно значительная территория, занятая карьерами, отвалами, железнодорожными и автомобильными дорогами обогатительными фабриками и другими промышленными сооружениями. Так, средняя площадь карьера строительных материалов составляет 30 - 250 га, карьера по добыче марганцевой руды или угля - 1000 - 2000 га, железорудного карьера - 150 - 500 га.

Открытый способ разработки является основным направлением развития горной промышленности, что вызывает увеличение территорий, которые частично или полностью подвергаются нарушению. Интенсивное развитие открытых работ сопровождается ростом объемов и, соответственно, отвалов вскрышных пород.

Глубина рудных карьеров достигает до 250 м и более. В горнотехнической литературе отмечается, что через 30 лет глубина карьеров увеличится до 1000 м. С углублением карьеров изменится текущий коэффициент вскрыши до 30-50 т/т. Так как высота отвалов обычно не превышает 50 м и вряд ли может быть более 100 м, то для размещения такого большого объема вскрышных пород на поверхности земли потребуются значительно больше территории. Расчеты показывают, что при глубине открытых работ 500-1000 м площадь отвала будет превышать площадь карьера в 4-7 раз.

Провалы и впадины, образующиеся на поверхности земли в результате обрушения кровли подземных выработок, весьма различны по форме и размерам, определяющимися глубиной разработки, объемами извлекаемых из недр горных пород и руд, геометрией рудных залежей или угольных пластов.

Обнаженные горные породы в бортах провалов, поверхность терриконов, хвосто- и шламохранилищ нередко становятся источником пылеобразования, а при разработке горючих полезных ископаемых дыма, причем в составе пыли и дыма в воздух могут попадать фитотоксичные компоненты. Они же могут оказаться и в грунтовых водах, формирующих свой химический состав в провальных мульдах и отвальных породах. Таким образом, помимо воздействия на рельеф поверхности земли, подземные горные разработки могут также приводить к загрязнению поверхности почвы, растительности и подземных вод.

Влияние геологоразведочных работ состоит в нарушении поверхности и почвенно-растительного покрова при организации и обустройстве площадок буровых работ, строительстве и эксплуатации временных дорог и поселков разведчиков, прокладке дорожных трасс и зимников гусеничного транспорта, неорганизованной езды гусеничного транспорта. Подсчитано, что при сооружении простейшей дороги шириной всего 4 м, размеры занимаемой ею площади составят 1 га на каждые 2,5 км трассы. Между тем, дороги геологоразведочных партий обычно измеряются десятками, а в северных регионах - сотнями километров, причем нередко прокрадывается не одна, а несколько трасс, соответственно для сухого времени года и распутицы (Арчегова, 1993).

Размеры и форма отвалов определяются несколькими обстоятельствами, в частности - технологией разработки месторождений и отвалообразования. В простейшем случае, при использовании вагонеток и скипов, формируются конические отвалы – терриконики, при использовании автомобильного и железнодорожного транспорта - платообразные и гребневидные, при обилии отвального материала организуются платообразные террасированные отвалы.

Хвосто - и шламохранилища обогатительных фабрик ГОКов и

энергетических предприятий (ГРЭС, ТЭЦ, ТЭС), обеспечивающих основное производство, располагаются обычно в ближайших понижениях рельефа, постепенно заполняя которые они формируют плоские или слабонаклонные поверхности. Используя ограждающие дамбы, хвосто- и шламохранилища могут быть подняты над поверхностью земли и тогда они представляют собой плоские столообразные возвышенности, ограниченные склонами, крутизна которых обычно определяется углом естественного откоса пород, заложенных в ограждающие дамбы. Известно немало случаев разрушения и оползания дамб обвалования с последующим катастрофическим образованием селеподобных потоков и переотложением материалов, накопленных в шламохранилищах в естественные понижения, загрязнении водных объектов.

На всех карьерах принята транспортная система разработки с вывозом вскрышных пород во внешние отвалы. Для транспортировки руды и вскрышных пород используются автосамосвалы большой и особо большой грузоподъемности – от 40 до 136 тонн. Парк автосамосвалов грузоподъемностью 42-45 тонн представлен моделями Белорусского автозавода и на Айхальском ГОКе составляет 63 единиц техники из них фирмы Юнит Риг МТ-3300 грузоподъемностью 136 тонн - 7 единиц техники.

На карьерах Айхальского и Нюрбинского ГОКов внедрены автоматизированные системы управления горнотранспортными работами (АСУ ГТР).

В системе управления реализованы следующие функции:

- информация о местоположении и состоянии горного и транспортного оборудования;

- автоматическая оптимальная диспетчеризация экскаваторно-автомобильного комплекса;

- контроль загрузки, скоростных режимов самосвалов;

- мониторинг технического состояния и обслуживания оборудования, расхода топлива и эксплуатации шин;

- оперативный и накопительный учет работы оборудования и карьера в

целом.

Внедрение АСУ ГТР позволило:

- повысить производительность горного и транспортного оборудования;
- снизить время простоев, расхода топлива;
- улучшить производственную дисциплину, организацию и безопасность работ;
- снизить себестоимость добычи и транспортировки горной массы.

Объем перевозок технологического транспорта АК «АЛРОСА» в 2015 году составил 127355,8 тыс. тонн, а грузооборот 595454,6 тыс. км.

1.3. Рекультивация нарушенных земель за рубежом

Вопросы о рекультивации нарушенных горнодобывающими предприятиями территорий ставились еще 100–150 лет назад, сначала в государствах Европы, Америки, а затем и в Советском Союзе. После второй мировой войны проблема охватила многие страны и превратилась в целое направление – рекультивация земель (Акимова, Хаскин, 1999).

Первые работы по рекультивации земель в США были проведены в 1926 году на участках, нарушенных горными работами (штат Индиана) (Гурина, 2008). Широкое развитие в Европе и США рекультивация получила в предвоенные годы и главным образом после второй мировой войны. В настоящее время успешная работа по рекультивации буроугольных и каменноугольных разработок проводится в Германии, Польше, Англии, США и других странах (Гурина, 2008).

В Англии с ее высокой плотностью населения предпочтение дается сельскохозяйственной рекультивации и использованию отвалов под городские и рекреационные застройки. Устройство парков и строительство на шахтных землях практиковалось еще с середины прошлого века, сейчас такие парки имеются во многих городах страны.

Во Франции, Дании, Бельгии, Италии и других европейских странах существенную проблему охраны окружающей среды составляет озеленение терриконов угольных шахт и рекультивация карьеров строительных материалов

(Гурина, 2008).

В США рекультивацией земель занимаются Лесная и Геологическая службы, Служба охраны почв, Горное бюро и ряд федеральных ведомств и агентств. Регламентирование деятельности горнодобывающих предприятий и работ по рекультивации отражается в законах штатов (Назьина, 2013).

Более подробно изучены этапы биологической рекультивации с применением осадков сточных вод, твердых бытовых отходов, компосты ила и мусора (Diaz, Golneke, 1984; Processing and…, 1984; Wilson, Rahe, Webber , 1985; Davis, 1989; Yadav , Jha, 1989; Hattori, 1989;Essington, 1990; Henning, Alphs, Krogmeier, 1991; Henry , King, Harrison, 1991; Korentajer, 1991; Haering, Daniels, 1992; Logan, Burnham, 1993; Lue-Hing, Zenz, Pietz, Granato, 1993; Clapp, Dowdy и другие 1993; Skousen, Clinger, 1993;Daniels, Stuczynski и др. 1995;), результаты которых показывают значительное изменение самозарастания растительностью нарушенных территорий. Создан ряд специализированных объединений по восстановлению земель, нарушенных открытыми разработками. Преимущественное распространение здесь получила фиторекультивация, заключающаяся в создании лесов рекреационного назначения. По проблеме рекультивации нарушенных территорий писали I.G. Hall (1957), J.R. Oxenham (1969), M. Lemeshev, (1981), T. Matsuzaki (1985) и др.

При рекультивации широко практикуется аэросев, заделка семян на крутых откосах гидронамывом, посадка ручным способом (Гурина, 2008). Большое значение придается подбору видов древесных и кустарниковых растений, наиболее устойчивых к сложным экологическим условиям, которое производится на основе наблюдений за естественным зарастанием отвалов. Достоинством американских программ является тесное увязывание рекультивации с планами работ по охране почв и вод в границах специальных мелиоративных районов, на которые разделена вся территория страны.

В Германии первостепенное значение придается восстановлению земель для сельскохозяйственного использования, однако вопросы лесной рекультивации занимают важное место в общей системе охраны и

восстановлении техногенных ландшафтов (Гурина, 2008). Государственные лесничества успешно создают лесонасаждения на шахтных отвалах, сложенных каменистыми породами, в Рудных горах. Ельники, посаженные на таких отвалах более ста лет назад, представляют собой спелые полнодревесные насаждения. Однако наибольший размах работы по лесной рекультивации получили на территориях, нарушенных при открытой добыче бурого угля. Во всех законоположениях выдвигается требование о создании на нарушенных территориях нового культурного ландшафта. Здесь ландшафтное планирование находится под контролем государственных организаций, на основе перспективных планов горные предприятия заключают долгосрочные договоры с государственными землепользователями, в которых оговариваются все виды рекультивационных работ, сроки исполнения и требования к качеству подготовки территории. Горные предприятия проводят разравнивание отвалов, нанесение плодородных грунтов, химическую мелиорацию и общее инженерно-техническое обустройство территории (Назьина, 2013).

В Польше на отвалах каменноугольной шахты «Богданка», биологическая рекультивация, проведенная осенью 1997 г., состояла в нанесении на отвалы осадка сточных вод в жидкой форме с последующим формированием слоя толщиной 7 см с 80 %-ной влажностью. На этот слой высевалась (методом гидропосева) травяная смесь. На другом участке в процессе биологической рекультивации использовался слой подзолистой почвы толщиной 10 см, засеянной затем традиционным способом. Контрольным объектом была пустая порода, не подвергшаяся рекультивации. Установлено, что и осадок сточных вод, и почвенная фракция положительно влияют на характеристики рекультивируемой пустой породы (Миронова, 2016).

В Германии Институтом зерна совместно с аграрным объединением Райнсберг в 1999 г. разработана технология изготовления из измельченной древесины, волокнистых растений, зерен ржи, глины и извести древесно-растительных плит (плиты ROFA), предназначенных для закрепления откосов и рекультивации нарушенных земель, в том числе карьеров по добыче камня. В

состав компонентов включают и питательные элементы. Плиты «начиняют» семенами травянистых растений, которые благодаря хорошей влагообеспеченности, воздухообмену и питательными веществами быстро прорастают и закрепляют нарушенные поверхности, подверженные эрозии и разрушению. Закрепляя плиты на джутовой ткани, получают маты, использование которых позволяет снизить затраты труда на рекультивацию земель этим методом (Миронова, 2016).

Применяется и водорослевый метод («algal bioassey») используемый для оценки «неплодородных материалов» (Штина, Голлербах, 1976). Водоросли скрепляют частицы почвы, склеивая их слизистыми веществами чехлов и клеточных оболочек. Кроме азотфиксирующей способности, водоросли на отвалах играют определенную роль и в накоплении ряда важных для растений микроэлементов и зольных элементов (медь, марганец, цинк, кобальт, молибден, калий).

1.4. Рекультивация нарушенных земель в России

В России в 1912 г. на территории нынешней Владимирской области на участках заброшенных торфоразработок были поставлены опыты по их окультуриванию и выращиванию сельскохозяйственных растений (Назьина, 2013).

На территории бывшего СССР и России вопросами рекультивации занимались на Украине и в европейской части России (Рекультивация земель..., 1973; Моторина, 1975; Эскин, 1975; Научно-технические проблемы…, 1977; Баранник, 1978; Колесников, Моторина, 1979; Сулин, Зубченко, 1980; Горлов, 1981; Экологические аспекты…, 1984; Переверзев, Подлесная, 1986; Поляков и др., 1987; Кандрашин и др., 1992; Биологическая рекультивация…, 1992; Капелькина, 1993) и другие. Работы по биологической рекультивации нарушенных земель в основном были опытно-экспериментальные работы. (Рекультивация земель..., 1973; Баранник, 1978; Биологическая рекультивация на Севере, 1992 и др.).

В отечественной литературе термин "рекультивация территорий"

впервые встречается в 1962 г. в работе И.В.Лазаревой (1962). Автор описала зарубежный опыт рекультивации и рассмотрела эту проблему применительно к использованию нарушенных промышленностью земель для целей градостроительства.

В континентальной Европе, Англии, Америке вопросы о восстановлении нарушенных земель ставились еще 100-150 лет назад. После второй мировой войны эта проблема охватила многие регионы и страны и превратилась в целое направление - рекультивация земель (Моторина, Забелина, 1968).

Рекультивацию земель в Советском Союзе начали проводить на отработанных месторождениях в угольной промышленности (Донбасс) с 1956 года, железорудной и горно-химической - с 1958 г., в цветной металлургии и промышленности строительных материалов - в 60-е годы (Эскин, 1975).

Законодательно рекультивацию земель, нарушенных открытыми горными работами, начали регламентировать с начала 70-х годов с утверждением «Основ земельного законодательства СССР и союзных республик» и ряда ведомственных постановлений (Зубченко, Сулин, 1980). В настоящее время по проведению рекультивации имеется много различных документов, инструкций и руководств.

Современные масштабы нарушения земель достигли таких размеров, что их рекультивация стала составной частью комплекса народнохозяйственных мероприятий по рациональному использованию земельных ресурсов и охране окружающей среды, а также одним из направлений расширения земельных площадей для продуктивного использования (Научно-технические…, 1977). В научно-методическом отношении старые проекты рекультивации нарушенных земель разработаны главным образом дня умеренного климатического пояса нашей страны, обладающего относительно однородными параметрами по среднегодовым температурам, атмосферным осадкам, почвенному покрову.

Север отличается малой продуктивностью биоценозов, замедленным биологическим круговоротом органического вещества, легкой разрушаемостью при техногенных воздействиях и крайне низкой способностью к

самовосстановлению. Работу по рекультивации нарушенных земель Севера осложняют суровые природно-климатические условия криолитозоны и отсутствие достаточного количества плодородного слоя для отсыпки.

На Севере обычно применяются культурные виды трав и минеральные удобрения. Вместе с тем, американские исследователи отмечают, что использование при рекультивации видов, не принадлежащих к естественной флоре (быстрорастущие злаки и разнотравье), перспективны только для закрепления нарушенных участков, впоследствии же очень медленно заселяются видами местной флоры и вытесняются ими. Поэтому на основе наблюдений за естественным восстановлением обосновывается необходимость проведения биологической рекультивации с целью ускорения самовосстановления нарушенных территорий.

Биологическая рекультивация представляет собой сложный вид хозяйственной деятельности, который должен опираться не только на биологическую (экологическую), но и экономическую опору, точнее, социально-экономическую, имея в виду санитарно-гигиенические аспекты, т.к. отвалы пустых пород находятся вблизи природной среды человеческой деятельности (Миронова, 2016).

В районах распространения многолетних мерзлых пород разработаны ряд инженерных и биологических технологий сохранения и искусственного восстановления нарушенных мерзлотных условий, предотвращающих разрушение промышленных сооружений и обеспечивающих восстановление почвенно-растительного покрова (Миронова, 2000). Подобраны и испытаны травянистые и кустарниковые растения для биологической рекультивации, предложены основы агротехники создания травянистого покрова в основном для сибирской зоны.

Одними из первых работ по рекультивации в России следует считать работы по освоению торфяных выработок на севере и северо-западе европейской части страны для лесохозяйственных целей (Назьина, 2013).

И.А. Крупенников, А.М. Холмецкий (1979), С.И. Миронова (2016)

выделяют следующие этапы развития рекультивационных работ в России:

I этап – 1906 - 1949 гг.: увеличение площади нарушенных промышленностью земель, осознание необходимости их восстановления, зарождение идеи, разрозненные опыты;

II этап – 1950 - 1968 гг.: резкий рост площади открытых разработок полезных ископаемых, начало правового регулирования, разработка требований и указаний по рекультивации, системные научно-производственные эксперименты, первые обобщения, научно-технические совещания, разрозненное планирование рекультивационных мероприятий;

III этап – 1969 - 1980 гг.: принятие земельного Кодекса и специальных правительственных Постановлений по рекультивации, включение работ по рекультивации в технологический процесс производства, первые теоретические разработки и научно-организационное становление рекультоведения, возникновение проблемы утилизации почв, снимаемых с отчуждаемых из сельского и поеного хозяйства земель, разработка государственных и отраслевых стандартов;

IV этап - с 1981 г. началась усиленная разработка теории ускорения почвенных процессов и создание высокоплодородного почвенного профиля за счет сокращения потерь почвы в процессе рекультивации, расширения масштабов землевосстановительных работ и т. д.

В СССР с 1971 по 1980 гг. рекультивация была выполнена на площади 713 тыс. км, т.е. ежегодный объем рекультивационных работ составлял 71,3 тыс. га. Значительный их рост был заложен в Государственной комплексной программе повышения плодородия почв России на 1992-1995 гг., где предусматривалось ежегодно рекультивировать для последующего сельскохозяйственного использования до 96 тыс. га (Савон, Шумилов, 2008).

Рекультивация земель проводится согласно требованиям Постановления Правительства РФ от 23.02.1994 № 140 «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» и Основных положений о рекультивации земель, снятии, сохранении и

рациональном использовании плодородного слоя почвы, утвержденных Приказом Минприроды России и Роскомзема от 22.12.1995 № 525/67 (ГОСТ 17.5.1.03-86).

Оценка качества выполнения работ по рекультивации земель должна осуществляться комиссией в составе специалистов муниципалитета в соответствии с действующими нормативами и стандартами (ГОСТ 17.5.1.03-86) по рекультивации и охране земель.

По исследованиям трансформации техногенных ландшафтах на различных загрязненных и нарушенных территориях изучены территории центральной России В.Б.Жарниковым и другими (2013).

Большая часть трудов посвящена по изучению влияния нефтепродуктов на окружающую среду (Бузмаков, 2006, 2012; Кулакова, 2007 и другие).

В своей работе А.Ю.Кулагин (2010) на основании исследований, проведенных в период 1976 – 2009 гг. показал, что реальным путем снижения отрицательных последствий разработки месторождений полезных ископаемых является рекультивация техногенных земель. В качестве перспективного он предлагает лесное направление рекультивации нарушенных земель.

Анализ работ по лесной рекультивации отвалов горнодобывающей промышленности за последние 30 лет свидетельствует, что естественное восстановление древесной растительности Кумертауского буроугольного разреза происходит через 25–35 лет после окончания отсыпки отвалов горных пород. Лесные насаждения на промышленных отвалах с течением времени становятся полноценной экосистемой. При этом со временем на отвалах формируются экосистемы зонального типа. Опыт создания лесных культур на отвалах буроугольных разработок, медноколчеданных месторождений и железорудных месторождений свидетельствует о том, что сроки биологической рекультивации могут быть сокращены на 15–20 лет (Ведерников, 2001, 2002; Кулагин и другие, 2001).

Восстановление горнопромышленных ландшафтов Крайнего Северо-Востока России и естественное восстановление техногенных ландшафтов

лиственничных редколесий Северо-Востока России в Магаданской области рассмотрены в трудах П.Е. Тихменева с соавторами (2005). Авторы рассматривают особенности естественного восстановления почвенно-растительного покрова в горнопромышленных ландшафтах тундровой, лесотундровой и северотаежной зонах Крайнего Северо-Востока России. Авторами установлено, что успешному росту и развитию многолетних трав на техногенных образованиях в известной степени благоприятствует естественный фактор высоких широт и большая продолжительность светового периода суток. При подборе видового состава растений для промышленной рекультивации нарушенных земель следует учитывать особенности онтогенеза интродуцируемых видов, особенно их семенную продуктивность.

Воздействие техногенных нарушений на динамику почвенно-растительного покрова Мещерской низменности, представлены комплексные исследования почв лесных экосистем, а также выявлены состояние и динамика почвенного покрова лесных ландшафтов, подвергшихся техногенному воздействию (Мешаев, 1884; Прозоровский, 1969; Тихомиров, Водолазская, 1969; Тихомиров, Губанов, 1970, 1971, 1973; Водолазская и др., 1975, Казакова, 2004).

Исследована динамика гумусового вещества в техногенной почве и сроки его восстановления, изучены стадии восстановления техногенных фитоценозов, выявлена их видовая и фитоценотическая структура, а также проведен сравнительный анализ техногенных и фоновых фитоценозов территории. Выявлено, что техногенно нарушенные биогеоценозы Радовицкой равнины в процессе естественного возобновления к 20-летнему возрасту приближаются по ряду свойств к первичным ненарушенным лесным биогеоценозам Мещерской низменности (Черногаев, 2014),

Исследованы техногенные трансформации ландшафтов Прикаспийского региона Казахстана, а также природные геохимические барьеры. Выявлены доминантные виды ландшафтов, подверженных трансформации (Ахметжанова, 2010).

Техногенная трансформация растительности на территории Экибастузского угольного бассейна исследовано на трех угольных разрезах: «Северный» с 1955 года, «Богатырь» с 1970 года и «Восточный» с 1985 года. Вскрышные породы с разрезов складировались на восьми внешних отвалах. Общая площадь земель, занятая отвалами, при их средней высоте 55—60 м составляет 58,5 км^2. В отвалы уложено 2,44 млрд. м^3. Изучено экологическое состояние растительного покрова в условиях интенсивной добычи угля Экибастузского месторождения. Для оценки степени антропогенной нарушенности растительности описывались условно «фоновые» (ненарушенные или слабонарушенные) участки, сохранившие биоразнообразие и структуру сообществ, и их антропогенные модификации в каждом типе экосистем. В ходе полевых работ на изучаемой территории в 2008 г. было встречено 120 видов, относящихся к 27 семействам и 84 родам. Наибольшим количеством видов представлены семейства сложноцветных (Asteraceae), злаковых (Poaceae), крестоцветных (Brassicaceae), бобовых (Fabaceae), маревых (Chenopodiaceae). Кормовыми растениями являются 36 видов, к хозяйственно-ценным относятся 12 видов, 21 лекарственный вид, 6 — медоносных, 12 — пищевых, 3 — декоративных. Сорные растения составляют 34 вида. Имеются также дубильные, волокнистые, соленосные, эфиромасличные виды. Для снижения воздействия предприятий угледобычи региона на растительный покров рекомендованы следующие меры: с целью снижения площади нарушений и отчуждения растительного покрова движение транспорта к объектам должно осуществляться только по дорогам; при продолжении трасс временных дорог необходимо максимально использовать существующую дорожную сеть, особенно дороги с твердым покрытием, и учитывать природные условия местности; осуществление строгого контроля и проведение профилактических мероприятий за основными источниками загрязнений; обеспечение поддержки техники и оборудования в надлежащем состоянии; дальнейшее проведение мероприятий по рекультивации отвалов вскрышных пород; проведение мероприятий по озеленению территории производственных

объектов, расширению площади зеленых насаждений с вводом в ассортимент новых декоративных видов, а также растений, обладающих высокой пылепоглотительной и фитонцидной активностью; создание лесополос вдоль постоянных дорог в районе расположения объектов предприятий угледобычи (Русина, 2015).

На территории Кабардино-Балкарской республики (КБР) разведано и используется более 50 различных объектов природного сырья, которые расположены по всему региону, их площадь составляет свыше 1000 га. Естественное зарастание имеет ряд особенностей в связи с многообразием и специфичностью экологических условий. При выполнении практических работ опирались на использование существующих методик по изучению состояния и роста в условиях нарушенных земель с закладкой пробных площадок. Пробные площадки с размером 20х25, 50х100, 25х40 метров. Пробные площадки закладывались в различных частях откосов техногенных земель (верхняя, средняя, нижняя и по дну), склонов (северная, южная, восточная и западная экспозиции). В результате пришли к выводу, что естественное зарастание растениями на нарушенных землях идет под прямым воздействием зонально-климатических условий, также лучший рост и состояние произрастания отмечается в нижних частях, где их показатели превышают верхние части. При создании защитных насаждений на нарушенных землях необходимо индивидуально подходить не только к видам растений, но и к каждому конкретному участку техногенного ландшафта (Алиев, Панков, Хамарова, 2005).

Восстановление техногенных земель начинается с «нуля», при практическом отсутствии всех живых компонентов биоты. Их заселение живыми организмами происходит спонтанно. Процесс этот длительный, его направление и скорость зависит от многих факторов. В большинстве случаев существует необходимость в искусственном восстановлении растительного покрова.

Степень и интенсивность антропогенного воздействия на экосистемы,

прежде всего, сказывается на растительном покрове, который претерпевает наиболее зримые прямые и косвенные изменения. Горные разработки уничтожают целые лесные, луговые и болотные массивы, и соответствующие сообщества, и популяции различных видов растений, в том числе редких и подлежащих охране. В случае если растительность сразу не уничтожается, в ней происходят антропогенные смены, также ведущие постепенно к деградации естественного растительного покрова.

Комплексные экологические исследования промышленных районов показали, что на отработанных месторождениях проводится только горнотехническая рекультивация, т.е. планировка площадей, или «противоэрозионная» отсыпка отвалов более грубообломочным материалом для предотвращения их размыва паводковыми водами. Биологический этап рекультивации находится только на стадии опытных исследований (Зубченко, Сулин, 1980; Временная инструкция…,1990; Заудальский, Козлов, 1998, Миронова, 2000, 2010; Миронова и др., 2005, 2009, 2011, 2012, 2015).

Имеются некоторые опыты других регионов по использованию нетрадиционных материалов. Так, на Кольском полуострове на отвалах после внесения азотных, фосфорных и органических удобрений и посева местных и инорайонных трав используется закрепитель песка – латекс СКС-65 ГП.

О.А. Дружинина, Е.Г. Мяло (1990) предлагали непосредственный засев отработанных площадей многолетними травами с применением минеральных удобрений, обогащение техногенных субстратов органическими веществами, необходимыми для создания корнеобитаемой части рекультивационного слоя – нанесение слоя ила, использование сапропеля; травосеяние с применением многолетних видов местной флоры.

Е.П. Дороненко (1979) рассматривал необходимость разработки приемов, ускоряющих развитие организмов, первыми заселяющих техногенные субстраты различных типов, а также методов искусственной альгализации их. Накопление органического вещества будет способствовать интенсификации почвообразовательного процесса и, как следствие этого, – процесса заселения

отвалов высшими растениями.

Комплексные работы по оценке биологической рекультивации техногенных ландшафтов с использованием осадков сточных вод (ОСВ) сформированных в промышленном центре Южного Кузбасса. ОСВ разместили на хвостах обогащения железной руды – хвостохранилище Абагурской аглофабрики Кузнецкого металлургического комбината (КМК) и сталеплавильном шлаке и породе углеобогащения – шламохранилище Западносибирского металлургического комбината (ЗСМК). Авторы исследования отмечают в заключении, что ОСВ не может рассматриваться в качестве источника внесения дополнительного загрязнения по санитарно-гигиеническим показателям. Созданные с использованием ОСВ техноземы характеризуются комплексным показателем загрязненности химическими элементами на уровне (хвосты обогащения железной руды и порода углеобогащения) и существенно ниже (сталеплавильный шлак) исходных техногенных пород. Присутствие ОСВ и произрастающих растений на техноземах создают благоприятные условия для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов; зафиксированный уровень активности целлюлозоразрушающих бактерий сопоставим с таковым у природного контроля. Использование ОСВ способствует развитию у древесных растений (тополя, ивы) полноценной корневой системы с последующим ее выходом за пределы ОСВ в минеральный субстрат и появлением поросли, что дает основание для продолжения поиска технологических решений введения древесной компоненты в формирующиеся ценозы в качестве мощного источника притока органической массы на рекультивируемые территории. (Водолеев, Степнов, Кудашкина, 2003, 2006).

А.С. Моториным, А.В. Игловиковым (2012) изучены рост и развитие многолетних трав в условиях Крайнего Севера при применении новых агромелиоративных приемов на биологическом этапе рекультивации. Опыты закладывались в 3-4 кратной повторности. Выращивали многокомпонентную травосмесь: овсяница красная (Festuca rubra) — 40 %, кострец безостый

(Bromopsis inermis) — 35 %, овсяница луговая (Festuca pratensis) — 10 %, тимофеевка луговая (Phleum pratense) — 5 %, пырей ползучий (Elytrigia repens) — 5 %, мятлик луговой (Poa pratensis) — 3 %, бекмания обыкновенная (Beckmannia eruciformis) — 2 %. При визуальном осмотре выявлено, что карьер 15-летней выработки окружен кустарничково-лишайниково-моховыми лиственничными сообществами. Дно карьера ровное, плоское, с возвышенностями, на которых небольшими группировками произрастают: иван чай узколистный, вейник наземный, сообщества пушиц, также отмечается появление ивовых. На дне карьера русла стока обводнены, потом обсыхают. В течение всего лета остаются значительно увлажненными, растительность в них отсутствует. В варианте с внесением минеральных удобрений перед уходом в зиму, отмечена фаза спелости у всех видов многолетних трав. Проективное покрытие составило 100 %, высота растений достигала 60 см. Такое же развитие трав установлено и на варианте с применением биоматов торфяных. На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что при применении биоматов торфяных укрепительный эффект наступает сразу после их укладки. В результате чего прекращается раздувание мелкодисперсных песков, о чем свидетельствуют результаты наблюдений. Применение минеральных удобрений и биоматов торфяных ускоряет прохождение фенофаз многолетними травами, что способствует более быстрому задернению, укреплению минерального субстрата и предотвращению водной и ветровой эрозии. Суровые почвенно-климатические условия Крайнего Севера обуславливают необходимость формирования многокомпонентной рекультивационной травосмеси, в которую необходимо включение следующих видов: овсяница красная (сорт Свердловская), кострец безостый (Сибниисхоз 189), овсяница луговая (Свердловская 37), тимофеевка луговая (Камалинская 96), пырей ползучий (местная популяция), мятлик луговой (местная популяция), бекмания обыкновенная (Нарымская 2).

Исследования работ по биологической рекультивации в СССР и России С.И. Мироновой (2016) подразделены на следующие этапы:

1 этап – до 1970-х годов, когда ученые начали проводить научно-исследовательские (почвенные, геоботанические, ландшафтные и др.) и научно-практические (опытные рекультивационные) работы на нарушенных промышленными предприятиями землях;

2 этап - с 1980-х до конца 1990-х годов количество публикаций по биологической рекультивации заметно снизилось, опытные работы были почти приостановлены.

3 этап – конец 1990-х и в настоящее время – возобновление научных и научно-практических исследований по биологической рекультивации после «затишья».

Анализ литературы показывает рост числа научных публикаций по биологической рекультивации нарушенных земель и связанных с нее исследований в 1960–1970-х годах. В 1978 году появилась работа «Программа и методика биогеоценотических исследований» (Колесников, Моторина, 1978). Все представленные в ней методы были основаны на известных методах изучения естественной растительности, поскольку в техногенных ландшафтах проходят те же процессы, что и природных. Более обширный обзор литературы по биологической рекультивации нарушенных земель в 1970-х годах представлен в работе Л.В. Моториной и Н.М. Забелиной (1968). Авторы отмечают, что выбор подходящих приемов рекультивации должен проходить дифференцированно по участкам, должны быть предложены индивидуальные решения о направлении и очередности рекультивации, сочетании ее видов и технологии работ (Временная инструкция…, 1990; Биологическая рекультивация…, 2003; Биологическая рекультивация…, 2007).

Учеными при исследовании растительность техногенных субстратов выделены сукцессионные стадии для отвалов (Моторина, Забелина, 1968; Колесников, 1974; Колесников, Пикалова, 1974; Промышленность и рекультивация…, 1975; Колесников, Лукьянец, 1976; Колесников, Моторина, 1975; Чибрик, 2005). Основателем промышленной ботаники как теории рекультивационных исследований является В.В. Тарчевский (Рекультивация...,

2009).

Работы многих исследователей посвящены теории первичной сукцессии на зарастающих отвалах (Сукачев, 1938; Ярошенко, 1953; Clements, 1972; Разумовский, 1981; Pickett, 1982; Миркин, 1985; Бигон и др., 1989; Миронова, 2000; Манаков и др., 2011; Капелькина и др., 2014 и др.). Клементс (Clements, 1972) – автор теории сукцессии – первым рассмотрел динамику растительности во взаимосвязи с ее абиотическим окружением, прежде всего с почвой. По мнению С. Пикет (Pickett, 1982) главная тенденция сукцессий заключается в смягчении стрессовых воздействий среды, когда новые условия обитания становятся «полигоном», на котором вырабатываются новые и «проверяются» старые адаптации видов. В условиях техногенных экотопов, характеризующихся в основном неблагоприятными факторами среды, растительная сукцессия сходится с моделью облегчения (или благоприятствования), когда на открытом пространстве поселяются только определенные виды, изменяющие среду таким образом, что способствуют поселению других видов. Взаимодействия растений приводят к изменению соотношения видов, вплоть до исчезновения некоторых из них. В условиях техногенных экотопов, характеризующихся в основном неблагоприятными факторами среды, растительная сукцессия сходится с моделью облегчения (или благоприятствования), когда на открытом пространстве поселяются только определенные виды, изменяющие среду таким образом, что способствуют поселению других видов (Pickett, 1982).

Разработаны различные классификации техногенных ландшафтов. Ф.Н. Мильков (1973) антропогенные ландшафты объединяет в 1 класс – промышленные (индустриальные) ландшафты с определенными типами (например, карьерно-отвальный).

Л.В. Моторина и В.А. Овчинников (1975) на примере буроугольных и железорудных месторождений выделили 2 основных типа природно-техногенных ландшафтов:

– на буроугольных отвалах тип местности с господством карьерно-

отвальных крупногрядово-гребневидных пустошных комплексов со слабым восстановлением или отсутствием растительного покрова;

– на железорудных месторождениях – тип местности с преобладанием карьерно-отвальных средне-грядово-гребневидно-бугристых комплексов с интенсивным зарастанием растительности;

Авторы отмечают, что на нарушенных землях образуется техногенный неорельеф с 2 типами форм техногенного рельефа: положительный (аккумулятивный) – отвалы, терриконы, насыпные и намывные поверхности планации, и отрицательный (выработанный) – шахты, карьеры, выемки и другие (Миланова, Рябчиков, 1979). Исследователи приходят к выводу о том, что взаимодействие природных и искусственных объектов при горнодобывающей деятельности создает развитие природно-техногенных геосистем, структура которых включает 2 подсистемы: подсистему природных объектов (геологические тела, почва, растительный покров, водные источники, воздух, животные) и подсистему искусственных объектов (наземные и подземные сооружения, плотины, водохранилища, технические средства) (Сочава, 1975).

Особо острая проблема рекультивации стоит в северных регионах (Сибирь, Дальний Восток), где при добыче минерального сырья нарушено до 54% земель. На Севере, в том числе в Якутии, до 1980-х годов проведение рекультивационных работ считалось экономически не выгодным ввиду их слабой заселенности. При этом не учитывалось то, что при нарушении земель начинается самопроизвольное развитие опасных криогенных процессов и явлений, которые приводят к формированию своеобразных «бедлендов» – по аналогии с эродированными и другими антропогенно (техногенно) измененными землями (Природно-техногенные экосистемы…, 2006).

В Сибири и на Дальнем Востоке нарушения земель происходят при открытой добыче газа и нефти (Нефтезагрязненные почвы…, 2006), угля (Рекультивация..., 2008, 2009), золота (Проблемы техногенеза..., 1987), алмазов (Миронова, 1996, 2000), а также других полезных ископаемых (Чайкина, 1997).

При этом в условиях криолитозоны проведение рекультивационных работ затруднено и ограничен выбор методов и способов (Моторина, 1975; Миронова, 2009). Развивается системный подход к изучению «регенерационных биогеоценозов» (Трофимов, 1979), создаются научные стационары.

По проблемам биологической рекультивации проводятся международные (Сыктывкар, 1991, 1994, 1996) региональные конференции (Якутск, 2012).

Новосибирские ученые С.С. Трофимов, А.А. Титлянова и И.Л. Клевенская (1979) предложили системный подход к изучению «регенерационных биогеоценозов». В это же время под руководством С.С. Трофимова при непосредственном участии Л.П. Баранника в окрестностях г. Новокузнецка был создан научный стационар лаборатории рекультивации ИПА СО РАН. Мощный творческий импульс обеспечил всестороннее изучение процессов почвообразования и основных аспектов рекультивации не только на территории Кузбасса, но по всей Сибири, где располагались каменноугольные месторождения (Экология и рекультивация…, 1992; Андроханов и др., 2004, Проблемы промышленной ботаники…, 2008, 2009; Рекультивация нарушенных…, 2008, 2009).

Чрезвычайно интересны опытные работы 1990-х годов по использованию методов индикации (Моторина и др., 1975; Булава, 1990), было применение вермикомпоста (Попов, Чертов, 1994), сапропелей (Валеева, 1994) и другие. Новыми рекомендуемыми авторами методы являются использование дерна естественных сообществ и метод генной инженерии с подбором видов растений способных заселить техногенный субстрат без улучшения. Разрабатываются технологии рекультивации (использование сточных вод для обогащения субстратов, способы фиксации семян, общие системы организации рекультивации и т.д.). Все эти опыты пока являются искусственными без детальных анализов восстановительных процессов.

На промышленных отводах формируются техногенные комплексы с нарушенными микро- и мезо-климатическими и геокриологическими

условиями, причем до настоящего времени не разработаны методы научно обоснованного ландшафтно-геохимического прогноза тех изменений в окружающей среде, которые при этом наблюдаются (Трофимов, 1974).

В Сибири разработаны ряд инженерных и биологических технологий сохранения и искусственного восстановления нарушенных мерзлотных экосистем (Техногенные экосистемы, 1985) с подбором и испытанием травянистых и кустарниковых растения для биологической рекультивации, предложены основы агротехники создания травянистого покрова в основном для сибирской зоны.

Способы и методы биологической рекультивации в России разрабатываются давно. Проводятся опытно-экспериментальные работы по рекультивации в промышленных масштабах в соответствии с общим положениям о рекультивации нарушенных земель, действующих в нашей стране с 1984 года. Более разработаны методы и способы рекультивации отвалов угольных месторождений, известные еще с 70-х годов XX века на территории Донбасса. Однако тогда ученые занимались в основном лесотехническими проблемами – рекультивацией земель с помощью древесных растений для производственных посадок использовали небольшое число видов, в основном сосну и облепиху.

Рекультивационные работы проводятся в Кузбассе, результаты которых отражены в журнале «Рекультивация нарушенных земель в Сибири» (2009) и в монографиях (Куприянов, Манаков, Баранник, 2010). Л.П. Баранник и соавторы (1990) разработали биоэкологические принципы лесной рекультивации с учетом эдафических особенностей вскрышных горных пород и степени плодородия грунтов В результате многолетних наблюдений выяснилось, что растения на чистых отвалах развиваются лучше, чем при нанесении плодородного слоя почвы. Ученые выявили еще одно достоинство своих травосмесей – органичность. Как правило, продолжительность существования обычных степных травосмесей при использовании минеральных и органических удобрений – около 10 лет. А потом они «выпадают».

Все больше внимания исследователи обращают на деградацию почв при техногенезе. Из многочисленных видов деградации почв все большее значение приобретает их изменение под действием химического загрязнения (Wood, 1974; Ковда, 1989; Ильин, 1991 и др.).

Почвы техногенных ландшафтов формируются под воздействием различных факторов почвообразования (Махонина, 1976; Трофимов и др., 1979, 1986; Ужегова и др., 1984; Бурыкин, 1985; Гагарина и др., 1989, 2003; Бурыкин, Засорина, 1989; Баева и др., 1992; Федорец и др., 1995; Андроханов и др., 2000, 2004 и др.).

Процессы начального почвообразования, формирующие почвы техногенных ландшафтов подразделяются на три основные группы: 1. абиогенное преобразование твердой фазы грунта, 2. педогенное изменение минеральной части, 3. биогенно-аккумулятивные процессы.

Одним из основных, характерных черт и показателем направленности процесса почвообразования является динамика содержания гумуса и азота в формирующейся почве, а также состав гумуса (Таймуразова, 1982). Качество образующихся гуминовых веществ зависит от почвенно-климатической зоны, состава пород в отвалах и их структуры, а также возраста.

К настоящему времени наука располагает обширным количеством данных о скорости инициального гумусонакопления в различных субстратах и фитоценотических условиях, о влиянии литогенного фактора на темпы и специфику формирования гумусового профиля молодых почв, о зональных особенностях регенерационного почвообразования и изменении состава гумуса молодых почв под влиянием биоклиматического фактора (Абакумов, 2006).

Затронуты вопросы деградации земельных ресурсов, проанализирован имеющийся опыт рекультивации техногенно - нарушенных ландшафтов Урала, Сибири, а также Якутии в трудах Л.В. Моториной (1968, 1969, 1978), в которых представлены исследования в области рекультивации техногенных ландшафтов СССР и зарубежных стран. Автор выделяет не два этапа рекультивации, а три этапа в процессе рекультивации земель. Кроме двух названных следует

различать еще «подготовительный» или лучше «проектно-изыскательский» этап. Сюда входят следующие работы: обследование и типизация нарушенных и подлежащих нарушению земель; изучение свойств вскрышных пород и классификация их по пригодности к биологической рекультивации; определение направлений и методов рекультивации; составление технико-экономических обоснований и технорабочих проектов по рекультивации земель. Существует также понятие стадийность внутри этапов работ.

Учеными проведена сравнительная классификация пород Серовского угольного района и Челябинского угольного бассейна, расположенных соответственно в таежной (подзона средней тайги) и лесостепной зонах (Денисов, Шауфлер, 1969; Тарчевский, Чибрик, 1969; Колесников и др., 1976; и другие). Созданы основные экологически устойчивые модели рекультивированных земель наугольных месторождениях Урала и направления их использования (Махонина, 1974, 1989, 2004; Трофимов, Таранов и др., 1977; Рагим-заде, 1977; Рагим-заде, Трофимов, 1977; Рагим-заде, Таранов и др., 1990; Абакумов, 2012 и др.)

На Урале работы по рекультивации нарушенных промышленностью земель были начаты в 1959–1961 годах, когда по инициативе и под руководством доктора биологических наук В. В. Тарчевского в Уральском государственном университете создается хозрасчетная лаборатория промышленной ботаники – специальное учреждение, сосредоточившее внимание на изучении методов фитомелиорации промышленных отвалов. Он не только создал стабильный научный коллектив, в который органично входили студенты биофака, но и широко привлекал специалистов других научных учреждений и кафедр биологического факультета. Теоретические и практические разработки в большинстве случаев уникальны, так как касаются неизученных, очень трудных для рекультивации объектов, оказывающих чрезвычайно вредное воздействие на окружающую природную среду (золоотвалы ТЭЦ, шламохранилища после переработки железной руды и руд цветных металлов, нарушенные земли предприятий химической,

машиностроительной промышленности и др.). Работы были проведены на разнотипных отвалах и в разных зональных условиях. Решение обозначенной проблемы важно для промышленного Урала, как с теоретической, так и с практической стороны. Исследования проводились на Урале на нарушенных землях горнодобывающей и перерабатывающей промышленности.

Для успешного проведения этапа биологической рекультивации важные значением исследования имеют изучение флористического состава формирующихся сообществ, процессов восстановления фиторазнообразия на нарушенных промышленностью землях, когда уничтожены почвенный и растительный покровы. Важным направлением этих исследований является изучение динамики ценопопуляций культурных видов в фитоценозах, созданных при биологической рекультивации, и видов – доминантов растительных сообществ, возникших в процессе самозарастания.

Исследования на золоотвалах показали, что формирование сообществ идет по типу первичных сукцессий на открытом, практически безжизненном пространстве, часто в экстремальных эдафических (своеобразных по химическим и физическим свойствам) и микроклиматических условиях. На первых этапах формирования осуществляется жесткий экотопический отбор и интенсивная элиминация растений, особенно в фазе проростков и всходов. Виды, имеющие преимущества по любому из жизненных параметров, обладают более высоким потенциалом для выживания и формирования жизнеспособной ценопопуляции. В этих условиях, на наш взгляд, определяющее значение в формировании растительных сообществ играет процесс дифференциации ниш (Чибрик, 1991, 2002, 2003, 2005, 2012).

1.5. Рекультивация нарушенных земель в Республике Саха (Якутия)

На территории Якутии, как и всего Российского Севера, развитие получила горнодобывающая промышленность. Раньше Якутию воспринимали как отдаленную глухую провинцию России, место политической ссылки, главным ресурсом которой была пушнина. Ситуация стала меняться с 1920-х годов, когда началась разработка богатых месторождений золота в Южной

Якутии.

Якутия относится к важнейшим минерально-сырьевым и горнодобывающим регионам страны, по рейтингу общих запасов всех видов природных ресурсов занимает первое место в Российской Федерации. Добыча алмазов остается ведущей отраслью промышленности, и республика является мировым лидером добычи алмазов с 28.5%-ной долей в каратах за 2015 год (Горная промышленность, 2014).

В 1930-х стартовала добыча олова в Эге-Хая, золота на Индигирке, угля на Сангарском и Кангаласском месторождениях, в районе Чульмана и Джебарики-Хая. А с 1950-х годов добывающая промышленность в Якутии пережила бурный экстенсивный рост связи с открытием алмазных месторождений в Мирнинском районе. Вместе с небывалым промышленным освоением в республике возникли и первые проблемы экологического характера, появились огромные территории, на которых ранее велась добыча полезных ископаемых открытым способом, и нуждающиеся в рекультивации. Перспективные планы промышленного развития региона также связаны с интенсификацией добычи полезных ископаемых. Влияние горнодобывающей промышленности на экосистемы имеет комплексный характер, детерминированный сложностью технологического процесса добычи полезных ископаемых, усугубляемый при освоении девственных территорий необходимостью развития соответствующей инфраструктуры – строительство новых населенных пунктов, организация транспортной сети, развитие промышленности и т.д.

Развитие горнодобывающей промышленности сопровождается разного рода загрязнениями – механическими, химическими, физическими и биологическими (Цыганков, 1994). Воздействие горнодобывающей промышленности на биологические ресурсы, начинается на стадии поиска полезных ископаемых.

Разведка полезных ископаемых, как правило, проводится на девственных территориях, которые ранее не подвергались сколь-либо

серьезной техногенной трансформации. На этом этапе основными факторами воздействия являются отторжение территорий природных ландшафтов, увеличение доступности удаленных угодий и, соответственно, увеличение пресса преследования на широкий круг представителей животного мира и усиление воздействия фактора беспокойства. Кроме того, в зависимости от технологии разведки возможно загрязнения окружающей среды буровыми шламами при бурении, масштабное воздействие на лесную растительность при сейсморазведке и т.д.

На стадии освоения месторождения сохраняются все указанные факторы, но масштабы их воздействия многократно возрастают. Так, значительно увеличиваются площади природных ландшафтов, отторгаемых для развития непосредственного производства и необходимой инфраструктуры, увеличиваются интенсивность химического загрязнения, возрастают экологические риски, в частности резко возрастает вероятность техногенных катастроф со всеми негативными последствиями этого явления (Вольперт, Шадрина, 2007).

Западная Якутия, где находится объект исследования, относится к регионам интенсивного хозяйственного использования, обусловленного значительными минерально-сырьевой базой, растительными и животными ресурсами. Первые официальные сведения о районе получены от русских землепроходцев. Самый большой интерес к региону был вызван тем, что открыли крупные месторождения алмазов в бассейне р. Мархa в начале 60-х годов XIX века.

Проблемы изучения техногенной трансформации экосистем на территории Республики Саха (Якутия) началось с исследований ученых. Среди таких работ следует отметить некоторые работы.

Я.Л. Вольперт, Е.Г. Шадрина (2010) исследовали влияние техногенной трансформации таежных ландшафтов на сообщества мелких млекопитающих Западной Якутии на территории двух крупных промышленных узлов Мирнинского района (среднетаежная подзона) и Айхало-Удачнинского (северо-

таежная подзона). Авторы отмечают, что при масштабных преобразованиях ландшафтов, характерных для деятельности предприятий горнодобывающей промышленности происходят изменения составов сообществ и популяционных параметров мелких млекопитающих. Причем негативная трансформация более резко выражена в пределах северо-таежной подзоны, т.е. в зоне воздействия Удачного и Айхальского ГОКов сильно трансформированы ландшафты и почвенно-растительный покров под влиянием добычи алмазов.

В Центральной Якутии исследования проводились по техногенной трансформации растительности на территории Кангаласского угольного разреза (Васильева, Миронова, 2014). В данной работе представлены исследования растительности разреза «Кангаласский». Оценка степени трансформации естественной растительности проведена путем сравнения геоботанических описаний в разных направлениях от карьера (глубина до 55 м, площадь 200 га, крутизна откосов 45-75º). Возраст старых отвалов достигает более 20 лет. Описания растительности проводились на пробных площадях с определением основных признаков фитоценозов (проективном покрытии, обилии вида, биомассе и пр.) по типу случайного отбора (однородные участки размером 1х1 м2 в безлесных типах растительности и 10х10 м^2 в лесу) на разном расстоянии от карьера – 50м, 150м, 500м, 1000 м – по 25 описаний на каждом участке. По степени техногенной трансформации растительности определены 3 зоны:

- зона с полным уничтожением почвенно-растительного покрова на территории самого карьера с отвалами;

- зона с преобладанием лугово-рудеральных видов на стройплощадках, отвалах и вдоль дорог;

- зона с лесными и луговыми естественными сообществами за пределами хозяйственной деятельности разреза «Кангаласский».

В результате активной производственной деятельности предприятий алмазодобывающей промышленности, продолжающейся с 50-х годов прошлого века, существенно изменились экосистемы Западной Якутии (Саввинов и др., 1992, 1993, 1996 и др.). Значительному техногенному воздействию подвергся и

почвенный покров (Саввинов и др., 2002; 2004 и др.), требующий неотлагательных мер по рекультивации.

Биоиндикация воздействия горнодобывающей промышленности на наземные экосистемы рассмотрены Е.Г. Шадриной и другими (2003). Наиболее тяжелые и долговременные последствия вызывает макроантропогенное (прямое) воздействие, при котором полностью уничтожается природный ценоз. В данном случае вопрос сохранение биоты просто не стоит, но имеется большая проблема восстановления ценоза на посттехногенных территориях. Исследования авторов показали, что даже в относительно благополучных условиях Южной Якутии, где направление сукцессионного процесса направлено к восстановлению природного ценоза, 50 лет - недостаточный срок для приобретения природного облика ландшафта. Выявлено, что интенсивность негативного воздействия с течением времени, по-видимому, не снижается, по крайней мере, организмы на посттехногенных территориях продолжают, испытывают дополнительный стресс, несмотря на значительный период, после окончания техногенной трансформации. В более северных регионах восстановление идет еще более низкими темпами, вполне вероятно, что возвращение техногенных территорий к природному облику в высоких широтах в обозримое время невозможно. Так в лесотундре на участках, подвергшихся глубокой техногенной трансформации возникают ценозы, не имеющие аналогов в природе.

Проведена оценка антропогенного воздействия на ландшафты Центральной Якутии, составлены ландшафтные карты, включающей 14 типов природно-территориальных комплексов, а также предложены интегральные показатели комплексной оценки антропогенного изменения ландшафтов, которые характеризуют площадную нарушенность и степень антропогенного преобразования ландшафтов в зависимости от видов использования территории (Николаева, Сергеева, 2005).

Биоиндикационная оценка состояния техногенно нарушенных земель на территории Западной Якутии проведена Т.М.Пудовой, Е.Г. Шадриной (2012)

путем изучения всхожести семян и частоты встречаемости патологий митоза проростков лука-батуна (*Allium fistulosum. L.*), выращенных на почвенных пробах, отобранных в природных биотопах и в зоне воздействия предприятий горнодобывающей промышленности. Авторами проанализировано 97 проб почвы, 35 000 клеток. Также ими выявлено снижение всхожести семян и повышение показателя мутагенной активности почв на территории, загрязненной в результате деятельности алмазодобывающей промышленности и разведки месторождений углеводородного сырья в зоне воздействия всех обследованных предприятий. Это свидетельствует о нарушении цитогенетического гомеостаза вследствие комплексного воздействия негативных факторов антропогенно - преобразованной среды.

В исследовании для определения терминов, геоботанических описаний, использовались различные труды, учебные пособии, монографии и методологические учебники, среди них выделяю работу М.М. Черосова (2005), где рассматривается современное состояние синантропной флоры и растительности Якутии во всем разнообразии, порожденном природными и антропогенными условиями в различных природных районах республики. В общей сложности в этой работе была описана синантропная растительность более 100 населенных пунктов, исследованы обочины автомобильных дорог, вырубки и гари практически всех районов от севера (Булунский район) до юга (Нерюнгринский район), от запада (Ленский и Мирнинский районы) до востока (Верхнеколымский и Нижнеколымский районы), работы С.И. Поисеевой (2008, 2013).

Заселение техногенных земель растительностью зависит от биоэкологических факторов: высоты, размера и возраста отвалов, состава почвогрунтов, расстояния от естественных сообществ. Поэтому при классификации техногенных комплексов Якутии за основу приняты классификации почвогрунтов, растительности и техногенного рельефа исследованных районов (Природно-техногенные экосистемы…, 2006). На техногенных участках с полным отчуждением почвенно-растительного покрова

не происходит восстановление первичных растительных сообществ, а формируются новые фитоценозы (Миронова, 2000).

Исследования растительного покрова проведены в зоне действия алмазодобывающих предприятий (Миронова и др., 1990, Миронова, 2000). По интенсивности воздействия территория дифференцируется на микро-, мезо- и макроантропогенные участки. Трансформация растительного покрова происходит на всех уровнях воздействия, наиболее существенные изменения выявлены на макроантропогенных участках. Проанализирован состав флоры на природных и антропогенно - преобразованных ландшафтах. Показано, что нарушенные ландшафты резко отличаются от природных по составу флоры. В естественной флоре высших сосудистых растений в зоне деятельности Мирнинского ГОКа выявлено 347 видов из 208 родов и 62 семейств. Флора нарушенных алмазодобывающей промышленностью территорий представлена 105 видами из 80 родов и 28 семейств. От общего списка флоры зоны деятельности МГОК она составляет 30,26 %. Также дано описание исходного состояния растительности территории Удачнинского промышленного узла, а также описаны степени трансформации растительности в зоне техногенного воздействия.

В Западной Якутии в результате активной производственной деятельности предприятий алмазодобывающей промышленности, продолжающейся с 50-х годов прошлого века, существенно трансформировалось состояние экосистем этих территорий. Произошло негативное изменение химического состава речной воды, вызванное огромным объемом залповых сбросов высокоминерализованных вод от предприятий алмазодобывающей промышленности. Резко снизилась биологическая продуктивность водных биоценозов. Значительному техногенному воздействию подвергся и почвенно-растительный покров (Экология…, 1992; Экология…, 1993).

Проведенные лабораторией ВНИИ-1 опыты на дражных отвалах Южной Якутии выявили реальные возможности использования рекультивированных

земель в сельскохозяйственном производстве в зоне вечной мерзлоты (Кузьмин, 1985; Гончаров, 1987). Подобные исследования велись Институтом биологии СО РАН на Кангаласском разрезе и в Южной Якутии, но были краткосрочными из-за финансовых затруднений и не дали научно обоснованных результатов (Петрова, 1994). В последнее время опытные работы по биологической рекультивации ведутся сотрудниками института прикладной экологии Севера (НИИПЭС) СВФУ под руководством Мироновой С.И., на юге, западе и севере республики (2002, 2012, 2015, 2016).

В 1980-х лабораторией охраны природы института Якутниипроалмаз проводились посевы многолетних трав с применением различных доз минеральных удобрений и с насыпкой плодородного слоя разной толщины на отвалах карьера «Мир» в Мирнинском районе республики (Лебедева, Лонкунова, 1990). Предварительные результаты показали перспективность создания кормовых угодий на промышленных отвалах при отсыпке плодородного слоя до 20–40 см и внесении определенных доз минеральных удобрений.

Большой вклад в этом деле внесли сотрудники Института прикладной экологии Севера СВФУ под руководством доктора биологических наук, профессора С.И. Мироновой (2016).

Опытно-экспериментальные исследования НИИПЭС СВФУ можно условно разделить на 3 этапа (Миронова, 2013):

1 этап – начинается с 1999 году, когда по долине р. Селигдар (приток р. Алдан) были заложены первые опытные участки с целью изучения процесса ускорения самозарастания отвалов на месторождениях россыпного золота путем внесения минеральных удобрений. Основным методом был метод «залужения», т.е. посев семян многолетних трав на разновозрастных отвалах. Опыты показали эффективность данного метода на молодых отвалах (возраст 5-15 лет). Внесение удобрений заметно ускоряет процесс самозарастания и стимулирует раннему появлению древесно-кустарниковых растений на дражных отвалах. По результатам исследований были разработаны научно-

практические «Рекомендации по отводу под самозарастание земель, нарушенных горными работами» (2001). Последующие годы по результатам исследований разработаны и другие рекомендации, и учебные пособия (Миронова, Иванов, 2005; Миронова, 2009; Миронова и др., 2010).

В 2001-2003 годах опытами по биологической рекультивации были охвачены отвалы вскрышных пород месторождения «Биллях» в бассейне р. Анабар. Посев семян бекманнии восточной показал высокие результаты, на опытных участках всходы второго года достигли проективного покрытия до 60%, а урожайность сырой массы - до 1 кг с кв. м.

Второй этап включает опытные работы на отвалах рудных месторождений – отвалах карьера «Мир» (2003-2004 гг.). Был предложен отработанный отвал №6 возле смотровой площадки карьера. Высота отвала составляла 60 м, и крутизна откоса - до 45%. Верхняя часть отвала на 20-25% был отсыпан вскрышными породами из россыпного месторождения «Водораздельные галечники». На откосе отвала были образованы мелкие террасы с посевом семян диких трав. Результаты появились спустя 2-3 года, а через 5-6 лет растительный покров отвала имел проективное покрытие травостоя 15-40%, а поверхность отвала – до 80%. В настоящее время отвал единственный зеленый участок на территории.

Третий этап – опытные работы начали проводить на отвалах угольного разреза «Нерюнгринский» (2005 г.). Основная цель работ – проведение биологической рекультивации без отсыпки плодородного слоя. На опытном участке отвала (на поверхности и по откосам) были получены первые положительные результаты посева пырейника и газонных травосмесей, испытанных на грунтах без нанесения плодородного слоя с внесением оптимальных доз (до 100 кг/га) минеральных удобрений (аммофоски). На территории разреза можно найти участки, где можно собрать семена растений. Установлено, что посадки и посевы растений культурной и дикой флоры дают положительные результаты (80-100% всхожести) при постоянном уходе за насаждениями и поливе в засушливое время. Для посева на техногенных

грунтах подходят семена районированных в условиях Якутии видов растений (пырейник, кострец, мятлик, овсяница, люцерна), некоторые трудности в приобретении семян этих растений из-за отсутствия в настоящее время семеноводческих хозяйств. В этой связи рекомендуется создание семенных участков на отвалах разреза. Положительные результаты получены при посадке растений саженцами ив, березы, ольхи. Наиболее интересны посадки черенков растений, но первые отрицательные результаты говорят о тщательном изучении способов и видов кустарниково-древесных пород для черенкования. В суровых условиях Якутии можно предположить о необходимость посадки черенков с корневой системой, но предположения нужно научно обосновать на опытных делянах.

Целью проведения рекультивационных работ является восстановление плодородия земель, создание на них лесохозяйственных, сельскохозяйственных, водохозяйственных, строительных, рекреационных, природоохранных и санитарно-гигиенических зон и строительных объектов. Рекультивации подлежат нарушенные и отработанные земли всех категорий, а также прилегающие земельные участки, утратившие продуктивность в результате отрицательного воздействия нарушенных земель. Рекультивация земель проводится на основе проектов технического и биологического этапов рекультивации, разработка которых осуществляется на основе действующих экологических, санитарно-гигиенических, строительных, водохозяйственных, лесохозяйственных и других нормативов и стандартов с учетом региональных природно-климатических условий, и месторасположения нарушенного участка.

Рекультивация нарушенных земель состоит из 2-х этапов: технической и биологической (ГОСТ 17.5.3.04-83).

Техническая рекультивация, как правило, предшествует биологической и имеет целью подготовку земель к дальнейшему использованию. Конечная цель данного этапа заключается в создании на нарушенных землях подстилающего слоя требуемой мощности из горных пород, пригодных для биологической рекультивации и возвращении на поверхность гумусового слоя почвы (Научно-

технические…, 1977). Часто рекультивация ограничивается только инженерно-техническими мероприятиями с меньшими затратами средств и времени (Трофимов, Рагим-заде, 1985).

Второй этап рекультивации - биологический - также обязателен, как и первый. Она содержит мероприятия по восстановлению плодородия земель и созданию устойчивого растительного покрова (комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий). Выбор подходящих приемов рекультивации должен проходить дифференцированно, для каждого отдельного случая должны быть предложены индивидуальные решения о направлении и очередности рекультивации, сочетании ее видов и технологии работ (Временная…, 1990).

В Якутии проведение рекультивационных работ имеет ряд специфических особенностей в связи со сплошным развитием мощной толщи многолетнемерзлых пород при суровых природно-климатических условиях и дефицита плодородия почв.

1.6. Особенности рекультивации в условиях Якутии

Технический этап рекультивации горнодобывающими предприятиями проводится, согласно проектам разработки месторождений.

Институтом прикладной экологии Севера (НИИПЭС) в Мирнинском и Алданском районах с 1984-го и 1994-го года ведутся работы по изучению процессов самозарастания отвалов, их связи с водно-физическими и химическими свойствами пород, динамики процессов почвообразования, по бору ассортиментов кустарников и многолетних трав, возможности озеленения откосов (Миронова, 1996; Тарабукина, 1996). По долине р. Селигдар в 1994 г. заложены опытные участки по ускорению самозарастания отвалов. Первые результаты выявили эффективность применения оптимальной дозы (до 100 кг/га) азотных удобрений на молодых отвалах. Удобрения помогают быстрому закреплению трав на техногенном субстрате (Миронова, 2000).

Биологическая рекультивация на рудных месторождениях в корне

отличается от рекультивации на россыпных месторождениях.

Отличительными чертами техногенных ландшафтов рудных месторождений являются:

- отвод больших площадей междуречных участков под отвалы пустых пород («индустриальные пустыни»);

- преобладание высоких отвалов с крутыми откосами и глубоких карьеров;

- наличие в отвалах крупных глыбовых, иногда токсичных горных пород, нехватка мелкозема;

- отсутствие семенного материала из-за полного снятия почвенно-растительного покрова на огромных площадях для создания отвалов;

- неблагоприятные условия для самозарастания растений и требование обязательных мероприятий биологической рекультивации лесохозяйственного, водо-, рыбо- и природоохранного, санитарно-гигиенического направлений.

Приемы биологической рекультивации для северных регионов не одинаковы, поэтому следует исходить из природно-климатических условий определенной территории и участка. Общепринятыми приемами биологической рекультивации на участках с полностью нарушенным почвенно-растительным покровом или на искусственных насыпях являются:

- агрохимические и агротехнические работы и мероприятия по подготовке горных пород и почв;

- подготовка корнеобитаемого слоя к посадке;

- подготовка и посадка (посев) травянистых и древесно-кустарниковых видов растений местной флоры;

- мероприятия по созданию и организации объектов в зависимости от направления рекультивации (сельскохозяйственных, лесных, рекреационных, санитарно-гигиенических, природоохранных и др.).

Для создания устойчивого растительного покрова необходимым элементом является плодородный или потенциально плодородный слой. Снятый плодородный верхний слой почвы используется для рекультивации

нарушенных земель или улучшения малопродуктивных угодий. Использование его для целей, не связанных с сельским и лесным хозяйством, допускается только в исключительных случаях, при экономической нецелесообразности или отсутствии возможностей его использования для улучшения земель сельскохозяйственного назначения и лесного фонда. Для озеленения и благоустройства территорий населенных пунктов и других целей, не связанных с сельским и лесным хозяйством, преимущественно используются соответствующие санитарно-гигиеническим и экологическим требованиям потенциально-плодородные слои и породы, а также плодородный слой почвы, снимаемый в черте населенных пунктов при проведении строительных и иных работ.

Первые опытные работы по биологической рекультивации были проведены в 1980-х годах институтом Якутниипроалмаз на Водораздельных галечниках, которые показали положительные результаты при отсыпке плодородного слоя почвы до 20-40 см с внесением минеральных удобрений (Лебедева, Ломкунова, 1990).

Сотрудниками института прикладной экологии Севера (НИИПЭС) позже проводились опытно-экспериментальные работы по биологической рекультивации на отвале №6 карьера «Мир» и хвостохранилище обогатительной фабрики №3 Мирнинского ГОКа (С.И. Миронова и др., 2011-2015 гг., г. Мирный). В 2002 г. отработанный террасированный небольшой отвал № 6 Мирнинского ГОКа был частично засыпан вскрышными породами из россыпного месторождения «Водораздельные галечники». На поверхности отвала были посажены 100 кустиков кустарников, приобретенных на территории Мирнинского лесхоза, в их числе 47 саженцев шиповника, 35 малины и 12 березы кустарниковой. Высота саженцев небольшая – до 30 см. На крутых откосах отвала путем мелкого террасирования были посеяны семена травянистых растений, а также ягоды шиповника и орешки ольховника кустарникового, собранные на старых отвалах водораздельного галечника. Всходы травянистых растений (кипрей узколистный - иван-чай, осот, марь)

начали появляться осенью следующего года, а уже в 2005 году отвал № 6 уже «зацвел» всходами многолетников и злаков (рис.1.6.1).

Рис.1.6.1. Рекультивированный отвал №6 карьера «Мир»

Опытные работы показали, что за короткий срок (3–4 года) на отсыпанных потенциально-плодородными породами отвалах при посеве семян местных видов с хорошей и быстрой приживаемостью на техногенных породах – это кипрей узколистный (иван-чай), осот, чертополох, пырейники, клевера (луговой и ползучий) – можно получить нормальное зарастание отвалов (Миронова, 2012).

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являются естественные и техногенные экосистемы (ландшафты, почвы и почвогрунты, растительность) на территории деятельности Айхальского горно-обогатительного комбината (АГОКа) акционерной компании «АЛРОСА».

Исследуемый район находится в координатах 65º 93’ с.ш., 111º 49’ в.д.

Кимберлитовая трубка «Айхал» была открыта в 1960 году и представляет собой крутопадающее сплюснуто-трубчатое тело, имеет протяженность на поверхности по длинной оси 510 м при ширине 50-120 м, в среднем 82,5 м. Отработка месторождения велась открытым способом с 1961 года и завершена в конце 1997 г. Подземная разработка начата в 1997 году, а строительство подземного рудника в 2002 году (Письменный, Бородин, Кульминский, 2011).

Изучение рекультивационного потенциала месторождения с участием автора проводилось в 2010-2012 годах при выполнении НИР научно-исследовательского института прикладной экологии Севера СВФУ (НИИПЭС) по теме «Разработка и внедрение эффективного способа биологической рекультивации земель, нарушенных при добыче алмазов в условиях Крайнего Севера», а также дополнительные полевые работы автора в 2013-2017 гг.

Основные полевые методы включали маршрутные и стационарные исследования в зоне влияния карьера «Айхал». Для определения рекультивационного потенциала нами были изучены ландшафты, почвогрунты и растительность техногенно-нарушенных (отвалы пустых пород, хвостохранилище, карьер «Айхал») и естественных земель Айхальского ГОКа.

Отвал с площадью 0,08 кв. км выбран в результате рекогносцировочных обследований отвалов с маркшейдерской службой АГОК. Отвал отсыпан вблизи от отвала руды недалеко от самого карьера и поселка Айхал. Основным из аргументов выбора является то, что по отвалу проходит автодорога для транспортировки необходимых для рекультивации материалов и оборудований. Высота отвала средняя, площадь небольшая. Поверхность отвала выровнена на 50%, вторая часть состоит из крупно–глыбистых пород (рис. 2.1).

Рис 2.1 Поверхность опытного отвала

Для описания фитоценозов использовали следующие основные признаки: видовой состав, количественные и качественные отношения между растениями – обилие различных видов, характер местообитания. Проводились описания географического положения, подробно описывается местообитание. В нашем случае точки описаний растительного покрова на нарушенных и на естественных землях фиксировалось отметками на GPS-навигатор. В следующем определяется положение в рельефе (на ровном месте, на склоне отвала или оврага, на расстоянии от ближайшей дороги, на краю обрыва, на берегу реки). Описываются также характерные черты окружающей место работ местности (площадки). Описываемая площадка для естественных земель имеет размер 20 м х 20 м, а на нарушенных землях размер описываемой площадки имеет 10 м х 10 м.

Почвогрунты и грунты изучались сотрудниками НИИПЭС СВФУ с участием автора в соответствии с существующими ГОСТами (ГОСТ 12536-79; ГОСТ 12071-2000) и общепринятыми методами, применяемыми в почвоведении (Агрохимические…, 1975 и др.). Отбор образцов грунтов и

почвогрунтов проводился с учетом геоморфологических и других условий исследуемой территории (рис.2.2.).

Рис.2.2. Расположение точек отбора ( ) почвогрунтов и грунтов отвалов карьера «Айхал» (по Данилов, Петров, 2012)

Растительность изучена общепринятыми ботаническими и геоботаническими методами (Александрова, 1969; Программа и методика …, 1974; Определитель высших растений Якутии, 1974; Миркин, Розенберг, 1983; Флора Сибири…, 1987; Красная книга Республики Саха (Якутия), 2000; Гоголева, 2003 и другие). Названия растений даны на русском языке по С.К. Черепанову (Черепанов, 1995).

Геоботанические описания на естественных и нарушенных участках проводили на пробных площадках 10 х 10 м, которые закладывали на участках с относительно однородным растительным покровом (Программа и методика…, 1974).

В ходе описания отмечали положение участка, микрорельеф поверхности, характер увлажнения, общее проективное покрытие (в процентах, в баллах). При проективном покрытии вида в баллах и менее 1% использовали модифицированные оценки шкалы обилия Браун-Бланке (Westhoff, Mareel,

1978; Миркин, Розенберг, 1985) (табл.2.1.).

Таблица 2.1

Шкала Браун-Бланке

Обозначение	Значение
R	Вид чрезвычайно редок, покрытие незначительное.
+	Вид редок, и имеет малое проективное покрытие.
1	Особей много, но покрытие не велико или особи разряжены, но покрытие большое.
2	Число особей велико, проективное покрытие 5%-25%.
3	Число особей любое проективное покрытие 25%-50%
4	Число особей любое, проективное покрытие 50%-75%
5	Число особей любое проективное покрытие более 75%

На нарушенных участках описания проводились на поверхности отвалов и на откосах по их экспозициям (северная, южная, западная и восточная). По результатам описаний растительность составлена валовая таблица, показывающая представленность видов на отвалах (Миронова, 2000).

Отвалы пустых пород карьера «Айхал» отсыпаны вокруг самого карьера и имеют высоты до 60 м и крутизны откоса до 50 градусов. Платообразный холмистый техногенный рельеф террасирован.

Слагающие отвалы пустые породы не содержат питательные вещества, и растительность на них может устойчиво произрастать при проведении биологической рекультивации (Миронова, 2013).

Отвалы отличаются формами и высотой, по содержанию валунов, глыб и мелкозема. Преобладают породы серого цвета, а также встречаются и желто-бурые (Миронова и др., 2012). Грунты отвалов отличаются своеобразным гидротермическим режимом. Различно ориентированные по экспозициям склоновые поверхности поглощают больше солнечной энергии по сравнению с

естественными комплексами (рис. 2.3).

Рис. 2.3. Общий вид отвалов АГОК

В зимний период на поверхности отвалов отмечаются более низкие температуры, чем на ненарушенных территориях. Кроме того, с поверхности отвалов вследствие возвышенного положения на местности сносится около 40% выпадающего снега.

Современное состояние растительного покрова определено методом описаний и геоботанического картографирования с использованием растительных сообществ (Миронова, 2000).

Ширина и площадь относительно небольших отвалов определены при помощи измерительной ленты, по формуле:

$$\mathbf{S = Wn \cdot Кр/h\ (м2)}$$

где: **Wn** – объем размещаемых вскрышных пород, м3, **Кр** – коэффициент разрыхления пород в отвале, h – высота отвального уступа. Для более крупных объектов параметры были вычислены в результате анализа топографических карт местности и рекогносцировочных исследований (впоследствии точно установлены при камеральной обработке).

Картосхемы, применяемые в работе, составлены автором с применением

программ Google Earth Pro, а также стандартных графических приложений: Paint, PowerPoint, CoralDraw X7 и с применением атласов Якутии (Атлас Якутской…, 1981; Атлас сельского…, 1989;).

Экспериментальные работы на отвале карьера «Айхал» проведены 6 способами биологической рекультивации:

I - применение ста́рики (площадки 20х20 м);

II - применение отходов канализационно-очистных сооружений (КОС) » (10х10м);

III - применение гидропосева на откосах отвала (10х10м);

IV - применение биомата (10х10 м);

V - применение конского навоза (10х10 м);

VI - применение смеси перегноя и песка (10х10м).

Фоновый участок оформлен для сравнения опытных участков (10х10м).

Участки выровнены и очищены от больших глыб, для посева смеси семян ручным способом проделаны деляны, на расстояние друг от друга на 10 см. После посева смеси трав внесли удобрения (аммофоска) в норме 100 кг/га обеспечивающий полноценную подкормку всходов посеянных травосмесей растений.

Таким образом, отвалы пустых пород рудника «Айхал» Айхальского горно-обогатительного комбината соответствуют биологическому этапу рекультивации по следующим характеристикам требующих ГОСТ стандарты:

- полное завершение технического этапа рекультивационных работ (п.1.13 ГОСТ – 17.5.3.04 – 83);

- соответствие пункту 2.2. ГОСТа 17.5.3.04-83 требованиям к рекультивации земель, нарушенных при открытых горных работах;

- отвалы пустых пород складированы по ярусам и имеют террасы, тем самым соответствуют общим требованиям рекультивационных работ.

При сборе проб почвогрунтов и проведения лабораторных работ учтены стандарты ГОСТ 12071-2000 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов», и ГОСТ 12536-79 «Грунты. Методы лабораторного

определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава».

Проведен сравнительный анализ растительности произрастающих на естественных и нарушенных землях района исследования, и по результатам данного анализа были использованы семена смеси многолетних трав с учетом местной флоры района исследования, чтобы дать возможности и условия для самозарастания нарушенных земель.

Проведены экспериментальные работы по выявлению наиболее эффективных способов биологической рекультивации с применением шести способов на отвалах карьера «Айхал» с установлением двух наиболее эффективных способов биологической рекультивации без отсыпки плодородного слоя.

ГЛАВА 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТВАЛОВ КАРЬЕРА «АЙХАЛ»

3.1. Характеристика естественных и техногенных ландшафтов

Ландшафты являются открытыми системами, неразрывно связанными с внешней средой процессами материального и энергетического обмена. В естественном ландшафте биологическая продуктивность лимитируется общим запасом накопленных питательных соединений, к примеру, кальцием и азотом.

Естественный ландшафт представляет собой природно-территориальный комплекс, качественно отличается от соседних типов. Поэтому каждый ландшафт имеет свой индивидуальный облик и внутреннюю структуру – форму, состав, распределение почвенного покрова и вод, характер распределения и виды растительности, структуру и связи в экологических системах (Большаков, 2000).

Тип ландшафта представляет собой взаимосвязанную систему типологических ландшафтных комплексов, сходных по морфологической структуре и протекающим физико-географическим процессам, характеризующихся определенным соотношением тепла и влаги, а также соответствующими типами почв и растительности (Мильков, 1970).

Внутри типов ландшафтов имеются некоторые отличия, которые выражаются в следующем таксоне - подтипе ландшафта. В мерзлотно-ландшафтных исследованиях данный таксон определяет распределение важнейших характеристик многолетнемерзлых пород (далее - ММП), таких, как температуры пород на подошве слоя годовых колебаний и мощности сезонно-талого и сезонно-мерзлого слоя. Это, в свою очередь, оказывает существенное влияние на другие характеристики природы, на характер и интенсивность проявления криогенных процессов. Поэтому подтип ландшафта является одним из основных таксонов в мерзлотно-ландшафтных исследованиях.

Род ландшафта отражает качественное состояние литогенной основы. В условиях развития криолитозоны выделяются в типах (подтипах) ландшафтов три рода - сплошных, прерывистых и островных ММП. Так, например, в

среднетаежном подтипе ландшафта развиты существенно различающиеся как по внутреннему содержанию (по характеру распространения ММП и температуре пород), так и по внешнему облику комплексы. Поэтому необходимо дальнейшее подразделение с учетом характера распространения ММП или выделение новой таксономической единицы на его основе. В условиях криолитозоны ландшафты, выделенные по биогидроклиматическому фактору, должны рассматриваться в полной таксономической связи: тип - подтип - род ландшафта.

Типы (подтипы, роды) ландшафтов подразделены Федоровым А. Н. и др. (1989) по характеру общей направленности развития на широтно-зональные, высотно-поясные и интразональные группы типов ландшафтов.

Тундровый тип ландшафта объединяет субарктические ПТК, характеризующиеся безлесьем, широким развитием моховых, лишайниковых, кустарничковых и кустарниковых группировок. Высокоширотное положение обусловливает суровость климата, избыточное увлажнение при недостатке тепла, невысокую биологическую продуктивность. Этот тип ландшафта подразделяется на три подтипа, обусловленных климатическим фактором. Для всех подтипов на территории Якутии характерен один род ландшафта - сплошные ММП.

Типично тундровые ПТК доминируют в материковой тундровой части территории Якутии. Преобладают кустарничково-мохово-лишайниковые группировки. Температура пород от -6,5 до -12°С, мощность СТС 0,2-1,2 м (средние значения 0,4-0,7 м).

Подгольцовый (кустарниковый) тип ландшафта по общей схеме вертикальной дифференциации располагается ниже горно-тундрового. Основной фон в растительности создают кедровый стланик, ольховник и кустарниковые березы. Температура ММП изменяется в пределах -3,-9°С, мощность СТС в среднем от 1,2 до 1,8 м.

Наряду с широтно-зональными и высотно-поясными обособленно выделена группа интразональных ландшафтов. Под интразональными

ландшафтами понимаются такие природные комплексы, в развитии которых ведущую роль играют специфические местные факторы, например, избыточное увлажнение, влияние которых накладывается на общезональные факторы. Интразональные ландшафты подразделены на долинные и водораздельно-маревые.

Тип местности как понятие в специальной географической литературе определяется с нескольких точек зрения. А. Н. Федоровым и др. (1989) он рассматривается как "таксономическая единица ландшафтного картирования, промежуточная между типом урочища и типом ландшафта". Тип местности как ландшафтный комплекс формируется под воздействием как региональных, так и биогидроклиматических факторов.

Техногенные ландшафты района исследования представлены карьером, отвалами пустых пород, хвостохранилищем, нарушенными землями в результате разведки месторождений и городскими строениями.

Карьер «Айхал». Кимберлитовая трубка «Айхал» представляет собой крутопадающее сплюснуто-трубчатое тело. Простирание кимберлитовой трубки - северо-восточное. Протяженность составляет по длинной оси около 210м, а ширина в среднем 30 м.

На рисунках 3.1.1 и 3.1.2 представлены карьеры «Мир» и «Айхал».

Рис. 3.1.1. Карьер «Мир»

Рис. 3.1.2. Карьер «Айхал»

Карьеры алмазных трубок состоят из нескольких зон: Рабочая зона карьера — это зона, в которой осуществляются вскрышные и добычные работы. Она характеризуется совокупностью вскрышных и добычных уступов, одновременно находящихся в работе. Положение рабочей зоны определяется высотными отметками рабочих уступов и длиной их фронта работ. Рабочая зона представляет собой перемещающуюся и изменяющуюся во времени поверхность, в пределах которой осуществляются работы по подготовке и выемке горных пород. Она может охватывать один, два или все борта карьера. При строительстве карьера рабочая зона, как правило, включает только вскрышные уступы, а к окончанию горно-капитальных работ — и добычные. В рабочей зоне карьера каждый экскаватор в процессе работы занимает определенную горизонтальную площадь, которая характеризуется шириной рабочей площадки и длиной экскаваторного блока. При разработке наклонных и крутых месторождений рабочая зона постепенно понижается вместе с увеличением глубины карьера.

Дно карьера - площадка нижнего уступа карьера (что называется также

подошвой карьера). В условиях разработки крутых и наклонных тел полезных ископаемых минимальные размеры дна карьера определяются с учетом условий безопасного вынимания и нагрузки горных пород из последнего уступа.

Глубина карьера - это система уступов, подвигание которых обеспечивает выемку горной массы в контурах карьерного поля. Транспортные связи в карьере обеспечиваются постоянными или скользящими съездами, а с поверхностью — траншеями.

Отвалы пустых пород - размещены на поверхности пустых (вскрышных) пород или некондиционного минерального сырья, а также хвостов обогатительных фабрик, отходов или шлаков от различных производств и сжигания твёрдого топлива. Искусственная насыпь из отвальных грунтов или некондиционных полезных ископаемых, промышленных, коммунально-бытовых отходов (ГОСТ 17.5.1.01-83, 2002, Билецский, 2004). На рисунке 3.1.3 представлены отвалы карьера «Айхал».

Рис. 3.1.3 Отвалы карьера «Айхал»

В зависимости от способа укладки материала отвалы делятся на следующие типы: конические (терриконы) — наиболее часто создаются при откатывании породы опрокидывающимися вагонетками или скипами, хребтовые — создаются при вывозе породы вагонетками подвесной канатной дороги или конвейерами, плоские — создаются при вывозе отходов (породы) в самосвалах и формировании штабеля при помощи бульдозеров, такие отвалы часто создаются в ближайшем от предприятия понижении рельефа.

При открытых горных работах в зависимости от места расположения отвалы разделяют на следующие виды: внутренние — создаваемые в отработанном пространстве карьера, внешние - расположенные за границами карьера и комбинированные.

В зависимости от способа механизации работ, отвалы разделяют на: бульдозерные, экскаваторные, конвейерные, гидравлические.

Предотвал — насыпь, устраиваемая перед основным отвалом, и меньшая по высоте, чем последняя. Предотвал предназначено для повышения устойчивости основного отвала и других целей.

Отвалы пустых пород карьера «Айхал» как и отвалы всех алмазных карьеров представляют собой высокий (до 40–60 м), террасированный платообразный холмистый рельеф с крутыми откосами.

Поверхность отвалов сильно уплотнена техникой, что препятствует росту и развитию растительности. Отвалы являются экологически неблагоприятными сооружениями. В частности, если на поверхность поднята порода с кислой реакцией, то такие отвалы очень долго не покрываются растительностью.

Хвостохранилище обогатительных фабрик - комплекс специальных сооружений и оборудования, предназначенный для хранения или захоронения радиоактивных, токсичных и других отвальных отходов обогащения полезных ископаемых, именуемых хвостами. На горно-обогатительных комбинатах (ГОК) из поступающей добытой руды получают концентрат, а отходы переработки перемещают в хвостохранилище (Билецский, 2004).

Хвостохранилище - естественная или искусственно создаваемая емкость для складирования подаваемых гидравлическим транспортом хвостов и осветления воды (ПБ 06-123-96, 2003). Обычно хвостохранилища сооружают в нескольких километрах от горно-обогатительной фабрики, в понижениях рельефа: котловинах, ущельях, распадках (рис. 3.1.4). Местонахождения изученных же отвалов представлена на рис. 3.1.5

Рис. 3.1.4. Хвостохранилище Айхальского горно-обогатительного комбината рудника «Айхал» (спутниковая карта Google Maps www.google.maps.ru)

Из хвостов намывается дамба, которой огораживается хвостохранилище. При отстаивании идёт разделение на осадочную твёрдую фазу хвостов и воду. Вода вторично используется горно-обогатительной фабрикой или очищается и сбрасывается в стоки. Для улучшения процесса разделения фаз могут применяться реагенты — коагулянты и флокулянты.

Накопленные технологические отходы являются потенциальным крупнотоннажным сырьём. С течением времени появляются технологии, позволяющие лучше разделять компоненты отходов. Промышленность выставляет новые требования к сырью, известные источники минералов обедняются и истощаются. Это ведёт к разработке «вторичных месторождений» с целью получения редких элементов, другого ценного сырья.

Рис. 3.1.5. Местонахождения исследуемых отвалов со спутникового снимка www.google.maps.ru

Старые хвостохранилища, выполненные без учёта фильтрации и других факторов, нередко становятся источником экологической опасности, в том числе, источником загрязнения почвенных вод и атмосферы (например, при пылении).

При рекультивации техногенных земель учитываются специфические условия района разработки, которые включают следующие компоненты:

– установление стабильности условий поверхности, топографии и дренажа, которые были бы совместимы с окружающим ландшафтом, контролирование наносов и защита качества поверхностных вод;

– создание необходимых условий, способствующих формированию устойчивой растительности;

– посев и посадка растений на нарушенных площадях с использованием видов местной флоры;

– уход за рекультивированным участком и мониторинг за участком до образования устойчивого почвенно–растительного покрова.

Представляем преобразованные и естественные типы ландшафтов на

территории карьера «Айхал» (табл. 3.1.1).

Таблица 3.1.1.

Естественные и техногенные ландшафты на территории карьера «Айхал»

Естественные типы ландшафтов (по А.Н. Федорову, 1991)	Типы техногенного рельефа
Северо-таежный водораздельный (редкостойные леса)	Карьер «Айхал» (S - 0,515 км^2), глубина - 500 м, ширина - 580 м и длина - 970 м. Отвалы пустых пород (S – 1,71 км^2), высота 50-100 м, откос до 60 градусов. Земли, нарушенные при разведке месторождений (S – 0,2 км^2) Городские строения (S-6,8 км^2) Территории линий электропередач – ЛЭП и дороги
Интразональный долинный северо-таежный	Хвостохранилище обогатительных фабрик (S-2,7 км^2)

3.2. Характеристика естественных почв и техногенных почвогрунтов

Почвенные исследования проводились сотрудниками НИИПЭС СВФУ с участием автора в отборе проб и подготовке к анализу в полевом этапе (Данилов, Петров, 2012).

В бассейне р. Сохсолоох, в районе п. Айхал, широко развиты мерзлотные северо–таежные деструктивные карбонатные щебнистые почвы на карбонатных породах кембрия и ордовика. Данные почвы обладают неплохим плодородием, а слабое развитие лесной растительности на них объясняется холодным климатом, близким залеганием мерзлоты и сильной криогенной деструкцией почвенной массы при зимнем промерзании. Для всех типов почв характерны тиксотропные свойства. В нижних частях склонов южной экспозиции, на довольно мощных элювиально–делювиальных образованиях ограниченное

развитие получили почвы, близкие к лесным палевым типам средней тайги.

Водораздельные пространства бассейна р. Сохсолох и их склоны характеризуются повсеместным распространением криоземов гомогенных оглеенных, неоглеенных и тиксотропных. Пойменные ландшафты как обычно представлены интразональными почвами – это в основном типы почв с аллювиальных и глеевых отделов. Здесь типы почв представлены согласно классификации Л.Г. Л.Г. Еловской (1958, 1959; Еловская, Коноровский, 1978).

По долине реки Сохсолоох выделяют надпойменную террасу с высотой до 1,5 м, ширина которой колеблется от десятков до сотен метров. Полого–вогнутая, реже полого–выпуклая поверхность террасы покрыта зарослями тальника и березки Миддендорфа с частыми кочками на торфянисто– и дерново–луговых в разной степени оглеенных почвах. Прирусловая часть долин рек сложена аллювиальными песками и гравийно–галечными отложениями, на которых сформированы разновидности пойменных почв.

Долины таежных мелких рек заняты сочетанием мерзлотных лугово–болотных, торфянисто– и торфяно–болотных почв.

Образовавшийся на поверхности отвалов в результате выветривания незначительное количество мелкозема имеет в основном гранулометрический состав, относящийся в основном к легкому суглинку (табл. 3.2.1). Количество физической глины недостаточно для проведения рекультивационных мероприятий. Это объясняется высокими сорбционными свойствами тяжелых почв и почво–грунтов. Имея маломощный профиль, грунты этих отвалов в морфологическом строении однородны и не дифференцируются на четко выраженные слои (ни по одному из морфо–генетических признаков). В структурном составе в зависимости от возраста и пород отвала преобладают те или иные агрегаты (табл. 3.2.2).

Химическая характеристика грунтов и почвогрунтов исследуемых отвалов отражена в таблице 3.2.3. Выявлено, что реакцию среды в большинстве случаев слабо– и сильнощелочная, что влияет на физико–химические свойства грунтов и подавляет микробиологическую активность. Грунты отвалов бедны

биогенными элементами. Выявлено незначительное содержание подвижного фосфора и определен сухой остаток, распределение которого не подчиняется закономерностям (табл. 3.2.4). Изученные грунты и почвогрунты отвалов отличаются по солевому составу, что, несомненно, связано с горными породами, составляющими тело самого отвала (табл. 3.2.5).

Немаловажную роль в восстановлении почвенных ресурсов играет микроэлементный состав почвогрунтов. По результатам полуколичественного анализа выявлены незначительные превышения установленных норм ПДК и коэффициента фитотоксичности по некоторым элементам. К ним относятся химические элементы 2 и 3 класса опасности – бор, медь и ванадий.

Таблица 3.2.1

Гранулометрический состав грунтов и почвогрунтов отвалов карьера «Айхал»

П.П. Данилов, А.А. Петров (2012)

№ п/п	№№ пункта	Глубина опроб–я, см	Гигр. влага, %	Удельн. вес, г/мл	Конечное значение фракций, %						Физич. глина <0,01	Физич. песок > 0,01	Название по гранулометрическому составу
					1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001			
Отвал на юго–западной части карьера													
1	01/1	0–10	2,60	2,76	6,68	42,17	25,37	11,23	13,81	0,74	25,78	74,22	легкосуглинистый
2	01/2	0–10	2,80	2,88	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3	01/3	0–10	2,29	2,74	4,41	42,30	28,96	8,70	12,04	3,59	24,33	75,67	легкосуглинистый
Отвал на юго–западной части карьера													
4	02/1	0–10	1,16	2,96	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	02/2	0–10	0,78	2,72	0,1	41,76	33,78	3,9	9,44	11,02	24,36	75,64	легкосуглинистый
6	02/3	0–10	1,00	2,70	0,04	62,29	6,76	7,74	12,99	10,18	30,91	69,09	среднесуглинистый

Таблица 3.2.2

Структурный состав грунтов и почвогрунтов отвалов карьера «Айхал» АГОК

П.П. Данилов, А.А. Петров (2012)

№ п/п	№№ пунктов опробова	Глубина опроб–я, см	Размер агрегатов (в мм) и их содержание, % мас							
			>10	10–7	7–5	5–3	3–2	2–1	1–0,5	<0,5
Отвал на юго–западной части карьера										
1	01/1	0–10	19,9	12,1	9,3	10,9	2,4	10,2	10,8	23,9
2	01/2	0–10	27,9	12,8	9,7	11,6	2,1	9,7	8,8	24,8
3	01/3	0–10	23,6	13,2	6,8	11,3	2,9	13,1	10,2	18,6
Отвал на северо–западной части карьера										
4	02/1	0–10	0,8	0,5	1,1	1,7	1,4	44,7	35,1	15,4
5	02/2	0–10	1,5	2,0	3,1	10,0	3,1	32,4	29,2	18,8
6	02/3	0–10	3,2	1,6	2,1	4,4	2,9	39,0	31,2	15,2

Таблица 3.2.3

Физико–химические показатели грунтов и почвогрунтов

отвалов карьера «Айхал»

П.П. Данилов, А.А. Петров (2012)

п/п	№ пункта опробования	Глубина опробования, см	pH водн.	$C_{общ.}$, %	P_2O_5, мг/100 г (по Мачигину)	Сухой остаток, % мас
Шифр методики			*26423–85*	*26213–91*	*26205–91*	*26423–85*
Отвал на юго–западной части карьера						
1	01/1	0–10	7,6	0,87	0,76	0,44
2	01/2	0–10	7,6	0,78	1,80	0,43
3	01/3	0–10	7,7	0,49	2,56	0,38
Отвал на северо–западной части карьера						
4	02/1	0–10	8,4	0,17	1,24	0,04
5	02/2	0–10	8,3	0,41	0,92	0,05
6	02/3	0–10	8,7	0,38	0,60	0,03

Таблица 3.2.4.

Результаты водной вытяжки грунтов и почвогрунтов отвалов карьера «Айхал» Айхальского ГОК

П.П. Данилов, А.А. Петров (2012)

№ п/п	№ пункта опро	Глубина опроб-я, см	$C0_3$		$HC0_3$		C1		$S0_4$		Ca		Mg		Na+K		Σa		Σк	
			ммоль /100	% мас	ммоль /100	%мас	ммоль /100	%мас	ммоль /100	%мас	ммоль /100	%мас	ммоль /100	%мас	ммоль /100	%мас	ммоль /100	%мас	ммоль /100	%мас
Отвал на юго-западной части карьера																				
1	01/1	0-10	н/о	-	0,2	0,01	4,4	0,15	18,7	0,89	18,7	0,37	1,50	0,01	3,05	0,1	23,3	1,0	23,3	0,58
2	01/2	0-10	н/о	-	0,2	0,01	4,0	0,14	19,8	0,95	18.7	0,37	1,75	0,02	3,50	0,2	24,0	1,1	24,0	0,61
3	01/3	0-10	н/о	-	0,2	0,01	3,6	0,12	19,0	0,91	16,5	0,33	4,25	0,05	2,05	0,1	22,8	1,0	22,8	0,50
Отвал на северо-западной части карьера																				
4	02/1	0-10	0,1	0,0	0,55	0,03	0,2	0,00	0,55	0,02	0,5	0,01	0,25	0,00	0,65	0,0	1,4	0,0	1,4	0,05
5	02/2	0-10	0,1	0,0	0,45	0,02	0,2	0,00	0,75	0,03	0,5	0,01	0,25	0,00	0,75	0,0	1,5	0,0	1,5	0,06
6	02/3	0-10	0,1	0,0	0,45	0.02	0,15	0,00	0,75	0,03	0,5	0,01	0,50	0,00	0,45	0,0	1,45	0,0	1,45	0,04

Таблица 3.2.5

Микроэлементный состав грунтов и почвогрунтов отвалов карьера «Айхал» (глубина опробования 0-10 см, мг/кг)

№№ пунктов опроб-я	Классы опасности										Микроэлементы, типоморфные для подстилающих пород								
	I		II						III										
	Pb	Zn	B	Co	Ni	Mo	Cu	Cr	V	Mn	Li	P	Ti	Ga	Ge	Ag	Sn	Ce	Bi
Отвал на юго-западной части карьера																			
01/1	20	50	30	7	30	1,5	30	70	50	700	70	500	1500	7	0,5	0,10	1,0	100	1,0
02/1	20	50	30	7	30	1,5	30	70	50	700	70	500	1500	7	0,5	0,05	1,0	100	1,0
03/1	20	50	50	7	30	2,0	30	70	50	700	70	500	2000	7	0,5	0,10	1,5	100	1,0
Отвал на северо-западной части карьера																			
01/2	15	50	100	10	20	1,0	30	70	150	1000	50	700	3000	10	1,0	0,05	2,0	100	1,0
02/2	2	20	30	7	15	0,5	20	50	50	1000	50	500	1000	7	0,5	0,05	1,0	100	0,5
03/2	15	50	100	10	20	1,0	100	70	150	1000	50	700	3000	10	1,0	0,15	2,0	100	1,0

ПДК*	30	100	-	50	85	5	55	100	150	1500	-	-	5000	-	-	-	50	-	-
Кт**	100	300	100	50	100	10	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-

Примечание: * - согласно ГОСТ 17.4.1.02-83;

** - суммарные концентрации микроэлементов в почвах, считающиеся предельными в отношении фитотоксичности (мг/кг сухой массы) (Кабата-Пендиас А., 1989).

Превышений установленных норм ПДК и коэффициента фитотоксичности в момент исследования в грунтах и почвогрунтах исследованных отвалов не зафиксировано, за исключением меди, содержание которого в некоторых участках отвалов превышает норму ПДК на 1,8 раз.

Таким образом, по классификации вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель (ГОСТ 17.5.1.03–86) и по физическим свойствам и химическому составу грунты и почвогрунты исследуемых отвалов относятся к малопригодной для рекультивации (табл.3.2.6).

Таблица 3.2.6

Оценка пригодности грунтов и почвогрунтов отвалов карьера «Айхал» для биологической рекультивации (ГОСТ 17.5.1.03-86)

№№ пунктов опробования	pH водной вытяжки	Сухой остаток, %	Сумма токсичных солей	Гумус, %	Сумма фракций менее 0,01 мм	Группа пригодности
Отвал на юго-западной части карьера						
01/1	7,6	0,44	0,627	не опр.	25,78	Малопригодные
02/1	7,6	0,43	0,626	не опр.	-	Малопригодные
03/1	7,7	0,38	0,563	не опр.	24,33	Малопригодные
Отвал на северо-западной части карьера						
01/2	8,4	0,04	0,046	не опр.	-	Малопригодные
02/2	8,3	0,05	0,050	не опр.	24,36	Малопригодные
03/2	8,7	0,03	0,045	не опр.	30,91	Малопригодные

3.3. Степень зарастания отвалов растительностью

По геоботаническому районированию территория относится к Оленекскому округу Северо–Западной северотаежной подпровинции подзоны северо–таежных лесов. Доминируют лиственничные леса из лиственницы Гмелина на карбонатных породах деллевых комплексах.

На территории Айхальского лесничества широкое распространение

получили редкостойные лиственничники, голубичные, лишайниково–моховые и мохово–лишайниковые, встречающиеся на повышенных частях водоразделов, на надпойменных террассах. Леса отличаются низкими классами бонитета (Va–Vб), хорошо развитым под пологие леса мохово–лишайниковым покровом. Древостои с сомкнутостью 0,1–0,2, деревья с узкими кронами, чахлые, много сухостоя. Средняя высота деревьев – 10–12 м, средний диаметр – 25–30 см, лесовозобновление слабое.

Нами проведены исследования растительности естественных и нарушенных участков. На четырех контрольных площадках размером 10х10м описаны флористический состав, количественное соотношение видов, их фенологическое состояние, структура сообществ (рис.3.3.1). В полевых условиях собирались гербарии неизвестных растений для определений в камеральном этапе.

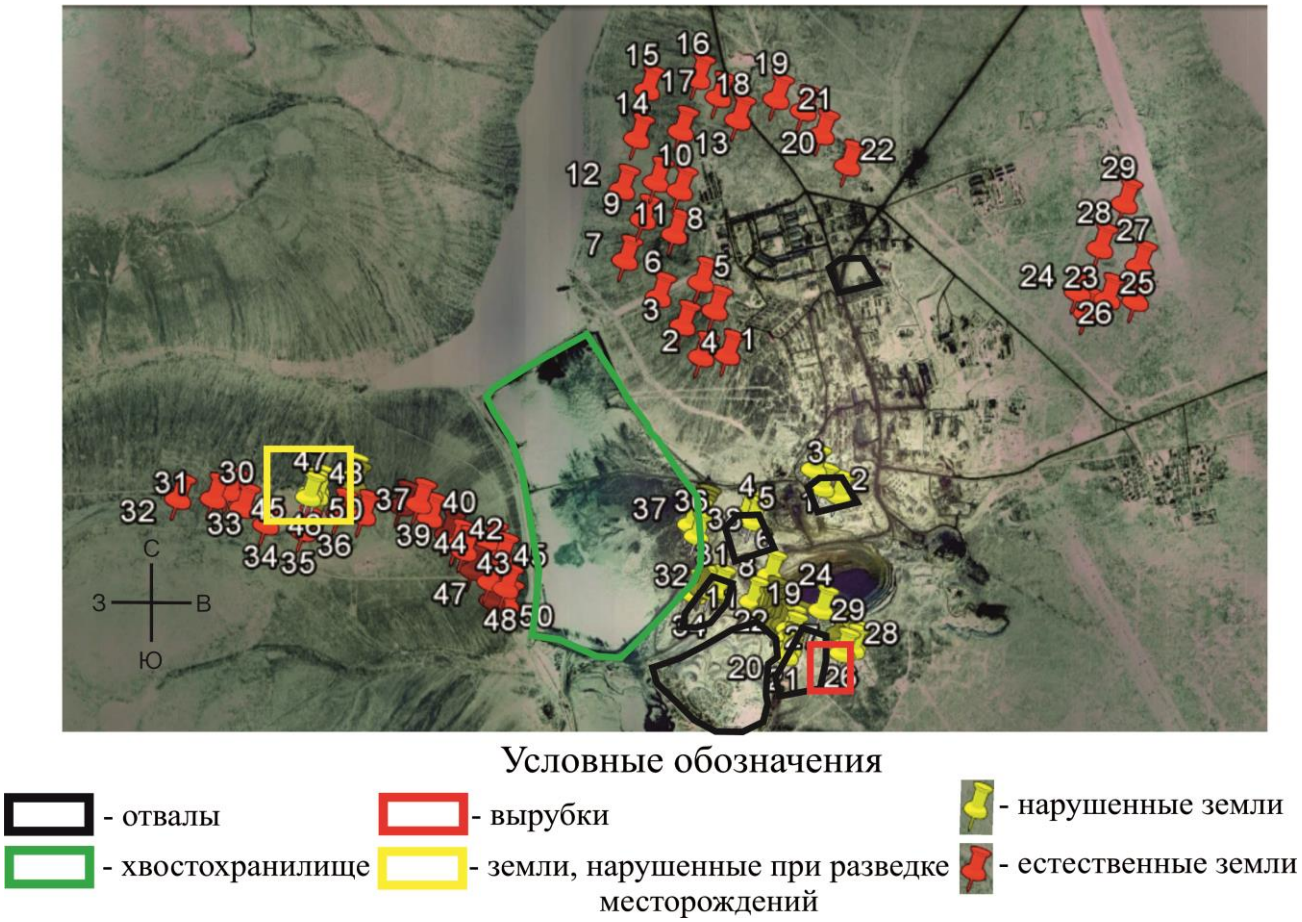


Рис. 3.3.1 Точки описаний растительности естественных и нарушенных земель на территории Айхальского горно-обогатительного комбината

Точка 1 находится в 50-ти метрах на северо-восточной части карьера. Просека среди лиственничного редколесья между поселком и карьером, недалеко от дороги. Восстанавливаемая растительность представлена голубикой с примесью сообщества овсяницы, большое видовое разнообразие. Проективное покрытие до 60%, средняя высота 10-40 см.

Точка 2 расположена в 250 метрах выше первой на кустарниковом сообществе ольхи, ив, шиповника, под пологом которых произрастают голубика в примеси с разнотравьем, лисохвостом и овсяницей. Рельеф микроволнистый, много следов транспорта, увлажнение избыточное, натечное. Под ярусом лиственничного с ивами редколесья почти сплошной покров голубики, редко встречаются осоки, овсяница. Среднее проективное покрытие 60-70%, высота травостоя достигает до 20 см. Наблюдается сильная запыленность растительного покрова.

Точка 3 - юг-юго-запад карьера. Крутой высокий склон террасы, лиственничное редколесье с ольховниками и ивами в подлеске. Кустарничковый покров произрастает на каменистом субстрате и состоит из голубик и шикши, травяной ярус не выражен. Вторая пробная площадка находится 200 м выше от карьера на голубичниковом лиственничке с багульником и арктоусом. Проективное покрытие и средняя высота не меняется.

Точка 4 - юго-восточная часть карьера, напротив точки №1. Растительность нарушенных местообитаний состоит из овсяницы, вейника и иван-чая (кипрей узколистный). Проективное покрытие до 25%, высота травостоя достигает до 50 см. Вторая площадка заложена в 150 м от первой площадки в мохово-голубичном лесу с березняком, травянистые виды встречаются единично.

Восстановление растительности при нарушениях идет медленно и нами выделено 3 стадии восстановления (рис. 3.3.2).

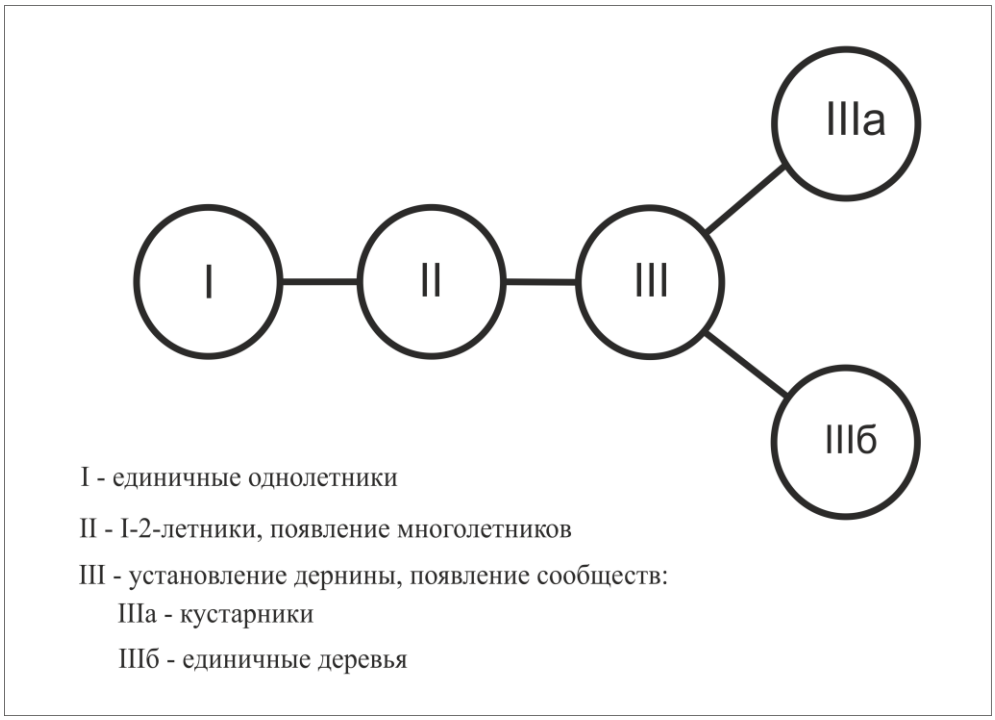


Рис. 3.3.2. Стадии восстановления растительности

I стадия (ранняя) самозарастания (возраст 3-4 года). Характеризуется появлением на субстрате единичных однолетних видов, где преобладает иван-чай (кипрей узколистный).

II средняя стадия (10-15 лет). Отличается появлением многолетних видов, преобладанием злаков и установлением дернины. Если при I стадии насчитывалось 1-4 вида на пробной площади, то на II стадии количество видов доходит до 14-20. Травостой состоит из бескильницы Гаупта, ячменя гривастого, вейников, пырея, отмечается, кустарниковый подрос. Попадаются единичные всходы березы.

III стадия отражает переходный этап стадии самозарастания луговых видов растительности самых старых карьеров 50-60-х годов. Травостой устойчивый, проективное покрытие составляет 50-70%, средняя высота 3-50 см. Рудеральные сообщества постепенно вытесняется луговыми (вейниковые, мятликовые, лисохвостные), появляются заросли кустарников, деревья. Все растительные сообщества представляют собой первые этапы процесса демутации и сильно отличаются от сообществ окружающих территорий.

Растительность отвалов находится на начальной стадии сукцессионного развития (Миронова, 2000). Лишены растительности более поздние (свежие) высокие отвалы и их откосы, также промышленные площадки, где проведено частичное выравнивание поверхности (технический этап рекультивации) и привело к сильному уплотнению грунта, который препятствует закреплению семян и росту растений.

Невыровненные участки старых отвалов начали зарастать, до 10–30% проективного покрытия составляли виды - ромашка аптечная, хвощ, встречаются единичные экземпляры звездчатки, смолевки–хлопушки, ячменя гривастого, кипрея узколистного (иван–чая), бескильницы Гаупта. Местами появляются всходы лиственницы и ив высотой до 15 см.

Между отвалами, территория при подъезде к свалке твердых бытовых отходов и около дорог зарастанием охвачено до 30% участков. Травостой состоит из бескильницы, ячменя гривастого, кипрея узколистного (иван–чая) и хвоща полевого. Подрост ивы и лиственницы достигает высоты до 150 см. На обследованной территории до настоящего времени не отмечены устойчивые сообщества растительности.

Список произрастающих на естественных и нарушенных местообитаниях видов представлен в приложении А.

На естественных местообитаниях описано 24 вида. Часто встречаются багульник болотный, толокнянка обыкновенная, брусника обыкновенная, береза карликовая, береза кустарниковая, можжевельник обыкновенный, ель сибирская, грушанка копытолистная, береза тощая. Доминируют лиственница Гмелина и голубика – встречаемость 100%. Реже появляются багульник болотный и брусника обыкновенная – проективное покрытие 3 балла.

На отвалах пустых пород отмечено 12 видов – в 2 раза меньше видов. Активно произрастают ива корзиночная, кипрей узколистный (иван-чай), а также одуванчик аптечный. На границе с естественными сообществами видны единичные всходы кастиллеи красной, смородины красной, гравилата алеппского, дескурайнии Софии, колокольчика круглолистного, бескильницы

Гаупта и голубики. Доминантом здесь является кипрей узколистный, который быстро распространяется ветром и благодаря многочисленным семенам захватывает большие территории. Со временем все вышеперечисленные виды вытесняется кустарниками и многолетниками. Растительность произрастает на старых отвалах и расположенных ближе к естественному ландшафту местообитаниям. Здесь проективное покрытие доходит до 5 баллов, а видовой состав увеличивается до 9 видов. Высокие показатели проективного покрытия (точки 9–11, 14, 16–18, 37) наблюдаются на местах сброса твердых бытовых отходов и на рекультивированных участках.

Показатели проективного покрытия и обилие видов по нарушенных участках представлены в таблице 3.3.1.

Таблица 3.3.1

Показатели проективного покрытия и обилия видов на нарушенных землях Айхальского горно-обогатительного комбината

Объект исследования	Проективное покрытие (среднее значение)	Количество видов
Отвалы пустых пород	5-20%	1-12
Хвостохранилище	10-25%	6-17
Земли, нарушенные при разведке месторождений	5-25%	26
Вырубки	50-75%	36

Как видно из таблицы, на поверхности хвостохранилища наблюдается более медленное зарастание растительностью, чем на отвалах, т. к. здесь совершенно другие экологические условия для роста и развития растительности.

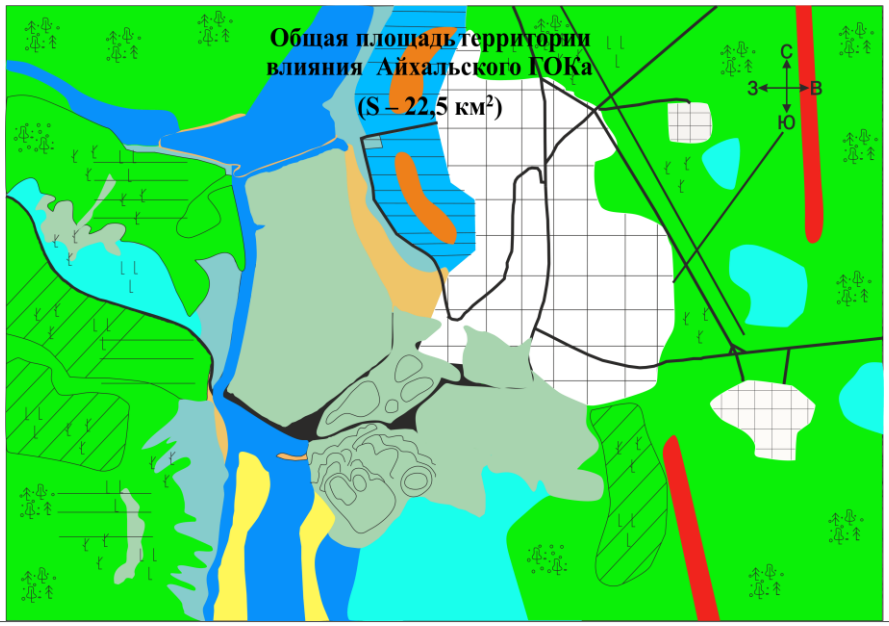
Территорию хвостохранилища по степени зарастания растительностью можно разделить на 2 части (рис. 3.3.3).

Рис. 3.3.3. Хвостохранилище Айхальского горно-обогатительного комбината

На повышенных местообитаниях (первая часть) проективное покрытие растительности заметно выше, чем на второй части (понижение). Доминируют кипрей узколистный, ива белая, лисохвост луговой, осока обыкновенная, скерда двулетняя (проективное покрытие 50%). На участках молодой вырубки среднее проективное покрытие 20%. Преобладает лиственница Гмелина с брусникой, багульником болотным, так как участок находится ближе к естественным сообществам.

Там, где проведены работы по разведке месторождения наблюдаются кочковатый рельеф. Среднее проективное покрытие растительности до 70% с доминированием ив. Также произрастают кипрей узколистный, скерда двулетняя, одуванчик аптечный, мятлик, полевица овсяная, полынь монгольская, полынь обыкновенная.

Результатом геоботанических исследований составлена геоботаническая карта-схема территории (рис. 3.3.4).



ЛЕГЕНДА

Растительность пойменно-террасового комплекса:

1 – прирусловые галечники и разнотравно-осоковые луга с ерниками.

2 – заболоченные мохово-осоковые ерники и ивняки на пойменной террасе.

3 – ерниковый моховой лиственничный лес на пойменной террасе.

4 – багульниковый моховой лиственничный лес на пойменной и надпойменной террасах.

Растительность междуречий:

5 – пятнистое мелкоосоково-дриадовые лишайниковые редколесье на оползневых склонах.

6 – голубичное лишайниково-лиственничное редколесье на относительно крутых склонах.

7 – комплекс лиственничных редколесий: пятнистых мелкоосоково-дридовых лишайниковых, мохово-лишайниковых голубичных на деллях и межделлях.

8 – мохово-лишайниковое голубичное лиственничное редколесье на пологих склонах.

9 – елово-лиственничный и лиственничный лишайниково-кустарничковый лес с можжевельником.

10 – багульниково-мохово-лишайниковое редколесье на плоском водоразделе.

11 – лиственничные после пожарные голубично-ерниковые и ивняковые молодняки.

12 – участки, лишенные растительного покрова.

- дороги

- городские строения

- смешанный лес

- лиственничный лес

- вырубленный лес

- лес горелый, сухостой

Рис.3.3.4. Геоботаническая карта-схема Айхальского ГОКа

В основу создания карты положены теоретические принципы и методы геоботанического картографирования, разработанные В.В. Сочавой (1974, 1979). Растительность на карте-схеме показана на уровне ассоциаций, полученных при эколого-флористической классификации Браун – Бланке (Миронова, 2000) и их модификацией с классификацией А.Н. Лукичевой. Названия сообществ даны по традиционному эколого-фитоценотическому методу классификации.

По геоботанической карте-схеме преобладающим типом окружающей карьер растительности являются голубичное и моховое лишайниковое лиственничное редколесье на склонах, а также елово-лиственничные и лиственничные лишайниково-кустарниковые леса на структурно-денудационных уступах (47%). Леса у поселка Айхал подверглись лесным пожарам и представлены вторичными преобразованиями. Большая часть долинной растительности уничтожена (53%) при освоении месторождения трубки «Айхал» и в настоящее время входит в участки, лишенных растительности, или под городские постройки. На нарушенных участках территории растения только появляются в близости естественных сообществ и до настоящего времени нет сомкнутой растительности.

По изменению жизненного состояния растений, видового состава и структуры основных фитоценозов промышленных земель по В.Г. Волковой, Н.Д. Давыдовой (1987) нами выявлено 3 степени трансформации растительности: слабая, средняя и сильная, которые соответствуют и в условиях Якутии. При слабой трансформации наблюдается незначительное обеднение видового состава, структура сообществ почти не нарушается, наблюдается лишь некоторое изреживание ярусов травостоя. Средняя степень характеризуется угнетенностью жизненного состояния древостоя, подлеска и подростка, существенным изменением в видовом составе и структуре травостоя, появлением луговых трав. При сильной трансформации полностью угнетаются все яруса – от древесного до травянистого. В структуре травостоя происходит смена эдификаторов и доминантов всех ярусов, нарушается лесная

подстилка, а местами она вообще исчезает.

Легенда к карте-схеме построена по типологическому принципу на динамической основе.

На основе геоботанической карты-схемы и в результате изучения пространственной структуры (техногенной поверхности, грунтов и растительности) нами разработана карта-схема рекультивационного потенциала территории (рис. 3.3.5), которая позволяет оценить возможность рекультивации отвалов. Потенциал – это возможность сохранения и функционирования природных систем, рационального использования всех компонентов биосферы в интересах человека.

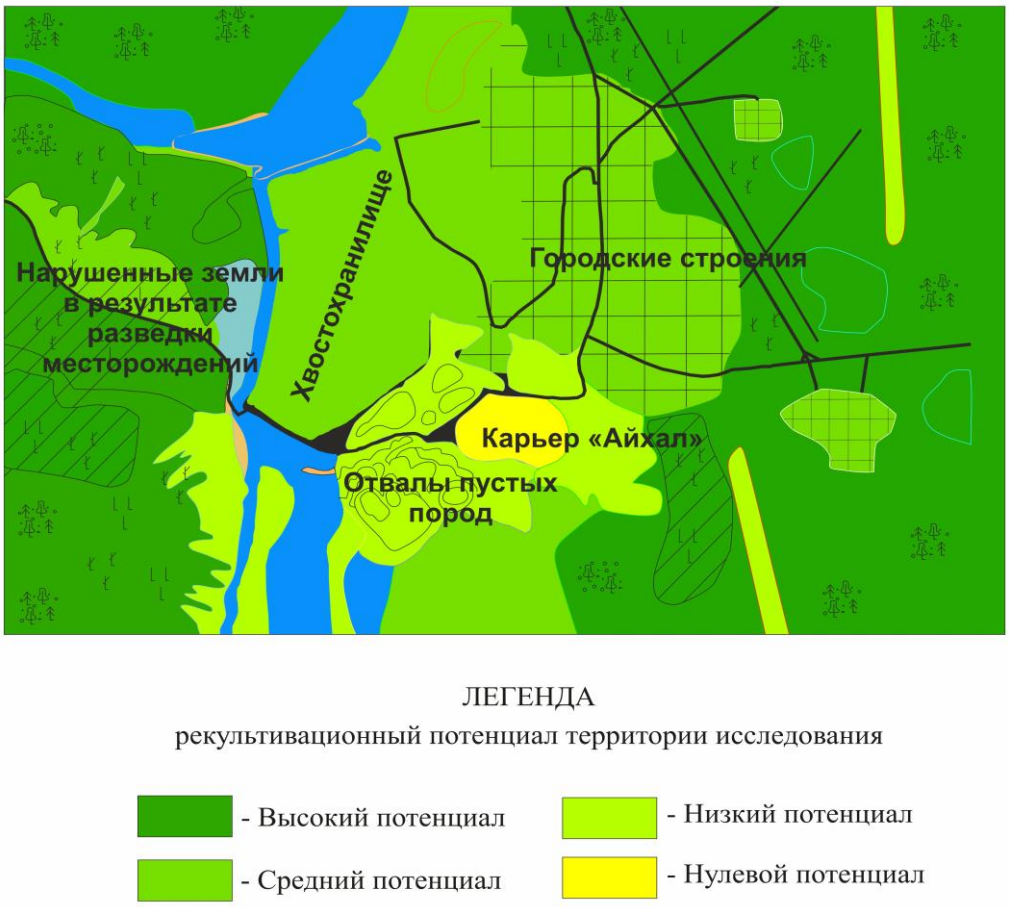


Рис. 3.3.5. Карта-схема рекультивационного потенциала территории исследования

Как показала карта-схема рекультивационного потенциала, на территории АГОК преобладают участки с низким и средним рекультивационным потенциалом (53% территории), и они являются главными объектами

биологической рекультивации.

Основными показателями являются состояние техногенной поверхности, грунтов и растительности, по которым определены уровни рекультивационного потенциала (высокий, средний, низкий и нулевой). Показатели уровня рекультивационного потенциала нарушенных земель АГОК представлены в таблице 3.3.2.

Таблица 3.3.2

Показатели уровня рекультивационного потенциала нарушенных земель АГОК

Уровень рекультивационного потенциала	Формы техногенной поверхности	Состояние техногенных грунтов	Состояние техногенной растительности
Высокий	Природно-техногенные ландшафты без нарушений	Природно-техногенные типы почв	Преобладание природно-техногенных сообществ
Средний	Хвостохранилище и промышленные площадки	Техногенные грунты	Техногенная растительность, зарастающая до 25% площади
Низкий	Техногенные отвалы карьера	Техногенные грунты	Зарастание растительности до 5%
Нулевой	Карьер	Отсутствуют	Отсутствуют

Сам карьер «Айхал», лишенный всех показателей соответствует нулевому рекультивационному потенциалу. Из-за отсутствия крупных вложений в рекультивацию данный объект надолго останется рукотворным ландшафтом.

Низкий рекультивационный потенциал у отвалов пустых пород с седловинно-отвальным рельефом, техногенными грунтами и начальной стадией зарастания (до 5%).

К среднему рекультивационному потенциалу относятся территории

хвостохранилища и промышленных площадок, где идет процесс самозарастания растительности до 25% проективного покрытия травостоя.

Высоким рекультивационным потенциалом отличаются ненарушенные и частично нарушенные участки территории. На них можно провести частичные мероприятия по биологической рекультивации (подсев семян, внесение удобрений).

Территория Айхальского ГОКа определяет рекультивацию своим состоянием техногенной поверхности, грунтами, слагающими отвалы и определяющие степень зарастания растительностью. Техногенная поверхность представлена карьером, отвалами пустых пород вокруг него и хвостохранилищем. Особую роль для рекультивации имеют отвалы и хвостохранилище обогатительной фабрики, рекультивация которых приведет к ускорению восстановления окружающей природы.

Почвы региона отличаются тяжелым гранулометрическим составом, сильнощебнистым маломощным почвенным профилем, оглеенностью и тиксотропностью. Техногенные почвогрунты, изученные сотрудниками НИИПЭС СВФУ и любезно предоставленные нам, по физическим свойствам и химическому составу соответствуют малопригодным для биологической рекультивации. Составленная нами геоботаническая карта показала уничтожение и нарушение растительного покрова на 53% от общей площади территории АГОК. В целях проведения рекультивационных работ нами разработана карта рекультивационного потенциала территории. Потенциал – это возможность сохранения, функционирования и восстановления природных систем, рационального использования всех компонентов биосферы в интересах человека**.** По картографическим показателям на территории АГОК преобладают участки с низким и средним рекультивационным потенциалом (53% территории), их и необходимо рекультивировать.

ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА ОТВАЛАХ КАРЬЕРА «АЙХАЛ»

4.1. Анализ технологии проведения экспериментальных работ по биологической рекультивации отвалов карьера «Айхал»

Работы по биологической рекультивации отвалов карьера «Айхал» проводились в рамках НИР «Создание комплексной инновационной экологически безопасной технологии добычи и переработки алмазоносных руд в условиях Крайнего Севера», тема 4 «Создание комплексной экологически безопасной инновационной технологии добычи и переработки алмазосодержащих руд в условиях Крайнего Севера», раздел 4.1. «Разработка и внедрение эффективного способа биологической рекультивации земель, нарушенных при добыче алмазов в условиях Крайнего Севера» (2010-2012 гг.).

Выделенный во время рекогносцировочных обследований отвал карьера «Айхал» соответствуют для проведения опытных работ биологической рекультивации по следующим параметрам:

- отвал отсыпан вблизи рудной базы недалеко от расположения АГОКа и поселка Айхал, что удешевляет доставку необходимых для заложения опытов материалов, создает благоприятные условия для ухода за участками;

- отвал доступен для транспорта и расположен в центре транспортной магистрали по отвалам, по отвалу проходит автодорога для транспортировки необходимых для рекультивации материалов и оборудований;

- отвал полностью сформирован и дальнейшая его эксплуатация не планируется;

- высота отвала средняя, площадь небольшая с целью усечения повторностей вариантов опыта;

- поверхность отвала выровнена на 50%, вторая часть состоит из крупно-глыбистых пород, что характерно для многих отвалов комбината.

При биологической рекультивации отвалов Айхальского ГОКа более подходят природоохранное и санитарно-гигиеническое направления, включающие следующие основные мероприятия (ГОСТ 17.5.3.04-83):

- посев семян трав и посадка саженцев лесных пород и кустарников;

- внесение удобрений;

- систему ухода за посевами и посадками;

Основные методы биологической рекультивации. Общая технология биологической рекультивации включает (ГОСТ 17.5.3.04-83):

- после технической рекультивации необходимо проводить планировку поверхности;

- внесение органических и минеральных удобрений;

- подготовка делянок к посеву или посадке; порядок подготовки участка к посеву определяется его размерами, конфигурацией и крутизной откоса. В промышленных масштабах планировка производится бульдозером. После планировки создаются условия, достаточные для предпосевной подготовки почвы и проведения посевов.

- посев семян или посадка саженцев фитомелиоративных растений без предварительного нанесения плодородного слоя. Посев может выполняться вручную или сеялками различных модификаций для посева трав и производится рано весной, летом или осенью под зиму.

Посев семян имеет следующие **преимущества:**

1) растениям легче с первых этапов жизни адаптироваться к почвенным и природным условиям на вашем участке, чем переносить стресс, связанный с пересадкой дерна;

2) посев семян можно проводить с ранней весны до поздней осени. Если вы не успели сделать это в первый год, то оставшиеся семена можете сеять в следующем сезоне;

3) можно подобрать оптимальную для ваших условий травяную смесь: точно известно, какие именно травы вы покупаете;

4) посев семян — самый дешевый способ создания газона: вы экономите не только деньги, но и силы.

Недостатки:

1) молодым растениям угрожает много опасностей (птицы, животные и

т.д.), поэтому необходимы дополнительные меры по их защите;

2) дороговизна цен семян растений при отсутствии местных питомников;

3) необходим уход за посевами;

4) необходим уход за рекультивированным участком.

Отвалы карьера «Айхал» расположены вокруг самого карьера и занимают значительные площади, создавая целый комплекс техногенного седловинно-отвального рельефа. Высота отвалов достигает до 60 м, угол откоса до 60° (рис.4.1.1).

Рис. 4.1.1. Общий вид отвалов

Отвалы характеризуются большой неоднородностью состава и размера отсыпных пород (Отчет НИР …, 2012). По классификации грунтов для биологической рекультивации земель (ГОСТ 17.5.1.03-86), грунты отвалов относятся к малопригодным для биологической рекультивации по сельскохозяйственному направлению, как по физическим свойствам, так и химическому составу грунтов.

При рекультивации отвалов карьера «Айхал» необходимо было учесть

следующие условия:

- на поверхности отвалов в результате сноса снежного покрова ветром создаются неблагоприятные условия для перезимовки растений;

- по сравнению с другими регионами препятствие создает и суровые климатические факторы, и сильные ветры;

- небольшой выбор посадочного материала из дикой флоры;

Выбранный для экспериментальных работ участок отвала расположен восточнее карьера вблизи подъездных дорог и отвала руды (рис. 4.1.2). Он представляет собой техногенный холм высотой до 30 м и с углом откоса до 40˚. Поверхность отвала отсыпана пустыми породами и спланирована бульдозером, состоит из многочисленных борозд, а также остаточных куч грунта.

Рис. 4.1.2. Внешний вид отвала карьера «Айхал»

А. - Поверхность отвала; Б. и В. – Откос отвала

Грунты отвала имеют щелочную среду и бедны биогенными элементами, выявлено незначительное содержание подвижного фосфора. Химическими анализами установлено незначительные превышения ПДК и коэффициента фитотоксичности по элементам 2 и 3 класса опасности – бора, меди и ванадия (Данилов, Петров, 2012).

Растительность поверхности отвала полностью уничтожена тяжелой техникой, выполняющей вывоз грунтов на строительство дороги. По откосам произрастают единичные экземпляры ив, разнотравья.

Все вышеуказанные условия отвала позволяют нам проведение работ по

биологической рекультивации.

Схема опытов. При проведенном патентном поиске и анализе методов и способов биологической рекультивации земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых в разных регионах Советского Союза, России и зарубежных стран нами не обнаружены работы по биологической рекультивации отвалов алмазных карьеров, за исключением приведенных результатов единичных кратковременных опытов (Лебедева, Лонкунова, 1991; Отчет НИР…, 2010; Миронова и др., 2011). Поэтому нам предстояла задача выбора и обоснования экспериментальных исследований.

С учетом дефицита в районе расположения ГОКа потенциально плодородного слоя при выборе способов биологической рекультивации выдвинули следующие основные критерии:

- использование способа биологической рекультивации без отсыпки плодородного слоя;

- применение положительных результатов исследований в других регионах или странах;

- применяемость способов в условиях Севера;

- степень апробации способов на карьерных отвалах;

- экологическая эффективность способов рекультивации;

- экономическая выгодность способов для предприятия.

На отвалах рудных месторождений ранее не проводилась рекультивация без отсыпки плодородного почвенного слоя. На алмазных месторождениях Якутии биологическая рекультивация без отсыпки плодородного слоя вообще не проводилась. Поэтому способы и методы рекультивационных работ выбраны нами на основе анализов и опытных исследований Института прикладной экологии Севера (Миронова, 2000; Миронова и др., 2005; Миронова и Иванов, 2005).

Общая схема опытов на отвале представлена на рисунке 4.1.3.

Способ 1. Применение старики на поверхности отвала. **1.1** и **1.2** - две повторности.

Способ 2. Применение гидропосева на откосе. **2**

Способ 3. Применение биоматов. Две повторности: **3.1** - на поверхности отвала; **3.2** - на откосе.

Способ 4. Применение отходов КОС на поверхности отвала. **4**

Способ 5. Применение конского навоза на поверхности отвала. Две повторности: **5.1** - без посева семян трав; **5.2** - с посевом семян трав.

Способ 6. Применение перегноя с песком на поверхности отвала. **6.1** и **6.2** - две повторности.

Фон 7. Три Повторности: **7.1** и **7.2** - на поверхности отвала; **7.3** - на откосе.

Рис. 4.1.3. Схема расположения участков в экспериментах по биологической рекультивации на отвале карьера «Айхал»

Площадки с размерами 10х10 м расположены как на поверхности отвала (первая повторность), так и на откосах (вторая повторность).

4.2. Наиболее эффективные способы биологической рекультивации отвалов карьера «Айхал» - применение старики (ветоши) и отходов канализационно-очистных сооружений (КОС)»

Способ применения ста́рики. Ста́рикой называют сухую прошлогоднюю траву на лугах. В ее состав входят все не скошенные растения или отава после сенокошения, т.е. это луговые злаки, бобовые и разнотравье, а также реже осоковые растения. Именно по долине р. Сохсолох, откуда была собрана ста́рика, преобладают вейники, осоки и лисохвост луговой.

Для биологической рекультивации отвалов применение ста́рики имеет

следующие **положительные стороны**:

- доступность использования ста́рики, т.к. ее сбор можно производить везде по долинам рек в любое время;

- экономическая эффективность способа – не требуются прямые финансовые затраты;

- обладает комплексным защитным свойством - в условиях отсутствия на отвалах регулярного полива посевов, ста́рика будет задерживать влагу в летний сезон, а зимой будет служить защитным слоем от морозов и ветра, а также окажет позитивное противоэрозионное воздействие;

- для отвальных грунтов является дополнительным субстратом, а при гниении – питательным субстратом.

Отрицательные стороны способа:

- сложности в поиске лугов вне промышленного отвода АГОК для сбора ста́рики;

- сложности механизации работ по биорекультивации, особенно на откосах отвалов.

Уже на следующий год на поверхности отвала среднее проективное покрытие травостоя составило 40%, средняя высота - 30-40 см. В травостое доминировал овес посевной – до 70% с высотой до 60 см. Начались всходы донника белого (до 50%, высота до 10 см) ромашки аптечной, мари белой, полыни монгольской, дескурайнии гулявниковой, лебеды раскидистой, горца.

На второй площадке в понижении среднее проективное покрытие равно 20%, средняя высота - 15 см. Здесь начинают появляться ростки тех же видов, но в меньшем обилии. Высота также ниже. Овес здесь растет в одинаковой доле с другими.

Технология способа. Производят сбор ста́рики и доставку её к рекультивируемым площадкам. Поверхность рекультивируемых площадок можно выравнивать боронованием (рис. 4.2.1.).

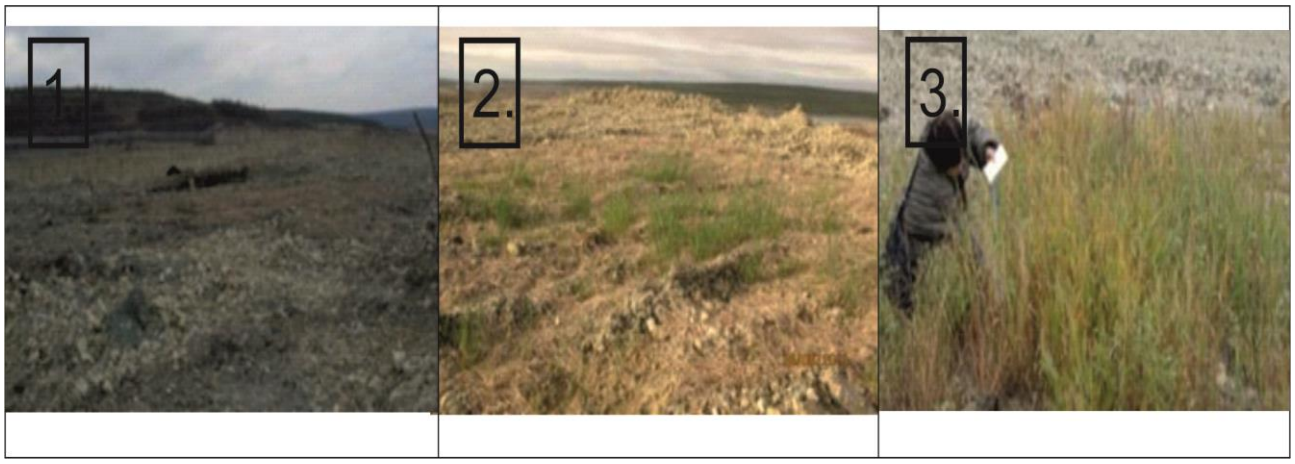


Рис. 4.2.1. Вид площадок в июне 2010 и августе 2012 года
1. - 2010 год; **2.** – 2011 год; **3.** – 2012 год

После подготовки посевных рядов производят посев семян травосмеси местных видов растений. Сначала на поверхность отвала внесли минеральные удобрения, а затем укрыли посевы ста́рикой и закрепили камнями или песком. Оптимальная толщина слоя ста́рики составляет на горизонтальную поверхность– 8-10 см, на откосах отвалов – до 20 см.

Внесение азотно-фосфорных удобрений в норме 100 кг/га обеспечивает полноценную подкормку всходов посеянных травосмесей как однолетних, так и многолетних растений. Установлено, что наиболее эффективно использовать ста́рику в сочетании с посевом одно-многолетних растений, так как в первый сезон всходят семена однолетних растений, в последующие годы многолетних трав.

Применение старики на опыте является ноу-хау данного способа биологической рекультивации. На второй год опыта на площадках среднее проективное покрытие травостоя составило 40%, средняя высота достигла до 30-40 см. В травостое доминировал сначала однолетник - овес посевной до 70%, высота доходила до 60 см. в 2017 году проективное покрытие достигла до 75% и высоты травостоя – до 72 см. Затем появились всходы донника белого, ромашки аптечной, мари белой, полыни монгольской, дескурайнии гулявниковой, лебеды раскидистой и горца.

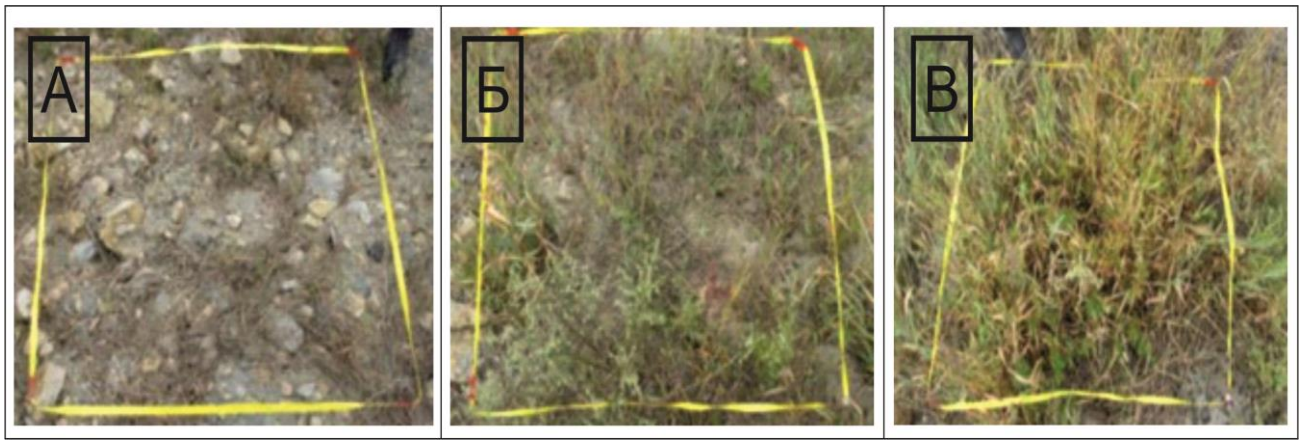


Рис.10. Показатели среднего проективного покрытия по годам исследований в экспериментах с применением старики (ветоши):

А. в 2011 г. - 20%; **Б.** в 2012 г. - 50%; **В.** в 2017 г. - 72%

Таким образом, применение ста́рики (ветошь) как защитного слоя при биологической рекультивации имеет высокую экологическую и социальную значимость. Во-первых, он направлен на решение таких проблем, как восстановление почвенно-растительного покрова на отвалах без нанесения плодородного слоя, сокращение операций по технической рекультивации, возвращение техногенно нарушенных земель в хозяйственный оборот и во-вторых - оздоровление санитарной и экологической обстановки в районе.

Способ применения отходов канализационно-очистных сооружений (КОС). Использование осадков сточных вод в качестве органических удобрений регламентируется ГОСТ Р 17.4.3.07−2001 «Требования к осадкам сточных вод при использовании в качестве органических удобрений» и санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.7.573−96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения».

Для отвалов Айхальского ГОКа были выбраны промышленные отходы – осадки сточных вод КОС, для использования в качестве органического удобрения, содержащего в доступных формах элементы, необходимые для развития растений.

Осадки сточных вод КОС представляют собой сложную смесь с высоким

содержанием воды, в которой биологически безвредные вещества прочно связаны с загрязняющими токсичными компонентами органической и неорганической природы. Осадки сточных вод КОС привезли из промышленной площадки карьера «Юбилейный». Агрохимические и санитарно-бактериологические и санитарно - паразитологические показатели осадков, предоставленные лабораториями, отражены в таблицах 4.2.1 и 4.2.2.

Таблица 4.2.1

Агрохимические показатели КОС

Наименование показателя	Норма
Массовая доля органических веществ, % на сухое вещество, не менее	20
Реакция среды (pH)	5,5 - 8,5*
Массовая доля общего азота (N), % на сухое вещество, не менее	0,6
Массовая доля общего фосфора (P_2O_5), % на сухое вещество, не менее	0,3

* Осадки, имеющие значение реакции среды (pH вытяжки) более 8,5, могут использоваться на кислых почвах в качестве органоизвестковых удобрений.

Таблица 4.2.2

Санитарно-бактериологические и санитарно - паразитологические показатели осадков

Наименование показателя	Норма для осадков группы	
	I	**II**
Бактерии группы кишечной палочки, клеток/г осадка фактической влажности	100	1000
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, клеток/г	Отсутствие	Отсутствие
Яйца геогельминтов и цисты кишечных патогенных простейших, экз./кг осадка фактической влажности, не более	Отсутствие	Отсутствие

Таблица 4.2.3.

Допустимое валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка в осадках

Наименование	Концентрация, мг/кг сухого вещества, не более, для осадков группы	
	I	II
Свинец (Pb)	250	500
Кадмий (Cd)	15	30
Никель (Ni)	200	400
Хром ($Cr_{общ}$)	500	1000
Цинк(Zn)	1750	3500
Медь (Cu)	750	1500
Ртуть (Hg)	7,5	15
Мышьяк (As)	10	20

Осадки группы I используют в пределах поселений, а также в сельском хозяйстве для зерновых, зернобобовых, зернофуражных и технических культур. Осадки группы I и II используют в цветоводстве, зеленом строительстве, лесоразведении, а также для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов ТБО.

Экспериментальные работы начались в июне 2011 года на участке, расположенном на поверхности отвала. Были выполнены следующие виды работ:

- заложение площадки с размером 10х10 м;

- предварительная планировка поверхности для проведения эксперимента (уборка больших валунов, хлама, разравнивание поверхности и т.д.);

- нанесение осадок сточных вод КОС ориентировочно в объеме 10,0 $м^3$ при помощи вакуумной машины КО-505А для сбора фекальных жидкостей на базе шасси КАМАЗ-53215.

На неровной поверхности площадки осадки сточных вод распределили со средней мощностью около 20 см. Площадка выстоялась в течение 2-х дней,

вследствие чего излишки сточных вод стекли путем естественной фильтрации. Затем осадки КОС перемешали с техногенным грунтом, песком – 1 м^3 и опилками с древесными стружками - 0,5 м^3, произвели посев семян и граблями разровняли поверхности опытного участка (рис. 4.2.3.).

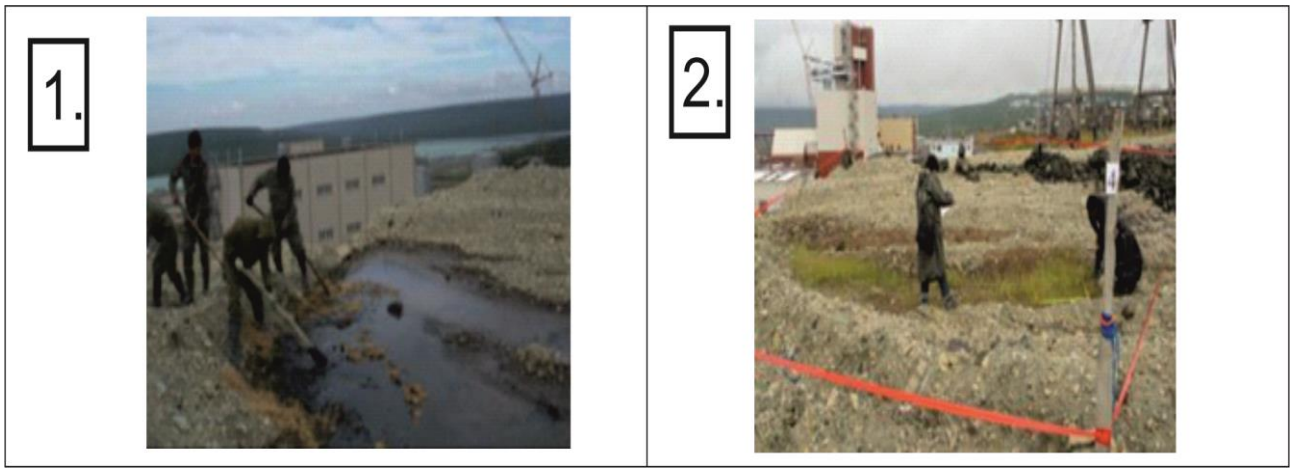


Рис. 4.2.3. Стадии работ по использованию отходов КОС для рекультивации **1.**- 2010 год (подготовка поверхности, посев семян); **2.** - 2012 год (оценка результатов)

Результаты двух сезонов также показали положительные стороны способа. Сначала на площадке заселяются однолетние виды с доминированием овса посевного. Среднее проективное покрытие травостоя составило до 30%, средняя высота – до 20 см. Местами проективное покрытие доходило до 50%. Вместе с овсом встречаются единичные виды бобовых (донник белый) высотой 2-3 см, хвоща полевого, полыни и мари белой.

Осенью 2012 года видовой состав насчитывал 11 видов с преобладанием пырейника, полыней, донника и люцерны, это подтверждает увеличение интенсивности заселения растениями на эксперименте. Проективное покрытие больше на понижениях (до 30%), где отходы КОС задержались, и меньше (до 10%) - по повышениям. Средняя высота также отличается и меняется в пределах 5-40 см, а в 2017 году – до 70%. Высота травостоя увеличилась от 20 см до 70 см в 2017 г. (рис. 4.2.4.).

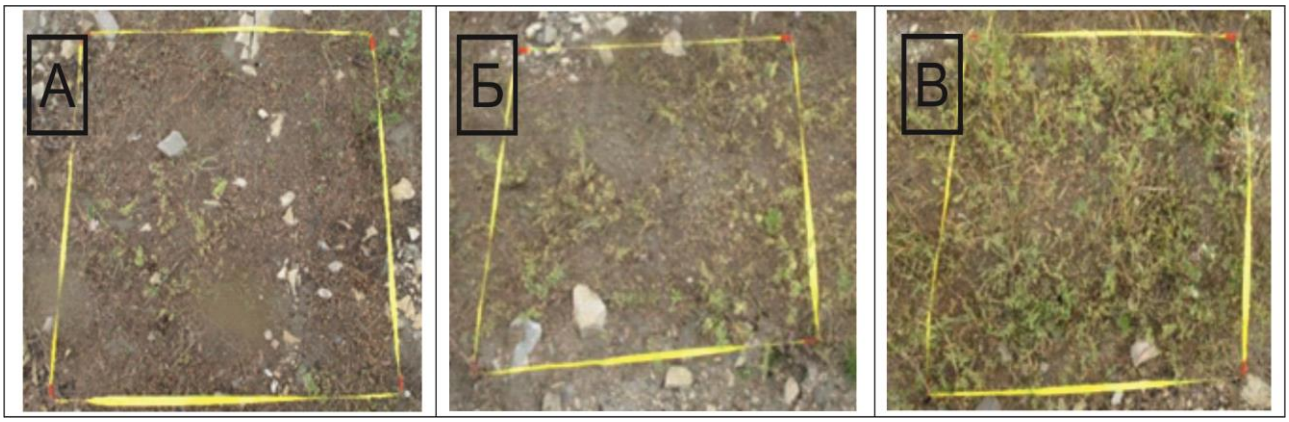


Рис.12. Показатели среднего проективного покрытия по годам исследований в экспериментах с применением отходов КОС

А. в 2011 г. - 20%; **Б.** в 2012 г. - 40%; **В.** в 2017 г. - 70%

Таким образом, при недостатке или отсутствии потенциально плодородного слоя на рекультивируемых площадках рекомендуем применить отходы КОС. Способ полезен и как богатый питательными веществами субстрат для растительности, и как мероприятие по утилизации промышленных отходов. В виде наполнителя субстрата можно использовать отходы деревообработки (опилки, стружки), а в качестве связующего элемента можно применить песок в небольшом количестве.

4.3. Результаты отклоненных способов биологической рекультивации отвалов карьера «Айхал» Айхальским ГОКом

Способ применения гидропосева на откосах отвала. Площадка с размером 10х10м заложен нами на южном склоне отвала. Поверхность откоса неровная, состоит из крупных пород. Для эксперимента использованы семена рыхлокустовых и корневищевых трав, создающих хорошую дернину и придающие ей большую прочность на разрыв в горизонтальном направлении, и стержнекорневых видов, образующих длинные корни, надежно скрепляющие дерн с поверхностью.

Видовой состав травосмеси включает растения из однолетников (ромашка, овес), двулетников (донник) и многолетников (люцерна, клевер ползучий, клевер люпиновый, овсяница, пырейник). Норма высева равна 30

кг/га. Семена закуплены у ООО «Кривошапкин» и соответствуют ГОСТам, всхожесть семян равна 70%. В раствор внесены минеральные удобрения (азофоска) в дозе 100 кг/га.

В качестве мульчирующего материала использовались древесные опилки, просеянные через сито с ячейками 10х10 мм. В качестве клейковины и пленкообразующего материала использован картофельный крахмал. Воду для рабочей смеси брали из искусственного водоема на отвале. В емкость объемом 200 л при интенсивном перемешивании засыпались древесные опилки, сухие минеральные удобрения, далее в процессе непрерывного перемешивания в рабочую смесь вносился заранее подготовленный раствор крахмала, затем внесли семена трав и все это перемешивалось до получения однородной суспензии. На экспериментах рабочая смесь разбрызгивалась ведрами вручную, дозировано по 10 л, до образования относительно равномерного слоя без пропусков и скопления семян на поверхности откоса, распределение смеси определялось визуально по степени равномерности распределения мульчирующего компонента (рис.4.3.1.).

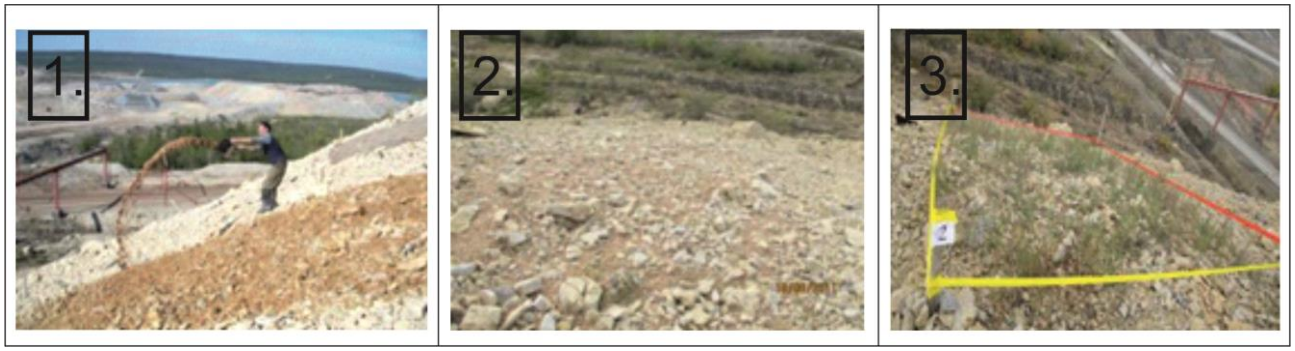


Рис.4.3.1. Работы на площадках по гидропосеву и появление первых всходов

1. - 2010 год; **2.** -2011 год; **3.** - 2012 год

Осенью 2011 года на площадке не было всходов, а осенью 2012 года появились равномерные всходы травостоя со средним проективным покрытием 25%, средней высотой 15 см и видовым составом из 7 растений с преобладанием пырейника, овсяницы, мари, и полыни (рис. 4.3.2.). Можно с уверенностью отметить, что в дальнейшем появятся многолетники, т.е. растения обладают устойчивостью к неблагоприятным условиям микроклимата

и отрицательным физическим и химическим свойствам грунта, будут развивать корневую систему и обладать способностью к симбиозу с микроорганизмами.

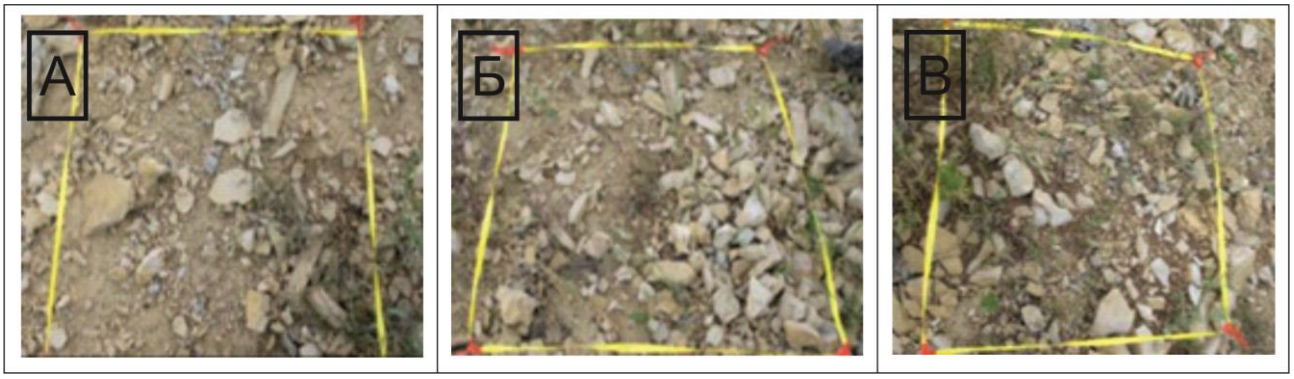


Рис. 4.3.2 Проективное покрытие на площадке по применению гидропосева

А. - минимальное (3%) - 2010 г.; **Б.** - среднее (25%) - 2011 г.;

В. - максимальное (30%) - 2017 г.

Способ с использованием биоматов. Для проведения эксперимента по применению биоматов на отвале Айхальского ГОКа был приобретен рулон биомата в московском предприятии НПО «Промкомпозит». Биомат представляет собой 2-3 х слойную полностью биологически разлагающуюся основу, между слоями которой уложена рекультивационная смесь, включающая семена многолетних растений, питательные вещества (минеральные и органические удобрения, стимуляторы роста растений, почвообразующие бактерии) и влагоудерживающие компоненты, которые улучшают способность почвы к удержанию влаги (рис. 4.3.3.).

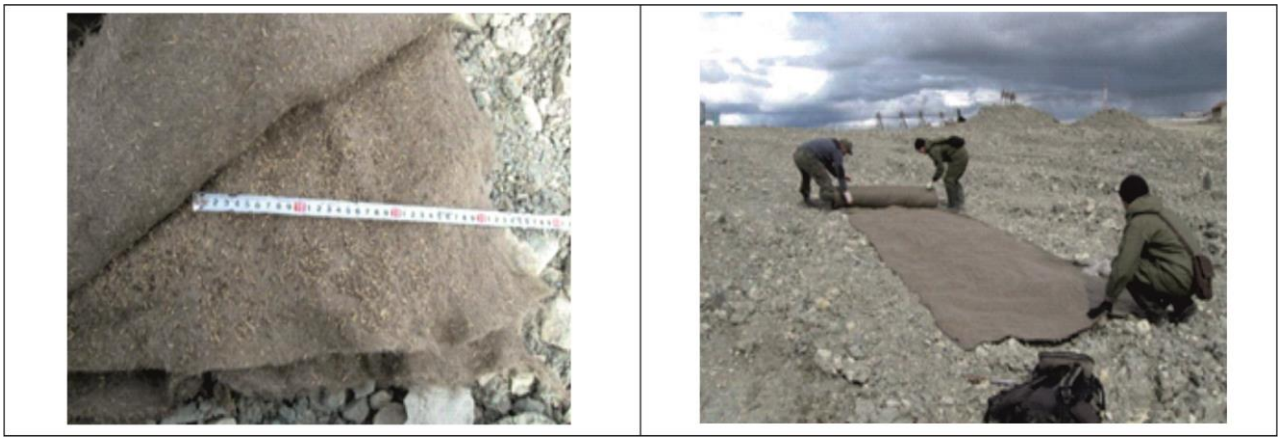


Рис. 4.3.3. Биомат и его укладка на поверхности отвала

Биоматы были уложены на площади примерно 4х5 м в 2-х повторностях: на поверхности отвала, на откосе отвала. После укладки произведена присыпка биоматов песчаным грунтом.

Проведенное через 2 месяца в августе 2011 года обследование показало: на поверхности отвала на биомате единично произрастал житняк гребенчатый высотой 30-40 см, на откосе отвала растительность отсутствовала. В 2012 году опыт по применению биоматов был продолжен в 2-х вариантах: 1 вариант – подсев семян трав местных видов, 2 вариант – биомат используется без изменений. Весной 2012 года на площадке, расположенной на поверхности отвала (1 вариант) был произведен частичный посев семян (травосмесь). В августе среднее проективное покрытие на площадке было 20 %. Произрастали овес посевной – с проективным покрытием в 2 балла, ромашка аптечная, марь белая, ячмень – 1 балл. (рис. 4.3.4.). На площадке с биоматом на откосе отвала (2 вариант), где посев не был произведен, в августе произрастали единичные экземпляры злаков.

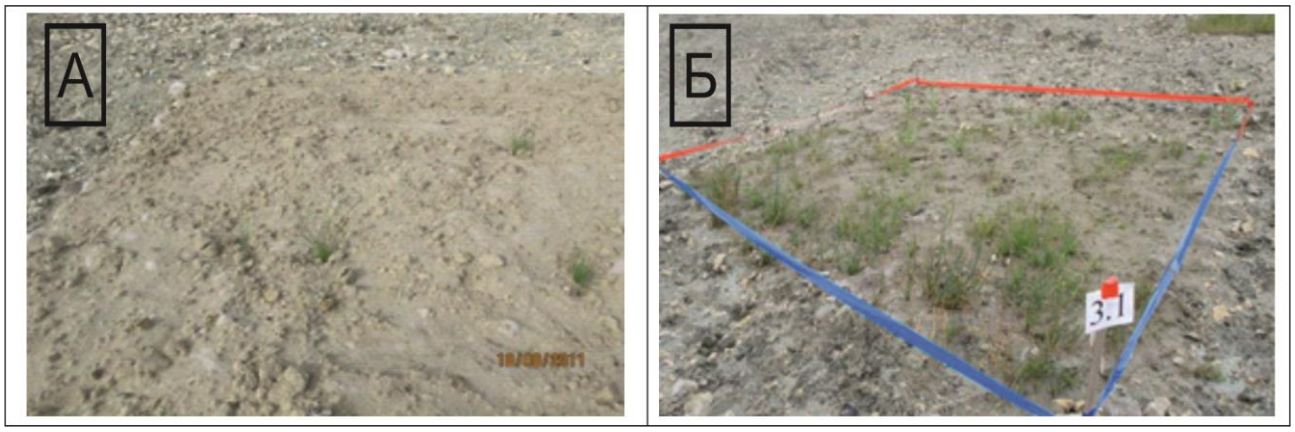


Рис. 4.3.4. Растительность на биоматах 2011 (**А**) и 2012 (**Б**) гг.

Таким образом, эксперимент по применению биомата не дал положительных результатов. Нерайонированные семена, вложенные в биомат московском предприятием НПО «Промкомпозит», не смогли взойти в условиях Крайнего Севера. После подсева семян трав местных видов на части площадки на второй год опыта проективное покрытие растительности достигло в среднем 20%, взошли высеянные виды.

Способ по использованию конского навоза. При заложении площадки

по рекультивации с применением конского навоза на отвалах пустых пород Айхальского ГОКа нами на поверхность был нанесен песчаный материал мощностью около 5-10 см для закрепления корневой системы растений и создания барьера, препятствующего поступления макро- и микроэлементов (солей и др.) из пород тела самого отвала. Последнее, в частности процесс вторичного засоления, обычно происходит постепенно, со временем в зависимости от скорости и объема влияющего фактора.

На отсыпанной площадке нанесли свежий конский навоз с незначительной подстилкой объемом около 1м^3 на площадь размером 4х4 м. Таким образом, был сконструирована субстрат, состоящий из материала природного происхождения.

Опытный участок был разбит на 2 варианта: 1 вариант – перемешивание конского навоза с песком и посев семян травосмеси с внесением минеральных удобрений (азофоска дозой 100 кг/га д.в.);

2 вариант - перемешивание конского навоза с песком без посева семян и без внесения удобрений.

В августе был проведен первый контрольный осмотр площадок. На участке 5 всходы появились на половине площадки, там, где был произведен посев семян и внесение удобрений (рис. 4.3.5.).

Рис. 4.3.5. Общий вид площадки с навозом без внесения (**А**) и с внесением удобрений (**Б**)

На площадке без посева семян растений и без внесения минеральных удобрений среднее проективное покрытие травостоя не доходит до 5% средняя высота 5-10 см. Злаки единичны и находятся в фазе вегетации, из разнотравья видны единичные всходы мари белой и дескурайнии Софии (сорные травы). В варианте с посевом семян и внесением минеральных удобрений среднее проективное покрытие травостоя достигает до 30%, средняя высота – до 30 см. В равной степени доминируют всходы овса посевного высотой до 40 см и донника – до 3-5 см. Видны единичные всходы мари.

Таким образом, первые эксперименты по применению конского навоза в виде субстрата на отвалах показывает положительные его результаты. Сдерживающим широкое применение способа является отдаленное расположение Айхальского ГОКа от крупных сельскохозяйственных улусов, что затрудняет доставку в большом объеме навоза. Вместо конского навоза можно использовать навоз крупного рогатого скота.

Способ использования смеси перегноя и песка. На отвале пустых пород карьера «Айхал» был выбран вариант с нанесением перегноя и песка вместо потенциально плодородных пород и плодородного слоя почвы с посевом семян растений.

Отвал сложен из глыбистых, полускальных пород. Мелкозем, образовавшийся в результате выветривания, по гранулометрическому составу относится к легкому суглинку. Грунты отвала в морфологическом строении однородны и не дифференцируются на четко выраженные слои.

При заложении экспериментальных делянок в качестве ППП использован однородный, песчаный материал (рис. 4.3.6).

Рис. 4.3.6. Вид площадки с применением перегноя и песка в августе (2011 г.)

Обычно содержание физической глины в песках составляет от 0 – до 5 %.

На исследуемом районе пески обычно имеют нейтральную и/или слабощелочную реакцию среды (pH=7,2-8,3). Как известно, они не богаты органикой, органическим веществом и не засолены.

Применяемый субстрат представляет собой смесь перегноя и торфа. Видны хорошо сохранившиеся фрагменты органогенных горизонтов, доминирующие в данном районе (зональных и интразональных типов мерзлотных почв). В результате после нанесения песчаного материала и плодородного слоя почвы образовался сконструированный субстрат, профиль которого состоит из органогенного слоя мощностью около 5 см с глубиной переходящий на песчаный субстрат, мощностью 15-20 см.

После подготовки делянок проводилась посев многолетних трав с внесением комплексных удобрений.

Первые результаты получены в августе 2011 г. На таких плодородных грунтах, как и ожидали, всходы показывают интенсивный рост растений, среднее проективное покрытие которых составляет 35-40%.

Таким образом, эксперименты еще раз доказали эффективность биологической рекультивации на отвалах карьера «Айхал» со слоем плодородных пород (перегной и песок), но связи с отсутствием большого

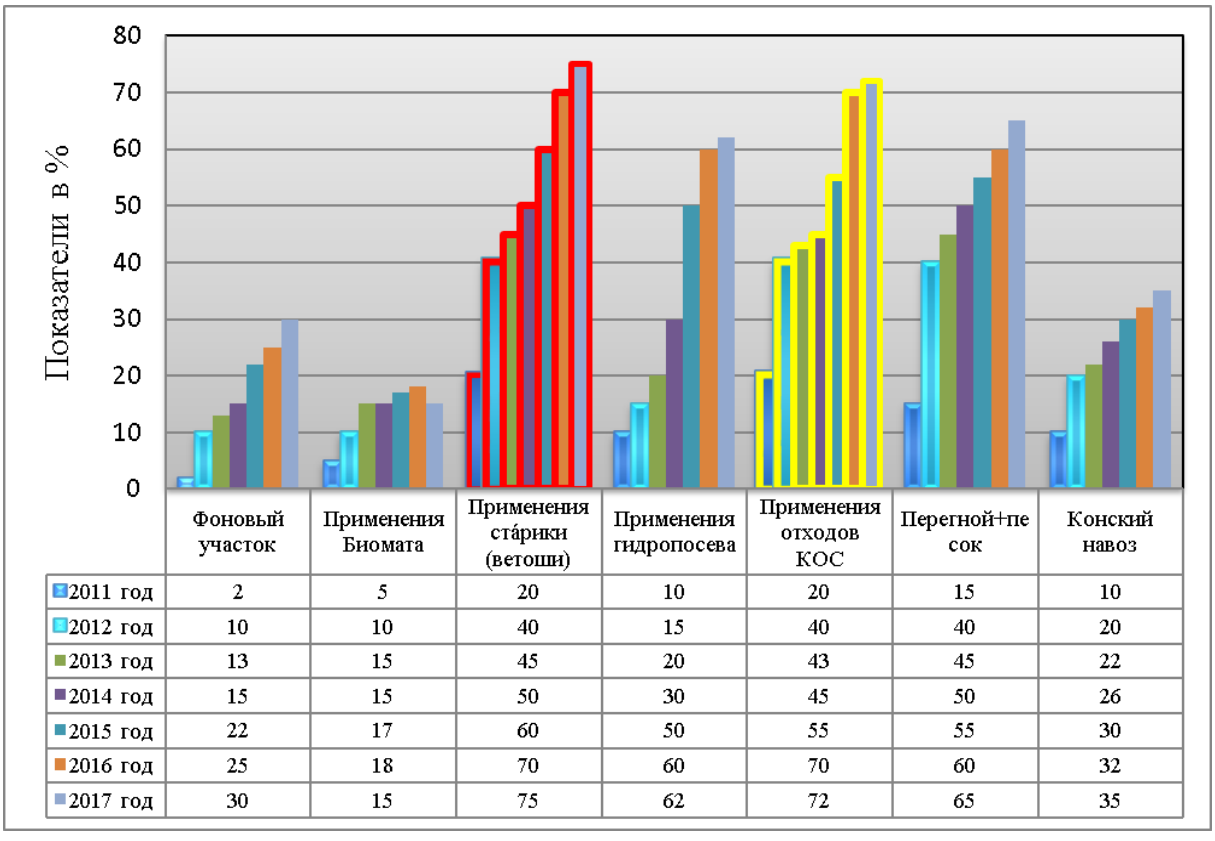
количества плодородного слоя на территории АГОК, способ был отклонен.

Фоновый участок – это участок отвала без каких-либо отсыпок. На площадке были проведены внесение минеральных удобрений и посев семян трав. В течение 2-х лет способ не показал положительных результатов.

Способы показали, чтобы воссоздать плодородие техногенных грунтов, вначале можно высевать травы, не предъявляющие высоких требований к почвенным условиям, т.е. сорные как быстро распространяющиеся и многосемянные.

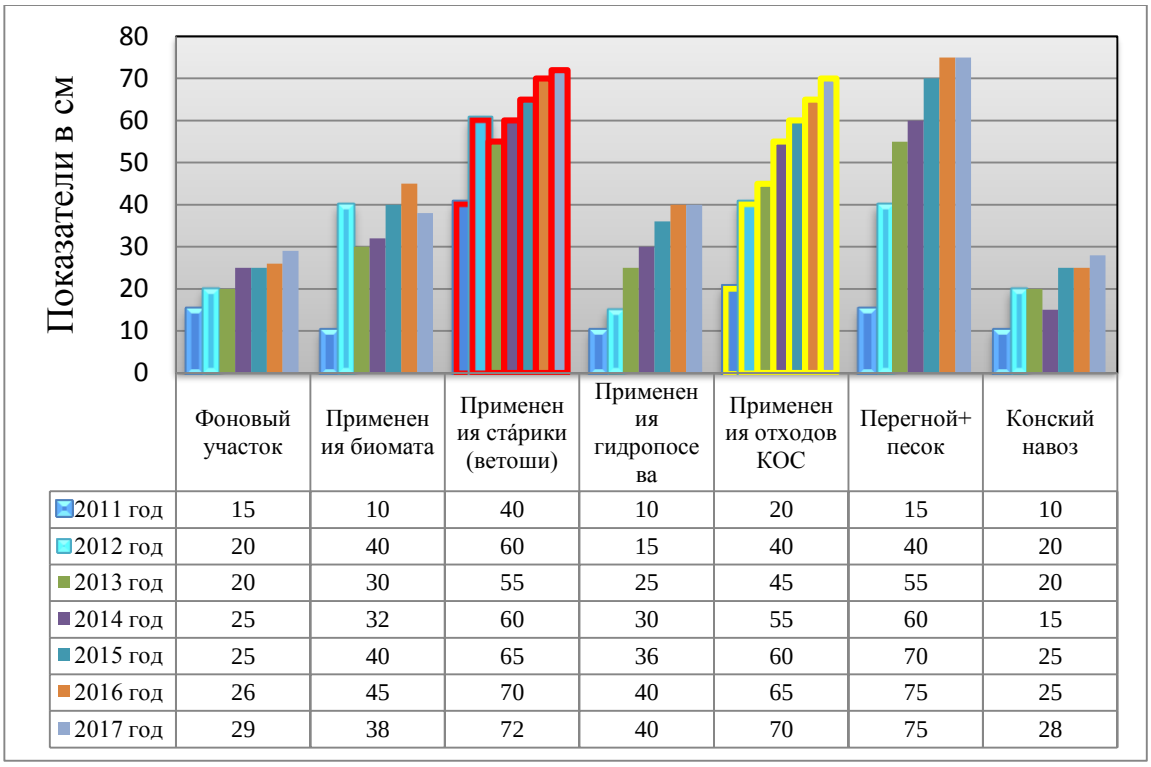
Основными показателями результатов эксперимента являются общее проективное покрытие и высота травостоя. Итоги исследований с 2011 по 2017 года отражены на рисунках 4.3.7. и 4.3.8.

Сравнение способов биологической рекультивации на отвалах карьера «Айхал» показало следующие - При применении **гидропосева** проективное покрытие травостоя на второй год опыта составляет 40%, а средняя высота - 30-40 см, а в 2017 году они увеличиваются соответственно до 60% и выше 40 см.



	Фоновый участок	Применения Биомата	Применения ста́рики (ветоши)	Применения гидропосева	Применения отходов КОС	Перегной+песок	Конский навоз
2011 год	2	5	20	10	20	15	10
2012 год	10	10	40	15	40	40	20
2013 год	13	15	45	20	43	45	22
2014 год	15	15	50	30	45	50	26
2015 год	22	17	60	50	55	55	30
2016 год	25	18	70	60	70	60	32
2017 год	30	15	75	62	72	65	35

Рис. 4.3.7. Изменения среднего проективного покрытия (%) в вариантах экспериментов по рекультивации (2011-2017 гг.)



	Фоновый участок	Применения биомата	Применения ста́рики (ветоши)	Применения гидропосева	Применения отходов КОС	Перегной+песок	Конский навоз
2011 год	15	10	40	10	20	15	10
2012 год	20	40	60	15	40	40	20
2013 год	20	30	55	25	45	55	20
2014 год	25	32	60	30	55	60	15
2015 год	25	40	65	36	60	70	25
2016 год	26	45	70	40	65	75	25
2017 год	29	38	72	40	70	75	28

Рис.4.3.8. Высота травостоя (см) в вариантах экспериментов по рекультивации (2011-2017 гг.)

При **использовании биомата** в 2010 году появились лишь редкие единичные виды растений, а на второй год, когда мы заменили под матом семена на семена местных растений, осенью уже были всходы. В 2012 году проективное покрытие травостоя составляло 10%, высота – до 10 см. В 2017 году показатели проективного покрытия достигли до 15%, высота травостоя - до 38 см. Способ с **применением конского навоза** показал средние результаты. В первый год опыта проективное покрытие составила 10%, высота травостоя -10 см. В 2017 году проективное покрытие было равно 35%, высота травостоя - 28 см. Применение **перегноя и песка** вслед за использованием старики, КОС и гидропосева показало высокие результаты (проективное покрытие составило 15% и 65%, высота - 15 см и 75 см). Но этих материалов также нет на территории АГОК. Самые высокие показатели у способов с **применением ста́рики и отходов КОС**. Проективное покрытие травостоя в первый же год составило 20% при обоих способах, а в 2017 году – соответственно 75% и 70%. Средняя высота травостоя увеличилось при

применении ста́рики от 40 до 70 см, а при использовании отходов КОС – от 20 до 70 см.

4.4. Обсуждение результатов исследования

Изучение ландшафтов, грунтов, почвогрунтов и растительности отвалов АГОК как основы для оценки рекультивационного потенциала и разработки методов биологической рекультивации показало, что на территории карьера «Айхал» типы техногенного рельефа представлены собственно карьером «Айхал» (7.5% от общей площади), отвалами пустых пород (11%), нарушенными землями в результате разведки месторождений (2%), что свидетельствует о том, что с учетом климатических характеристик территория достаточно сложна для проведения работ по восстановлению растительности.

С другой стороны, химический состав почвогрунтов согласно ГОСТов вполне позволяет провести рекреационное и природоохранное направления биологической рекультивации. В этих условиях необходимо было применить нетрадиционные способы и направления биологической рекультивации, которые в условиях практически отсутствия мелкозема и суровых условий для перезимовки растений позволяет провести восстановление.

Собранные данные показали, что на отвалах пустых пород отмечены от 12 до 36 видов растений в зависимости от стадии зарастания отвалов. По сравнению, на пример, с растительностью Экибастузского угольного бассейна (120 видов), биоразнообразие в 4 - 10 раз меньше. Это свидетельствует о том, что для рекультивации в изучаемых условиях может быть использован только ограниченный список растений, зато которые показали себя способными выдержать такие экстремальные условия и дать результат.

Выделенные 3 степени трансформации растительности: слабая, средняя и сильная, и разработанная нами карта-схема рекультивационного потенциала нарушенных земель АГОК показала преобладание участков с низкой и средней степенью, которые составляют 53% от площади территории. Рекультивационный потенциал территории Айхальского ГОКа нами разделена на четыре степени, из которых на изучаемой территории преобладают три:

нулевая – карьер «Айхал», низкая – отвалы пустых пород с начальной стадией зарастания до 5%, средняя – хвостохранилище, городские строения, где процесс самозарастания растительности достигает 25%. В таких условиях пришлось апробировать 2 метода из 6, которые ранее в Якутии не использовались, а в литературе их упоминание достаточно редко.

Измерив морфометрические характеристики изучаемых отвалов и сравнив их с отвалами карьера «Мир», отмечаем, что отвалы карьера «Айхал» ниже и занимают меньше площади. Особенностью территории является: более суровые природные условия в связи с северным расположением (практически у северного Полярного круга) и полное отсутствие плодородных грунтов для отсыпки нарушенной поверхности. В других регионах России и мира отсыпка плодородных грунтов обязательна. В нашей ситуации отсыпка плодородного слоя фактически невозможна в связи и их отсутствием, или экономической нецелесообразности их отсыпки, учитывая характер подстилающих пород траппового характера. В этой связи нами выбраны шесть способов биологической рекультивации с применением нетрадиционных материалов взамен плодородного слоя: способ применения старики (ветоши), способ перегноя и песка, применения конского навоза, способ использования гидропосева, применения отходов КОС и способ использования биомата.

Исходя их заданных подходов заказчика для выбора метода рекультивации, который был определен заказчиком, в дальнейшем были рекомендованы только наиболее оптимальные методы. Автор при разработке методов опирались на требования заказчика – руководства карьера «Айхал» и условия обитания растений:

- на поверхности отвалов в результате сноса снежного покрова ветром создаются неблагоприятные условия для перезимовки растений;

- по сравнению с другими регионами проблемы создают и суровые климатические факторы, и сильные ветры;

- небольшой выбор посадочного материала из окружающей естественной растительности;

- использование способа биологической рекультивации без отсыпки плодородного слоя;

- применение положительных результатов исследований в других регионах или странах;

- применяемость способов в условиях Севера;

- степень апробации способов на карьерных отвалах;

- экологическая эффективность способов рекультивации;

- экономическая выгодность способов для предприятия.

Эти требования вполне можно считать типовыми для любого алмазодобывающего предприятия на территории Крайнего Севера.

Первый же год эксперимента (2011 г.) показал положительные стороны всех шести способов биологической рекультивации. Вышеуказанным же принципам заказчика более соответствовали только 2 метода, которые нами использования при биологической рекультивации отвалов карьера «Айхал» и адаптированы для изучаемого отвала – способ использования старики и отходов КОС. Их применение горнодобывающим предприятием одобрено, в первую очередь, по следующим причинам: ста́рика и отходы КОС имеются на территории АГОК или их можно найти в непосредственной близости, данные способы являются менее трудоемкими и экономически эффективны по сравнению с другими способами.

Применения старики в биологической рекультивации отвалов алмазодобычи в республике проведены впервые. В других странах этот метод применяют для других целей и в небольших объемах только для огородов, теплицах, чаще всего в частном секторе.

Применения отходов КОС в качестве удобрений общеизвестно, при этом чаще всего только как элементы отходов КОС, в сухом виде, а для рекультивации карьеров, в целом, в алмазодобыче северных территорий, в частности, еще не проводились, тем более в предлагаемом виде (нами была применена механическое очистка путем отстаивания отходов КОС в течении двух дней, при соблюдении требований ГОСТ).

Экспериментальные работы же показали, что на отвалах карьера «Айхал» рекомендуется проведение биологической рекультивации без отсыпки плодородного слоя, заменяя их отсыпкой слоя старики и КОС. Если сравнить работы, проведенные на отвалах карьера «Мир» в окрестностях г. Мирного в 2002 году, то на тех отвалах был частично засыпан вскрышными породами из россыпного месторождения «Водораздельные галечники». На угольном же разрезе «Нерюнгринский» сотрудниками НИИПЭС СВФУ были проведены рекультивационные работы без отсыпки плодородного слоя с внесением минеральных удобрений (аммофоска) в дозе 100 кг/га. Результаты работы показали всхожесть растений от 80 до 100%. Нами примененный метод позволил добиться аналогичных показателей результата в более северных условиях, а также в более жестких по почвогрунтам местообитаниях. По итогам работы заказчик принял акты внедрения, а в составе коллектива из НИИПЭС СВФУ автором был получен патент РФ.

Известно, что при правильном использовании технологий проведения рекультивации в различных регионах мира создаются парки, музеи, рекреационные участки, лесные массивы, которые привлекают население и туристов. Аналогичные работы на территории республики можно провести и в некоторой перспективе.

При проведении рекультивационных работ на территории Якутии, можно и возможно провести другие направления рекультивации, такие как рекреационное, лесохозяйственное и сельскохозяйственное. Например, в Германии существует музей горного дела «Ахталь». В канадском Ванкувере на месте шахты по добыче медной руды, закрытой в 1960-е годы, также работает горный музей. В городе Змеиногорске Алтайского края на базе Демидовских шахт XVIII века также успешно функционирует музей горного дела, привлекающий множество туристов. В городе Фусинь провинции Ляонин был открыт в 2009 году горный парк, созданный на месте угольного разреза «Хайихоу».

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования по изучению нарушенных земель при открытой добыче алмазов в карьере «Айхал» позволили сделать следующие выводы:

1. В результате техногенного воздействия в зоне влияния Айхальского ГОКа нарушено 53% территории, из них отвалы пустых пород занимают 7,5%, хвостохранилище 11%, карьер «Айхал» – 2%, остальные – 32%.

2. Почвогрунты отвалов представлены легкими суглинками. Превышений установленных норм ПДК (ГОСТ 17.4.1.02-83) и коэффициента фитотоксичности в момент исследования в грунтах и почвогрунтах исследованных отвалов не зафиксировано, за исключением меди, содержание которой в некоторых участках отвалов превышает ПДК в 1,8 раз.

3. По классификации вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель (ГОСТ 17.5.1.03-86) грунты и почвогрунты исследуемых отвалов относятся к малопригодной группе по физическим свойствам и химическому составу.

4. На нарушенных участках идет начальная стадия зарастания растительности рудеральными видами. Сукцессионный процесс можно ускорить путем проведения биологической рекультивации с отбором подходящих для условий региона способов.

5. Определен рекультивационный потенциал нарушенных участков – состояние техногенной поверхности, грунтов и растительности. Выделено 4 степени рекультивационного потенциала – нулевая, низкая, средняя и высокая. Сам карьер относится нулевому рекультивационному потенциалу. Низкий потенциал отмечен у отвалов пустых пород с начальной стадией зарастания техногенных грунтов. Средний потенциал – на территории хвостохранилища и городских строениях с зарастанием растительности до 25%. Высоким рекультивационным потенциалом отличаются частично нарушенные участки (природно-техногенный рельеф).

6. В результате экспериментальных работ по биологической рекультивации отвалов карьера «Айхал» с выбором шести способов (применение навоза, перегноя, песка, гидропосева, биомата, старики и КОС) определили наиболее эффективные способы рекультивации без отсыпки плодородного слоя. По основным показателям способов более эффективными для условий АГОК является способ применения старики и отходов канализационно-очистных сооружений (КОС).

7. Применение старики за 6 лет эксперимента показало, что проективное покрытие травостоя меняется в пределах от 0 до75%, а средняя высота травостоя - от 0 до 70 см. В видовом составе растений преобладают донник белый, ромашка аптечная, марь белая, полынь монгольская и горец.

8. Использование КОС имеет результаты, увеличивающиеся из года в год. При этом в видовом составе преобладают пырейник, полынь монгольская, донник белый, люцерна посевная - виды растений, рекомендуемые для проведения биологической рекультивации нарушенных земель в условиях Крайнего Севера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов, Е.А. Почвообразование в посттехногенных экосистемах карьеров на Северо – Западе русской равнины [Текст] / Е.А. Абакумов, Э.И. Гагарина. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2006. – 208 с.

2. Абакумов, Е.В. Первичные почвы в природных и антропогенных экосистемах. / / Е.А. Абакумов - Тольятти - 2012. – 34 с.

3. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975 – 656 с.

4. Акимова, Т.А. Экология. / Акимова Т.А., Хаскин В.В. Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1999. – 455 с.

5. Александрова, В. Д. Классификация растительности. Обзор принципов классификации и классификационных систем в разных геоботанических школах. / В. Д. Александрова – Л.: Наука, 1969. – 274 с.

6. Алиев, И.Н. Зависимость произрастания растений на месторождениях КБР от экспозиции склона / И.Н. Алиев, Я.В. Панков, З.Х. Хамарова // Наука и образование на службе лесного комплекса: Матер. Междунар. научно-практ. конф. 26-28 окт. 2005 г. – Т.1 – Воронеж: ВГЛТА, 2005. – 18-22 с.

7. Ананьев, Ю.С. Экологическая оценка воздействия осадков сточных вод на почву по фитотестированию / Ю.С. Ананьев, А.С. Давыдов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, №8 (58), 2009, 38-40 с.

8. Андроханов, В.А. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. / В.А. Андроханов, Е.Д. Куляпина, В.М. Курачев - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 151 с.

9. Андроханов, В.А. Техноземы: свойства, режимы, функционирование [Текст] / В.А. Андроханов, С.В. Овсянникова, В.М. Курачев. – Новосибирск: Наука, 2000. – 200 с.

10. Аржакова, С. К. Иллюстрированный атлас республики Саха. / авт. колл. С. К. Аржакова, В.И. Пестерев, В. М. Лыткин и др. - Якутск: Бичик - 2012.

264 с.

11. Атлас Якутской АССР [[Карты]] / [редкол.: Т. Д. Сивцев (пред.) и др.]. - М.: ГУГК, 1981. - 4 атл. (40 с.).

12. Якутская АССР. Атлас. Атлас сельского хозяйства Якутской АССР / Гос. агропром. ком. Якут. АССР, Гос. ком. РСФСР по нар. образованию, Якут. гос. ун-т; [редкол.: И. А. Матвеев, к.э.н. и др.]. - Москва: ГУГК, 1989. - 1 атл. (115 с.)

13. Ахметжанова, З.Х. Техногенные трансформации ландшафтов Прикаспийского региона / З.Х. Ахметжанова // Проблемы региональной экологии. М.: 2010. №4. 6-10. С.

14. Баева, Р.И. Нарушение природных экосистем в районе добычи фосфоритов [Текст] / Р.И. Баева, Э.И. Гагарина // Почвоведение. – 1992. – № 5. – С. 86-102.

15. Бакланов, В.И. Использование осадков биологической очистки промышленных сточных вод в народном хозяйстве. / В.И. Бакланов, О.Г. Бобров, Н.Ф. Барановская // Обзорная информация. Серия: Актуальные вопросы химической науки и технологии и охраны окружающей среды. – М.: НИИТЭХИМ, 1990. – 26 с.

16. Баранник, Л.П. Экологическое обоснование и опыт лесной рекультивации техногенных территорий в Кузбассе. / Л.П. Баранник // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. – М.: Наука, 1978. – С. 159-165.

17. Бигон, М. Экология особи, популяции и сообщества [Текст]: в 2 т / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таусенд. – М.: Мир, 1989. – Т.1. – 660 с.; Т.2. – 473 с.

18. Билецский, В.С. Малая горная энциклопедия. / В.С. Билецский - В 3-х т. Донецск: Донбас, 2004. – С. 640

19. Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель [Текст] // Материалы Международной научной конференции. – Екатеринбург: Изд-во Уральского Университета, 2007. – 926 с.

20. Биологическая рекультивация на Севере (вопросы теории и

практики) [Текст] // Труды Коми фил. АН СССР. – Сыктывкар, 1992. – выпуск 3 – 104 с.

21. Биологическая рекультивация нарушенных земель [Текст]: Материалы Международного совещания, Екатеринбург, 3-7 июня 2002 г. // Екатеринбург: Ботанический сад УрОРАН, 2003. – 615 с.

22. Большаков, В.Н. и др. Экология. / В.Н. Большаков и др. // Учебное пособие для вузов - М.: «Интермет Инжиниринг», 2000. - 330 с.

23. Бузмаков, С.А. Антропогенная трансформация природной среды. / С.А. Бузмаков // Географический вестник. Пермь, 2012. №4 (23). С. 46-50.

24. Бузмаков, С.А. Техногенная трансформация экосистем. / С.А. Бузмаков // Проблемы экологии, охраны природы и природопользования: Сб. науч. тр. Изд-во Перм. ун-та. Пермь, 2006. С.26-50.

25. Булава, Л.Н. Ландшафтно-индикационные исследования формирования растительности отвалов Кривбасса. / Л.Н. Булава // Растения и промышленная Среда. – Свердловск,1990. – С. 148-154.

26. Бурыкин, А.Н. Процессы минерализации и гумификации растительных остатков в молодых почвах техногенных экосистем [Текст] / А.Н. Бурыкин, Э.В. Засорин // Почвоведение, 1989, № 2, с. 61-69.

27. Бурыкин, А.Н. Темпы почвообразования в техногенных ландшафтах в связи с их рекультивацией [Текст] / А.Н. Бурыкин // Почвоведение. – 1985. – № 2. – С. 81-93.

28. Валеева, Э.И. К вопросу о фиторекультивации техногенно нарушенных земель с использованием КПФ, сапропелей [Текст] / Э.И. Валеева // Освоение Севера и проблема рекультивации. – Сыктывкар, 1994. – С. 307-312.

29. Васильева, А.Н. Техногенная трансформация растительности на территории деятельности Кангаласского угольного разреза (Центральная Якутия) / А.Н. Васильева, С.И. Миронова // Международный журнал экспериментального образования // Экология и рациональное природопользование - №1, 2014. 128-131 С.

30. Ведерников, К. Г. Лесная рекультивация и восстановление природных комплексов на отвалах буроугольных разработок в лесостепной зоне. / К. Г. Ведерников // Материалы юбилейной научной конференции молодых ученых «Молодые ученые Волго-Уральского региона на рубеже веков» - Уфа: БГУ, 2001. - Том 1. - с. 32.

31. Ведерников, К. Г. Лесная рекультивация и оптимизация техногенных ландшафтов (на примере промышленных отвалов Кумертауского буроугольного разреза). Автореф. дисс. канд. биол. наук. - Тольятти: Институт экологии Волжского бассейна РАН, 2002. - 18 с. Научный руководитель - д. б. н., проф. Кулагин А. Ю., научный консультант - д. г. -м. н. Салихов Д. Н.

32. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука. 1965. 374 с.

33. Водолазская, Н.Н. Конспект флоры Рязанской Мещеры / Н.Н. Водолазская, И.А. Губанов и др. // М., «Лесная промышленность», 1975 г. С. 12 – 28.

34. Водолеев, А.С. Результаты комплексной оценки биологической рекультивации техногенных ландшафтов с использованием осадков сточных вод / А.С. Водолеев, А.А Степнов, С.А. Кудашкина // Биологическая рекультивация нарушенных земель. – Екатеринбург, 2003. – С. 41– 51.

35. Водолеев, А.С. Результаты рекультивации нарушенных земель с использованием осадков сточных вод / А.С. Водолеев, А.А. Степнов, С.А. Кудашкина // Рекультивация нарушенных земель в Сибири. – Кемерово, 2006. – Вып. 2. – 34 – 37 С.

36. Волкова В.Г., Давыдова Н.Д. Техногенез и трансформация ландшафтов. - Новосибирск: Наука, 1987. – С. 190.

37. Вольперт, Я.Л. Влияние техногенной трансформации таежных ландшафтов на сообщества мелких млекопитающих Западной Якутии / Я.Л. Вольперт, Е.Г. Шадрина // Успехи современного естествознания. №6. 2010. С. 58-63.

38. Вольперт, Я.Л. Основные факторы воздействия горнодобывающей

промышленности на биологические ресурсы (на примере Якутии) / Я.Л. Вольперт, Е.Г. Шадрина // Альманах современной науки и образования. – Тамбов, Грамота, 2007. №6 (6). С. 31-33

39. Воробьева, Р.П. Использование осадков сточных вод / Р.П. Воробьева, А.С. Давыдов, Л.Ф. Новикова, Е.А. Пивень, А.В. Шуравилин // Агрохимический вестник. – 2000. – № 6. – С. 36–37.

40. Восстановление нарушенных земель (агроэкологический аспект) [Текст] – Саратов: Изд-во СГАУ, 2001. – 236 с.

41. Временная инструкция по рекультивации земель, нарушенных при разработке многолетнемерзлых россыпей Северо-Востока СССР [Текст]. – Магадан, 1990. – с. 24

42. Гаврилова, О.И. Лесная рекультивация нарушенных земель на Севере [Текст] / О.И. Гаврилова, А.И. Соколов. – Петрозаводск: ПетрГУ; 2001. – 60 с.

43. Гагарина, Э.И. Микроморфологические признаки загрязнения почв и первичного почвообразования на отвалах вскрышных пород [Текст] / Э.И. Гагарина, Р.И. Баева, Л.Л. Дворникова // Бюлл. Почв, ин-та им. В.В. Докучаева РАСХН. – М., 1989. – Вып. 51. – С. 21-22.

44. Гагарина, Э.И. Эволюция почв регенерационных экосистем карьерно-отвальных комплексов Северо-запада России [Текст] / Э.И. Гагарина, Е.В. Абакумов // Тезисы докладов международной конференции «Экология-2003». – Архангельск, 2003. – С. 14-15.

45. Гаджиев, И.М. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель [Текст] / И.М. Гаджиев, В.М. Курачев, В.А. Андраханов. – Новосибирск: ЦАРИС, 2001. – 36 с.

46. Гоголева, П.А. справочное пособие «Конспект флоры высших сосудистых растений Центральной Якутии». / П.А. Гоголева - Изд-во СО РАН. Якут. фил. Якутск. – 2003. 64 с.

47. Гончаров, Ю.Т. Региональные особенности разработки россыпей и рекультивации нарушенных земель в условиях Южной Якутии [Текст]: сб.

научных трудов / Ю.Т. Гончаров // Проблемы техногенеза и рекультивации при разработке многолетнемерзлых россыпей – Магадан: ВНИИ-1, 1987. – С. 31-38.

48. Горлов, В.Д. Рекультивация земель на карьерах. / В.Д. Горлов – М.: Недра, 1981. – 264 с.

49. Горная промышленность // Журнал "Горная Промышленность" - №3 (115) - 2014. С. 16.

50. ГОСТ 28168-89 Почвы. Отбор проб. - Госагропром СССР. Издательство стандартов (1989г) - Переиздан Стандартинформ (2008 г.) -М. 1989. С. 5

51. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Издательство стандартов 1984. Переиздан 2017. - С. 7

52. ГОСТ 17.4.3.01-83 (СТ СЭВ 3847-82) Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М.: Издательство стандартов 1984. Переиздан 2008. С. 4

53. ГОСТ 17.4.3.02-85 «Охрана природы. Почвы» – М.: ИПК Издательство стандартов. – 1985. Переиздан 2008. С. – 3.

54. ГОСТ 17.5.1.01-83 Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 1983. Переиздан 2002. С. – 13.

55. ГОСТ 17.5.1.03-86 «Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель». – 1986. С. – 13.

56. ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель». – М.: ИПК Издательство стандартов. – 1983. Переиздан 2002. С. – 13.

57. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений». – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2001. С. – 13.

58. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды

Республики Саха (Якутия) в 2015 году: /Правительство Респ. Саха (Якутия), М-во охраны природы Респ. Саха (Якутия). – Якутск: 2016. – 52 с.

59. Гурина, И.В. Рекультивация. / И.В. Гурина – Новочеркасск: НГМА, 2008. – с. 54-57

60. Данилов, П.П. Отчет о НИР «Создание комплексной инновационной экологически безопасной технологии добычи и переработки, алмазоносных руд в условиях Крайнего Севера» Наименование работы 4.1. Разработка и внедрение эффективного способа биологической рекультивации земель, нарушенных при добыче алмазов в условиях Крайнего Севера / П.П. Данилов, А.А. Петров – Якутск, 2012. – 87 с.

61. Данилов, П.П., Петров, А.А. Об особенностях эмбриоземов рекультивированных территорий Западной Якутии // Материалы Всеросс. научн. конф. XIII Докучаевских молодежных чтений «Органо-минеральная матрица почв»// СПБ.: Издательский дом. 2010. С. 98 – 99.

62. Данилов, П.П., Петров, А.А. Состояние токсифабрикатов хвостохранилищ Западной Якутии. // Материалы научно-практич. конф., посв. 15-летию ИПЭС Экологическая безопасность Якутии в связи с реализацией «Схемы комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2020 года» 7 – 8 февраля 2008 г. г. Якутск. С. 258 – 262.

63. Данилова, А.А., Саввинов, Г.Н., Данилов, П.П., Петров, А.А., Биологическая характеристика почвогрунтов многолетних отвалов алмазодобывающей промышленности Якутии. // Сибирский экологический журнал /// №5, 2012. С. 749 – 756.

64. Денисов, Ю. Я. Современное состояние и перспективы развития открытых работ на угольных месторождениях Урала и Кузбасса. / Ю. Я. Денисов, А. Я. Шауфлер // В сб. «Основные вопросы восстановления нарушенных теорриторий при открытой раз работке угольных месторождений Урала и Кузбасса». Челябинск. 1969. – с. 172

65. Добровольский, Г.В. Охрана почв / Г.В. Добровольский, Л.А.

Гришина. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 224 с.

66. Дороненко, Е.П. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками. / Е.П. Дороненко - М.: Недра, 1979. - 263 с.

67. Дрозд, Г.Я. Технико-экологические записки по проблеме утилизации осадков городских и промышленных сточных вод. / Г.Я. Дрозд, Н.И. Зотов, В.Н. Маслак – Донецк: ИЭП НАН Украины, 2001. – 340 с.

68. Дружинина, О.А. Охрана растительного покрова Крайнего Севера: Проблемы и перспективы / О.А. Дружинина, Е.Г. Мяло - М.: Агропромиздат, 1990. 176 с.

69. Еловская, Л.Г. Краткая характеристика почв бассейна р. Ирелях и возможности их сельскохозяйственного использования. / Л.Г. Еловская // Изв. СО АН СССР, 1959. - N 4. - С.104- 118.

70. Еловская, Л.Г. Почвы долины р. Ирелях. / Л.Г. Еловская // Развитие производительных сил Западной Якутии в связи с созданием алмазодобывающей промышленности. - Якутск, 1958. - С. 53-68.

71. Еловская, Л.Г. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. / Еловская Л.Г. Коноровский А.К. - Новосибирск, 1978. - 175 с.

72. Жарников, В.Б. Техногенная трансформация земель и ее показатели в системе мониторинга / В.Б. Жарников, О.Н. Николаева, В.В. Сафонов // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. - 2013. – с. 38-46

73. Заудальский, И.И. Методическое руководство по рекультивации земель Южной Якутии. / И.И. Заудальский, Г.Г. Козлов - Я.- 1998, С. 140.

74. Зубченко, Г.В. Рациональное использование водноземельных ресурсов при разработке россыпей [Текст] / Г.В. Зубченко, Г.А. Сулин. – М.: Недра, 1980. – 238 с.

75. Игловиков, А.В. Рост и развитие многолетних трав в условиях Крайнего Севера при применении новых агромелиоративных приемов на биологическом этапе рекультивации / А.В. Игловиков, А.С. Моторин // Аграрный вестник Урала. 2012. № 7 (99). С. 63-66.

76. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение [Текст] /

В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. – 151 с.

77. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях [Текст] / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас – М.: Мир, 1989. – 439 с.

78. Казакова, М.В. Флора Рязанской области. / М.В. Казакова – Рязань: Русское слово, 2004. – 388 с.

79. Кандрашин, Е.Р. Биологический этап рекультивации, его хозяйственная и экологическая оценка, проблемы освоения / Е.Р. Кандрашин, Л.П. Баранник, В.А. Андроханов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. – Новосибирск: Наука, 1992. – С. 98-148.

80. Капелькина, Л.П. Самозарастание нарушенных земель Севера: Монография / Авторы: Л.П. Капелькина, О.И. Сумина, И.А. Лавриненко, О.В. Лавриненко, Е.А. Тихменев, С.И. Миронова – СПб.: Изд-во ВВМ, 2014. – 204 с.

81. Капелькина, Л.П. Экологические аспекты оптимизации техногенных ландшафтов. / Л.П. Капелькина – СПб: Наука, 1993. 191 с.

82. Касатиков, В.А. Рекомендации по применению осадков сточных вод с иловых площадок в качестве удобрения. / В.А. Касатиков, С.М. Касатикова, Л.Л. Гольдфарб и др. – Владимир, 1984. – 23 с.

83. Киреева, Н.А. Рекультивация нарушенных земель [Текст] / Н.А. Киреева. – Уфа: РИО Башкирский государственный университет, 2005. – 207 с.

84. Ковда, В.А. Биогеохимия почвенного покрова [Текст] / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1985. – 264 с.

85. Колесников, Б. П. Биорекультивационное районирование Свердловской области [Текст] / Б.П. Колесников, А.И. Лукьянец // Растения и промышленная среда – Свердловск, 1976. – С. 10–16.

86. Колесников, Б. П. Естественное формирование почвенного и растительного покровов на отвалах Челябинского буроугольного бассейна / Б. П. Колесников, Г. И. Махонина, Т. С. Чибрик // Растения и промышленная среда. — Свердловск: [УрГУ], 1976. — Вып. 4. — С. 70-122.

87. Колесников, Б.П. К вопросу о классификации промышленных отвалов как элементов техногенных ландшафтов / Б.П. Колесников, Г.М.

Пикалова // Растения и промышленная среда. – Свердловск: Изд. УГУ, 1974. – С. 3-29.

88. Колесников, Б.П. Методы изучения биогеоценозов в техногенных ландшафтах / Б.П. Колесников, Л.В. Моторина // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. – М.: Наука, 1979. – С. 5-21.

89. Красная книга Республики Саха (Якутия): в 2 т. — [2-е изд., доп. и изм.] — Якутск: Сахаполиграфиздат, 2000. — Т. 1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / отв. ред. А. П. Исаев. — 256 с. — 5000 экз.

90. Крупенников, И.А. Некоторые проблемы рекультивации земель. / И.А. Крупенников, А.М. Холмецкий - М., 1979. - 28 с.

91. Кузьмин, Ю.И. Биологическая рекультивация техногенных отвалов в условиях Крайнего Севера [Текст] / Ю.И. Кузьмин // Экология. – 1985. – № 2 – С. 21-24.

92. Кулагин, А. Ю. Лесная рекультивация отвалов Кумертауского буроугольного разреза / А. Ю. Кулагин, К. Г. Ведерников, Н. А. Мартьянов, А. А. Баталов // Труды Стерлитамакского филиала АН РБ. - Уфа: Гилем, 2001. Вып. 1. - С. 45.

93. Кулагин, А.Ю. Техногенная трансформация ландшафтов при добыче полезных ископаемых и лесная рекультивация как способ оптимизации состояния окружающей среды. / А.Ю. Кулагин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. №2 (26). 2010. – С. (31.03.2010) с.219-220.

94. Кулакова, С. А. Техногенная трансформация экосистем в районах нефтедобычи (на примере Шагирто-Гожанского месторождения нефти), Специальность 25.00.36 - «Геоэкология», диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук, Пермь - 2007.

95. Куприянов, А.Н. Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности Кузбасса / А.Н. Куприянов, Ю.А. Манаков, Л.П. Баранник - Рос. акад. наук, Сиб. отд, Ин-т экологии человека. –

Новосибирск: Акад. Изд-во «Гео», 2010. – 160 с.

96. Лазарева, И.В. Восстановление (рекультивация) нарушенных территорий. / И.В. Лазарева // Опыт районной планировки и градостроительства зарубежом. М.: Госстройиздат, - 1962. – с. 317

97. Лебедева, Н.А. Биологическая рекультивация земель, нарушенных при добыче алмазов в Якутии / Н.А. Лебедева, А.Я. Лонкунова // Растения и промышленная Среда. – Свердловск, 1990 – С. 71-75.

98. Манаков, Ю.А. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса / Ю.А. Манаков, Т.О. Стрельникова, А.Н. Куприянов отв. ред. С.И. Миронова; РАН СО ИЭЧ. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 168 с.

99. Махонина, Г.И. Начальные процессы почвообразования в техногенных экосистемах Урала: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д.б.н.: Томск - 2004.

100. Махонина, Г.И. Первичные стадии почвообразования на промышленных отвалах Урала. / Г.И. Махонина // Освоение нарушенных земель – М., 1976. – С. 33- 45.

101. Махонина, Г.И. Состав гумуса почв, образующихся на буроугольных отвалах при естественном зарастании. / Г.И. Махонина // Проблемы рекультивации земель в СССР / Отв. ред. С.С. Трофимов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. – С. 205 – 209.

102. Махонина, Г.И. Фосфатное состояние молодых почв на промышленных отвалах Урала. / Г.И. Махонина // Растения и промышленная среда: Сб. науч. тр. / Отв. ред. Т.С. Чибрик. – Свердловск: УрГУ, 1989. – С. 81 – 87.

103. Мерзлотные ландшафты Якутии (пояснительная записка к "Мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР масштаба 1:2500000) //Федоров А.Н., Ботулу Т.А., Варламов С.П. и др. Новосибирск: ГУГК. 1989. 170 с.

104. Мешаев, В. Список растений из северной части Рязанской

губернии. / В. Мешаев – «Бюллетень МОИП», 1884, т. 59, вып. 3, с. 87 – 99.

105. Миланова, Е.В. Географические аспекты охраны природы [Текст] / Е.В. Миланова, А.М. Рябчиков. – М.: Мысль, 1979 – 293 с.

106. Мильков, Ф. Н. Ландшафтная сфера Земли. — М.: Мысль, 1970. — 208 с.

107. Миркин, Б. М. Фитоценология. Принципы и методы. / Б. М. Миркин, Г. С. Розенберг – М.: Наука, 1978. – 211 с.

108. Миркин, Б.М. Методика указания для практикума по классификации растительности методом Браун-Бланке. – Уфа, 1985. м 32 с.

109. Миркин, Б.М. Толковый словарь современной фитоценологии. / Б. М. Миркин, Г. С. Розенберг - М.: Наука, 1983. 133 с.

110. Миронова, С. И. Проблемы биологической рекультивации нарушенных горнодобывающими предприятиями земель в Якутии: современное состояние и перспективы / С. И. Миронова // Успехи современного естествознания. - М., 2012. - № 11. – 11 с.

111. Миронова, С.И Биолого-географические особенности рекультивация нарушенных земель алмазных месторождений Якутии (опыты исследований) / С.И. Миронова, В.В. Иванов // Горный журнал. – 2012. – № 12. – С. 101–104.

112. Миронова, С.И. «Рекультивация земель при разработке месторождений полезных ископаемых Якутии» / авторы: С.И. Миронова, В.В. Иванов // Учебно-методическое пособие. Якутск: Изд-во Якутского ун-та, 2005. 66с.

113. Миронова, С.И. Динамика растительности техногенно нарушенных территорий Южной Якутии и возможности управления ею. / С. И. Миронова // Наука и образование - Якутск, 1996. - №4. – С.140-148.

114. Миронова, С.И. Естественное зарастание алмазных карьеров Якутии / С.И. Миронова, З.С. Павлова, Л.Д. Гаврильева // Освоение Севера и проблемы рекультивации. Тр. Междун. конф. – Сыктывкар, 1991. – С. 86-88.

115. Миронова, С.И. Научные основы выбора способов биологической

рекультивации отвалов карьера «Айхал» / С.И. Миронова, В.В. Иванов, Л.Д. Гаврильева, Г.В. Назарова, А.А. Петров // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 11. – С. 125–127.

116. Миронова, С.И. Опыт рекультивации отвалов алмазных карьеров Якутии. / С. И. Миронова // Экология и промышленность России. – Декабрь. – 2009. – с. 40-43

117. Миронова, С.И. Опыты биологической рекультивации на отвалах карьера «Мир» / С.И. Миронова, В.В. Иванов // Освоение Севера и проблемы природовосстановления: Доклады VII Всероссийской науч. конф., 12-15 мая 2009 г., 2009 г., г. Сыктывкар. – Сыктывкар: КНЦ УрО РАН, 2010. – С. 137-141.

118. Миронова, С.И. Опыты биологической рекультивации на хвостохранилищах Западной Якутии / С.И. Миронова, Л.Д. Гаврильева, З.А. Кудинова, А.А. Петров // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 12. – С. 72–76.

119. Миронова, С.И. Промышленная ботаника и рекультивация нарушенных земель (учебно-методическое пособие). / С. И. Миронова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований № 6. – М.: изд-во РАЕ, 2009. – С. 12-13.

120. Миронова, С.И. Растительные сукцессии на природно-техногенных ландшафтах Западной Якутии и их оптимизация Монография / Автор: Миронова С.И., отв. ред. Черосов М.М. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 140 с.

121. Миронова, С.И. Рекультивация земель при разработке месторождений полезных ископаемых Якутии [Текст]: учебно-метод. пособие / С.И. Миронова, В.В. Иванов. – Якутск: Изд-во Якутского ун-та, 2005. – 66 с.

122. Миронова, С.И. Синтаксономия рудеральной растительности бассейна р. Вилюй. / С.И. Миронова, Л.Д. Гаврильева, З.С. Павлова – Деп. ВИНИТИ, М.: 1990. – N2485-В 90. – 52 с.

123. Миронова, С.И. Сукцессии растительности на техногенных ландшафтах Якутии / С.И. Миронова // Фундаментальные исследования. –

2011. – № 11-3. – С. 602-605.

124. Миронова, С.И. Техногенные сукцессионные системы растительности в условиях криолитозоны. / С.И. Миронова – Новосибирск: Наука, 2000. – 105 с.

125. Миронова, С.И. Техногенные сукцессионные системы растительности Якутии. / С.И. Миронова - Новосибирск, 2000. – С.110.

126. Миронова, С.И. Флора и растительность нарушенных земель Якутии в исследованиях НИИПЭС СВФУ/ С.И. Миронова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013, №8. – С. 159-161

127. Миронова, С.И. Флора и растительность техногенных ландшафтов Северо-Востока Якутии/ С.И. Миронова // Сб. Флора антропогенных местообитаний Севера. – М.: Инс-т географии РАН, 1996. – С. 123-133

128. Моторина, Л.В. Опыт рекультивации нарушенных промышленностью ландшафтов в СССР и зарубежных странах (обзор литературы). / Л.В. Моторина – М.: Изд. ВНИИТЭИСХ, 1975. – 84 с.

129. Моторина, Л.В. Промышленность и рекультивация земель. / Л.В. Моторина, В.А. Овчинников – М.: Мысль, 1975. – 240 с.

130. Моторина, Л.В. Рекультивация земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью [Текст] / Л.В. Моторина, Н.М. Забелина. – М.: МСХ СССР, 1968. – 90 с.

131. Назьина, К. С. История развития рекультивации нарушенных земель: мировой и российский опыт / К. С. Назьина // Международная конференция «ЭКОЛОГИЯ. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ. ЭКОНОМИКА» Научный вестник МГГУ. - 2013. - № 12 (45) - С. 131-138

132. Научно-технические проблемы рекультивации земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых в СССР (по материалам конференции в г. Орджоникидзе, Днепропетровской обл. 31 мая – 2 июня 1977 г.). – М.: ВИНИТИ, 1977. 74 с.

133. Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация [Текст]: сб-к науч. трудов // Томск: Томский политехнический университет, 2006. – 270 с.

134. Никифоров, А.А. Нарушенные земли при добыче алмазов и проблемы их рекультивации. / А.А. Никифоров, С.И. Миронова // Журнал «Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований». – 2013. - №8-2 – 235-237 с.

135. Николаева, Н.А. Оценка антропогенного воздействия на ландшафты Центральной Якутии / Н.А. Николаева, Л.П. Сергеева // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2005. №4. С. 26-31.

136. Определитель высших растений Якутии. / Отв. ред. А. И. Толмачев, — Новосибирск: Наука, 1974. 543 с.

137. Освоение Севера и проблема рекультивации – Докл. I междунар. конф. – Сыктывкар, 1991. – 243 с.

138. Освоение Севера и проблема рекультивации: Докл. II междунар. конф. – Сыктывкар, 1994. – 498 с.

139. Освоение Севера и проблема рекультивации: Докл. III междунар. конф. – Санкт-Петербург – Сыктывкар, 1996. – 426 с.

140. ПБ 06-123-96 Правила безопасности при эксплуатации хвостовых, шламовых и гидроотвальных хозяйств. Серия 03. Выпуск 14 / Колл. авт. - М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». - 2003. – 13 с.

141. Переверзев, В.Н. Биологическая рекультивация промышленных отвалов на Крайнем Севере. / В.Н. Переверзев, Н.И. Подлесная– Апатиты: Изд. Кольского Ф АН СССР, 1986. – 103 с.

142. Петрова, А.Н. Выращивание многолетних злаковых трав на дражных полигонах в Южной Якутии [Текст] / А.Н. Петрова // Освоение Севера и проблема рекультивации. – Сыктывкар, 1994. – С. 273-281.

143. Письменный, А.В. Технологические особенности применения систем разработки на рудниках АК «АЛРОСА» / А.В. Письменный, А.А. Бородин, А.С. Кульминский // Сборник докладов международной научно-практической конференции, Новосибирск, «Наука» - 2011 – 287С.

144. Поисеева, С.И. Современное состояние растительности в зоне

техногенеза / С.И. Поисеева // Проблемы региональной экологии. – 2008. – № 2. – С. 83–86.

145. Поисеева, С.И. Трансформация растительного покрова в зоне деятельности Мирнинского ГОКа / С.И. Поисеева // Фундаментальные исследования // Пенза, 2013. С. 377-379

146. Покровская, С.Ф. Использование осадка городских сточных вод в сельском хозяйстве. / С.Ф. Покровская, В.А. Касатиков – М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. – 87 с

147. Покровская, С.Ф. Использование осадков сточных вод в сельском хозяйстве. / С.Ф. Покровская, Л.И. Гладкова – М.: ВНИИТЭ- ИСХ, 1977. – 44 с.

148. Полевая геоботаника. Т. 3. – М. – Л.: Наука. - 1964. – 530 с.

149. Полевая геоботаника. Т. 5. – Л.: Наука. - 1976. – 320 с.

150. Поляков, М.И. Рекультивация земель и охрана природы. / М.И. Поляков, А.Т. Бойко, П.В. Шведовский – Минск: Ураджай, 1987. – 176 с.

151. Попов, А.И. Восстановление трофической функции почв, как основное направление биологической рекультивации нарушенных территорий Севера [Текст] / А.И. Попов, О.Г. Чертов // Освоение Севера и проблема рекультивации. – Сыктывкар, 1994. – С. 177-183.

152. Постановление Правительства Республики Саха (Якутия) «Основные положения о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» от 28 декабря 1995 года №552.

153. Постановление Российской Федерации от 23 февраля 1994 г. N 140 «О рекультивации земель снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы».

154. Природно-техногенные экосистемы Южной Якутии. – М.: Недра, 2006 – 186

155. Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов // Мат. I международной конф. – Кемерово: КРЭОО, 2008 – 173 с.

156. Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых

регионов /Мат. II международной конф. – Кемерово: КРЭОО, 2009 – 176 с.

157. Проблемы техногенеза и рекультивации при разработке многолетнемерзлых россыпей: Сб. науч. тр. ВНИИ-1. – Магадан, 1987. – 96 с.

158. Прозоровский, Н.А. Основные закономерности в распределении растительности и геоботанические районы Рязанской области. – В кн.: Растительность и почвы нечерноземного центра европейской части СССР. М., 1969, с 37 – 75.

159. Промышленность и рекультивация земель [Текст]. – М.: Мысль, 1975. – 240 с.

160. Пудова, Т.М. Биоиндикационная оценка состояния техногенно нарушенных земель на территории Западной Якутии. / Т.М. Пудова, Е.Г. Шадрина // Успехи современного естествознания. №11. 2012. С. 71-73.

161. Рагим-заде, Ф. К. Гипергенез и почвообразование в техногенных экосистемах Кузбасса // Проблемы почвоведения в Сибири: Сб. науч. тр. / Ф. К. Рагим-заде, С.А. Таранов, И.Л. Клевенская, Е.Р. Кандрашин, Ф.А. Фаткулин // Отв. ред. И.М. Гаджиев. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – С. 121 – 128.

162. Рагим-заде, Ф. К. Техногенные элювии вскрышных пород угольных месторождений Сибири, оценка их потенциального плодородия и пригодности для восстановления почвенного покрова: Автореф. дис. … канд. Биол. Наук. Новосибирск - 1977. 23 с.

163. Рагим-заде, Ф. К. Экологические и социально-экономические критерии районирования рекультивационных работ в Сибири // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология) / Ф. К. Рагим-заде, С.С. Трофимов // Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1977. С. 3 – 14.

164. Разумовский, С.М. Закономерности динамики биоценозов. – М.: Наука, 1981. – 232 с.

165. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. — М.: Мысль, 1990. – 637 с.

166. Реймерс Н. Ф., Яблоков А. В. Словарь терминов и понятий,

связанных с охраной живой природы. М.: Наука, 1982. – 93 с.

167. Рекультивация земель в СССР. – М.,1973. – 260 с.

168. Рекультивация нарушенных земель в Сибири. Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2008. – 165-169 с.

169. Рекультивация нарушенных земель в Сибири. Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2009. – 13-16 с.

170. Русина, Е.Ю. Техногенная трансформация растительности на территории Экибастузского угольного бассейна. / Е.Ю. Русина // XXXI Международная научно-практическая конференция «Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки». Новосибирск. 2015. С. 65-74.

171. Саввинов, Г.Н. Оценка экологической ситуации в Западной Якутии по показателям загрязнения почвенного покрова [Текст]: материалы VI-й науч.-практ. всеросс. конф.: «Экологические проблемы промышленных регионов» / Г.Н. Саввинов, Я.Б. Легостаева, П.П. Данилов. – Екатеринбург, 2004. – 103-105 с.

172. Саввинов, Г.Н. Трансформация состава мерзлотных почв техногенных ландшафтов Западной Якутии [Текст]: материалы международной конференции: «Роль мерзлотных экосистем в глобальном изменении климата» / Г.Н. Саввинов, Я.Б. Легостаева, П.П. Данилов, Я.Р. Герасимов. – Якутск, 2002. – С. 202–209.

173. Саввинов, Г.Н. Эколого-почвенные комплексы Якутии. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. – С. 312.

174. Саввинов, Д.Д. Экология бассейна реки Вилюй: промышленное загрязнение [Текст] / Д.Д. Саввинов [и др.]. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1992. – 120 с.

175. Саввинов, Д.Д. Экология Вилюя: материалы к оценке экологического состояния [Текст] / Д.Д. Саввинов, В.Г. Кривошапкин, Р.Н. Копылов. – Якутск: ГУП «Полиграфист», 1996. – 144 с.

176. Саввинов, Д.Д. Экология реки Вилюй: состояние природной среды и здоровья населения [Текст] / Д.Д. Саввинов [и др.]. – Якутск: ЯНЦ СО РАН,

1993. – 240 с.

177. Савон, Д.Ю. Процесс формирования землепользования крестьянских хозяйств / Д.Ю. Савон, В.Н. Шумилов // Terra Economicus, 2008. – Т. 6. – № 4-4. – С. 160-162.

178. СанПиН 2.1.7.573-96 "Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения" (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г. N 46).

179. Сочава В.Б. Карты растительности в серии карт среды обитания // Геоботаническое картографирование 1974. Л., 1974. С. 3–11.

180. Сочава В.Б. Растительный покров на тематических картах. Новосибирск, 1979. 189с.

181. Сукачев, В. Н. История растительности СССР во время плейстоцена [Текст] / В.Н. Сукачев // Растительность СССР. – М.; Л., 1938. – Т. 1.

182. Сумина, О.И. Техногенные воздействия на тундровые экосистемы и рекультивации нарушенных территорий. / О.И. Сумина - Учебное пособие - СПб, 1992. – 42 с.

183. Таймуразова, Л.Г. К вопросу о почвообразования на промышленных отвалах Подмосковного бассейна [Текст] / Л.Г. Таймуразова // Рекультивация земель в СССР. – М., 1982. – С. 72-73.

184. Тарабукина, В.Г. Свойства пород отвалов и особенности почвообразования в техногенных ландшафтах. / В.Г. Тарабукина - Якутск, 1996. С.153-160;

185. Тарчевский, В. В. Закономерности формирования естественной растительности на отвалах при открытой добыче бурого угля в Челябинском буроугольном бассейне. В кн. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». / В. В. Тарчевский, Т. С. Чибрик - Свердловск. 1969. - С. 185

186. Техногенные экосистемы. Организация и функционирование. Новосибирск: Наука, 1985. – 150 с.

187. Тихомиров В.Н. Обзор флоры Рязанской Мещеры. – В кн.: Материалы II совещания по флоре и растительности Окско-Клязьминского междуречья. / В.Н. Тихомиров, И.А. Губанов и др. // М., 1973а, С. 6 – 8.

188. Тихомиров, В.Н. К ботанико-географической характеристике Окско-Клязьминского междуречья. – В кн.: География Москвы и Подмосковья (Материалы научной конференции). / В.Н. Тихомиров, И.А. Губанов и др. // М., 1973 б, С. 102 – 104.

189. Тихомиров, В.Н. Некоторые предварительные итоги трехлетнего изучения флоры Окско-Клязминского междуречья. / В.Н. Тихомиров, И.А. Губанов и др. // М., 1971, а, С. 8 – 9.

190. Тихомиров, В.Н. Новые виды флоры Рязанской области. – «Биологические науки» / В.Н. Тихомиров, Н.Н. Водолазская и др. // 1969, №9, С. 90 - 94.

191. Тихомиров, В.Н. Новые данные к флоре Владимирской области. – «Биологические науки». – «Биологические науки» / В.Н. Тихомиров, И.А. Губанов и др. // 1973в, № 1, С. 60 – 66.

192. Тихомиров, В.Н. Новые и редкие виды растений флоры Рязанской области. – «Биологические науки» / В.Н. Тихомиров, И.А. Губанов и др. // 1971б, №12, С. 55 – 60.

193. Тихомиров, В.Н. О новых и редких растениях флоры Владимирской области. – «Биологические науки» / В.Н. Тихомиров, И.А. Губанов и др. // 1970, №12, С. 48 – 53.

194. Тихомиров, В.Н. О новых местонахождениях редких и интересных видов растений на территории Окско-Клязьминского междуречья. – «Бюллетень МОИП. Отд. биол.» / В.Н. Тихомиров, И.А. Губанов и др. // 1971в, т. 76, вып. 4. С. 137 – 140.

195. Трофимов, С.С., Почвообразование в техногенных ландшафтах [Текст] / С.С. Трофимов. – Новосибирск: Наука, – 1979.

196. Трофимов, С.С. Рекультивация и почвообразование // Проблемы сибирского почвоведения: Сб. ст. / С.С. Трофимов, С.А. Таранов, Ф.К. Рагим-

заде, Ф.А. Фаткулин, Е.Р. Кандрашин. Отв. ред. В.Б. Ильин // Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. – С. 52 – 72.

197. Трофимов, С.С. Системный подход к изучению процессов почвообразования в техногенных ландшафтах. / С.С. Трофимов, А.А. Титлянов, И.Л. Клевенская // Почвообразование в техногенных ландшафтах. Новосибирск: Наука, 1979. 294 с.

198. Трофимов, С.С., Рагим-заде Ф.К., Проблемы оптимизации техногенных экосистем. / С.С. Трофимов, Ф.К. Рагим-заде // Техногенные экосистем. Нов-ск, 1985 С.3-12.

199. Трофимов, С.С. Гумусообразование в техногенных экосистемах. / С.С. Трофимов - Новосибирск: Наука, 1986. 163 с.

200. Ужегова, И.А. Начальные процессы почвообразования на отвалах Первоуральского месторождения железных руд [Текст] / И.А. Ужегова, Г.И. Махонина // Почвоведение. – 1984. – № 11. – С. 14-21.

201. Федорец, Н. Г., Естественное зарастание и начальные этапы почвообразования на техногенных землях [Текст] / Н.Г. Федорец, Н.С. Антипина, Н.И. Германова // Экология и география почв Карелии. – Петрозаводск: Ин-т леса КНЦ РАН, 1995. – С. 35-36.

202. Федоров, А.Н. Мерзлотные ландшафты Якутии: методика выделения и вопросы картографирования / А.Н. Федоров. – Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН СССР, 1991. – 140 с.

203. Флора Сибири. Т. 4. Araceae -- Orchidaceae - Л. И. Малышева, Г. А. Пешковой. – 1987. 250 с.

204. Цыганков, А. В. Безопасность освоения месторождений полезных ископаемых в криолитозоне. / А. В. Цыганков - Якутск: издание ЯНЦ СО РАН, 1994. – 109 с.

205. Чайкина, Г.М. Эколого-технологический аспект рекультивации земель на предприятиях чёрной металлургии Урала. Биологическая рекультивация нарушенных земель [Текст]: материалы межд. Совещания. Екатеринбург, 26-29 авг. 1996 г / Г.М. Чайкина, В.А. Объедкова. –

Екатеринбург: УрОРАН, 1997. – С. 161-162.

206. Черепанов, С.К. Сосудистые растения СССР. – Ленинград, наука. 1981. – С.510.

207. Черногаев, В.Г. Воздействие техногенных нарушений на динамику почвенно-растительного покрова мещерской низменности, специальность 03.02.08 - «Экология», диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук, Рязань – 2014. – 136 с.

208. Черосов, М.М. Синтаксономия синантропной растительности Якутии. / М.М. Черосов, Н.П. Слепцова, С.И. Миронова и др. - Якутск: Изд. ЯНЦ СО РАН, 2005. 575 с.

209. Чибрик, Т. С. Анализ флоры техногенных ландшафтов: учеб. пособие: 2-е изд., испр. и доп. / Т. С. Чибрик, Н. В. Лукина, М. А. Глазырина. — Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2012. — 162 с.

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

211. Чибрик, Т.С. Исследования по проблеме биологической рекультивации нарушенных земель в Уральском университете. К 100-летию со дня рождения В. В. Тарчевского [Текст] / Т.С. Чибрик // Известия Уральского государственного университета. – 2005. – № 37. – С. 92-100.

212. Чибрик, Т.С. Биологическая рекультивация нарушенных промышленностью земель / Т.С. Чибрик, Г.И. Батурин. Екатеринбург: Изд-во Уральского унта, 2003. -37 с.

213. Чибрик, Т.С. Основы биологической рекультивации. / Т.С. Чибрик - Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2002. -172 с.

214. Шадрина, Е.Г. Биоиндикация воздействия горнодобывающей промышленности на наземные экосистемы Севера (морфогенетический подход) / Е.Г. Шадрина, Я.Л. Вольперт, В.А. Данилов, Д.Я. Шадрин. – Новосибирск: – Наука. Сиб. отд-ние, 2003. – 110 с.

215. Шалыт, М.С., Костомаров, В.Н., Посадки на терриконах // Лесное

хозяйство, № 12., 1950. – 145 с.

216. Шилова, И. И. Экологическая специфика отвалов предприятий цветной металлургии и оценка возможности создания на них культурфитоценозов / И. И. Шилова, Н. Б. Логинова // Растение и промышленная среда. – Свердловск, 1974. – С. 45–56.

217. Шилова, И.И. Техногенные пески и их рекультивация / И.И. Шилова, Э.Б. Терехова, А.И. Лукьянец // Растения и промышленная среда: сб. науч. тр. – Свердловск: УрГУ, 1980. – С. 131-145.

218. Шишов, Л.Л. Классификация и диагностика почв России [Текст] / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена. - 2004. – 342 с.

219. Штина, Э.А., Экология почвенных водорослей [Текст] / Э.А. Штина, М.М. Голлербах. – М.: Наука, 1976. – 142с.

220. Щербаков, И. П. Лесной покров Северо-Востока СССР. / И. П. Щербаков – Новосибирск: Наука. - 1975. – 344с.

221. Экологические аспекты оптимизации техногенных ландшафтов. – Свердловск, 1984. – 136 с.

222. Экологические основы рекультивации земель [Текст] – М.: Наука, 1985. – 183 с.

223. Экологические проблемы угледобывающей промышленности Кузбасса [Текст]. – Междуречинск, 1989. – 77 с.

224. Экология бассейна реки Вилюй: промышленное загрязнение. - Якутск, 1992 - 120 с.

225. Экология горного производства. – М.: Недра, 1991. – 320 с.

226. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов [Текст] / под ред. И.М. Гаджиев, В.М. Курачев [и др]. – Новосибирск: Наука, 1992. – 305 с.

227. Экология реки Вилюй: состояние природной среды и здоровья населения. - Якутск, 1993. - 140 с.

228. Эскин, В.С. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками [Текст] / В.С. Эскин. – М.: Недра, 1975. – 260 с.

229. Ярошенко, П.Д. Основы учения о растительном покрове [Текст] / П.Д. Ярошенко. – М., 1953. – 350 с.

230. Bollag, J. M. Cross-coupling of humus constituents and xenobiotic substances / J. M. Bollag // Aquatic and terrestrial humic materials. Ann. Arbor, 1983.- P. 127-143.

231. Charekhan, P. R. Problems of Environmental Pollution and its Hasards in Refinery and Petrochemical Plants / P. R. Charekhan, A. M. Dand // Chem. Age India. 1980. -Vol. 31. - №4. -P. 331-334.

232. Clapp C.E., Dowdy R.H., Larson W.E., Linden D.R., Normann C.M., Halbach T.R., Polta R.C. Utilization of municipal sewage sludge on agricultural land in Minnesota // Amer. Soc. Agron. Annu. Meet. 1993/ Cincinnati, 1993.- P. 312.

233. Clements, F.E. Plant succession and indicators [Text] / F.E. Clements / – N.Y.: Hafner Press, 1973. – 453 p.

234. Daniels W. L., Stuczynski T., Pantuck K., Pistelok F., Szymborski A. Restoration of mining wastes with sewage sludge in upper Silesia // Poland, 1995. P. 115 - 124.

235. Daniels W.L., Stuczynski T., Pantuck K., Pistelok F., Szymborski A. Restoration of mining wastes with sewage sludge in upper Silesia // Poland, 1995, - P. 115- 124.

236. Davis R.D. Agricultural utilization of sewage sludge: Areview // J. Inst. Water and Environ. Manag. 1989. - 3. N 4. - P. 351 - 355.

237. Diaz L.T. Golneke C. G. Co-composting refuse and sludge // Bio Cycle, 1984, v. 25, N 4. P. 21 - 25.

238. Essington M.E., Mattigod S.V. Element partitioning in size and density-fractionated sewage sludge and sludg-amended soil // Soil Sei. Soc. Amer. J. - 1990. - 54, N 2. - P. 385 - 394.

239. Haering K.C., Daniels W.L. Developing regional guidelines for using sewage sludge to reclaim mined land // Amer. Soc. Agron. Annu. Meet. 1992. - Minneapolis, 1992. - P.41.

240. Hall I.G. The ecology of disused pit heaps in England // Ecol., 1957. V.

45, № 3.

241. Hattori Hiroyuki/ Influence of cadmium on decomposition of sewage sludge and microbial activities in soils // Soil Sei. and Plant Nutr. - 1989. 35, N2. - P. 289-299.

242. Henning S.J. Alphs M.S., Krogmeier M.J. Evaluation of processed sewage sludge treated with anhydrous ammonia as a nitrogen fertilizer // Amer. Soc. Agron. Annu. Meet. 1991-Medison, 1991. P. 44.

243. Henry S.L., King R., Harrison R.B. Distribution of nitrate leaching from application of sewage sludge to Douglas fir // Amer. Soc. Agron. Annu. Meet. 1991.- P. 349.

244. Korentajer A. A review of the agricultural use of sewage sludge benefits and potential hazards // Water S. Air. 1991. - 17, N 3. - P. 189 -196.

245. Lemeshev, M. Methods of defining the economic efficients of environment protection measures / M. Lemeshev // Ind. and Environ. — 1981. Vol. 4. - № 2. - P. 8-10.

246. Logan T.J., Burnham J.C. The N-Viroprocess: an advanced technology to convert sewage sludge into a soil product // Amer. Soc. Agron. Annu. Meet. 1993. / Cincinnati, 1993. P. 321.

247. Lue-Hing C., Zenz D.R., Pietz R.J., Granato T.C. Encouraging the beneficial use of sewage sludge application to land // Amer. Soc. Agron. Annu. Meet. 1993. Cincinnati, 1993. - P. 321 - 322.

248. Matsuzaki T. Composing organic wastes and application. Farming Japan, 1985, v. 19, № 5. - P. 13 - 39.

249. Oxenham J.R. Problems of land reclamation. // Proceedings of the Derelict Land Symposium, 1969. P. 34 - 37.

250. Pickett, S.T.A. Population patterns through twenty years of oldfield succession / S.T.A. Pickett // Vegetatio. 1982. - V. 49. - P. 45-59.

251. Processing and use of sewage sludge. // processing of the 3-rd International Symposium / D. reidel Publishing company, 1984. P. 386.

252. Reiss I. H. Strip mine reclamation-challenges, planning and concepts //

Mining Congr. J. 1973. V. 59. № 4. P. 41 - 45.

253. Skousen J., Clinger C. Sewage sludge land application program in West Virginia // Soil and Water Conserv. 1993. 48. № 2. P. 145 - 151.

254. Wilson S. A., Rahe T.M., Webber W.B. Municipal wastewater sludge as a soil amendment for revegetating final landfill cover // J. soil water conserve, 1985. v.40, N3. - P. 296- 299.

255. Wood, J.M. Biological cycles for toxic elements in the environment [Text] / J.M. Wood // Science. – 1974. – Vol. 183. – P. 1049-1059.

256. Yadav K., Jha K.K., Jha K. Microbial decomposition of poultry manure and sewage sludge in soil // J. Indian Soc. Soil Sci. - 1989. 37, N2. -P. 301 -305

Приложение А

Список видов растений района исследования

№	Название	Частота встречаемости	
		на нарушенных землях (50 участков)	на естественных землях (50 участков)
1	2	3	4
1.	Багульник болотный *Ledum palustre L.*	-	47
2.	Береза карликовая *Betula nana L.*	-	25
3.	Береза кустарниковая *Betula fruticosa Pall.*	-	12
4.	Береза тощая *Betula exilis Sukacz.*	1	1
5.	Бескильница Гаупта *Puccinellia hauptiana V. Krecz*	-	-
6.	Брусника обыкновенная *Vaccinium vitis-idaea L.*	-	-
7.	Ветреница лесная *Anemone sylvestris L.*	1	37
8.	Голубика *Vaccinium uliginosum L.*	3	-
9.	Горечавник бородатый *Gentianopsis barbata (Froel.)*	1	50
10.	Гравилат аллепский *Geum aleppicum Jacq.*	1	-
11.	Грушанка копытолистня *Pyrola asarifolia Michaux.*	-	1
12.	Девясил иволистный *Inula salicina L.*	-	-
13.	Дескурения Софии *Descurainia Sophia*	1	-
14.	Донник белый *Melilotus albus*	-	-
15.	Донник лекарственный *Melilotus officinalis (L.)*	-	-
16.	Дриада точечная *Dryas punctata L.*	8	-
17.	Ель обыкновенная *Picea abies*	-	6
18.	Ива белая *Salix alba L.*	36	23
19.	Иван чай *Chamérion angustifólium (L.)*	35	2
20.	Кастиллея красная *Castilleja rubra (Drob.)*	2	-

продолжение приложения А

1	2	3	4
21.	Колокольчик обыкновенный *Campánula persicifólia*	1	-
22.	Крапива двудомная *Urtíca dióica L.*	1	1
23.	Красная смородина *Ríbes rúbrum*	2	3
24.	Лисохвост луговой *Alopecurus pratensis L.*	4	-
25.	Лиственница гмелина *Lárix gmélinii*	21	50
26.	Люцерна серповидная *Medicago falcata L.*	-	-
27.	Мелколепестник едкий *Erigéron ácris L.*	2	-
28.	Метлица обыкновенная *Apéra spica-venti Beauv.*	2	-
29.	Можжевельник обыкновенный *Juniperus communis L.*	-	15
30.	Мышиный горошек *Vícia cráccaL.*	1	-
31.	Мятлик однолетний *Poa annua L.*	28	1
32.	Овсяница луговая *Festuca pratensis Huds.*	1	-
33.	Одуванчик лекарственный *Taráxacum officinále Wigg.*	37	-
34.	Ольховник кустарниковый *Duschekia fruticosa (Rupr.)*	7	42
35.	Осока острая *Carex ocuta L.*	11	29
36.	Полевица овсяная *Agrostis avenacea L.*	11	6
37.	Полынь монгольская *Artemísia mongolica*	8	-
38.	Полынь обыкн *Artemísia vulgáris*	5	-
39.	Пуцинелла гаупта	1	-
40.	Пырей ползучий *Elytrígia répens (L.)*	7	-
41.	Ромашка аптечная *Matricaria chamomilla L.*	5	-
42.	Скерда *Crepis L.*	28	1
43.	Смолевка обыкновенный *Silene vulgaris*	4	-
44.	Смородина красная *Ríbes glabellum*	1	-
45.	Толокнянка обыкновенная *Arctostáphylos úva-úrsi*	-	45

продолжение приложения А

1	2	3	4
46.	Тысячелистник обыкновенный *Achilléa millefólium L.*	1	-
47.	Хвощ полевой *Equisétum arvénse L.*	8	9
48.	Шикша черная (Водяника) *Empetrum nigrum L.*	2	33
49.	Шиповник иглистый *Rosa acicularis*	2	12
50.	Шлемник байкальский *Scutellaria baicalensis*	1	-
51.	Щавель пирамидальный *Acetósa thyrsiflora (Fingerh.)*	9	-
52.	Ячмень гривастый *Hordéum jubátum L.*	14	-

Приложение Б

Акт внедрения результатов, завершенных НИОКР

АК «АЛРОСА» (ОАО)
Подразделение **Институт «Якутнипроалмаз»**

УТВЕРЖДАЮ
Вице-президент по инновациям -
директор института «Якутнипроалмаз»
АК «АЛРОСА» (ОАО), к.э.н.

_____А.С.Чаадаев
«_____» _____ 2012 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор
Айхальского ГОКа

_____Р.Ш. Санатулов
«____»_____2012 г.

Номер документа	Дата составления

АКТ
внедрения результатов завершенных НИОКР
к акту приемки-передачи завершенных НИОКР № ___ от «____» _____2012 г.
«Внедрение эффективного метода биологической рекультивации земель, нарушенных при добыче алмазов в АГОКе»

Наименование завершенной НИОКР: «Разработка и внедрение эффективного способа биологическ рекультивации земель, нарушенных при добыче алмазов в условиях Крайнего Севера».

Шифр работы, шифр темы 1239д–10/4.1 НИОКР_____

Наименование структурного подразделения Компании, на котором внедрены результат завершенной НИОКР: Айхальский ГОК

Наименование объекта (цех, участок, производство), на котором внедрены результат завершенной НИОКР: Айхальский горно-обогатительный комбинат, отвалы карьера «Айхал».

Краткое описание и преимущество и (или) польза от внедрения результатов НИОКР пр производстве продукции:

За период декабрь 2010 г. - октябрь 2012 г. на отвалах карьера «Айхал» проведены опытн экспериментальные работы по выбору способов биологической рекультивации без нанесени плодородного слоя. По результату эксперимента из 6-и предложенных способов по показателя проективного покрытия, средней высоты и видового состава травостоя более эффективны способа биологической рекультивации: применение старики, использование осадк канализационных очистных сооружений (КОС) в смеси с песком и опилками и гидропосев. Самы высокие показатели получены с применения старики (прошлогодняя луговая трава с речн долины): среднее проективное покрытие травостоя составило 50%, средняя высота – 45 с количество видов – 17 видов.

В результате биологической рекультивации отвалов с применением старики, антропогенн нагрузка на экосистемы за счет снижения валового выброса пыли с отвалов пустых пор уменьшится за 2 года на 29%. Таким образом, снижение нагрузки на атмосферный возду пылящих поверхностей составит в среднем 14% в год. Это позволит Айхальскому ГОК проводить рекультивацию нарушенных земель более эффективно и в более короткий сро восстанавливать окружающую природную среду: сокращать ущерб от заиления рек и водоем продуктами ветровой и водной эрозии, снижать воздействие на атмосферный воздух в зо деятельности предприятия. Затраты на биологическую рекультивацию способом с применение старики окупятся в течение 4 лет только компенсационными платежами за негативн воздействие на атмосферный воздух.

Способ биологической рекультивации нарушенных земель внедрен на Северном отва (горизонтальная поверхность) карьера «Айхал» (площадь опытного участка 0,14 га) Айхальско ГОКа.

От Заказчика: Айхальский ГОК

Начальник отдела ООС _____ Е.Д. Филимонов

Рис.Б.1. Акт внедрения (страница 1)

И.о. начальника рудника «Айхал» О.Ю. Аристов

От Исполнителя: Институт «Якутнипроалмаз»

Заместитель директора по научной работе
института «Якутнипроалмаз», д.т.н. И.В. Зырянов

Соруководитель от института «Якутнипроалмаз»
Зам. главного инженера по охране природы, к.т.н. Г.А. Мартынова

Проректор по техническому направлению
ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный Федеральный
Университет им. М.К. Аммосова», д.г.-м.н. В.Ю. Фридовский

Руководитель темы: зав. лабораторией НИИПЭС СВФУ,
д.б.н., профессор С.И. Миронова

Куратор от АК «АЛРОСА» (ОАО):

Зам. начальника Управления промбезопасности,
начальник отдела ООС А.И. Поздняков

Рис. Б.2. Акт внедрения (страница 2)

Приложение В

Патент № 2497608 от 10.11.2013 г.

«Способ биологической рекультивации нарушенных земель Крайнего Севера»

Рис. В. Патент № 2497608