

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

**Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования «Уральский государственный университет им. А.М. Горького»**

ИОНЦ «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

БИОЛОГИЧЕСКИЙ факультет

кафедра ЭКОЛОГИИ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И МОНИТОРИНГ
НАРУШЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ЗЕМЕЛЬ**

**Екатеринбург
2008**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

**Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования «Уральский государственный университет им. А.М. Горького»**

ИОНЦ «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

БИОЛОГИЧЕСКИЙ факультет

кафедра ЭКОЛОГИИ

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И МОНИТОРИНГ
НАРУШЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ЗЕМЕЛЬ**

Хрестоматия

Подпись руководителя ИОНЦ

Дата

**Екатеринбург
2008**

Составители: канд. биол. наук Н.В. Лукина,
канд. биол. наук Т.С. Чибрик,
канд. биол. наук М.А. Глазырина,
канд. биол. наук Е.И. Филимонова

© Уральский государственный университет

© Н.В. Лукина, Т.С. Чибрик, М.А. Глазырина, Е.И. Филимонова, 2008

Содержание

Введение	6
----------------	---

РАЗДЕЛ 1. Рекультивация земель. Термины и определения. Породный состав. Характеристика нарушенных промышленностью земель. Классификация нарушенных территорий и пород отвалов по степени пригодности их для биологической рекультивации:

<i>Моторина Л. В.</i> Комплексность в рекультивации техногенных ландшафтов и терминологические аспекты проблемы (Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М.: Наука, 1978. С. 22–33.).....	7
Колесников Борис Павлович (1909–1980) (Уральский государственный университет в биографиях. 2-е изд., перераб. / Отв. ред. М.Е. Главацкий, Е.А. Памятных. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2000. С. 181–182.)	22
Тарчевский Виталий Владиславович (Уральский государственный университет в биографиях. 2-е изд., перераб. / Отв. ред. М.Е. Главацкий, Е.А. Памятных. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2000. С. 193–194.)	24
Экологические основы рекультивации земель. (М.: Наука, 1985. С. 6–18.)	26
<i>Моторина Л. В.</i> Опыт рекультивации нарушенных промышленностью ландшафтов в СССР и зарубежных странах (Обзорная информация ВНИИТЭ-ИСХ, 1975. С. 18–46.)	44
<i>Травлеев А. П., Овчинников В. А., Зверковский В. Н., Цветкова Н. Н., Лындя А. Г.</i> Биогеоценологический покров Западного Донбасса, его техногенная динамика и оптимизация: Учеб. пособие (Днепропетровск: ДГУ, 1988. С. 22–29.) ...	86
Экологические основы рекультивации земель (М.: Наука, 1985. С. 38–44.).....	95

РАЗДЕЛ 2. Технология биологической рекультивации. Горнотехнический этап рекультивации. Биологический этап рекультивации

<i>Дороненко Е. П., Пикалова Г. М., Почтенных Н. Г., Мотов Ю. М., Орешкина Т. Н.</i> Опыт рекультивации земель, нарушенных горными работами, на горнорудных предприятиях черной металлургии. (Обзор по системе Информсталь / ин-т «Черметинформация», М., 1985, вып. 22 (237). С. 5–11.)	103
<i>Чайкина Г. М., Обьедкова В. А.</i> Рекультивация нарушенных земель в горнорудных районах Урала (Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 92–128; 211; 210–221; 226–233)	112

РАЗДЕЛ 3. Сельскохозяйственное направление биологической рекультивации

<i>Дороненко Е. П., Пикалова Г. М., Почтенных Н. Г., Мотов Ю. М., Орешкина Т. Н.</i> Опыт рекультивации земель, нарушенных горными работами, на горнорудных предприятиях черной металлургии. (Обзор по системе Информсталь / ин-т «Черметинформация», М., 1985, вып. 22 (237). С. 11–16)	158
--	-----

РАЗДЕЛ 4. Лесохозяйственное направление биологической рекультивации

<i>Колесников Б. П., Лукьянец А. И.</i> Биорекультивационное районирование Свердловской области (Растения и промышленная среда. Свердловск: УрГУ, 1976. С. 10–16)	165
<i>Васильева Н. П., Каар Э. В.</i> Методы и направления лесовосстановления в техногенных ландшафтах (Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М.: Наука, 1978. С. 159–165)	173
<i>Баранник Л. Д.</i> Экологическое обоснование и опыт лесной рекультивации техногенных территорий в Кузбассе (Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М.: Наука, 1978. С. 159–165)	200

РАЗДЕЛ 5. Особенности биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель на Урале. Промышленная ботаника. Актуальные вопросы биологической рекультивации на Урале

<i>Чибрик Т. С.</i> Исследования по проблеме биологической рекультивации нарушенных земель в Уральском университете <i>К 100-летию со дня рождения В. В. Тарчевского</i> (Известия Уральского государственного университета. № 37. 2005. Серия Проблемы образования, науки и культуры. Вып. 18. С. 92–100)	210
--	-----

РАЗДЕЛ 6. Основные направления комплексных исследований и экологического мониторинга нарушенных промышленностью земель

<i>Колесников Б. П., Моторина Л. В.</i> Методы изучения биогеоценозов в техногенных ландшафтах (Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М.: Наука, 1978. С. 5–17)	221
<i>Евдокимова Т. В., Кузнецова Е. Г.</i> Организация экологического мониторинга в зонах влияния производственных комплексов (Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы Междунар. науч. конф., Екатеринбург, 4–8 июня 2007 г. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. С. 212–217)	239
Экологические основы рекультивации земель. (М.: Наука, 1985. (С. 56–65).....	244

ВВЕДЕНИЕ

Инновационный курс БСП «Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных промышленностью земель» в рамках УМКД магистерской программы «Экология природопользования» нацелен на формирование у бакалавров и магистрантов современных научных представлений в области биологической рекультивации и мониторинга нарушенных промышленностью земель; ознакомление их с арсеналом новейших методов исследований, позволяющих выпускникам применить эти знания на практике; создание необходимых условий для подготовки высококвалифицированных кадров в междисциплинарных областях по экологии и рациональному природопользованию, популяционной экологии и морфологии, а также биомониторинга экосистем.

Наиболее полное изложение данной дисциплины дано в специально разработанном инновационном учебном пособии «Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных промышленностью земель» для бакалавров и магистрантов по специальности «экология» 020801 биологического факультета университета при углубленном изучении проблем культурфитоценологии, адаптационных возможностей видов растений и в целом автотрофного блока в техногенных экосистемах.

Хрестоматия является частью УМКД «Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных промышленностью земель» и состоит из шести разделов.

В хрестоматию включены труды, посвященные истории вопроса и обобщению опыта биологической рекультивации в СССР и зарубежных странах. В ней представлены фундаментальные статьи ведущих специалистов, в которых даны основные определения, приведены классификации промышленных отходов, охарактеризованы основные этапы, направления и методы биологической рекультивации. Большое внимание уделено работам, посвященным проведению комплексных исследований и экологическому мониторингу нарушенных промышленностью земель.

**РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.
ПОРОДНЫЙ СОСТАВ. ХАРАКТЕРИСТИКА НАРУШЕННЫХ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ЗЕМЕЛЬ. КЛАССИФИКАЦИЯ
НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ПОРОД ОТВАЛОВ ПО СТЕПЕНИ
ПРИГОДНОСТИ ИХ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ**

Л. В. Моторина

**Комплексность в рекультивации техногенных ландшафтов
и терминологические аспекты проблемы**

Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М.: Наука, 1978. С. 22–33.

В век технической революции необычайно быстро развиваются все отрасли наук, и особенно интенсивное развитие получают направления, стоящие на стыке различных областей естественнонаучной и производственной деятельности человека. За последнее десятилетие ученые различных отраслей науки уделяют пристальное внимание вопросам охраны биосферы от загрязнений, охраны и воспроизводства земельных, флористических и фаунистических ресурсов, охраны природных ландшафтов от разрушения.

Необычайно быстрыми темпами развивается и рекультивация земель — направление молодое, комплексное, находящееся на стыке самых разнообразных специальных дисциплин: географии, горного дела, геологии, почвоведения, геоботаники, агрохимии, лесоводства, экономики, градостроительства и т. д. Объектами рекультивации являются природно-территориальные комплексы, подвергшиеся разрушению и загрязнению в результате деятельности горнодобывающей и перерабатывающей сырье промышленности, строительства линейных и других инженерных сооружений, геологоразведочных работ и т. п. Воздействие мощной современной техники приводит не только к серьезной перестройке природных биогеоценозов, но и к их уничтожению. Нарушаются веками сложившиеся связи в природе, происходит коренная перестройка экосистем. Процесс естественной эволюции природно-техногенных комплексов идет чрезвычайно замедленными темпами. В связи с полным разрушением и преобразо-

ванием в процессе техногенеза растительности, почв и даже литогенной основы формирующиеся естественным путем биогеоценозы, как правило, малопродуктивны. Задача рекультивации земель или в более комплексном понимании рекультивации природно-техногенных ландшафтов состоит в том, чтобы ускорить процесс естественной эволюции, придать ей целенаправленный характер, создать на месте нарушенных еще более продуктивные и устойчивые биогеоценозы, сформировать наиболее рационально организованные ландшафты, имеющие высокую хозяйственную, эстетическую и природоохранную ценность.

За последние годы чрезвычайно возрос поток информации по проблеме рекультивации земель. И вот этот поток очень разнохарактерной и разнокалиберной литературы, пожалуй, больше всего свидетельствует о наличии массы трудностей, возникающих из-за несогласованности многих методических вопросов, а главное, из-за большой путаницы в терминологии этого направления.

Уточнение смысла терминов и упорядочение их употребления не является сугубо терминологическим и схоластическим вопросом. Бессистемное, а часто неверное употребление специальных понятий влечет за собой серьезные ошибки в разработке рекомендаций по рекультивации, установлении объемов и методов работ, в определении требований и затрат по этапам и в конечном счете приводит к снижению эффективности рекультивационных работ.

Чтобы разобраться в терминологических трудностях, понять их истоки, а главное, пути ликвидации этих затруднений, необходимо, по-видимому, проследить формирование основных понятий и прогнозировать причины их появления одновременно с анализом развития самого направления рекультивации земель.

Рекультивация земель – понятие сравнительно новое, получившее широкое употребление только в последние десятилетия XX в.

Термин «рекультивация» появился с развитием и распространением работ по восстановлению плодородия земель, полностью или частично разрушенных в результате деятельности горнодобывающей промышленности. Поскольку

наиболее ощутимый урон как природным, так и культурным ландшафтам принес открытый способ добычи полезных ископаемых, одновременно с его быстрым распространением возрастала необходимость восстановления продуктивности нарушенных природно-территориальных комплексов, возвращения в хозяйственный оборот земель, освободившихся после окончания промышленных разработок.

Естественно, что впервые подобные работы появились там, где концентрация промышленного производства достигала наивысшего уровня и где дефицит земель ощущался наиболее остро. Первые попытки рекультивации нарушенных промышленностью территорий отмечались еще в середине прошлого столетия в Рейнском бурогольном бассейне на участках с открытой добычей угля.

Более широкое распространение эти работы получили в ряде стран Европы и в США в предвоенные годы. Наибольшая же интенсификация открытой добычи полезных ископаемых, а вместе с ней и рекультивация земель происходит после второй мировой войны.

Добыча полезных ископаемых открытым способом первоначально велась преимущественно вручную или с применением примитивной техники. Выработки были неглубокими, очаговыми и не вносили существенных изменений в природные ландшафты. Работы по восстановлению плодородия земель сводились к небольшим агротехническим мероприятиям, обеспечивающим возможность дальнейшего сельскохозяйственного и лесохозяйственного использования земель.

В начале своего развития работы по рекультивации земель в Рейнском и других крупных промышленных бассейнах ограничивались приведением в порядок небольших по площади участков, нарушенных промышленными разработками, их озеленением, выращиванием сельскохозяйственных и лесных культур.

В немецком языке такие работы обозначались термином *Rekultivierung*. *Kultivierung* в переводе на русский язык означает культивирование, разведение;

возделывание. Сходный с этим перевод имеет и термин Kultivation – культивация, возделывание, разведение, обработка. Поскольку приставка «ре» (латинское) переводится как «обратно, снова, назад, вновь», то термин Rekultivierung переведен на русский язык как «рекультивация», т. е. повторное культивирование, возделывание, обработка. Однако вполне правомерен был бы и перевод на русский язык этого термина как «рекультивирование». Таким образом, в начале развития рекультивационных работ в термин Rekultivierung вкладывалось содержание, близкое к современному понятию биологической рекультивации. Однако с ростом темпов развития открытого и подземного способов добычи полезных ископаемых, с увеличением масштабов строительства дорог, трубопроводов и различных инженерных сооружений, с внедрением мощной техники меняются и масштабы наносимого природным ландшафтам ущерба. Вместе с тем изменяются и характер рекультивационных работ и объемы самого понятия «рекультивация земель». Появляется стремление более кардинального и комплексного решения этого вопроса. В первую очередь это возвращение многообразной хозяйственной ценности нарушенным землям и создание в этих условиях наиболее благоприятной санитарно-гигиенической обстановки.

Рекультивация рассматривается уже как комплексная проблема восстановления продуктивности и реконструкции нарушенных промышленностью ландшафтов в целом, как «совокупность человеческой деятельности, направленной на восстановление нового культурного ландшафта, соответствующего исторической эпохе»¹. Появляется необходимость в выделении этапов, осуществляемых либо преимущественно техническими приемами (горнотехническая рекультивация), либо биологическими методами (биологическая рекультивация). Таким образом, увеличивается объем работ, объем работ, объединяемых общим термином «рекультивация», расширяется его смысловое значение. В последние годы этот термин приобретает все более комплексное содержание и большую природоохранную значимость. Однако в разных странах, тем более в разные периоды развития проблемы, имелась своя специфика в трактовке тер-

¹ Knabe W. Zur Wiederurbarmachung im Braun kohlenbergbau. Berlin, 1959.

мина, имелись некоторые различия в объеме работ, объединяемых термином «рекультивация», в делении на этапы и стадии рекультивационного периода. В ГДР получили распространение три термина для определения всех видов работ по восстановлению продуктивности и хозяйственной ценности территорий, нарушенных в результате промышленной деятельности: рекультивация в широком смысле слова (все виды рекультивации для различных направлений хозяйственного использования обозначались термином Wiedernutzbarmachung, горнотехническая рекультивация – Wiedernutzbarmachung и биологическая рекультивация – Rekultivierung).

Однако в последние годы и в литературе, и в специальных докладах и дискуссиях на симпозиумах по теме «Разработка способов рекультивации ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью», выполняемых странами – членами СЭВ (Лейпциг – 1970 г., города Бургас – Солнечный берег – 1973 г., Донецк – 1976 г.), все чаще немецкими специалистами термин Rekultivierung стал употребляться в более общем, комплексном значении как полное преобразование нарушенных ландшафтов с учетом всех направлений рекультивации. Это нашло отражение и в составлении многоязыкового словаря терминов по рекультивации.

В ЧССР рекультивация в широком смысле (rekultivace) делится на горнотехническую и биологическую. Последняя включает в себя направления: лесохозяйственное, земледельческое, плодородческое, а также «оздоровление ландшафта», т. е. озеленение нарушенных земель в целях улучшения санитарно-гигиенической обстановки и расширения рекреационных зон.

В Польше рекультивация (rekultiwacja) делится на три основных этапа: «подготовительный», «основной» и «систематический» или «целевой». Первый предполагает проведение исследовательских и проектных работ, определение характера подготовки и последующего вида хозяйственного использования. Второй включает в себя в основном всю горнотехническую подготовку территорий с учетом намеченного целевого использования. Третий этап рекультивации состоит из мероприятий, обеспечивающих переходы к целевому использо-

ванию: создание лесонасаждений, сельскохозяйственных угодий, озеленение, застройка, создание зоны отдыха. При этом первую стадию составляют агротехнические и фитомелиоративные мероприятия, меры по восстановлению плодородия и продуктивности нарушенных земель, т. е. собственно биологическая рекультивация. Вторая стадия – непосредственное целевое использование с определенными дополнительными мелиоративными мерами до полного восстановления продуктивности рекультивированных земель.

Пожалуй, наибольшая разноречивость в отношении терминологии имеется в нашей стране, что связано, по-видимому, с молодостью этой проблемы у нас. Термин «рекультивация», как мы уже видели, заимствован из зарубежной литературы и практики. В связи с более поздним развитием работ по рекультивации земель в СССР по сравнению с Западной Европой и заимствованием на первых порах зарубежного опыта термин «рекультивация» получил распространение у нас в стране сразу как понятие комплексное². Однако было и другое его трактование.

Впервые с термином «рекультивация территорий» в отечественной литературе мы встречаемся в работе И. В. Лазаревой³, осветившей зарубежный опыт рекультивации и рассматривавшей эту проблему применительно к использованию нарушенных промышленностью территорий для целей градостроительства. Однако автором⁴ он трактуется в духе ранних немецких работ как «специальные мероприятия по подготовке почвы для сельскохозяйственного или полеводческого использования...» Как утверждает автор, «такое толкование соответствует исходному понятию «культивация» от (позднелатинского – возделываю), обозначающему прием земледелия. Термин «рекультивация», получающий все большее распространение по мнению Лазаревой, «не отражает

² Моторина Л.В. Рекультивация земель, нарушенных промышленностью / Изв. АН СССР, серия «География», 1966, № 5; Овчинников В.А. Восстановление поверхности при бестранспортных системах. Тула, Приокск. кн. изд-во, 1967; Моторина Л.В., Забелина Н.М. Рекультивация земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью (обзор литературы). М.: Изд. ВИИТИСХ (Ин-т инфор. Министер. сельск. хоз.), 1968.

³ Лазарева И.В. Восстановление (рекультивация) нарушенных территорий // Опыт районной планировки и градостроительства за рубежом. М.: Госстройиздат, 1962.

⁴ Лазарева И.В. Восстановление нарушенных территорий для градостроительства. М.: Изд-во лит. по строительству, 1972.

направленности и объема комплекса работ по подготовке территорий для иных видов использования: размещение застройки, устройство водоемов и пр.»⁵.

С автором можно было бы согласиться, если исходить из первоначального перевода и толкования этого термина и действительного объема работ на ранних этапах развития. Но, как уже указывалось выше и как видно из анализа отечественного и зарубежного опыта рекультивации земель в процессе развития и усложнения работ по возвращению утерянной ценности нарушенным промышленностью землям, содержание и объем терминов «Rekultivierung», «rekultivace», «rekultiwacja» также значительно изменились. Сейчас уже очевидно их употребление как сложных комплексных понятий, означающих всестороннее преобразование нарушенных природно-территориальных комплексов для разных видов использования. Можно было бы уточнить и перевод этого термина на русский язык, заменив его, например, термином «рекультивирование» или «реокультурирование», имея в виду вторичное окультуривание земель, нарушенных в процессе производственной деятельности человека. Однако вряд ли это целесообразно делать, потому что термин «рекультивация» получил достаточно широкое распространение в литературе, в директивных и инструктивных материалах и его замена опять-таки на долго бы внесла путаницу и затруднила бы взаимопонимание специалистами друг друга. Кроме того, поскольку термин «рекультивания» возник применительно к землям, нарушаемым в процессе промышленной деятельности человека, целесообразно было бы этим и ограничить его объем, не включая сюда всех культурно-технических мероприятий по вторичному окультуриванию земель, выбывших из использования в процессе сельскохозяйственного или лесохозяйственного производства. Для обозначения последних, возможно, и следует пользоваться термином «рекультивирование» или «реокультурирование».

Вслед за специалистами США и Англии в нашей стране широкое распространение в 60-е годы получил также термин «восстановление» земель (reclamation, restoration). Толкование его самое разнообразное – от узкого понимания

⁵ См. Лазарева И.В., 1972. С. 6.

как восстановление прежнего состояния до широкого толкования как комплекса мероприятий, требуемых «для приведения территорий не только в прежнее, но и качественно новое состояние с целью наилучшего их использования»⁶. Чаще всего этот термин отождествлялся с термином «рекультивация» в комплексном широком его толковании⁷. Однако, по-видимому не целесообразно полностью заменять термин «рекультивация» термином «восстановление нарушенных земель». Часто это приходилось делать лишь для упрощения понимания проблемы. Не всегда при рекультивации речь идет о восстановлении того, что было до начала промышленных разработок, хотя и это иногда будет необходимо. Планирование нового ландшафта на месте нарушенных промышленностью земель должно вестись с учетом современных хозяйственных нужд и потребностей человека. Поэтому возможно и даже необходимо изменение и улучшение тех условий, которые были здесь прежде. Например, создание на месте заболоченных или опустошенных территорий более продуктивных и ценных ландшафтов, осуществление застройки или использование в рекреационных целях земель, имевших до разработок другой характер пользования и т. п. Смысл же слова «восстановление» указывает только на воссоздание того, что было нарушено. Поэтому, видимо, целесообразно отказаться от широкого употребления этого термина. Неприемлемость его становится, еще более очевидной, когда речь идет о рекультивации земель как части общего комплексного процесса оптимизации ландшафтов.

В первых инструктивных указаниях «Рекультивация земель на угольных разрезах Подмосковского бассейна» (1968), широко обсуждавшихся специалистами и утвержденных научно-техническими советами Министерства сельского хозяйства СССР и Министерства угольной промышленности СССР, рекультивация земель определялась следующим образом: «Рекультивация земель, нарушенных горными работами... осуществляется путем выполнения комплекса предусмотренных проектом горнотехнических инженерно-строительных, ме-

⁶ См. Лазарева И.В., 1972.

⁷ См. Овчинников В.А., 1967; Моторина Л.В. Восстановление нарушенных промышленностью территорий в СССР // Научные труды Центральной лабор. охраны природы МСХ СССР, 1971, вып. 1. «Научные основы охраны природы». М.

лиоративных, сельскохозяйственных и лесохозяйственных работ, направляемых на восстановление нарушенных площадей, освободившихся после добычи угля на разрезах, создание на этих площадях сельскохозяйственных угодий и лесных насаждений, водоемов различного назначения, использования их под застройку... Комплекс работ по рекультивации осуществляется в два этапа: первый – горнотехническая рекультивация, второй – биологическая рекультивация...».

В дальнейшем в большинстве инструктивных материалов и в литературе с небольшими вариациями повторялась эта трактовка понятия рекультивации земель.

Однако существовали и отклонения. Иногда (особенно практиками-горняками) термин рекультивация отождествлялся с понятием «горнотехническая рекультивация», т. е. более сложный комплекс мероприятий сводился только к горнотехническим приемам. Некоторыми исследователями, наоборот, «рекультивация» отождествлялась с «фитомелиорацией». Последнее означало бы сведение всего процесса к одной из завершающих стадий биологической рекультивации.

Некоторые почвоведы⁸ пользуются и совсем уж неверным по существу своему термином «рекультивация почв и пород». Во-первых, объектом рекультивации никогда не являлись только почвы или горные породы. Почвы зачастую на нарушенных участках отсутствуют вовсе. Объектом рекультивации всегда является природно-техногенный комплекс (другое дело, что ранг и размеры этих комплексов в различных случаях разные). Во-вторых, «породы» никогда не были окультурены и к ним термин рекультивация никак не применим (не говоря уже о неудачности употребления в данном случае одного слова «порода», поскольку могут быть породы горные и породы древесные. В-третьих, применение термина «рекультивация почв и пород» сводит весь сложный комплекс-

⁸ *Вербин А.Е., Келеберда Т.Н.* Опыт рекультивации пород разведением лесных культур / Почвоведение, 1974, № 2; *Горбунов Н.И., Туник Б.М., Зарубина Т.Г.* Теоретические и практические вопросы оценки пригодности горных пород для биологической рекультивации земель в южнотаежной и лесостепной зонах // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель в СССР. Тез. докл. II Всесоюз. совещ. по рекультивации земель в СССР. (Донецк 1975 г.). М.: Изд. МСХ СССР, 1975.

ный процесс рекультивации земель (формирование рельефа, структуры отвалов, гидрологического режима и т. п.), только к проведению мелиоративных и агротехнических мероприятий.

Неверным, на наш взгляд, является также определение некоторыми специалистами рекультивации как «возврата в рациональное использование участков, нарушенных горнодобывающей промышленностью»⁹. Возвращение нарушенных земель в рациональное хозяйственное использование является конечной целью рекультивации, а не самим процессом рекультивационных работ. Виды рационального использования могут быть различными: сельскохозяйственное, рекреационное, застройка и т. д. Но для того, чтобы иметь возможность вновь рационально использовать нарушенные промышленностью земли, необходимо провести целый комплекс работ для приведения их в состояние, пригодное для дальнейшего использования. Это и означает провести рекультивацию.

Таким образом, рекультивация земель должна определяться как комплексный процесс осуществления всех перечисленных выше работ, выполняемых за определенный промежуток времени и направленных не только на реконструкцию отдельных частей техногенных биогеоценозов или улучшение состояния отдельных компонентов ландшафта, а на перестройку и усовершенствование всего техногенного комплекса в целом.

Понимание рекультивации как комплексного процесса имеет очень большое значение, поскольку это означает всесторонний учет всех требований рекультивационного периода, выбор наиболее рациональных и эффективных направлений рекультивации, правильное определение затрат по этапам и стадиям.

Имеет место до сих пор терминологическая путаница в определениях этапов рекультивации, видов и направлений рекультивационных работ. Например, мы говорим «горнотехническая рекультивация», «сельскохозяйственная рекультивация», «лесная рекультивация». Применяют еще термины «гидротех-

⁹ О рекультивации земель в степи Украины / Н.Е. Бекаревич, Н.Д. Горобец, А.А. Колбасин и др. Днепропетровск: «Промінь», 1971; Колбасин А.А. Рекультивация земель и некоторые вопросы экономики. Днепропетровск, 1972.

ническая», «строительная» рекультивация и т. п. Если в первых двух случаях речь идет об «этапах рекультивации» (т. е. о комплексе работ, выполняемых разными методами в различные отрезки времени, последовательно идущие один за другим), то в остальных случаях говорится о «направлениях рекультивации», т. е. о видах работ, определяемых требованиями целевого использования земель. Каждому направлению рекультивации свойственна одинаковая этапность работ, но содержание видов работ по этапам будет различаться в зависимости от направления рекультивации.

Нами предложено¹⁰ выделять не два, 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 стадийности внутри этапов работ. Например, мелиоративная стадия и стадия целевого использования в биологическом этапе рекультивации. Н. Т. Масюк¹¹ вводит понятие «фитомелиоративного периода биологического этапа рекультивации». На наш взгляд, лучше – фитомелиоративной стадии.

Из направлений рекультивации наиболее известны такие, как сельскохозяйственная, лесохозяйственная, водохозяйственная, рекреационная, профилактическая, строительная рекультивация и т. д. Однако содержание их не всегда точно определено, нет и достаточно четкого их разграничения. Например, часто употребляемые как синонимы «лесная рекультивация» и «лесохозяйственная рекультивация» вовсе не идентичны. Вторая имеет более узкое значение и является составной частью первой. Лесная рекультивация может объединять в себе, кроме того, и создание лесонасаждений противоэрозионного, водоохранны-

¹⁰ Моторина Л.В., Овчинников В.А. Промышленность и рекультивация земель. М.: «Мысль», 1975.

¹¹ Масюк Н.Т. Фитомелиоративный период биологического этапа рекультивации и основные пути его осуществления // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель. Тез. докл. II Всесоюз. совещ. по рекультивации земель в СССР. (Донецк, 1975). М.: Изд. МСХ СССР, 1975 б. Ротапринт.

го или озеленительного характера. В то же время вводятся как самостоятельные термины, обозначающие направления рекультивации, – «противоэрозионная» и «лесопарковая» рекультивация¹².

По-видимому, как предложил В. А. Овчинников, нужно ввести разграничение понятий «направление рекультивации» и «вид рекультивации». Если «направление рекультивации» должно отражать характер целевого использования после проведения комплекса рекультивационных работ (сельскохозяйственное, лесохозяйственное, рекреационное, профилактическое, водохозяйственное и т. п.), то «вид рекультивации» будет отражать больше состав и методы рекультивационных работ. Например, в сельскохозяйственной рекультивации это будет создание пашни, сенокосов и пастбищ, садов; в лесохозяйственной – создание специальных насаждений для получения деловой древесины, создание полейзащитных лесополос и т. д.; в рекреационном направлении – создание лесопарков, ремизных насаждений, декоративно-озеленительных посадок, строительство спортивно-инженерных сооружений и т. п.; в профилактическом – создание противоэрозионных насаждений, задернение склонов, насыпей, дамб (как почвоукрепляющее), консервация пылящих поверхностей золоотвалов и хвостохранилищ и т. д.; в водохозяйственном – регулирование и перенос водотоков, создание рыбных прудов, строительство водохранилищ и т. п.

Много новых терминов употребляется специалистами в связи с типологией и классификацией нарушенных промышленностью земель. Часто используется просто термин «нарушенные земли». При этом одни имеют в виду, употребляя этот термин, земли, нарушаемые в процессе промышленного производства; другие – земли, подвергшиеся любым видам нарушения равновесного состояния, в том числе пожарам, неумеренному выпасу и т. д. Введено новое понятие «технологические земли»¹³, также не имеющее еще точного и общепринятого толкования.

¹² *Трещевский И.В., Панков Я.В., Иванов Ф.Е., Андриященко П.Ф.* Особенности выращивания лесных культур при рекультивации отвалов КМА // Теоретические и практические проблемы рекультивации земель. Тез. докл. II Всеросс. совещ. по рекультивации земель в СССР. (Донецк, 1975). М.: Изд. МСХ СССР, 1975. Ротапринт.

¹³ *Овчинников В.А.* Правовые и организационные вопросы рекультивации земель // Земельные ресурсы и их использование. М., 1973.

Ряд терминов заимствован специалистами из смежных областей знаний, но применяются они с несколько иным значением, чем до введения их в практику рекультивации земель. Это, например, произошло с определением «биологический...». При употреблении известного термина «биологическая активмирна» и вновь введенного, но уже достаточно широко распространенного термина «биологическая рекультивация» смысл определения «биологический» совершенно различен в одном и другом случае. Все это требует пояснения для избежания ошибочного толкования. А в некоторых работах¹⁴ уже встречается и термин «биологическая классификация» для обозначения классификации вскрышных пород по степени их пригодности для биологической рекультивации.

Недостаточно четко определено содержание ряда терминов, заимствованных из почвоведения, или просто еще не найдено удачных терминов для обозначения ряда составных частей новых техногенных биогеоценозов, с которыми, однако, приходится часто иметь дело. Например, специалистами Центральной лаборатории охраны природы МСХ СССР в свое время (1965–1967 гг.) были введены термины «грунтосмесь» – для обозначения смеси вскрышных пород в отвалах, «индифферентные грунты» – для второй группы классификации пород и т. п. Термины не очень точно отражают содержание понятий. Однако до сих пор не найдены удачные эквиваленты и специалисты часто пользуются этими терминами. Нет пока и достаточно приемлемого термина для обозначения смеси вскрышных пород (и других субстратов), где отмечаются признаки начального процесса почвообразования. Процесс этот в специфических условиях часто не имеющих аналогов в природе, обладает своими характерными чертами. По-разному трактуется введенное Ю. И. Денисовым¹⁵ понятие «рекультивационный горизонт».

¹⁴ Масюк Н.Т. Биологическая классификация вскрышных горных пород Никопольского марганцеворудного бассейна и прикладные аспекты их реализации // Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых. Тез. докл. координац. совещ. Тарту, 1975 а.

¹⁵ Денисов Ю.И. Технологические нормативы и схемы рекультивации породных отвалов на угольных карьерах Урала и Кузбасса // Основы горнотехнической рекультивации породных отвалов. Челябинск: Изд. Министерства угольной промышленности СССР, 1970.

Спорны названия категорий пород в классификациях вскрышных пород по их пригодности к биологической рекультивации.

С интенсификацией промышленного производства и возрастающим воздействием его на природные ландшафты увеличиваются размеры площадей, выбывающих из хозяйственного использования и нуждающихся в коренном преобразовании. Возникают новые определения и термины, с которыми приходится иметь дело специалистам по рекультивации земель. Например, «техногенные ландшафты», «промышленные ландшафты», «природно-техногенные ландшафты», «техногенный биогеоценоз» и т. п. Наряду с термином «рекультивация земель» все чаще употребляется термин «рекультивация ландшафтов». Само определение рекультивации земель также претерпевает изменения с учетом более широких задач в общей системе оптимизации техногенных ландшафтов. Б. П. Колесников¹⁶ предлагает такую формулировку: «Под рекультивацией земель, нарушенных промышленностью, следует понимать комплекс горнотехнических и биологических, а также инженерных и мелиоративных мероприятий, имеющих целью создание и ускорение формирования на площадях, освобожденных после промышленных разработок, оптимальных культурных ландшафтов с продуктивным почвенно-растительным (биогеоценологическим) покровом.

В проекте ГОСТа «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения» (1976 г.) дано следующее определение: «Рекультивация земель – это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также улучшение условий окружающей среды».

Как видно из изложенного, нет достаточно четкого и общепринятого определения содержания даже основных понятий в рекультивации.

Разноречивость терминологии, необоснованное введение новых терминов приводят к различному пониманию одних и тех же процессов, к неверному их толкованию и определению наиболее рациональных методов работы. Несовер-

¹⁶ Колесников Б.П. Рекультивация техногенных ландшафтов // Человек и среда обитания. Л.: Географгиз, 1974.

шенство терминологии затрудняет выработку общепринятых рекомендаций, инструкций, классификаций. А это, в свою очередь, затрудняет процесс рекультивации, вызывает неоправданные затраты.

Чтобы не допускать дезориентации специалистов науки и практики, все в большем числе подключающихся к решению проблемы рекультивации земель, необходимо выработать единое толкование наиболее употребляемых терминов. В качестве первой попытки в этом направлении и в качестве пособия для перевода зарубежной литературы можно рассматривать немецко-русский и русско-немецкий словари терминов по рекультивации. Работа эта начата по инициативе специалистов ГДР в плане сотрудничества стран – членов СЭВ по теме «Разработка способов рекультивации ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью». Первый вариант немецко-русской части словаря обсуждался специалистами ГДР и СССР в 1968 г. Поскольку к тому времени в ГДР был накоплен более значительный опыт по рекультивации земель, чем в СССР, разработка немецко-русского словаря велась на основе терминов, предложенных немецкими специалистами. В процессе работы над немецко-русской и русско-немецкой частями словаря была выяснена и согласована большая часть спорных терминов. При этом учитывался опыт и терминология по рекультивации многих стран, где эта проблема получила широкое развитие. Целью словаря является облегчение специалистам обмена информацией и перевода специальной литературы.

Поэтому в словарь вошли не только специфические «рекультивационные термины», но и термины смежных дисциплин, имеющие широкое распространение в литературе по рекультивации земель. Всего в окончательный вариант немецко-русской и русско-немецкой частей словаря вошло по 2127 терминов.

На основе немецко-русской части составлен многоязыковый словарь, в котором осуществлен перевод на болгарский, чешский, польский и румынский языки. В ближайшее время планируется издание многоязыкового словаря терминов по рекультивации земель.

Для облегчения работы специалистов в СССР начата работа над толковым словарем терминов, в который предполагается включить сравнительно небольшое число наиболее часто употребляемых спорных терминов. В проект словника, составленный специалистами Центральной лаборатории охраны природы, вошел 191 термин. В связи с пожеланиями специалистов он, по-видимому, будет расширен и уточнен. После обсуждения и утверждения словника специальная комиссия разработает определение каждого термина.

Часть терминов, от которых зависит правильность определения объема работ и необходимость затрат при проектировании рекультивации, будет стандартизирована. В окончательной редакции ГОСТа «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения», составленном специалистами ряда институтов по заданию Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР, дается толкование 60 терминов. Содержание более обширного числа терминов, часто встречающихся в специальной литературе и в практике рекультивационных работ, будет раскрыто в толковом словаре терминов. Задача ведущих специалистов в этой области помочь на основе анализа большого потока информации по вопросам рекультивации земель дать четкое, наиболее краткое и емкое определение основных понятий в рекультивации. Упорядочение терминологии – это одна из первостепенных и важных задач проблемы рекультивации земель. От этого в значительной степени зависит улучшение организации рекультивационных работ и повышение их эффективности.

**Уральский государственный университет в биографиях.
2-е изд., перераб. / Отв. ред. М.Е. Главацкий, Е.А. Памятных.
Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2000. (С. 181–182)**

Колесников Борис Павлович (1909–1980)

Геоботаник, лесовед, член-корреспондент Академии наук СССР (1970), заслуженный деятель науки РСФСР (1973). Окончил Дальневосточный лесотехнический институт (1931). Работал в научно-исследовательских учреждениях Дальневосточного филиала Академии наук СССР (1934–1955), Институте

биологии (с 1964 – экологии растений и животных) Уральского научного центра Академии наук СССР), организатор и руководитель лаборатории лесоведения, комиссии по охране природы (1956–1976), работал в Уральском (1963–1976, ректор – 1963–1968) и Симферопольском (1976–1980) университетах. Видный организатор охраны растительного мира СССР.

Б. П. Колесников одним из первых биологов нашей страны осознал огромное влияние на биосферу научно-технического прогресса и понял необходимость принятия срочных мер по ее охране. Он организовал комиссию по охране природы при Уральском научном центре и в течение 20 лет беспрерывно руководил ею, ввел в Уральском университете чтение лекций по охране природы сначала на биологическом, а затем на всех факультетах, добился, чтобы такие курсы читались в других вузах Свердловска.

Он способствовал организации лаборатории промышленной ботаники на биофаке, а впоследствии взял на себя руководство ею. В это же время в лаборатории начались работы по изучению начальных этапов почвообразования на нарушенных землях. Б. П. Колесников возглавил также все работы по выявлению памятников природы и ботанических объектов на Урале, требующих охраны, по восстановлению ранее ликвидированных заповедников (Висимского, Денежкин Камень).

Основные труды Б. П. Колесникова посвящены лесоведению, ботанической географии и охране природы Урала и Дальнего Востока. Он разработал основные положения географо-генетической классификации типов лесов, лесотехнического районирования территории СССР и рационального использования лесных ресурсов тайги. Инициатор создания Среднеуральского горно-таежного стационара для экологических исследований на базе Висимского заповедника. Как заместитель председателя Уральского отделения Всероссийского общества природы, Б. П. Колесников организовал выпуск периодического издания «Охрана природы на Урале», опубликовал схему природно-охранного районирования Урала. Участник 1-го Всесоюзного совещания по охране растительных объектов (1968), руководитель секции «Рациональное использование и

охрана растительного мира» на 5-м и 6-м делегатских съездах Всесоюзного ботанического общества (1973, 1978). Участник 5-го и 6-го Международных лесных конгрессов (1960, 1966), 12-го Международного ботанического конгресса (1975). Научный труд «Кедровые леса Дальнего Востока» удостоен премии Академии наук СССР. Б. П. Колесников награжден орденом Октябрьской революции, двумя орденами «Знак Почета», а также медалями.

**Уральский государственный университет в биографиях:
2-е изд., перераб. / Отв. ред. М.Е. Главацкий, Е.А. Памятных.
Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2000.
(С. 193–194)**

ТАРЧЕВСКИЙ
Виталий Владиславович
(1905–1969)



В 1930 г. окончил землеустроительный факультет Омского сельскохозяйственного института.

С августа 1948 г. и до последних дней своей жизни В. В. Тарчевский работал на биологическом факультете Уральского университета доцентом, а затем профессором кафедры ботаники. В течение этого времени он читал как общебиологические курсы (основы дарвинизма, основы эволюционного учения и др.), так и специальные (география растений, геоботаника и др.).

Направление его научных исследований – промышленная ботаника, биологическая рекультивация нарушенных промышленностью земель. В 1961 г. им

организована первая на Урале хоздоговорная лаборатория промышленной ботаники, которая более 40 лет претворяет в жизнь его идеи по биологической рекультивации нарушенных земель. В 1967 г. он защитил докторскую диссертацию «Закономерности формирования фитоценозов на промышленных отвалах», в 1968 г. ему была присвоена степень доктора биологических наук.

В. В. Тарчевский инициативно и энергично развернул исследования по научному обоснованию использования растительности для устранения вредного влияния промышленных загрязнений на окружающую среду и людей. Этот раздел прикладной ботаники он назвал «промышленной ботаникой» и все последующие годы своей жизни посвятил обоснованию его научного содержания, целей и методов, уделяя особое внимание проблеме биологической рекультивации промышленных отвалов. Под его руководством защищено 3 кандидатские диссертации.

Всего им опубликовано в отечественных и зарубежных изданиях около 70 научных и научно-популярных статей и работ, из них по вопросам промышленной ботаники – более 50.

В. В. Тарчевский всегда уделял много внимания разнообразной общественной работе. Особенно заметен его вклад в развитие природоохранительной работы на Урале. С 1958 г. он является постоянным членом совета и президиума Свердловского областного отделения Всероссийского общества охраны природы (ВООП), был заместителем председателя этого совета. В 1962 г. по результатам работ по биологической рекультивации В. В. Тарчевский награжден серебряной медалью ВДНХ СССР.

В 1966 г. за долголетнюю плодотворную деятельность по охране природы Центральный совет ВООП присвоил В. В. Тарчевскому звание почетного члена общества. Он награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

Глава 1

РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

1.1. Рекультивация земель в СССР и за рубежом

Первые попытки восстановления продуктивности, озеленения участков земель, нарушенных и загрязненных в процессе промышленного производства, предпринимались с конца прошлого столетия. Широкое развитие и распространение работ по рекультивации земель связано лишь с внедрением открытого способа добычи полезных ископаемых.

Поскольку размеры и концентрация прямого и косвенного воздействия промышленности на природные комплексы давно перестали быть узко локальными, а нередко приводят к возникновению новых, природно-техногенных ландшафтов, рекультивация земель во многих странах рассматривается как комплексная междисциплинарная проблема реконструкции ландшафта и восстановления его продуктивности, экологической сбалансированности, хозяйственной и эстетической ценности.

Большое значение рекультивации земель придается в ГДР, ЧССР, ПНР, НРБ, ВНР, СРР, серьезные достижения в этой области имеются в США, Англии, ФРГ и в других индустриально развитых странах.

В последние годы в большинстве стран были разработаны и приняты законы, государственные программы и проекты, направленные на защиту окружающей среды и содержащие разделы по рекультивации земель. Вопросы регламентирования рекультивации отражены в законах, касающихся горнодобывающей промышленности, охраны недр, земельных и лесных ресурсов, а также в специальных постановлениях. Во всех этих законодательных актах и постановлениях четко определены юридические основы, порядок проектирования, организации и практического осуществления рекультивационных работ; источники финансирования рекультивации и возмещения убытков, нанесенных про-

изводственной деятельностью; мероприятия по оздоровлению техногенных ландшафтов (*В дальнейшем будет использоваться термин «техногенный ландшафт» как сокращенный от «природно-техногенный ландшафт»*), их реконструкции и оптимизации.

В СССР проведение рекультивации земель регламентируется правовыми нормами, изложенными в ряде законов и подзаконных актов. основополагающие нормы изложены в Основах земельного законодательства Союза ССР и союзных республик. Наиболее полно все правовые и организационные вопросы отражены в Постановлении Совета Министров СССР от 2 июня 1976 г. «О рекультивации земель, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении геологоразведочных, строительных и других работ». Подробное пояснение вопросов организации и проведения практических работ дано в «Основных положениях по восстановлению земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых, проведении геологоразведочных, строительных и иных работ» (1977 г.).

В 1976–1980 гг. выполнение работ по рекультивации было впервые предусмотрено Государственным планом развития народного хозяйства на X пятилетку. Необходимость повышения темпов этих работ определена «Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981–1985 гг. и на период до 1990 года».

О росте темпов рекультивации земель свидетельствуют следующие данные: за период 1971–1975 гг. было рекультивировано всего 168 тыс. га нарушенных земель, за период 1976–1980 гг. рекультивировано уже 545 тыс. га, из них под сельскохозяйственные угодья передано 338 тыс. га, в том числе под пашню – 151 тыс. га. В дальнейшем предполагается значительное нарастание темпов рекультивации¹⁷.

В большинстве промышленно развитых стран работы по рекультивации получили наиболее значительное распространение на землях нарушенных при

¹⁷ Лойко П.Ф., Овчинников В.А. Рекультивация нарушенных земель: наука-практика // Рекультивация земель в СССР: Тез. Всесоюз. науч.-техн. конф. М., 1982. С. 3–9.

добыче угля, строительных материалов, горнохимического сырья, цветных металлов, а также в результате обогащения и переработки полезных ископаемых, прокладки нефте- и газопроводов.

Во всех странах рекультивация выполняется в два основных этапа: технический (горнотехнический) и биологический. Как свидетельствует международный опыт по рекультивации, работы технического этапа очень трудоемки и требуют наибольших затрат. Эффективность и экономичность этих работ может быть значительно увеличена, если их включить в технологический процесс предприятий. Учет требований рекультивации на стадии проектирования предприятия позволяет внести соответствующие изменения в технологию работ.

Советские ученые и практики при этом придают большое значение сокращению землеемкости добычных работ и повышению эффективности использования земельных ресурсов. Однако исследования по совершенствованию технологии промышленных разработок во многом сдерживаются в связи с отсутствием научно обоснованных эколого-технических требований к вновь создаваемым природно-техногенным комплексам.

Преимущественное развитие какого-либо направления рекультивации в разных странах зависит от типа нарушенных земель, природных условий, экономической целесообразности и ожидаемого социального эффекта рекультивации.

При обосновании наиболее рационального и экономического направления рекультивации большое значение имеет систематизация всего многообразия нарушенных земель. Для целей рекультивации разработаны типологические классификации нарушенных земель в Польше, ГДР, Англии, США и других странах. Во многих странах для изучения и классификации нарушенных территорий широко используются материалы аэрофотосъемки¹⁸. В СССР разработаны принципы типологии техногенных ландшафтов и технологическая классификация нарушенных земель. Последняя послужила основой разработки ГОС-Та 17.5.1.02-78, использующегося при планировании работ по рекультивации.

¹⁸ Моторина Л.В. Опыт рекультивации нарушенных промышленностью ландшафтов в СССР и зарубежных странах. М., 1975 б.

Особое место при систематизации нарушенных земель и определении возможного направления рекультивации во всех странах отводится составу и свойствам пород, выносимых в отвалы. Попытки создания классификации таких пород предпринимались во многих странах. Более подробно эти вопросы разработаны в СССР, ПНР, ГДР и ЧССР.

В нашей стране для целей проектирования и практического выполнения рекультивации земель разработан ГОСТ 17.5.1.03-78 «Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель». Планируется составление объединенной аналогичной классификации в странах–членах СЭВ.

Для различных условий нашей страны разрабатываются технологии рекультивации земель, включая способы ускорения процесса почвообразования, подбор растений и агротехнику их выращивания с учетом специфических условий и зональных особенностей нарушенных земель. Создаются методы оценки, система показателей и технические условия формирования техногенных ландшафтов, а также технологические схемы вскрышных работ и отвалообразования, обеспечивающие создание техническими средствами благоприятных экологических условий техногенных ландшафтов и сокращение землеемкости горного производства. В основных промышленных регионах страны разработаны необходимые методические материалы по проектированию рекультивации земель.

Для отдельных областей и промышленных бассейнов разрабатываются схемы рекультивации земель, где отражаются наличие и состояние нарушенных земель, а также плановые основы их рекультивации на перспективу с соответствующими картографическими материалами. На действующих и строящихся предприятиях разрабатываются проекты рекультивации земель, которые являются составной частью проектов разработки месторождений и связаны с технологией основного производства.

В связи с общим сокращением в большинстве стран площади сельскохозяйственных угодий и уменьшением доли пашни на душу населения наиболь-

шее значение имеет сельскохозяйственное направление рекультивации. Поэтому там, где позволяют природные условия и состав пород в поверхностном слое нарушенных земель, предпочтение отдается рекультивации их для сельскохозяйственных целей. Наибольшее развитие это направление получило в СССР и в странах зарубежной Европы. В ГДР, например, рекультивируется около половины всех нарушенных земель. Из них свыше 40 % восстанавливается под сельское хозяйство.

Основные требования к техническому и биологическому этапам рекультивации для сельскохозяйственного использования – это тщательное разравнивание поверхности нарушенных земель; нанесение плодородных и потенциально-плодородных пород (гумусированный почвенный слой, лёссы и лёссовидные суглинки) мощностью до 0,8–1,0 м; регулирование водного режима и баланса питательных веществ с применением глубокой обработки поверхностного слоя, внесением минеральных и органических удобрений; правильный подбор культур и мелиоративных севооборотов в сочетании с различными агротехническими приемами и т. п. При этом важная роль отводится бобовым культурам, особенно люцерне, люпину, доннику¹⁹.

В округах городов Лейпциг и Борна на рекультивируемых землях получают не менее высокие урожаи сельскохозяйственных культур, чем на зональных почвах, а иногда и более высокие. Например, урожаи пшеницы составляют от 28 до 44 ц/га, кукурузы на зерно – около 50 ц/га, зеленой массы люцерны – 400 ц/га и т. д.²⁰.

Большие успехи достигнуты специалистами ГДР в мелиорации и освоении под сельскохозяйственные угодья и лесонасаждения отвалов с фитотоксичными сульфидсодержащими породами на буроугольных месторождениях. После мелиорации с помощью буроугольной золы, внесения высоких доз удобрений, биошлама и других мероприятий на рекультивируемых землях получают урожаи озимой ржи и пшеницы 24–30 ц/га, зеленой массы люцерны – 300–

¹⁹ Моторина Л.В. Проблемы биологического этапа восстановления земель, поврежденных промышленностью // *Вопр. географии*, 1970 б, вып. 82. С. 160–170; см. Моторина Л.В., 1975 б.

²⁰ Моторина Л.В., Овчинников В.А. Промышленность и рекультивация земель. М.: Мысль, 1975.

400 ц/га. После перекрытия токсичных пород лёссовидным суглинком мощностью 60–80 см урожаи пшеницы составляли 38–46 ц/га, ячменя и овса – до 34 ц/га, зеленой массы люцерны – до 500 ц/га.

Под лесонасаждения в ГДР отводится до 50 % рекультивируемых площадей, включая откосы отвалов и карьеров и рекреационные зоны. Широко практикуется использование отработанных карьеров для создания водоемов различного назначения. Рекультивация в ГДР является частью общеландшафтной реконструкции нарушенных земель.

В ФРГ наиболее ценные в сельскохозяйственном отношении угодья создаются при рекультивации внутренних отвалов в отработанных карьерах Рейнского бурогоугольного бассейна. При этом применяется гидромеханизация для намывания слоя лёсса на выровненную поверхность отвалов. Большое значение придается возделыванию в первые годы бобовых культур как азотонакопителей. Урожаи на рекультивируемых землях составляли: озимой ржи от 34 до 46 ц/га, озимой пшеницы 40–52 ц/га, ячменя 37–42 ц/га, сахарной свеклы 478–565 ц/га²¹. Много внимания в ФРГ уделяется созданию живописных озерно-лесных рекреационных зон на рекультивируемых землях. Широкое признание имеет концепция создания хорошо организованных и экологически сбалансированных ландшафтов на нарушенных землях.

В ЧССР в начале 60-х годов основное внимание уделялось созданию лесонасаждений на отвалах с целью «оздоровления» нарушенных природных ландшафтов, улучшения санитарно-гигиенической обстановки в промышленных районах (главным образом в Северо-Чешском и Соколовском бурогоугольных и Остравско-Карвинском каменноугольном бассейнах). В последние годы в связи с сокращением сельскохозяйственных площадей в ЧССР все большее внимание уделяется сельскохозяйственному направлению рекультивации. Предложен и используется в практике ряд методов создания пашни на породных отвалах как с нанесением почвенного слоя, так и без нанесения (на лёссовидных породах). Широко применяются мелиоративные севообороты, возделы-

²¹ См. Моторина Л.В., 1975 б.

вание бобовых культур, внесение повышенных доз удобрений. После мелиоративного периода на рекультивируемых землях получают средние урожаи озимой пшеницы до 27 ц/га, яровой пшеницы – 33–43 ц/га, ярового ячменя – 28–47 ц/га. Отвалы используются также под плодовые культуры²².

В Болгарии, Венгрии, Румынии в последнее десятилетие большое внимание уделялось разработке методов создания сельскохозяйственных угодий на отвалах без нанесения почвенного слоя непосредственно на потенциально-плодородных вскрышных породах. В настоящее время в этих странах на сотнях гектаров рекультивированных земель получают высокие урожаи зерновых и пропашных культур, винограда, многолетних трав. Большое распространение получило выращивание различных зерновых, кормовых, бахчевых и плодовых культур на золоотвалах тепловых электростанций.

В Польше в начале 60-х годов основное внимание уделялось облесению отвалов угольных шахт и песчаных карьеров, занимающих в этой стране большие площади в связи с использованием песка в качестве закладочного материала в шахты для предотвращения проседания поверхности. Обводненные карьеры использовались в качестве водоемов. В Катовицком и других воеводствах на нарушенных землях созданы зоны отдыха, парки, спортивные сооружения²³. В настоящее время значительная роль отводится созданию сельскохозяйственных угодий на отвалах бурогоугольных карьеров. В будущем предполагается сосредоточить основное внимание в исследованиях на ликвидации последствий загрязнения почв, воды, воздуха промышленными отходами, нарушения водного режима на территориях, подверженных воздействию открытого и подземного способов добычи полезных ископаемых.

В Англии сельскохозяйственные угодья, преимущественно сенокосно-пастбищного использования, создаются при рекультивации в основном бурогоугольных и железорудных карьеров, а также карьеров строительных материалов. Последние широко используются также для создания водоемов и рекреационных зон. Особое место среди полезных ископаемых в Англии занимает ка-

²² См. там же.

²³ См. Моторина Л.В., Овчинников В.А., 1975.

менный уголь, поэтому с его добычей связаны и наибольшие нарушения земель, рассредоточенные, как и каменноугольные месторождения, по всей стране.

Основные объект рекультивации здесь – отвалы шахтных пород, провалы поверхности, промплощадки отработанных шахт после сноса зданий и сооружений. При рекультивации шахтных отвалов широко применяются их планировка и переформирование. При озеленении основной упор делается на подбор наиболее выносливых сенокосно-пастбищных видов растений и декоративных древесных и кустарниковых пород. Пустые и перегоревшие породы терриконов часто используются в качестве строительного материала, для засыпки провалов, при строительстве дорог. В Англии очень широко практикуется жилищное, промышленное и рекреационное строительство на нарушенных землях.

Проблема рекультивации угольных терриконов достаточно остро стоит также в Рурском бассейне (ФРГ), в Бельгии и Франции.

В США создание на рекультивируемых землях пашни ведется в ограниченных пределах, главным образом в районе Великих равнин. Преимущественно распространено здесь создание в процессе рекультивации на нарушенных землях сенокосно-пастбищных угодий (в том числе как кормовая база для диких животных) и лесонасаждений в природоохранных и рекреационных целях (парки, зеленые зоны, охотничьи угодья). С этой целью проводится частичная планировка нарушенной территории с формированием волнистого и неровного рельефа, обеспечивающего, по мнению американских специалистов, лучшие условия для роста растений и расселения животных. Широко используются нарушенные земли для различного рода строительства и преимущественно для создания спортивных сооружений²⁴.

В СССР большие сложности в разработке эффективных методов рекультивации земель и их практическом осуществлении связаны с огромным разнообразием как природно-климатических, так и техногенных условий на террито-

²⁴ См. Моторина Л.В., 1975 б.

рии страны. От этих условий зависит преимущественное распространение того или иного направления рекультивации земель.

В Центрально-Черноземных районах, на Украине, в Молдавии и в других регионах в зоне распространения лёссовых четвертичных отложений и плодородных черноземных почв преобладает обычно сельскохозяйственное направление рекультивации, т. е. подготовка нарушенных земель в процессе рекультивации для использования под пашню, сенокосы, сады и виноградники. Для создания сельскохозяйственных угодий используются в основном внутренние отвалы, отсыпаемые в отработанное пространство карьеров при открытой добыче угля, железной и марганцевой руды, фосфоритов, огнеупорных глин, строительных материалов (песка, гравия, глин). При этом рекультивация проводится двумя путями:

а) с нанесением гумусированного почвенного слоя на тщательно спланированную поверхность земель;

б) без нанесения почвенного слоя, т. е. создание сельскохозяйственных угодий непосредственно на вскрышных породах, относимых к группе потенциально-плодородных в соответствии с ГОСТом 17.5.1.03-78.

Наиболее распространенный метод подготовки рекультивируемых земель под пашню – нанесение на спланированную поверхность отвалов (преимущественно внутренних) гумусированного почвенного слоя мощностью 30–50 см. Лучшими подстилающими породами являются при этом лёссы и лёссовидные суглинки.

В первые годы освоения в большинстве случаев выращивают многолетние бобовые травы (люцерну, донник, люпин, красный клевер, эспарцет), которые дают высокие урожаи и способствуют более быстрому восстановлению плодородия почвы. После трав выращивают зерновые и кормовые культуры, наиболее продуктивные в каждой конкретной зоне.

На рекультивируемых участках дозы внесения удобрений и нормы высева семян обычно увеличиваются на 30–50 % в зависимости от уровня плодородия рекультивационного слоя. В остальном агротехника возделывания сельскохозяй-

зяйственных культур на рекультивированных землях существенно не отличается от агротехники на старопахотных участках, однако больше внимания уделяется обработке почвы в первые годы освоения, так как в процессе технического этапа рекультивации подпочвенные слои и наносимый слой почвы сильно уплотняются²⁵.

Получаемые урожаи сельскохозяйственных культур приближаются к урожаям на зональных старопахотных почвах, а в ряде случаев и превышают их. Так, в Кировоградской (угольные карьеры), Крымской (железородные карьеры), Донецкой (карьеры огнеупорных глин) и Днепропетровской (марганцевые карьеры) областях колхозами и совхозами получены на рекультивированных землях урожаи зерна озимой пшеницы от 24 до 38 ц/га, ячменя – 20–29 ц/га, ржи – 25–28 ц/га, кукурузы (зерно) – 38–50 ц/га, зеленой массы – 300–400 ц/га, сорго – 365 ц/га, овса – 160–200 ц/га, сена многолетних трав – до 50–60 ц/га. О высоких потенциальных возможностях этих земель свидетельствуют урожаи озимой пшеницы на опытных участках, достигающие при внесении удобрений 50–60 ц/га.

При наличии на поверхности отвалов токсичных, например сульфидсодержащих пород, применяется экранирование их карбонатными породами перед нанесением почвенного слоя. Установлено, что для нейтрализации токсичности сульфидсодержащих пород достаточен экран из карбонатного лёссовидного суглинка мощностью около 20 см, но при этом общая мощность корнеобитаемого горизонта должна быть не менее 80 см.

В Подмосковном бассейне таким образом рекультивировано и передано в сельскохозяйственное использование более 1000 га отвалов с сульфидсодержащими породами. Урожаи сельскохозяйственных культур здесь приближаются к уровню урожаев с зональных ненарушенных почв²⁶.

Широко используется в СССР на практике технология создания сельскохозяйственных угодий (в том числе пашни) на спланированных отвалах без на-

²⁵ См. Моторина Л.В., Овчинников В.А., 1975; Новикова Н.А., Савич А.И. Восстановление почвенного плодородия на отвалах открытых разработок при биологической рекультивации. М., 1980.

²⁶ Моторина Л.В., Новикова Н.А., Савич А.И., Болдырев А.Г., Урбанская Н.С., Штейнмиллер Р.Я. Рекультивация земель с сульфидсодержащими породами. М.: Колос, 1982.

несения почвенного слоя. Наиболее пригодными для этих целей являются лёсы и лёссовидные породы. В первые годы на них возделываются многолетние бобовые травы, а затем с внесением удобрений ($N_{80-100}P_{80-100}K_{80-100}$) выращивают зерновые культуры, кукурузу и др. Урожаи получают на уровне зональных и выше. Такая технология применяется на месторождениях марганца в Днепропетровской области; угля – в Кировоградской области, огнеупорных глин – в Донецкой области, фосфоритов – в Подмосковье и т. д.²⁷

Так, в Днепропетровской области на отвалах марганцеворудных карьеров, сложенных лёссовидными породами, получены урожаи сена люцерны синегридной 48–66 ц/га, эспарцета песчаного – 44–60 ц/га. в Кировоградской области на лёссовых отвалах буроугольных карьеров при внесении $N_{100}P_{100}K_{100}$ урожай зеленой массы люцерны достигал 433–533 ц/га. После запашки многолетних трав получали урожаи озимой пшеницы 25–30 ц/га²⁸.

В Нечерноземной зоне РСФСР для фосфоритных месторождений разработана технология, позволяющая использовать для создания пашни глауконитовые пески – вскрышную породу, залегающую между пластами фосфоритной руды²⁹. При внесении азотного удобрения не менее 100 кг/га урожаи многолетних сельскохозяйственных культур на глауконитовом песке в среднем на 30–50 % превышали урожаи на участках с нанесением зональной почвы.

Например, зеленая масса клевера красного на глауконитовом песке достигала 465 ц/га, клевера белого – 337 ц/га, люцерны – 292 ц/га, в то время как на зональной почве – соответственно 146, 137, 235 ц/га. Такая же закономерность наблюдалась при выращивании зерновых культур, картофеля, овощей. После возделывания трав при внесении азотных удобрений на глауконитовом песке получены хорошие урожаи озимой пшеницы, ржи, овса, ячменя (свыше 30 ц/га), кукурузы на силос (400 ц/га), картофеля (250 ц/га).

²⁷ См. Новикова Н.А., Савич А.И., 1980.

²⁸ См. Моторина Л.В., 1975 б.

²⁹ Карлович С.В., Арбузова С.К., Акопов М.Н. Выращивание сельскохозяйственных культур на рекультивированных землях // Междунар. симпоз. «Рекультивация ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью». Катовице и др., 1980. Т. 1. С. 134–147.

Отвалы, сложенные потенциально-плодородными породами без нанесения гумусированного почвенного слоя, часто отводятся для сенокосно-пастбищного использования. Урожаи бобовых и злаково-бобовых травосмесей в этих условиях, как правило, превышают урожаи на зональных почвах. На суглинках, красно-бурых и серо-зеленых глинах в КМА урожай сена донника белого составлял 72 ц/га, люцерны – 33–43 ц/га, лядвенца рогатого – 38 ц/га, клевера красного – 37 ц/га и т. д. На Егорьевском фосфоритном месторождении (на глауконитовом песке) урожай зеленой массы многолетних трав бобовых составлял до 350 ц/га, в Кировоградской области (на лёссе) – до 533 ц/га. В Кузбассе на лёссовидных суглинках, алевролитах и аргиллитах при внесении удобрений урожай сена люцерны достигал 78–93 ц/га, донника – 61 ц/га и т. д.³⁰.

Перспективным считается создание сенокосов и пастбищ на дражных отвалах, образующихся при разработке россыпных месторождений с помощью драги в долинах рек Урала и Сибири.

В зоне вечной мерзлоты грунт в этих случаях оттаивает на глубину более 1 м, и, поскольку мерзлота не возвращается в течение многих лет, после рекультивации в этих условиях оказывается возможным возделывание овощей и картофеля³¹.

В Днепропетровской области хорошие результаты дало выращивание плодовых культур на лёссе (яблоня, груша, черешня, слива, смородина, виноград). Так, урожай яблок на лёссе составил 163 ц/га.

При этом товарные и вкусовые качества их выше, чем при выращивании на черноземе. В Грузии на лёссовидных породах отвалов марганцеворудного месторождения урожай винограда составил до 47 ц/га – выше, чем на ненарушенных землях³².

Большое внимание в СССР уделяется созданию пахотных и сено косно-пастбищных угодий на выработанных торфяниках, которые составляют около

³⁰ См. Новикова Н.А., Савич А.И., 1980.

³¹ Накаряков А.В. Площади отработанных россыпных месторождений как специфический объект рекультивации // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. С. 27–42; Скрябин С.З. Исследования по биологической рекультивации нарушенных техникой тундр на Енисейском Крайнем Севере // Техногенные ландшафты Севера и их рекультивация. Новосибирск: Наука, 1979. С. 51–61.

³² См. Моторина Л.В., 1975 б.

половины всей площади нарушенных земель, а в ряде районов достигают 60–80 %. Для сельскохозяйственной рекультивации в основном используются торфяники низинного типа после фрезерной обработки. Исследованиями установлено, что при проведении соответствующих мелиоративных мероприятий, внесения извести, удобрений можно в течение нескольких лет добиться хороших урожаев различных сельскохозяйственных культур. Так, на Украине в хозяйствах на рекультивированных торфяниках получают до 140 ц/га картофеля, 170 ц/га огурцов, свыше 500 ц/га капусты и др. В Нечерноземной зоне РСФСР урожай сена многолетних трав на рекультивированных торфяниках составляет 50–70 ц/га, картофеля – 250 ц/га, зерновых – 25–30 ц/га. Выработанные торфяники широко используются под коллективное садоводство.

Лесохозяйственное направление рекультивации в СССР распространено преимущественно на отвалах с почвенно-грунтовыми условиями, неблагоприятными для выращивания сельскохозяйственных культур или требующими почвозащитных, водоохраных и других природо-охранительных мероприятий. В различных зонах и на разных типах месторождений установлена пригодность вскрышных и вмещающих пород в отвалах для выращивания древесно-кустарниковых насаждений. Подобран наиболее пригодный ассортимент культур для разных условий. Установлены оптимальные параметры посадочного материала, схемы посадки, приемы выращивания и система ухода за лесонасаждениями на отвалах разного типа³³.

В Кузбассе большинство земель, нарушенных при открытой и подземной добыче угля, признано пригодными для выращивания леса. На долю лесной рекультивации здесь приходится 80 % всех рекультивируемых площадей. Приживаемость и рост древесных и кустарниковых пород не уступают аналогичным показателям на ненарушенных землях. В этом районе для посадок на отвалах используются обычно лиственница сибирская, сосна обыкновенная, береза бородавчатая; из кустарников – облепиха, акация желтая, ивы, жимолость татар-

³³ Зайцев Г.А., Моторина Л.В., Данько В.Н. Лесная рекультивация. М.: Лесн. пром-сть, 1977.

ская. Особая роль отводится культуре облепихи, с которой проводится большая селекционная работа³⁴.

Достаточно хорошо разработаны вопросы создания лесных насаждений на разных типах отвалов в Украинской ССР³⁵. В Донбассе и степных районах создаются преимущественно лесопарки вокруг промышленных центров и защитные насаждения на сельскохозяйственных угодьях, в лесостепи и Полесье – промышленные насаждения для получения деловой древесины без стадии мелиоративных насаждений. На выровненных отвалах применяются механизированная посадка и уход, на крутых откосах – ручная. При формировании отвалов практикуется создание лесопригодного слоя мощностью менее 1 м. Широко используется посев в междурядьях бобовых культур (главным образом люпина), чередование основных пород деревьев (сосна обыкновенная и крымская, береза, вяз перистоветвистый, дуб черешчатый) с азотофиксирующими видами (черная ольха, белая акация, лох, облепиха). Доказана возможность выращивания на отвалах более 40 видов древесных и кустарниковых растений.

Известен опыт облесения песчаных и мело-мергельных пород на транспортных отвалах и гидроотвалах железорудных карьеров КМА (Курской магнитной аномалии). Применяется глинование песчаных пород, примешивание песка к мело-мергельным породам. Подобран ассортимент наиболее пригодных культур, разработана агротехника их выращивания. Очень хорошие результаты при закреплении склонов дает облепиха³⁶.

Тысячи гектаров лесонасаждений созданы на отвалах различных месторождений в Нечерноземной зоне РСФСР, в Сибири, на Урале, на Дальнем Востоке. В Нечерноземной зоне лесохозяйственная рекультивация наиболее распространение имеет на выработанных торфяниках, фосфоритных, месторождениях, карьерах строительных материалов.

³⁴ Баранник Л.П., Калинин А.М. Лес на «промышленных пустынях». Кемерово: Кн. изд-во, 1976.

³⁵ Данько В.Н. Лесопригодность местообитаний разровненных отвалов и ассортимент древесных и кустарниковых пород для их облесения // Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых. Турту, 1975 а. С. 25–30; Данько В.Н. Рекультивация отвалов рыхлых пород на Украине для использования в лесном хозяйстве // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель. М., 1975 б. С. 259–262.

³⁶ Трещевский И.В., Иванов Ф.Е., Панков Я.В. Лесная рекультивация земель, нарушенных горнотехническими работами. Л., 1978.

В Подмосковном угольном бассейне разработана агротехника создания лесонасаждений на смесях пород при различном процентном соотношении с токсичными сульфидсодержащими породами (рис. 1–3).

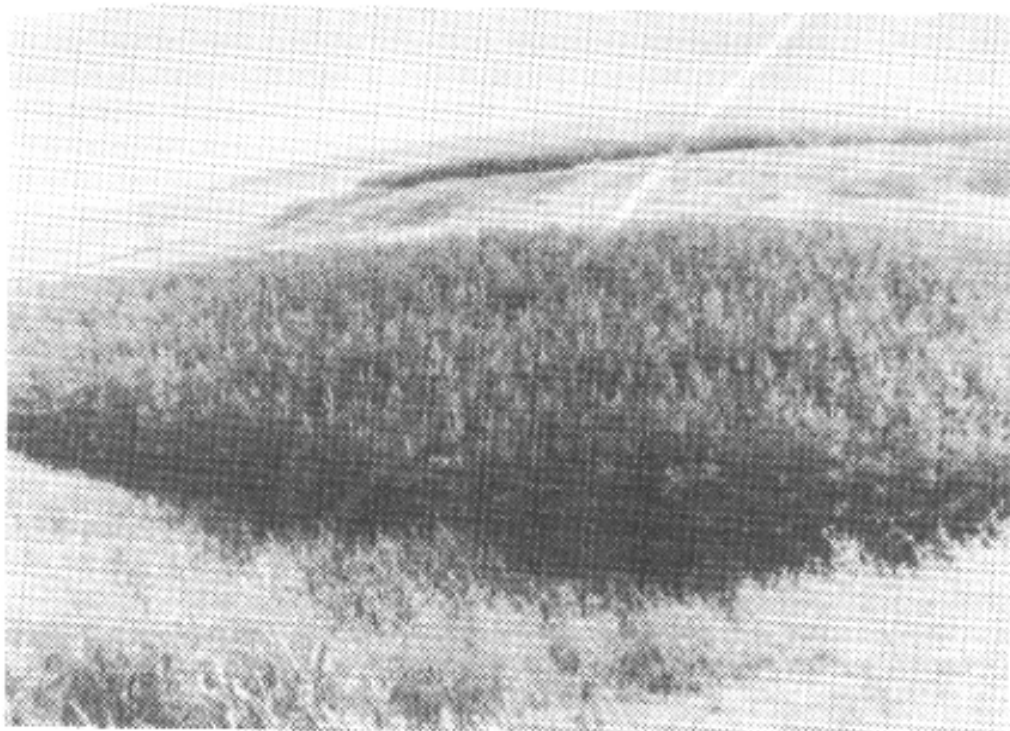


Рис. 1. Лесонасаждения на отвалах в Подмосковном бассейне
(Фото. Л.В. Моториной)



Рис. 2. Культуры сосны на спланированном отвале Кимовского угольного разреза
(Фото. Л.В. Моториной)



Рис. 3. Участок с сульфидосодержащими породами на облесенном отвале в Подмосковном угольном бассейне. (Фото. Л.В. Моториной)

В Эстонии на землях, нарушенных при добыче горючих сланцев, созданы лесонасаждения значительно более высокого бонитета, чем бывшие до разработок. Лесная рекультивация здесь является частью общего плана оптимизации техногенного ландшафта в целом. Начаты исследования по изучению влияния шахтных провалов на лесонасаждения³⁷.

Большие экспериментальные и практические работы выполнены по озеленению отвалов (терриконов) угольных шахт, загрязняющих окружающую среду. Наиболее рациональным путем их обезвреживания является озеленение. В течение длительного времени проводились исследования, в результате которых разработана и успешно применяется технология подготовки отвалов (тушение, переформирование), подобраны древесные и кустарниковые породы,

³⁷ Каар Э.В. Лесная рекультивация отвалов, образующихся при открытой разработке горючего сланца в Эстонской ССР // Рекультивация земель. Тарту, 1975. С. 15–24.

пригодные для озеленения терриконов: дуб, конский каштан, абрикос, грецкий орех, гледичия, акация белая, лох узколистный, тamarиск, смородина золотистая, клен татарский и ясенелистный, шиповник. Самые крутые откосы засеваются дикорастущими травами: синяком обыкновенным, донником желтым и др. Разработаны наиболее эффективные приемы посадки древесных и кустарниковых пород и системы ухода за ними³⁸.

Разработаны приемы биологической рекультивации наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды – золоотвалов электростанций, шламохранилищ обогатительных фабрик. Консервация и озеленение таких отвалов – одно из необходимых и сложных направлений рекультивации³⁹.

Проведенные на золоотвалах в разных районах страны исследования позволили определить основные приемы их рекультивации. На крупноплощадных золоотвалах для выращивания полевых и кормовых культур поверхность покрывается потенциально-плодородной породой слоем 0,4–0,5 м с последующим нанесением 0,2 м плодородной почвы, торфа или ила очистных сооружений. Для создания сенокосов поверхность золоотвалов покрывают 20-сантиметровым слоем потенциально-плодородной породы с внесением полных минеральных удобрений или ограничиваются только внесением удобрений. Урожай сена в золе с внесением удобрений достигает 20 ц/га, при поливе сточными водами – 50–70 ц/га.

С целью консервации золоотвалов наносят слой почвы, торфа или потенциально плодородной породы в 2–3 см. Наиболее пригодны при рекультивации золоотвалов следующие типы трав: донник белый, донник желтый, люцерна желтая, люцерна синегибридная, эспарцет песчаный, ежа сборная, костер безостый, овсяница красная, овсяница луговая и др. Для стабилизации золоотвалов практикуют высадку древесных и кустарниковых пород с внесением в посадоч-

³⁸ Бакланов В.И. Исследование по озеленению отвалов (терриконов) шахт и обогатительных фабрик Донбасса: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Донецк: ДГУ, 1971; Логгинов Б.И., Киричек Л.С. Методические рекомендации по защитно-декоративному облесению терриконов угольных шахт Донбасса. 1978.

³⁹ Пикалова Г.М. Итоги пятнадцатилетних научно-исследовательских работ лаборатории промышленной ботаники по рекультивации земель, нарушенных промышленностью // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1978. С. 5–13; Каар Э.В. Рекультивация золоотвалов в Эстонской ССР // Рекультивация земель в СССР. М., 1982. Т. 2. С. 141–144.

ные ямы плодородной почвы или минеральных и органических удобрений. Рекомендуется высаживать березу бородавчатую, клен ясенелистный, карагану желтую, осину и разные виды ив.

Шламоотвалы обогатительных фабрик подразделяются на токсичные и нетоксичные для растений. Для успешного произрастания растений на токсичных шламах рекомендуется нанесение на них слоя (экрана) из песка, гравия и нейтрализующих пород (экран – 0,4 м + слой потенциально-плодородной породы 0,5–0,8 м). Для создания растительного покрова сенокосного типа на нетоксичных шламах достаточно покрытие их потенциально-плодородной породой. Шламоотвалы после рекультивации используются в основном как сенокосные угодья. При внесении удобрений на них выращиваются травы, рекомендуемые при освоении золоотвалов⁴⁰.

Значительные площади нарушаются при строительстве линейных сооружений (в основном трубопроводов различного назначения). По окончании их строительства предусмотрено обязательное проведение рекультивации, которая выполняется в соответствии с разработанными проектами. При этом предусматривается снятие плодородного слоя почвы по фронту работ и нанесение его в процессе рекультивации на отработанную поверхность.

Серьезной проблемой является восстановление плодородия почв, загрязненных и нарушенных в процессе добычи нефти⁴¹. При строительстве новых скважин предусматривается снятие плодородного слоя почвы по всей площадке и нанесение его после окончания буровых работ. С целью исключения загрязнения почвы разработана замкнутая система очистки буровых сточных вод. Ведутся исследования по разработке эффективных методов восстановления почв, загрязненных нефтепродуктами.

⁴⁰ *Шилова И.И.* Формирование растительности и биологические особенности некоторых видов растений на шламовых отвалах алюминиевых заводов Урала: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1972.

⁴¹ *Гайнутдинов М.З., Храмов И.Т., Гилязов М.Ю.* К вопросу рекультивации земель, нарушенных нефтяной промышленностью // Рекультивация земель в СССР. М., 1982. Т. 2. С. 144–147; *Шилова И.И.* Проблема биологической рекультивации нефтезагрязненных земель в Западной Сибири // Рекультивация земель в СССР. М., 1982. Т. 2. С. 148–149.

С большими трудностями в решении вопросов рекультивации нарушенных земель приходится сталкиваться в районах с экстремальными экологическими условиями, например в зоне тундры⁴².

Опыт рекультивации как в СССР, так и в других странах свидетельствует о том, что ее эффективность и экономичность в значительной мере зависят от правильной оценки экологической обстановки и прогноза ее динамики в техногенных ландшафтах от совершенствования технологии промышленных разработок, создания безотходной технологии и предотвращения загрязнения окружающей среды. В этом свете особое значение имеет создание «экологических стандартов», которые могли бы существенно облегчить задачу формирования на месте техногенных комплексов высокоорганизованных ландшафтов, более продуктивных, чем те, что были до техногенного воздействия.

Л. В. Моторина

Опыт рекультивации нарушенных промышленностью ландшафтов в СССР и зарубежных странах

Обзорная информация
ВНИИТЭИСХ, 1975. С. 18–46.

3. Классификация нарушенных территорий

В зависимости от технологии промышленного производства, давности и степени его воздействия на культурные и естественные ландшафты или частично загрязняются и повреждаются почвы и растительность или происходят глубокие изменения в рельефе, гидрологическом режиме, во всем облике ландшафта. Без изучения и систематизации всего многообразия этих новообразований невозможно обоснование и эффективное преобразование природно-техногенных комплексов, т. е. их рекультивация.

⁴² *Скрябин С.З.* Исследования по биологической рекультивации нарушенных техникой тундр на Енисейском Крайнем Севере // Техногенные ландшафты Севера и их рекультивация. Новосибирск: Наука, 1979. С. 51–61; *Лобовиков Н.Н., Акулышина Н.П., Лобовикова В.Ф.* Биологическая рекультивация и защита почв от эрозии в нефтедобывающих районах Севера // Рекультивация земель в СССР. М., 1982. Т. 2. С. 149–152.

Польский ученый Skawina T.⁴³, выделяет 6 категорий нарушенных земель по степени пригодности к рекультивации (I–VI). Категории определяют на основе вида рельефа, класса грунта и типа водного режима. Рельеф подразделяется на поверхность отвалов (W), откосы (S), карьеры (выемки – Sp). В свою очередь отвалы делятся на низкие – до 10 м (a), средние – 10–20 м (b), высокие – 20 м (c). Глубина карьеров также подразделяется на 3 группы. Поверхность отвалов делится на четыре вида: ровная (W–1), почти ровная (W–2), неровная (W–3), очень неровная (W–4). Указывается возможность применения механизации и объем земляных работ по выравниванию вида поверхности. По пригодности грунтов для рекультивации все они делятся на 5 классов (A, B, C, D, E). По механическому составу грунты разделяются на 5 групп (1–5) и имеют литолого-генетическую характеристику (Q, Pl, M). Поскольку все указанные признаки выражены индексами, категория пригодности грунтов легко обозначается формулой. Польскими исследователями подробно разработаны классификации промышленных отвалов различных типов, систематизированных ими по происхождению, степени активности (главным образом имеется в виду их подвижность), составу пород, характеру зарастания, пригодности к освоению и использованию.

В классификации «послепромышленных территорий» Greszta J., Morawski S.⁴⁴ дана систематизация их по происхождению: территории, поврежденные горнодобывающей промышленностью; занятые отходами промышленных предприятий; поврежденные в результате загрязнения воздуха. Каждая группа подразделяется на подгруппы, типы и подтипы в зависимости от характера разработок (подземные и открытые), рельефа (отвалы, карьеры, провалы), типа отходов (шлаки, золоотвалы и т. д.) и обводненности (сухие, обводненные).

⁴³ Симпозиум по вопросам рекультивации нарушенных промышленностью территорий // Сб. докл. Институт ландшафтоведения и охраны природы Академии с.-х. наук. Лейпциг, 1970. Ч. I и II. С. 460; Skawina T. Rezultaty badan nad modelem rekultywacji terenow pogornicznych w Polsce // Zesz. nauk. Akad. gorn.-hutn., 1969. N 212. S. 115–136.

⁴⁴ Greszta J., Morawski S. Zagospodarowanie nieuzytkowgornictwa weglowego // Liga ochr. Przyrody. Warszawa, 1970. 79 s.; Greszta J., Morawski S. Rekultywacja nieuzytkow poprzemyslowych. Warszawa, PWRiL, 1972. 263 s.

В СССР по типу классификации польских исследователей построена для Урала классификация отвалов Тарчевского В. В.⁴⁵. Колесников Б. П., Пикалова Г. М. и др.⁴⁶ дают классификацию, по которой отвалы делятся на 2 семейства: а) сложенные минеральными грунтами, и б) сложенные субстратами, насыщенными органическим веществом. Дается подробная классификация только семейства «а», где все отвалы подразделяются на 2 класса (породные отвалы и золы, шлаки и шламы), которые в свою очередь делятся на группы и типы по химическому составу и пригодности для биологической рекультивации.

Подробная классификация антропогенных (точнее техногенных) форм рельефа на примере Кемеровской области рассмотрена Трофимовым С. С. и Овчинниковым В. А.⁴⁷. Авторы⁴⁸ подразделяют все встречающиеся формы нарушения поверхности в результате открытой и подземной добычи полезных ископаемых на две основные группы: по при знаку антропогенной денудации (выемки, карьеры, просадки и т. д.) и антропогенной аккумуляции (различные типы отвалов). Каждый из названных видов нарушения поверхности подразделяется в зависимости от возраста на молодые, зрелые и старые формы.

Овчинниковым В. А. и Федосеевой Т. П. для территории СССР разработана также «Классификация нарушенных земель для целей рекультивации»⁴⁹. Все основные виды нарушения поверхности, имеющиеся в Советском Союзе, делятся на: категории, однородные по характеру промышленного использования (открытая и подземная добыча полезных ископаемых, переработка их, строительство линейных сооружений); классы, однородные по происхождению (техногенная аккумуляция и техногенная денудация); типы, однородные по рельефу; виды – по совокупности факторов пригодности для последующего ис-

⁴⁵ Тарчевский В.В. Классификация промышленных отвалов // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1970. Вып. 7. С. 84–89.

⁴⁶ Разработка способов рекультивации ландшафта, нарушенного промышленной деятельностью. Симпозиум, 3–10 июня 1973 г. София, 1973. С. 413.

⁴⁷ Трофимов С.С., Овчинников В.А. Антропогенный рельеф Кузбасса // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука, 1970. С. 5–24.

⁴⁸ См. Трофимов С.С., Овчинников В.А., 1970.]

⁴⁹ Овчинников В.А., Федосеева Т.П. К вопросу о классификации нарушенных земель // Современное землеустройство, изучение и организация рационального использования земельных ресурсов. М., 1972. С. 296–304; см. Разработка..., 1973.

пользования; подвиды – по сложности технической подготовки площадей использования.

Однако большинство указанных авторов систематизируют определенные формы нарушения поверхности (или только часть их – отвалы) по каким-либо отдельным признакам, а не по комплексу признаков, в их взаимодействии, что имеет место в действительности.

Впервые опыт создания типологических ландшафтных классификаций для нарушенных промышленностью территорий был предпринят Мильковым Ф. Н.⁵⁰, Федотовым В. И.⁵¹.

В предложенных ими классификациях сделана попытка систематизации нарушенных промышленностью территорий в пределах ландшафтных выделов, т. е. классификация нарушенных морфологических частей ландшафта (в ранге урочища, участка, местности) или типология видов техногенных ландшафтов в зависимости от характера и степени промышленного воздействия.

В особую категорию, по-видимому, следует выделять ландшафты, подверженные влиянию нарушенных территорий или промышленных разработок, с частичным их повреждением или загрязнением (иссушение вследствие понижения уровня грунтовых вод, повреждение почв и растительности под влиянием атмосферного загрязнения и т. д.), как; это сделано польскими исследователями⁵². Вопросы классификации нарушенных территорий освещены также и в ряде других работ⁵³.

⁵⁰ Мильков Ф.Н. Класс антропогенных промышленных ландшафтов // Вопросы антропогенного ландшафтоведения. Воронеж, 1972. С. 5–19; Мильков Ф.Н. Человек и ландшафты: Очерки антропогенного ландшафтоведения. М.: Мысль, 1973. С. 222.

⁵¹ Федотов В.И. Антропогенные комплексы, возникающие при открытых разработках бурого угля в Подмосковном бассейне // Вопросы антропогенного ландшафтоведения. Воронеж, 1972. С. 20–33; Федотов В.И. Опыт классификации и типологии антропогенных комплексов известнякового севера среднерусской лесостепи // Вопросы ландшафтной географии. Воронеж, 1969. С. 78–84.

⁵² Skawina T., Bojarski Z., Janczak Z., Kamieniecki F., Kleczkowsky A., Muszkiet T. Zanieczyszczenie i zatrutowanie srodowiska w Polsce. (Biul. Kom. przestrz. zagosp. kraju PAN, 1971, N 68. S. 125–172.

⁵³ Dziewonski M. Metody kształtowania przestrzennego i formy bydownictwa rekreacyjnego na terenach zdewastowanych przez gornictwo. Prz. Bud., 1971, v. 43, N 7–8. S. 358–363; Hrbač V. Antropogenni uloženínu v přírodě. Ochr. přír., 1973, v. 28, N 2. S. 39–42; Kocbek A.M. Rekultivacija oštecenog zemljišta u rudarstvu. Rud glasnik, 1969, N 1. S. 21–30; и др.

В США при составлении классификаций нарушенных земель пользуются аэрофотоснимками. Причем классификации для удобства использования закодированы⁵⁴.

Типизация нарушенных территорий имеет большое значение для выбора направления рекультивации и районирования нарушенных земель с целью определения объемов и очередности рекультивационных работ⁵⁵.

Имеющийся международный опыт в области рекультивации позволяет выделить в зависимости от воздействия промышленности основные типы нарушения ландшафтов, обуславливающие различия приемов и методов рекультивации и возможность последующего целевого использования таких территорий.

4. Рекультивация ландшафтов, нарушенных при открытой добыче полезных ископаемых

Открытый способ добычи полезных ископаемых оказывает наиболее существенное разрушающее влияние на природные ландшафты. Поэтому особое внимание уделяется ре-культивации земель, нарушенных открытыми разработками.

Существенное значение имеет правильная и своевременная оценка всех факторов, определяющих выбор наиболее рациональных направлений рекультивации в соответствии с последующим целевым использованием.

4.1. Состав и свойства вскрышных пород и их классификация

Одним из факторов, определяющих возможность и направления рекультивации является состав и свойства вскрышных пород, выносимых в отвалы. Изучению минералогического состава, химических и физических свойств

⁵⁴ Collins W.G., James N. Spoiled land. Planner, 1973, v. 59, N 10. P. 444–449; Melellan A.G. Derelict land in Ontario, environmental crime or economic shortsightedness? Bull. Conserv. Conn. Onterio, 1973, v. 20, N 4. P. 9–14.

⁵⁵ Моторина Л.В., Зайцев Г.А. Определение вида биологической рекультивации и районирование рекультивационных работ // Физическая география. М., 1970. Вып. 4. С. 16–17; Моторина Л.В., Зайцев Г.А. Природные ландшафты и промышленность // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука, 1970. С. 71–80; Рекультивация земель в СССР. Сб. статей АН СССР. Научный Совет по проблемам почвоведения и мелиорации почв. М., 1973. С. 328.

вскрышных пород и их классификации по пригодности к биологической рекультивации придается большое значение во всех странах.

Исследования вскрышных пород в бассейне «Марица-Восток» (НРБ) показали, что преобладающие в отвалах желтые, зеленые и черные глины имеют примерно одинаковый минералогический состав, но значительно различаются по химическим, физическим и водно-физическим свойствам. Желтые и зеленые глины, сходные между собой по основным химическим и физическим показателям, вполне пригодны для выращивания сельскохозяйственных и лесных культур. Черные глины, отличающиеся неблагоприятными химическими, физическими и водно-физическими свойствами, непригодны для биологической рекультивации и требуют перекрытия их плодородными породами⁵⁶.

Wünsche M., отмечая значение минералогического состава для определения потенциальной производительности субстрата отвалов, характеризует по этому признаку различия между четвертичными и третичными породами в буругольном бассейне южнее г. Лейпциг (ГДР). Классификация пород отвалов и оценка их пригодности к различным видам использования строится на комплексе признаков, включающих минералогический состав, химические и физические свойства. На основании этой классификации разработана методика полевого обследования и картирования местообитаний нарушенных территорий. Выделены 6 основных типов местообитаний, для которых даны соответствующие рекомендации и методы их рекультивации и хозяйственного использования⁵⁷. К. Вернером введено понятие «минимального плодородия» для обозначения непосредственной производительности грунта и урожайности⁵⁸.

⁵⁶ См. Разработка способов..., 1973; Гърбучев И., Личев С., Трейкяшки П. Първи опити за използване на насипища за селскостопански цели при промишления комплекс Марица // Почвоведение и агрохимия, 1969, 4, № 1; Гърбучев И., Личев С., Трейкяшки П. Рекултивация на насипищата в района на Марица // Почвоведение и агрохимия, 1970, № 5. С. 27–34.

⁵⁷ Вернер К. О состоянии и перспективах рекультивации в ГДР // Разработка способов рекультивации ландшафта, нарушенного промышленной деятельностью. Симпозиум, 3–10 июня 1973 г. София, 1973. С. 28–40; см. Разработка способов..., 1973; см. Симпозиум по вопросам..., 1970; Lorenz W.D., Wünsche M. Zum Kulturwert der Deckgebirgsschichten in Bereich der Braunkohlentagebau der DDR. Bergbautechnik, 1969, Bd. 19, Hft. 9. S. 471–475; Lorenz W.D., Wünsche M., Kopp D. Die Methode der Klassifizierung von Standorten auf Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaues // Arch. Forstwes, 1970, Bd. 19, N 12. S. 1295–1309; Wünsche M., Schubert A., Lorenz W.D. Die Bodenformen der Kippen und Halden im Braunkohlengebiet südlich von Leipzig // Z. Landeskultur, 1970, Bd. 11, N 5. S. 317–338.

⁵⁸ См. Симпозиум по вопросам..., 1970.

Леглером Б.⁵⁹ сделана попытка классификации пород, затронутых почво-образовательным процессом и находящихся в разной степени развития и пригодности к сельскохозяйственному и лесохозяйственному использованию.

В ФРГ при проведении почвенно-геологического картирования для целей рекультивации оценка вскрышных пород производится по классификации Knabe W.⁶⁰.

В ПНР на основе изучения целого комплекса факторов (минералогический и механический состав, удельный и объемный вес, порозность, пластичность, проницаемость, рН, гидролитическая кислотность, емкость поглощения, содержание С, Са, СО₂, питательных элементов, микроэлементов, серосодержащих соединений и т. д.) производится оценка вскрышных пород по пригодности для биологической рекультивации. Выделяются следующие группы: класс А – очень хорошие грунты, пригодные для сельскохозяйственной рекультивации; класс В – хорошие грунты в основном пригодные для лесной рекультивации; класс С – потенциально продуктивные грунты, пригодные для лесной рекультивации после некоторого улучшения; класс D – плохие, бесплодные (олиготрофные) грунты, непригодные для рекультивации; класс Е – токсичные грунты, требующие изоляции или нейтрализации⁶¹. В качестве комплексной оценки пригодности грунтов для рекультивации вводится также бонитировочное число для каждого грунта, складывающееся из условных показателей различных свойств, определяемых на основе лабораторных и полевых исследований⁶².

В СССР большинство региональных классификаций также основывается на комплексе минералогических, агрохимических и агрофизических свойств с

⁵⁹ См. Симпозиум по вопросам..., 1970.

⁶⁰ Wentzel K.F. *Erfassung der Landschaftsschaden in Hessen* // Natur und Landsch., 1972, Bd. 47, N 6. S. 170–174.

⁶¹ См. Симпозиум по вопросам..., 1970; см. Skawina T., 1969; Strzyszczyk Z. Skład mechaniczny i niektóre właściwości chemiczne utworów tworzących nadkład kopalni węgla brunatnego // Bul. zakł. badanaukow. GON PAN, 1969, N 12. S. 115–134; Wysocki W. Dokumentacja geologiczna dla potrzeb rekultywacji // Gorn odkrywk., 1971, v. 13, N 3. S. 221–225.

⁶² См. Разработка способов..., 1973.

выделением, как правило, 3 или 4 категорий пригодности к биологической рекультивации⁶³.

Большое внимание в последние годы уделяется изучению минералогического состава вскрышных пород, на основе которого выделяются категории пригодности пород и прогнозируется их использование⁶⁴.

На основании объединения принципов известных классификаций составлена обобщенная схема классификации, рекомендуемая как основа систематизации вскрышных пород при подготовке технической документации для проектирования работ по рекультивации⁶⁵.

Усиливающаяся тенденция непосредственного использования грунтов отвалов для выращивания сельскохозяйственных и лесных культур без нанесе-

⁶³ Горбунов Н.И., Бекаревич Н.Е., Етеревская Л.В., Моторина Л.В., Туник Б.М. Классификация пород по степени их пригодности в сельском и лесном хозяйстве // Почвоведение, № 11. М., 1971. С. 105–115; Горбунов Н.И., Орлов В.Н., Туник Б.М., Шульга С.А. Рекомендации по рекультивации земель, нарушенных промышленностью. М., 1973. С. 34; Горбунов Н.И., Туник Б.М. Минералогический состав, свойства и плодородие почв и пород, нарушенных промышленностью // Почвоведение, № 12. 1969. С. 100–114; Денисов Ю.И., Красавин А.П. Экспериментальные исследования отвальных грунтов для выбора вида рационального освоения // Основные вопросы восстановления нарушенных территорий при открытой разработке угольных месторождений Урала и Кузбасса. Челябинск, 1969. С. 35–66; Денисов Ю.И., Савич А.И. О рекультивации территорий, нарушенных при открытой добыче угля в Челябинском бассейне // Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972. С. 155–163; Моторина Л.В. Основные направления научных исследований по рекультивации земель в Подмосковном угольном бассейне // Научные основы охраны природы. М., 1973. Вып. 2. С. 86–103; Моторина Л.В., Забелина Н.М. Рекультивация земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью // Обзор литературы, ВИНТИСХ. М., 1968. С. 89; Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Ижевская Т.И., Савич А.И., Чеклина В.Н. Методические указания к подготовке технических условий для проектирования рекультивации территорий, нарушенных открытыми горными работами. М.: МСХ СССР, 1973. С. 41; Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Ижевская Т.И., Савич А.И., Чеклина В.Н. Рекомендации и методические указания к сельскохозяйственному и лесохозяйственному восстановлению отвалов в Подмосковном бассейне. М.: МСХ СССР, 1969. С. 51; Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Савич А.И., Чеклина В.Н., Овчинников В.А., Данилов И.Я. Рекомендация по рекультивации земель, нарушенных открытыми горными работами. М.: Колос, 1969. С. 16; Попов В.М., Рагим-заде Ф.К., Трофимов С.С. Классификация вскрышных пород Кузбасса по пригодности для целей биологической рекультивации // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука, 1970. С. 25–41; Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск: УрГУ, 1969. С. 1–185. Ступаков В.П., Панас Р.М., Старостка В.С., Черешнев В.С. Деякі фізико-хімічні властивості надрудних порід Роздольного родовища сірка та їх агрономічна оцінка, ЛОГІ // Наукові праці, Т. 44 «Шляхи підвищення продуктивності землеробства в західних р-нах УРСР». Львів, 1972. С. 55–62.

⁶⁴ Горбунов Н.И. Химико-минералогические признаки пригодности вскрышных пород для использования при биологической рекультивации // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука, 1970. С. 25–41; см. Горбунов Н.И., Бекаревич Н.Е., Етеревская Л.В., Моторина Л.В., Туник Б.М., 1971; Горбунов Н.И., Бекаревич Н.Е., Михайлова З.Н. Химико-минералогический состав и свойства почв и пород, нарушенных промышленностью, как показатели их пригодности в сельском хозяйстве // Почвоведение, 1970, № 8. С. 125–137; см. Горбунов Н.И., Орлов В.Н., Туник Б.М., Шульга С.А., 1973; Горбунов Н.И., Орлов В.Н., Шульга С.А. Рекультивация земель в Курской области и рекомендации по их использованию в сельском хозяйстве. Курск, 1971. С. 30; см. Горбунов Н.И., Туник Б.М., 1969; Додатко Э.Л. Химико-минералогический состав пород Семеновско-Головковского буроугольного карьера // Почвоведение, 1972, № 1. С. 86–95; Туник Б.М. Минералогический состав и свойства вскрышных пород Соколовского карьера // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука, 1970. С. 57–70; Туник Б.М. Состав, свойства и пригодность нарушенных промышленностью земель в сельском и лесном хозяйстве. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1973.

⁶⁵ См. Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Ижевская Т.И., Савич А.И., Чеклина В.Н., 1973.

ния гумусированного слоя почвы вызвала необходимость детального исследования физических и водно-физических свойств вскрышных пород. Рассматривается зависимость обеспеченности влагой, водопроницаемости и других факторов водного режима от минералогического и механического состава пород, агротехнических мероприятий, применяемых на отвалах, характера растительного покрова и т. д. Dimitrowsky K. установлено, например, что в илах, имеющих широкое распространение в буроугольных бассейнах ЧССР, водопроницаемость в значительной степени зависит от процесса выветривания, главным образом механического. Невыветренные илы водонепроницаемы. Большое значение имеет характер агротехнических мероприятий и растительный покров. Под лесными культурами, особенно в верхних слоях, водопроницаемость выше, чем под сельскохозяйственными культурами. Jonas F. доказал, что степень выветривания илов в значительной мере зависит от минералогического состава⁶⁶.

По данным Чеклиной В. Н.⁶⁷, при проведении планировочных работ ранней весной (при переувлажнении грунтов) в первый год объемный вес грунто-смесей оказывается выше объемного веса отдельных пород в естественном залегании, а водопроницаемость практически равна нулю. В дальнейшем в течение 3–4 лет происходит снижение уплотненности грунтосмесей.

Большие успехи достигнуты специалистами ГДР по мелиорации сульфидсодержащих фитотоксичных пород. Как известно, эти породы имеют высокую активную кислотность ($pH = 1,0-2,5$), большое содержание серы, гидроксидов алюминия и железа, что обуславливает непригодность их для роста и развития растений. Такие породы встречаются в буроугольном бассейне Нидерлаузитц в ГДР, распространены они на буроугольных разработках во всех

⁶⁶ См. Разработка способов..., 1973; см. Рефераты докладов..., 1969; Сюта Я. Направление исследований изменений природных условий в промышленных районах Польши // Почвоведение, № 5, 1971. С. 138–143; Чеклина В.Н. Водно-физические свойства вскрышных пород в естественном залегании и в отвалах (на примере Подмосковского угольного бассейна) // Почвоведение. 1973, № 3. С. 60–71; Dimitrovsky K. Terenni a laboratorni stanoveni koeficientu filtrace na výsypkových zeminách Sokolovské hnědouhelné pánve // Vědecké Práce výzkumného ústavu melioraci ve Zbraslavi. 1971, N 11. S. 81–82; Jonáš F. Soil formation on the reclaimed spoil banks in the North Bohemian lignite district. Tvorba pudy na rekultivovaných výsypkách v severočeském hnědouhelném revíru Zbraslav n. Vet., 1972. S. 303.

⁶⁷ См. Чеклина В.Н., 1973; Чеклина В.Н. Особенности почвообразования на отвалах рыхлых горных пород в связи с их рекультивацией (на примере Кимовского и Ушаковского углеразреза Подмосковского бассейна). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., МГУ, 1973.

странах, в том числе и в СССР (особенно в Подмосковном буроугольном бассейне). По данным исследователей ГДР, для химической нейтрализации таких пород путем известкования требуется 60–90 т извести на гектар. Наибольший эффект достигнут при мелиорации сульфидсодержащих пород буроугольной золой в объеме 300–500 м³/га (при содержании в золе СаО больше 10 %, а серы меньше 1,5 %). В условиях ГДР доказана также эффективность применения для этих целей сточных фенольных вод⁶⁸. В работе Krummsdorf A., Wagner E., Lorenz W. дается обоснование выбора методов химической мелиорации фитотоксичных пород, технология и организация мелиоративных работ⁶⁹.

Большое внимание этому вопросу уделяется в СССР. На примере Подмосковного буроугольного бассейна Зайцевым Г. А. и Савичем А. И. охарактеризовано окисление сульфидсодержащих пород в процессе выветривания, доказана химико-микробиологическая природа их токсичности⁷⁰. Фитотоксичные свойства, отсутствующие в коренном залегании этих пород, приобретаются ими в процессе выветривания через 20–40 дней после вынесения на поверхность отвалов. При этом скорость окисления зависит от состава породы, времени года, условий увлажнения.

При нанесении на такие породы почвенного слоя без предварительной их нейтрализации происходят нежелательные изменения в поглощающем комплексе нанесенной почвы, повреждаются посевы⁷¹.

⁶⁸ См. Разработка способов..., 1973; см. Симпозиум по вопросам..., 1970; Illner K., Kawelke X., Raasch H., Wünsche M. Über einheitliche Verfahren der Bodenuntersuchung für Kartierung von Kipprohböden. Veröffentlichungen aus dem Institut für Landschaftspflege Humboldt-Universität zu Berlin, 1968, H. 1. S. 3–24; Krummsdorf A. Fluranholzanbau – Kooperativen zwischen Bergbau und Forstwirtschaft – ein Beitrag zur Landschaftsentwicklung und verbesserung der Arbeits und Lebensbedingungen in Bergbaugebieten. Bergbautechnik, 1970, B. 20, N 4. S. 206–209; Krummsdorf A., Wagner E., Lorenz W.D. Rahmenkonzeption zur Aufstellung von Dokumentation für Grundmeliorationen bei der Wiederurbarmachung bergbaulich genutzter Flächen. Begraubautechnik, 1969, Hft. 11. S. 591–598.

⁶⁹ См. Krummsdorf A., Wagner E., Lorenz W.D., 1969.

⁷⁰ Зайцев Г.А. Микрофлора отвалов открытых угольных разработок // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1970. Вып. 7. С. 144–149; Зайцев Г.А. Роль тионовых бактерий в окислении сульфидов железа в грунтах отвалов и терриконов угольных разработок в Подмосковном бассейне // Известия АН СССР, сер. биол. № 5. 1970. С. 747–754; Савич А.И. Агрохимические свойства вскрышных пород в отвалах Подмосковного угольного бассейна // Агрохимия. 1969, № 6. С. 83–86.

⁷¹ Ижевская Т.И., Чекина В.Н. Сельскохозяйственное освоение отвалов при нанесении плодородного почвенного слоя на токсичную грунтосмесь в Подмосковном бассейне // Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972. С. 19–41; см. Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Савич А.И., Чекина В.Н., Овчинников В.А., Данилов, 1969; Растения и промышленная среда: Материалы науч. конф.. Киев: Наукова Думка, 1971. С. 183; Федосеева О.А., Лихачева О.З. Агрохимическая характеристика рекультивационных земель на угольных разрезах Тульской области // Тр. Тульской гос. с.-х. опытной станции, 1972, № 4. С. 243–256; Чекина В.Н. О влиянии фитотоксичной супеси на некоторые свойства чернозема // Почвоведение, № 11, 1969. С. 120–125; см. Чекина В.Н., 1973.

Испытание разработанных немецкими исследователями методов химической мелиорации токсичного комплекса известью в условиях Подмосковского бассейна не дали эффективных практических результатов, хотя в вегетационных опытах и были получены положительные данные. Для условий СССР более перспективными признается перекрытие фитотоксичных пород слоем карбонатного суглинка⁷².

В последние годы проведены опыты по химической мелиорации сульфидосодержащих пород в США. Применялось известкование, промывание сточными водами с осаждением биошлама, нейтрализация токсичного комплекса золой от сжигания угля и т. д. Наиболее эффективным оказалось применение угольной золы в дозе 340 т/га⁷³.

Широкое развитие исследований по изучению состава и свойств вскрышных пород, а также большое значение их для целей рекультивации послужило основанием к разработке унифицированных методик аналитических работ для разных стран. В настоящее время эти работы включены в план сотрудничества стран – членов СЭВ по рекультивации ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью человека⁷⁴.

4.2. Горнотехнический этап рекультивации

Горнотехнический этап рекультивации наиболее трудоемкий и дорогостоящий обеспечивает эффективность биологической рекультивации и дальнейшего целевого использования. Своевременное выявление требований, предъявляемых к горнотехнической рекультивации, позволяет внести соответ-

⁷² См. Додатко Э.Л., 1972; см. Моторина Л.В., 1973; см. Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Ижевская Т.И., Савич А.И., Чеклина В.Н., 1969; см. Савич А.И. Некоторые вопросы мелиорации сульфидсодержащих пород на отвалах Подмосковского угольного бассейна для биологической рекультивации // Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972. С. 42–54; см. Симпозиум по вопросам..., 1970.

⁷³ Babcock A. Fly ash achieving dramatic success in reclaiming coal waste piles // *Coal Age*, 1973, v. 78, N 4. P. 88–89; Blevins R.L., Bailey H.H., Ballard G.E. The effect of acid mine water on floodplain soils in the western Kentucky coalfields // *Soil Sci.*, 1970, v. 110, N 3. P. 191–196; Candill H.M. A Lament for the Appalachian Hills American forests. 1970, v. 76, N 5. P. 8–11; Dean K.C., Havens R., Valdez E.G. USBM finds many routes to stabilizing mineral wastes // *Mininl Eng.*, 1971, v. 23, N 12. P. 61–63; Моторина Л.В. Работа по рекультивации ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью // Бюллетень экономической информации Секретариата СЭВ. М., 1972, 6 (69). С. 14–19; Sutton P. Restoring productivity of coal mine spoil banks // *Ohio report on research and development*, 1970, v. 55, N 4. P. 62–63; Sutton P. Reclamation of toxic coal mine spoil banks // *Ohio report on research and development*, 1970, v. 55, N 5. P. 99–101.

⁷⁴ см. Моторина Л.В., 1972; см. Разработка способов..., 1973; Hesse G. Ausmaß und Verwendung der von 1954 bis 1969 im Bezirk Halle abgegangenen bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen // *Wiss. z. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg Math.-naturwiss. R.*, 1970, Bd. 19, N 6. S. 39–50.

ствующие коррективы и усовершенствования в технологию вскрышных работ и отвалообразования и использовать для рекультивации основное оборудование в период эксплуатации карьера. Это значительно удешевляет рекультивационные работы и повышает их эффективность.

Основные направления работ и задачи горнотехнического этапа рекультивации земель, нарушенных при открытой добыче полезных ископаемых: а) восстановление нарушенной поверхности и подготовка ее к различным видам целевого использования. Сюда входит создание рациональных форм рельефа отвалов и выемок, планировка поверхности, выполаживание откосов, ликвидация последствий усадки, проведение мелиоративных мероприятий, нанесение гумусированных («пахотных») слоев почвы и т. д.; б) создание сети подъездных путей; в) регулирование гидрологического режима (создание дренажных канав, регулирование стоков, перенесение русел рек и каналов); г) создание необходимых инженерных сооружений и т. д.

В СССР в связи с наличием в покрывающих толщах различных, районов сульфидсодержащих, засоленных и других пород, непригодных для биологической рекультивации, одной из задач горнотехнического этапа является селективное формирование отвалов. Многими советскими исследователями неоднократно отмечалось экономическая эффективность включения горнотехнического этапа рекультивации в технологический цикл предприятий с внесением соответствующих изменений в технологию гарных работ⁷⁵.

⁷⁵ Гармаш Н.З., Фурта А.С., Козлов А.Г., Бережной И.Н., Старых М.К., Клименко Н.Т., Лобинский В.Д. Опыт проведения рекультивации земель на Новорайском руднике огнеупорных глин // Огнеупоры, 1971, № 11. С. 17–19; Граматунов А.Р. Исследование основных вопросов производства вскрышных работ мощными транспортно-отвальными комплексами непрерывного действия во взаимосвязи с восстановлением и рекультивацией отработанных площадей. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Тула, 1969; Денисов Ю.И. Технологические нормативы и схемы рекультивации породных отвалов на угольных карьерах Урала и Кузбасса // Основы горнотехнической рекультивации породных отвалов. Челябинск, 1970. С. 23–34; Денисов Ю.И. Техничко-экономические возможности рекультивации нарушенных территорий в Челябинском угольном бассейне // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1970. Вып. 7. С. 100–103; см. Денисов Ю.И., Красавин А.П., 1969; Дороненко Е.П., Элькин А.Я., Жерносенко К.К. Горнотехническая рекультивация площадей, нарушенных горными работами // Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972. С. 125–135; Дубовик Ф.Н. Основные принципы рекультивации угольных карьеров на Украине // Уголь Украины. 1970, № 3. С. 13–14; Дубовик Ф.Н. Основы проектирования рекультивации // Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972. С. 136–142; Пашков Д.Н., Кононенко В.М., Попов Е.А. Рекультивация земельных площадок, приведенных в негодность горными работами // Проектирование и строительство угольных предприятий: Реф. сб., ЦНИЭуголь, 1969, № 5. С. 22–27; Симкин Б.А., Коротаев Г.А., Лищицкий В.В., Пепелев Г.И., Михайлова З.Н., Бабец А.М., Бондаренко Е.Д. Восстановление сельскохозяйственного потенциала при открытых горных работах на КМА // Горный журнал, 1974, № 3. С. 26–29; Шифрин И.И., Ро-

Овчинников В. А. и Мкртычан А. А. указывают на необходимость тщательного обоснования проектных решений горно-технического этапа. Авторы рассматривают ряд технологических схем разработок вскрыши, анализируют изменения технико-экономических показателей с целью выбора наиболее экономичных вариантов⁷⁶.

Денисов Ю. И. и Красавин А. П. приходят к выводу, что существуют большие возможности в оптимизации технологических схем и объемных параметров внешнего отвалообразования. При добыче угля, железной руды и других полезных ископаемых в глубинных карьерах (200–300 и более метров) возникает проблема размещения и формирования внешних отвалов. Авторы⁷⁷ считают, что при полноценной рекультивации нецелесообразны высокие отвалы. Следует ориентироваться на создание одно- двухъярусных отвалов с правильным формированием так называемого «рекультивационного горизонта» (мощностью 1,7–2,5 м). Дороненко Е. П. и Элькин А. Я. на основании расчетов делают вывод, что при выполаживании откосов отвалов до угла 26° необходимо оставлять террасы шириной не менее 10 м, а при возрастании угла откоса до 38° – не менее 11,6 м⁷⁸. Для КМА предлагается формирование плоскостных отвалов с отсыпкой вскрышных пород в близлежащие овраги, что экономит полезную площадь и ускоряет возвращение земель в сельскохозяйственное использование⁷⁹. В качестве одной из форм рекультивации для уже имеющих отвалов с большим содержанием углистых частиц в поверхностном слое и повышенной термической активностью рекомендуется использовать их тепло для создания тепличных хозяйств⁸⁰. В ряде работ рассматриваются вопросы подго-

зенберг В.М., Мосьянов В.А. Формирование отвалов вскрышных пород на карьерах КМА // Горный журнал, 1973, № 10. С. 19–20; и др.

⁷⁶ См. Симпозиум по вопросам..., 1970.

⁷⁷ См. Денисов Ю.И., 1970; см. Денисов Ю.И., Красавин А.П., 1969; Денисов Ю.И., Красавин А.П. Горнотехническая подготовка породных отвалов для размещения на них зданий и сооружений // Основа горнотехнической рекультивации породных отвалов. Челябинск: НИИОГР, 1970. С. 13–22.

⁷⁸ См. Рекультивация земель в СССР..., 1973.

⁷⁹ См. Симкин Б.А., Коротаев Г.А., Лисицкий В.В., Пепелев Г.И., Михайлова З.Н., Бабец А.М., Бондаренко Е.Д., 1974; см. Шифрин И.И., Розенберг В.М., Мосьянов В.А., 1973.

⁸⁰ См. Рекультивация земель в СССР..., 1973.

товки данных для составления проектов по рекультивации, системы проектирования и порядка организации работ⁸¹.

Характер затрат на горнотехническую рекультивацию, весьма разнообразный для различных условий, рассматривают в обзоре литературы Кравчино О. П. и Мазуров А. Л. Например, для карьеров Камыш-Бурунского железорудного комбината затраты на горнотехническую рекультивацию, где основная часть приходится на перемещение и нанесение черноземного слоя, составляют от 2620 до 4810 руб./га⁸².

На Никопольском марганцевом месторождении (Орджоникидзевский горнообогатительный комбинат) затраты на горнотехническую рекультивацию без нанесения почвенного слоя составляют 2–2,5 тыс. руб.⁸³. На перевозку и укладку почвенного слоя на поверхность шламоотстойников в Криворожье затрачивается 2770 руб./га. На предприятиях цветной металлургии с отработкой участков экскаваторно-гидравлическим способом затраты на горнотехническую рекультивацию составляют от 2600 до 3600 руб./га (с учетом биологической рекультивации расходы исчисляются в 4000 руб./га). На угольных карьерах Кузбасса стоимость горнотехнической рекультивации, складывающаяся главным образом из планировочных работ, составляет от 252,4 до 2803,2 руб./га, на старых, уже отсыпанных отвалах – до 4320 руб./га⁸⁴. На Украине эти затраты колеблются от 903 до 4376 руб./га при создании лесонасаждений и сельскохозяйственных угодий, до 8230 руб./га при создании водоемов⁸⁵. При рекультивации территорий с большим количеством фитотоксичных пород (Подмосковный

⁸¹ См. Дубовик Ф.Н., 1970; см. Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Ижевская Т.И., Савич А.И., Чеклина В.Н., 1973; Овчинников В.А. Правовые и организационные вопросы рекультивации земель // Земельные ресурсы и их использование. М., 1973. С. 185–197; см. Рекультивация земель в СССР, 1973; см. Шифрин И.И., Розенберг В.М., Мосьянов В.А., 1973.

⁸² См. Колбасин А.А. Рекультивация земель и некоторые вопросы экономики. Днепропетровск, 1972. С. 210; Кравчино О.П., Мазуров А.А. Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными работами (обзор литературы ЦНИИТЭИЦМ). М., 1973. С. 71; Шубин В.И., Еркин И.П. Опыт рекультивации отвалов на карьерах Камыш-Бурунского железорудного комбината // Гонный журнал, 1969, № 7. С. 22–23.

⁸³ См. Рекультивация земель в СССР..., 1973.

⁸⁴ См. Семин Л.С. Экономические вопросы рекультивации земель в Кузбассе // Науч. тр. Омского сельскохоз. ин-та, т. 102. Омск, 1972. С. 17–25.

⁸⁵ Бувеский Н.М. Опыт использования и рекультивации земель по Министерству угольной промышленности Украинской ССР // Прогнозирование использования земельных ресурсов УССР и Молдавской ССР. Ч. 2. Киев, 1971. С. 157–164; см. Колбасин А.А., 1972; см. Шубин В.И., Еркин И.П., 1969.

угольный бассейн) затраты горнотехнического этапа составляют от 2073 до 8431 руб./га.

В ГДР необходимые мероприятия горнотехнического этапа, сроки и порядок организации работ оговариваются в перспективных планах и соответствующих договорах, заключаемых горнодобывающими предприятиями с землепользователями при согласовании с Советом округа⁸⁶.

Поскольку во вскрышной толще бурогольных месторождений ГДР большой процент составляют третичные сульфидсодержащие породы с фитотоксичными свойствами, значительное место при горнотехнической рекультивации отводится вопросам селективной вскрыши и формирования отвалов. Фитотоксичные породы перекрываются слоем плодородных и потенциально плодородных пород (почва, подстилающие лессовидные суглинки и др.) мощностью от 0,8 до 5 м. При введении горнотехнической рекультивации в технологический цикл предприятия для селективной выемки и отсыпки плодородного грунта предлагается использовать основное оборудование. Затраты составляют от 2 до 20–25 тыс. марок/га⁸⁷.

При отсутствии возможности перекрытия фитотоксичных пород грунтами благоприятного для растений состава проводят химическую мелиорацию с помощью бурогольной золы, извести и другими средствами. Затраты на мелиорацию составляют 8–12 тыс. марок/га. В работах Krummsdorf A. и других авторов рассматривается технология обработки поверхности мелиорирующими материалами и предотвращения эрозии на откосах⁸⁸.

Исследования в шт. Кентуики (США) показали, что устройство невысоких озеленяемых террас на откосах отвалов сокращает смыв с глинистых грунтов на 65 %, с песчаных – на 52 %⁸⁹. В шт. Пенсильвания на отвалах бурогольных разработок с токсичными породами проводят дренажные работы для сбора и очищения загрязненной воды. На нарушенной территории создают сеть кол-

⁸⁶ См. Вернер К., 1973.

⁸⁷ См. Разработка способов..., 1973.

⁸⁸ См. Разработка способов..., 1973; см. Симпозиум по вопросам..., 1970.

⁸⁹ Curtis W.R. Terraces reduce runoff and erosion on surface – mine banches // J. Soil. And Water Conserv., 1971, v. 26, N 5. P. 198–199.

лекторов, в которых вода отстаивается, фильтруется и спускается в реки очищенной. Крупные отвалы окружают канавами, после заполнения их твердыми наносами вырывают новые⁹⁰.

Исследованиями Экспериментальной станции лесного хозяйства центральных штатов, проведенными в шт. Огайо, Иллинойс, Канзас, доказано ухудшение водно-физических свойств пород отвалов в процессе разравнивания. Поэтому планировка поверхности в США производится выборочно⁹¹.

На угольном карьере Монтгомери рекультивацию проводят в технологическом цикле, что значительно снизило затраты на горнотехническую рекультивацию (стоимость планировок поверхности обходится в 617 долл/га). Сразу же за горными работами выполняется рекультивация в карьере «Кларион» (шт. Пенсильвания); породы переваливаются в выработанное пространство бульдозерами, поверхность разравнивается⁹². На карьере «Чикори майн» предложен новый метод размещения пустых пород при экскаваторно-гидравлическом способе разработки, значительно облегчающий процесс рекультивации⁹³.

В Англии вскрыша ведется, как правило, селективно. После проведения горнотехнической рекультивации земли передаются министерству сельского хозяйства для дальнейшего освоения (преимущественно под сельскохозяйственные угодия).

Исследованиями, проведенными в ГДР и других странах, установлено, что включение в технологический цикл мероприятий по превращению карьеров в благоустроенные водоемы позволяет использовать эксплуатационное оборудование, провести ряд подготовительных работ (выполаживание откосов, подготовка пляжей и т. д.) и значительно сократить затраты на рекультивацию. Например, в ГДР стоимость таких преобразований в процессе эксплуатации карьер-

⁹⁰ Гладкова Л. Рекультивационные работы в США // Достижения науки и передовой опыт в сельском хозяйстве. Земледелие и растениеводство. М.: ВНИИТЭИСХ, 1972. № 5. С. 47–56; Branson R. To Heal wounds of strip-Mining // Weeds trees and turf, 1971, v. 10, N 5. P. 34–36.

⁹¹ См. Моторина Л.В., Забелина Н.М., 1968; см. Кравчино О.П., Мазуров А.А., 1973; Соьер Л.Э., Краул Джон М. Рекультивация участков горных работ (США) // Открытые горные работы. М.: Недра, 1971. С. 67–69.

⁹² См. Кравчино О.П., Мазуров А.А., 1973; Flexible units recover thin seam // Coal Age, 1969, v. 74, N 7. P. 88–89; Tractors double as stripping and reclamation units // Coal Age, 1970, v. 75, N 11. P. 112–114.

⁹³ Atmore M.G. Mining and the environment // Optima, 1972, v. 22, N 3. P. 140–147; Cyanamid shoots for instant reclamation of mined land // Engineering and Mining J., 1970, v. 171, N 1. P. 90–92; Timberlake R.C. Building land with phosphate waster // Mining Engineering, 1969, v. 21, N 12. P. 38–40.

ера «Нимтч» (территория будущего Зенфтенбергского озера) составила 35 тыс. марок, в то время как расходы на горнотехническую рекультивацию в специальном процессе составили бы 1,5 млн. марок⁹⁴.

Правильной организации рекультивируемых площадей, рациональному формированию рельефа и структуры отвалов и использованию выработанных пространств карьеров большое внимание уделяется также в Чехословакии и Польше⁹⁵.

В ФРГ в Рейнском бурoughольном бассейне составной частью горнотехнической рекультивации является перемещение лессовых пород с территорий, подлежащих разработке, на уже отработанные участки.

При (нанесении лёссовых пород мощностью в 1–2 м создаются высокопродуктивные сельскохозяйственные угодья. Считается экономически оправданным перемещение лёссовых пород на расстояния до 30 км. Транспортируется лёсс 2 способами: 1) ленточным отвалообразователем с последующим выравниванием отвальными плугами и бульдозерами; 2) гидроспособом – намывом с водой. Последний способ наиболее экономичен. При намыве лёсса образуется идеально ровная поверхность и, кроме того, создается высокая порозность намытого слоя. Гидронамыв лёсса снижает стоимость рекультивации на 10–12 тыс. марок⁹⁶.

4.3. Рекультивация земель для сельскохозяйственного использования

В связи с общим сокращением площади сельскохозяйственных земель и уменьшением доли пашни на душу населения наибольшее значение при ре-

⁹⁴ Денисов Ю.И., Шауфлер А.Н., Козьмин Ю.И., Сабина Г.Д., Дедов И.И. Создание аккумулирующего водохранилища в отработанном угольном карьере // *Основа горнотехнической рекультивации породных отвалов*. Челябинск: НИИОГР, 1970. С. 35–43; см. *Разработка способов...*, 1973; см. *Рекультивация земель в СССР...*, 1973; см. *Симпозиум по вопросам...*, 1970.

⁹⁵ Таранов С.А. Использование гуминов окисленных углей для ускорения гумусонакопления на грунтосмесях с карбонатными лёссовидными суглинками в Кузбассе // *Рекультивация в Сибири и на Урале*. Новосибирск: Наука, 1970. С. 81–88; Сурма Ф.С. О состоянии рекультивации отработанных площадей карьеров по Министерству промышленности строительных материалов БССР // *Тезисы докладов республик. ПТК по вопросам использования и охраны земель в БССР (25–26 июня 1970)*, Минск, 1970. С. 34–35; Jonaš F. Vysledky vyzkumu při zakladani ovocnych sodu na vysypkach v oblasti SHD. Uhli, 1971, v. XIX, N 6. S 237–240; см. Jonaš F., 1972.

⁹⁶ Васильев Г. Рекультивация нарушенных горнодобывающей промышленности земель в США и ФРГ // *По материалам справочно-информац. Фонда ВНИИТЭИСХ. Новости с.-х. науки и практики*, 1970, № 6. С. 72–78; Engels H. Braunkohlenabbau – ein Problem der rheinischen Landwirtschaft // *Mitteilungen der DLG. Frankfurt*, 1970. Bd. 85, H. 19. S. 688–690; Engels H. Rekultivierung – eine lohende Aufgabe // *Neues Ackerland folgt dem Tagebau*, Köln, 1970. S. 5–6.

культивации территорий, нарушенных открытыми разработками, имеет сельскохозяйственное направление. Преимущественное развитие это направление получило в странах Европы, где дефицит земель выражен наиболее резко⁹⁷.

При создании сельскохозяйственных угодий на рекультивируемых территориях главное внимание уделяется тщательности подготовки поверхности отвалов и разработке агротехнических приемов, направленных на улучшение плодородия рекультивируемых земель и повышение урожайности сельскохозяйственных культур. В ГДР, например, условия подготовки территории для сельскохозяйственного использования подробно оговорены в законодательстве. Основные требования, предъявляемые горному предприятию: тщательное выравнивание поверхности, нанесение плодородного грунта мощностью до 1 м, регулирование водного режима и баланса питательных веществ путем глубокой обработки почвы и внесения большого количества удобрений и т. д.⁹⁸. Особое внимание уделяется правильному подбору культур и мелиоративных севооборотов в сочетании с другими агротехническими приемами для повышения плодородия широко распространенных на поверхности отвалов плейстоценовых тяжелых суглинков. Применяются мелиоративные севообороты с преобладанием бобовых культур (люпина, люцерны, вики), чередующихся со злаковыми культурами, дающими большое количество пожнивных остатков⁹⁹. Результаты опытов, проведенных в округе Галле-Лейпциг, показывают, что глубинное (рыхление и возделывание бобовых культур с глубокой корневой системой улучшает структуру породы, обогащает ее органикой и позволяет лучше использовать влагу глубоких, более увлажненных горизонтов.

Многие исследователи, изучавшие значение бобовых в гумусообразовании и накоплении азота на рекультивируемых землях, отмечали особенно эф-

⁹⁷ См. Моторина Л.В., Забелина Н.М., 1968.

⁹⁸ Вернер К. Проблемы сельскохозяйственной рекультивации буроугольных отвалов (ГДР) // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1970, вып. 7. С. 72–75; см. Вернер К., 1973; Werner K. Vorschläge zur Verbesserung rekultivierter bzw. Zu rekultivierenden Standorte mit pleistozänen oder holozänen Bodenausgangsmaterial unter Berücksichtigung der betriebsökonomischen Probleme der Land – und Forstwirtschaft im Zusammenhang der Wiedernutzbarkeit. – Т. А. б. 1969 Leipzig – Dölzig.

⁹⁹ См. Симпозиум по вопросам..., 1970.

фективное действие люцерны и люпина. В Венгрии и СССР (на Украине) хорошие результаты дает также эспарцет¹⁰⁰.

В округах городов Лейпциг и Борн на рекультивируемых землях получают урожаи сельскохозяйственных культур такие же, как на зональных почвах, а иногда и выше. Например, в сельскохозяйственном кооперативе им. 21 декабря (близ г. Лейпцига) на рекультивируемых землях получают ежегодно урожаи пшеницы до 43 ц/га. В округе г. Борна на отвале Цедлитц на плейстоценовых породах урожай зеленой массы люцерны и донника составлял соответственно 400 и 165 ц/га, зерна кукурузы – около 50 ц/га, пшеницы – 28–30 ц/га. Наиболее эффективно внесение повышенных доз удобрения на начальных этапах освоения (особенно азота и фосфора) в 2 приема и в сочетании с глубинным рыхлением (на 40–50 см). Важно также обеспечить высокую потребность в удобрениях на рекультивируемых участках в первые три года освоения. Для улучшения физических свойств пород отвалов наряду с глубинным рыхлением применяется известкование, внесение полистироловых хлопьев, использование битумных эмульсий. Мощность слоя, пригодного для возделывания сельскохозяйственных растений на отвалах, рекомендуется не менее 60 см. Для улучшения водного режима на отвалах Шнурбушем Г. проведены расчеты по дозировке применения дождевания с учетом специфики условий рекультивируемых территорий¹⁰¹.

В ГДР доказана также возможность сельскохозяйственного использования сульфидсодержащих пород после проведения соответствующей химической мелиорации. В бассейне Нидарлаузитц, например, после мелиорации зо-

¹⁰⁰ Бекаревич Н.Е., Горобец Н.Д., Колбасин А.А., Масюк Н.Т., Пистунов Н.И., Сидорович Л.П., Узбек И.Х. О рекультивации земель в степи Украины // Промінь. Днепропетровск, 1971. С. 217; Бекаревич Н.Е., Колбасин А.А., Масюк Н.Т., Серета Г.Л. Некоторые выводы, вытекающие из полевых опытов с сельскохозяйственными культурами, заложенными на рекультивированных участках карьеров в степи УССР // Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972. С. 77–89; Етеревская Л.В. Умови росту люцерни синьогібридної на насипному чорноземі // Агрохімія і ґрунтознавство. Київ: Урожай, 1971, вип. 17. С. 29–37; Етеревская Л.В. Влияние состава пород и микрорельефа на биологическую рекультивацию лёссовых буроугольных отвалов // Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972. С. 55–68; см. Разработка способов..., 1973; см. Рекультивация земель в СССР..., 1973; Сабо-Гордиенко Н.П., Сабо Б. Применение удобрений при рекультивации отвального грунта открытой разработки бурого угля // Агрохимия, 1973, № 1. С. 90–95.

¹⁰¹ См. Разработка способов..., 1973; см. Симпозиум по вопросам..., 1970; Illner K., Katzur I. Untersuchungen zur optimalen Nährstoffversorgung während der Rekultivierung von Kippen. Zeitschrift Landeskultur. Berlin, 1969, Bd. 10, H. 3. S. 169–176.

лой и применения двойной и тройной дозы удобрений успешно выращивались люцерна, донник, озимая рожь. Урожай зерна в 1968–1969 гг. составлял 24–30 ц/га. При мелиорации серосодержащих песчаников по методу Койне (нейтрализация бурогоугольной золой или известью с последующим удобрением биошламом посредством применения фенольных вод) получен урожай зеленой массы травосмесей в среднем около 500 ц/га. Для подготовки сельскохозяйственных угодий используется также перекрытие сульфидсодержащих пород слоем карбонатного суглинка мощностью 0,8–1,0 м¹⁰².

Большое значение сельскохозяйственному направлению рекультивации придается в ФРГ и Англии. Особенность рекультивации в ФРГ состоит в широком использовании лёссовых пород. При применении соответствующих агротехнических приемов на этих землях получают высокие урожаи сельскохозяйственных культур, часто превышающие урожаи на зональных почвах¹⁰³. По данным Bauer H.¹⁰⁴, на рекультивируемых лёссовых землях в Рейнском бурогольном бассейне получают до 65 ц/га пшеницы, 580 ц/га сахарной свеклы, причем себестоимость продукции несколько ниже, чем на обычных почвах. Schulz E.¹⁰⁵ указывает на особую роль высоких доз азотных удобрений в первые годы (соотношение N : P : K как 3 : 2 : 1 или 3 : 2 : 2). Большое значение придается также возделыванию в первые годы бобовых трав как азотонакопителей и почвоулучшающих культур. По данным Petzold E.¹⁰⁶, средние урожаи на рекультивированных землях по разным районам составляли в 1969 г.: озимой

¹⁰² см. Моторина Л.В., 1972; см. Разработка способов..., 1973.

¹⁰³ *Danrau B.* Rekultivierungsmaßnahmen der Bayerischen Braunkohlenindustrie (BBI) in Abbaugelände Wackersdorf // *Natur und Landschaft*, 1969, Bd. 44, N 10. S. 280–282; см. *Engels H.*, 1970; см. *Engels H.*, 1970; *Kick H., Poletschny H.* Die Verfüllung von Phosphor-Ofenschlacke bei der Wiedergewinnung landwirtschaftlicher Nutzflächen. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, 1971, B. 133, Hf. 2. S. 157–166; *Petzold E.* Bessere Existenzstruktur durch neues Ackerland im Braunkohlrevier // *Neues Ackerland folgt dem Tagebau*, Köln, 1970. S. 7–10; *Schulz H.J.* Zum Problem der Bodenentnahmen in Verdichtungsräumen // *Naturschutz Niedersachs*, 1968, Bd. 6, N 13–14. S. 54–66; *Schulze E.* Ertragsfähigkeit und Düngung rekultivierter Lößboden // *Neues Ackerland folgt dem Tagebau*, Köln, 1970. S. 11–14; *Schulze E.* Zusammenhänge zwischen NPK-Düngung, Ertrag, Qualität des Auswuchses und laktatlöslichem PK-Gehalt auf rekultivierten Lößboden im Rheinischen Braunkohlengelände // *Z. Braunkohle Wärme und Energie*, 1970, Hf. 3. S. 73–82; *Schulze E., Friedrich K.E., Jacobs W.* Fruchtfolgen und Verunkrautung auf rekultivierten Lößboden // *Mitteilungen der Dlg. Bonn*, 1971, Bd. 86, N 49. S. 1244–1247; *Schulze E., Rezanian M.* Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit trocken umlagerter Lößboden verschiedenen Rekultivierungsalters im Rheinischen Braunkohlengelände. (Versuchsort: Neurath Kreis Bergheim). // *Z. Acker- und Pflanzenbau*, 1969. S. 129.

¹⁰⁴ *Bauer H.J.* Recultivation and renewal of a balanced landscape in the lignite mining area of the Rhineland // *Geoforum*, 1971, N 8. P. 31–41.

¹⁰⁵ См. *Schulze E.*, 1970; см. *Schulze E.*, 1970.

¹⁰⁶ См. *Petzold E.*, 1970.

пшеницы от 40,2 до 49,3 ц/га, озимой ржи – от 34,7 до 46,4 ц/га, ячменя – от 37,4 до 42,4 ц/га, сахарной свеклы – от 478,2 до 565,7 ц/га. В Чехословакии до конца 60-х годов при подготовке отвалов для сельскохозяйственного использования применялось нанесение на разровненную поверхность почвенного слоя мощностью до 50 см¹⁰⁷. В последние годы в связи с нехваткой почвенного слоя и большими затратами по транспортировке изучается использование для сельскохозяйственных целей вскрышных пород без нанесения почвы. Согласно 5-членной классификации вскрышных пород Йонаша-Сомотана две первые категории (лёссы, лёссовидные суглинки) пригодны для непосредственного использования в сельском хозяйстве. До 1965 г. было проверено действие почвоулучшающих растений – пионеров на первых стадиях освоения вскрышных пород. С 1966 по 1970 г. проведено изучение ассортимента сельскохозяйственных культур в мелиоративных севооборотах¹⁰⁸. Большое значение в ЧССР придается внесению удобрений (особенно азотных и фосфорных) с минимальной дозой 300 кг действующего вещества.

В крупнейших бурогольных бассейнах ЧССР – Северо-Чешском и Соколовском – во вскрыше преобладают тяжелые серые илы. Проведенные исследования по улучшению водно-физических и других свойств этих пород показали высокую эффективность применения для щелочных пород оксигумолита (капуцина), в достаточном количестве встречающегося во вскрышной толще, а также так называемых карбоудобрений (гранулированная смесь оксигумолита, бентонита, туфита, навоза). Используется также примешивание почвы для активизации микробиологических процессов. Применение окси-гумолита и карбоудобрений производится одновременно с внесением NPK для улучшения структуры, увеличения емкости поглощения, водопроницаемости, активизации деятельности микрофлоры¹⁰⁹. Положительное влияние на свойства вскрышных

¹⁰⁷ См. Симпозиум по вопросам..., 1970.

¹⁰⁸ Йонаш Ф., Патейдл Ц., Шпиржик Ф., Димитровски К. Разработка способов рекультивации ландшафта, нарушенного промышленной деятельностью в ЧССР // Разработка способов рекультивации ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью. V Симпозиум, 3–10 июня 1973 г. София, 1973. С. 167–176; см. Разработка способов..., 1973; см. Симпозиум по вопросам..., 1970.

¹⁰⁹ Jonaš F. Vyznam Kapucínu (oxyhumolitu) při aplikaci vysokých dávek průmyslových hnojiv. Vědecké Práce vyzkumného Ústavu meliorací v Praze, 1969, v. 10. S. 109–119; Jonaš F. Vliv oxyhumolitu na mikrobiologické a bio-

пород оказывает применение полиэлектrolитов на фоне минеральных и органо-минеральных карбоудобрений¹¹⁰.

С целью сокращения затрат на рекультивацию предложен также новый способ насыпания почвенного слоя (на лёссовые породы) меньшей мощности (20–30 см) с предварительным выращиванием почвоулучшающих культур.

Таким образом, достигается большая экономия средств при хорошем производственном эффекте. Если при нанесении почвенного слоя мощностью до 50 см сумма затрат составляла 134000 крон/га, то при нанесении 20-см. слоя почвы – 67000 крон/га, а без нанесения почвенного слоя – 32000 крон/га¹¹¹.

Для Северо-Чешского бассейна усредненные данные по урожайности зеленой массы травосмесей на рекультивируемых землях составляют 120–150 ц/га, сена – 40–60 ц/га. Урожайность зерна (озимая рожь, озимая пшеница) – 20–27 ц/га.

Широко используется нанесение почвенного слоя, снимаемого при открытой добыче полезных ископаемых, на малопродуктивные сельскохозяйственные угодья для их улучшения. При этом урожайность возрастает на 150–400 %¹¹².

В ЧССР с успехом проводится рекультивация отвалов бурого угольных разработок для выращивания плодовых культур при внесении удобрений в размере 300–400 кг/га действующего вещества (N : P : K = 1,5 : 1,5 : 1). Перед посадкой плодовых рекомендуется проводить посев многолетних бобово-злаковых травосмесей (3–4 года). В этих условиях хорошие результаты дало выращивание

chemicke vlastnosti pudy. Vedecke prace uyskumneho ustavu melioraci ve Zbraslavi, 1971, v. 11. S. 93–105; Jonaš F. Vliv oxyhumolitu na mineralizaci a imobilizaci dusiku v. kompostech // Meliorace, R. 7[XLIV] Praha, 1971. S. 85–92; см. Jonaš F. Soil formation..., 1972; Jonaš F. Tvorba pudy na vysupkach slozenych z šedych miocennich jilu v oblasti severočeského hnedouhelného Reviru. Lesnictvy, 1972, R. 18, č. 2. S. 117–141; Patejdl C., Fiedler B. Účinnost a rentabilita karbohnójiv a jinych organickomineralnich směsi při rekultivaci výsypkových Zemin // Vědecké Práce výzkumného ústavu melioraci ve Zbraslavi., 1971. S. 125–136; Patejdl C., Jonaš F. Využití bentonitického jilu a oxyhumolitu k výrobě melioračních kompostu // Meliorace, R. 7[XLIV] Praha, 1971. S. 147–154.

¹¹⁰ Špiřík F. K otázce využití polyelektrolýtů při rekultivaci výsypků složených z šedých terciálních jílu. Vedecké Práce Výzkumného ústavu Melioraci v. Praze, 1969, v. 10. S. 45–59; Špiřík F. Vliv polyelektrolýtů na vznik struktury u výsypkových zemín // Meliorace, 1969, R. 5 (XLII). S. 105–112; Špiřík F. Využití polyelektrolýtů při rekultivaci výsypků // Věd. Práce výzk. Ústavu melioraci ve Zbraslavi, Praha, 1971, v. 11. S. 107–124.

¹¹¹ См. Йонаш Ф., Патейдл Ц., Шпиржик Ф., Димитровски К., 1973; см. Симпозиум по вопросам..., 1970; Šantora V. Ekonomická efektivnost rostlinné výroby na zemědělsky rekultivovaných výsypkách. Vědecké práce výzk. ústavu melioraci ve Zbraslavi, 1971, v. 11. S. 147–156.

¹¹² См. Разработка способов..., 1973.

яблони, груши, сливы, вишни, абрикосов, черной смородины, крыжовника и т. д.¹¹³. Лучше всего для этих целей подходят низкоштабные и карликовые сорта.

В Советском Союзе, в районах, где открытыми разработками нарушаются земли с плодородными почвами (Украина, Центрально-Черноземные области РСФСР, Молдавия, Грузия и др.), сельскохозяйственному направлению рекультивации придается первостепенное значение. Рекультивация проводится двумя путями: с нанесением гумусированной части почвенного слоя и при непосредственном использовании потенциально плодородных вскрышных пород без нанесения почвы. Рядом опытов на Украине, в Центрально-Черноземных областях, в Тульской области показано, что возделывание зерновых и других хозяйственно ценных сельскохозяйственных культур целесообразно производить при нанесении на поверхность отвалов почвенного слоя¹¹⁴. В законодательных актах и постановлениях СССР оговорена необходимость сохранения и использования при рекультивации почвенного слоя. Инструктивными указаниями и рекомендациями предусматривается для создания полноценных пахотных угодий нанесение гумусированного почвенного слоя мощностью 40–50 см.

¹¹³ См. Йонаш Ф., Патейдл Ц., Шпиржик Ф., Димитровски К., 1973; см. Jonaš F. Výsledky..., 1971; см. Jonaš F. Soil formation..., 1972.

¹¹⁴ См. Бекаревич Н.Е., Горобец Н.Д., Колбасин А.А., Масюк Н.Т., Пистунов Н.И., Сидорович Л.П., Узбек И.Х., 1971; Бекаревич Н.Е., Колбасин А.А., Коротаев Г.В., Михайлова З.Н., Скороход Г.С. Об особенностях и перспективах рекультивации карьеров КМА // Вопросы биологии, селекции и агротехники полевых и плодовых культур. Тр. Харьковского с.-х. ин-та, 1971, т. 158. С. 154–161; Бекаревич Н.Е., Колбасин А.А., Масюк Н.Т., Сидорович Л.П., Узбек И.Х., Чабан И.П. Перспективы использования отвалов железорудных и марганцевых карьеров для выращивания сельскохозяйственных культур // Прогнозирование использования земельных ресурсов УССР и Молдавской ССР. Киев, 1971. С. 108–115; см. Бекаревич Н.Е., Колбасин А.А., Масюк Н.Т., Середа Г.Л., 1972; Бекаревич Н.Е., Масюк Н.Т., Узбек И.Х., Пистунов Н.И. Рекомендация по биологической рекультивации земель в Днепропетровской области. Днепропетровск: Промінь, 1969. С. 36; Бурыкин А.М., Стифеев А.И. Рекультивация земель на Курской магнитной аномалии // Вестник сельскохозяйственной науки, 1973, № 1. С. 19–28; Бурыкин А.М., Стифеев А.И. Роль лесных культур в рекультивации земель // Лесное хозяйство, 1973, № 6. С. 65–70; Гогатишвили А.Д. Современное состояние и перспективы рекультивации земель открытых разработок полезных ископаемых в Грузии // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1970. Вып. 7. С. 90–95; Гогатишвили А.Д. Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными разработками полезных ископаемых // Първи нацио конгрес по почвознание. София, 1972. С. 179–183; см. Етеревская Л.В., 1971; Етеревська Л.В. Оптимальная глубина насипного гумусового шару ґрунтів при рекультивациі земель // Агрохімія і ґрунтознавство, Київ, 1973. Вып. 24. С. 58–62; Етеревская Л.В., Шкляр Г.Г., Другов А.Н. Современное состояние и перспективы использования рекультивированных земель в Украинской ССР // Прогнозирование использования земельных ресурсов УССР и Молдавской ССР. Ч. 2. Киев, 1971. С. 144–149; см. Моторина Л.В., 1973; см. Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Савич А.И., Чеклина В.Н., Овчинников В.А., Данилов, 1969; Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Савич А.И., Чеклина В.Н. Опыт сельскохозяйственной и лесной рекультивации на отвалах открытых разработок в Подмосковном бассейне // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1970. Вып. 7. С. 56–62; см. Симпозиум по вопросам..., 1970.

Изучение нанесения различной мощности гумусированного почвенного слоя на отвалах Камыш-Бурунского железорудного месторождения (Крым) и выращивания в этих условиях зерновых и других культур показало, что только при мощности почвенного слоя 40 см урожаи зерновых приближаются к показателям зональных почв (25–26 ц/га). Увеличение мощности гумусированного слоя до 80–90 см дает увеличение урожая на 180–198 % по сравнению со средним урожаем на старопахотных участках¹¹⁵. В связи с этим делается вывод о необходимости нанесения почвенного слоя мощностью 60–80 см для возделывания зерновых культур. Етеревская Л. В.¹¹⁶ на примере исследований в северной степи Украины показала, что оптимальной мощностью для нанесения на отвалы гумусированной части обыкновенных черноземов является слой 40–50 см. Дальнейшее увеличение мощности почвенного слоя является неэффективным. При возделывании сельскохозяйственных культур с нанесением почвенного слоя получены урожаи, равные урожаям на зональных почвах или даже превышающие их¹¹⁷.

Нанесение почвенного слоя можно производить только на породы, не обладающие фитотоксичными свойствами. Как показали исследования в Подмосковном угольном бассейне, при нанесении почвы на сульфидсодержащие породы происходят нежелательные изменения в поглощающем комплексе почвенного слоя. Растения отрицательно реагируют на действие подстилающей сульфидсодержащей породы, корневая система недостаточно развивается, посевы гибнут или находятся в угнетенном состоянии¹¹⁸.

В связи со значительными затратами на создание пашни на отвалах с нанесенным почвенным слоем, а также из-за нехватки последнего на Украине, в

¹¹⁵ См. Бекаревич Н.Е., Горобец Н.Д., Колбасин А.А., Масюк Н.Т., Пистунов Н.И., Сидорович Л.П., Узбек И.Х., 1971; Бекаревич Н.Е., Сидорович Л.П., Додатко Э.Л. Рост и урожай некоторых зерновых и бобовых культур на рекультивированных участках в Ленинском р-не Крымской обл. // Тр. Днепропетровск. с.-х. ин-та, 1973, т. XVIII. С. 43–49; Додатко Э.Л., Сидорович Л.П. Рост и урожай сельскохозяйственных культур на различных вскрышных породах и почвах Керченского железорудного месторождения // Вопросы биологии, селекции и агротехники полевых и плодовых культур. Тр. Харьковского СХИ, 1971, т. 158. С. 101–105; см. Колбасин А.А. Рекультивация земель и некоторые вопросы экономики. Днепропетровск, 1972. С. 210; см. Рекультивация земель в СССР..., 1973.

¹¹⁶ См. Рекультивация земель в СССР..., 1973.

¹¹⁷ См. Рекультивация земель в СССР..., 1973; см. Рефераты докладов..., 1969.

¹¹⁸ См. Ижевская Т.И., Чеклина В.Н., 1972; см. Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Савич А.И., Чеклина В.Н., 1970; см. Чеклина В.Н., 1969; см. Растения и промышленная..., 1971; см. Симпозиум по вопросам..., 1970.

Подмосковном бассейне, в Грузии, в районе Курской магнитной аномалии с начала 60-х годов проводятся исследования по непосредственному использованию вскрышных пород без нанесения почвенного слоя¹¹⁹.

Установлено, что породы из группы потенциально плодородных (лёссы, лёссовидные суглинки и другие благоприятные по своим свойствам) вполне пригодны для выращивания бобово-злаковых травосмесей, особенно бобовых многолетних трав (люцерна, донник, люпины). В Подмосковном бассейне на смеси лёссовидных суглинков с другими нетоксичными породами получены урожаи сена люцерны синегибридной 45–54 ц/га. На песчаных породах неплохо развивались люпины (многолетний и однолетний), люцерна желтая, ежа сборная¹²⁰. В Днепропетровской области (южная степь Украины) испытано около 20 видов сельскохозяйственных растений на лёссовидных суглинках и их смеси с песчаными породами¹²¹. Очень хорошие результаты получены при выращивании люцерны синегибридной и эспарцета песчаного. В вариантах без удобрений урожай сена люцерны составлял в среднем 48 ц/га, эспарцета – 44 ц/га, при внесении $N_{80}P_{80}K_{80}$ урожай повышался у люцерны до 66 ц/га, у эспарцета – до 60 ц/га.

Возделывание зерновых на вскрышных породах без удобрений не дало практических результатов. Максимальные урожаи были у ячменя 2,23 ц/га, овса – 1,5 ц/га, озимой пшеницы – 2,5 ц/га. Внесение удобрений под эти культуры

¹¹⁹ Баранник Л.П. К вопросу о восстановлении нарушенных ландшафтов в районе г. Новокузнецка // Проблемы медицинской географии Кузбасса. Новокузнецк, 1971. С. 201–204; Бекаревич Н.Е., Колбасин А.А., Пистунов Н.И., Левчишина Н.И. О рациональном использовании почв Днепропетровской области // Вопросы биологии, селекции и агротехники полевых и плодовых культур. Тр. Харьковского с.-х. ин-та, 1971, т. 158. С. 112–153; Бекаревич Н.Е., Колбасин А.А., Середа Г.Л. Перспективы рекультивации в степи Украинской ССР // Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972. С. 69–76; см. Бурыкин А.М., Стифеев А.И., 1973; см. Етеревская Л.В., Шкляр Г.Г., Другов А.Н., 1971; см. Моторина Л.В., 1973; см. Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Савич А.И., Чеклина В.Н., 1970; Моторина Л.В., Чеклина В.Н., Ижевская Т.И. О некоторых экологических аспектах развития растений на промышленных отвалах в Подмосковном буроугольном бассейне // Экология, 1971, № 5. С. 20–24; Масюк Н.Т. Изучение растительности пород и образующихся почв на участках открытых разработок в Никопольском марганцеворудном бассейне // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук, Днепропетровск, 1968; Масюк Н.Т., Колбасин А.А., Узбек И.Х., Демиденко П.М. Особенности возделывания проса и гречихи на рекультивируемых участках Никопольского марганцеворудного месторождения // Вопросы биологии, селекции и агротехники полевых и плодовых культур. Тр. Харьковского с.-х. ин-та, 1971, т. 158. С. 106–111; см. Рекультивация земель в СССР..., 1973.

¹²⁰ См. Моторина Л.В., Чеклина В.Н., Ижевская Т.И., 1971; см. Рефераты докладов..., 1969.

¹²¹ См. Бекаревич Н.Е., Горобец Н.Д., Колбасин А.А., Масюк Н.Т., Пистунов Н.И., Сидорович Л.П., Узбек И.Х., 1971; см. Бекаревич Н.Е., Колбасин А.А., Масюк Н.Т., Сидорович Л.П., Узбек И.Х., Чабан И.П., 1971; см. Бекаревич Н.Е., Колбасин А.А., Масюк Н.Т., Середа Г.Л., 1972; см. Масюк Н.Т., 1968; Узбек И.Х. Возделывание некоторых с.-х. культур на породах открытых разработок марганца в Никопольском районе Днепропетровской области // Автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук. Одесса, 1969.

дало прибавку урожая от 500 до 1400 %. При этом особенно сильное воздействие оказывало внесение азота, меньшее – фосфора. Абсолютные значения урожая зерновых в этих условиях невысокие. В опытах с гречихой и просом максимальные урожаи получены при внесении удобрений и после 5-летнего предварительного выращивания люцерны желтой¹²². В Донбассе урожай зеленой массы многолетних бобовых на лёссовых породах составлял 180–200 ц/га, а в Кировоградской области при внесении удобрений ($N_{100}P_{100}K_{100}$) урожай люцерны достигал 433–533 ц/га¹²³. Хорошие результаты дало выращивание злаково-бобовых травосмесей на отвалах марганцевых разработок в Грузии. После 3–5-летнего возделывания трав с внесением удобрений ($N_{250}P_{250}K_{250}$) на некоторых участках отвалов без нанесения почвы возможно выращивание кукурузы, винограда и других культур, но с более низкими абсолютными показателями, чем с нанесением почвенного слоя¹²⁴.

На рекультивируемых участках, особенно при выращивании многолетних трав, заметно активизируется деятельность микрофлоры: изменяется ее количественный и качественный состав, повышается ферментативная активность.

Возделывание на отвалах злаково-бобовых и бобовых культур ускоряет развитие почвообразовательного процесса¹²⁵. В сравнительно короткий срок происходит интенсивное накопление гумуса, дифференциация «почвенного» профиля. По данным Гогатишвили А. Д. [по¹²⁶], под многолетними травами в течение 8 лет образуется перегнойный горизонт мощностью 3–4 см и переходный горизонт 6–7 см. Содержание гумуса в перегнойном горизонте достигает 4 % в переходном – 1,5 %. Четкая дифференциация «почвенного» профиля с выделением окрашенного гумусированного слоя мощностью около 10 см на-

¹²² См. Масюк Н.Т., Колбасин А.А., Узбек И.Х., Демиденко П.М., 1971.

¹²³ См. Рекультивация земель в СССР..., 1973.

¹²⁴ См. Гогатишвили А.Д., 1970; см. Гогатишвили А.Д., 1972; см. Разработка способов..., 1973; см. Рекультивация земель в СССР..., 1973; см. Симпозиум по вопросам..., 1970.

¹²⁵ См. Етеревская Л.В., 1972; см. Чеклина В.Н., 1973; см. Разработка способов..., 1973; см. Рекультивация земель в СССР..., 1973.

¹²⁶ См. Разработка способов..., 1973.

блюдается через 4–5 лет под травосмесями на песчаных отвалах бурогольных разработок Подмосковского бассейна¹²⁷.

Jonas F. констатирует четкую дифференциацию профиля с возникновением гумусированного горизонта мощностью 0–25 см на 10-м году освоения миоценовых илов¹²⁸. По данным Етеревской Л. В., существенное влияние на режим влажности, скорость и характер почвообразовательного процесса оказывает микрорельеф, причем почвообразование идет по зональному типу¹²⁹. Для ускорения накопления гумуса на отвалах возможно использование гуминов окисленных углей¹³⁰.

Большое внимание использованию промышленных отвалов для сельскохозяйственных целей уделяется в Болгарии, особенно на открытых разработках каменного угля в бассейнах «Перник» и «Марица-Восток», где ежегодно для промышленных нужд изымаются ценные сельскохозяйственные угодья. При рекультивации с нанесением почвенного слоя хороший производственный эффект достигается на 2–3-й год. В связи с тем, что рекультивация с нанесением почвенного слоя требует значительных затрат, ищутся методы сельскохозяйственной рекультивации без нанесения почвы. Эффективные результаты получены при выращивании сельскохозяйственных растений на широко распространенных желтых и зеленых миоценовых глинах¹³¹. При внесении 15 % золы угля и минеральных удобрений эффект наиболее резко.

(N₂₀₀P₂₀₀K_{50–100} получены урожаи пшеницы 40–41 ц/га, т. е. больше, чем на зональных почвах «сморница»). Большое значение для улучшения структуры и свойств вскрышных пород имеет возделывание бобовых с глубокой корневой системой (люцерна и др.). При внесении N₂₀₀P₁₅₀K₁₀₀ на смеси желтых и зеленых глин получен урожай винограда (18–21 кг/га) высокого качества.

¹²⁷ См. Чеклина В.Н., 1973.

¹²⁸ См. Jonaš F. Soil formation..., 1972; см. Jonaš F. Tvorba..., 1972.

¹²⁹ См. Разработка способов..., 1973; см. Рекультивация земель в СССР..., 1973.

¹³⁰ См. Рефераты докладов..., 1969; см. Таранов С.А., 1970.

¹³¹ См. Разработка способов..., 1973; см. Симпозиум по вопросам..., 1970; см. Гърбушев И., Личев С., Трейкяшкин П., 1969; Гърбушев И., Трейкяшкин П., Каменов П. Эффективност на някои перспективни начини за възстановяване и рекультивация на почвите района на Марица-Изток // Икон. селск. стоп., 1972, 9, № 2. С. 93–102; Трейкяшкин П. Изследвания върху установяване пригодността на насипищата от промишления комплекс «Марица-Изток» за селскостопански цели. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. София, 1973.

В Венгрии перспективным считается повышение плодородия вскрышных пород без нанесения почвенного слоя в связи с большими затратами на перемещение почвы (935–1190 форинтов/га при перемещении слоя – мощностью в 1 м). Исследованиями Сабо Г. и Сабо-Гордиенко Н. П. доказана возможность успешного возделывания на отвалах бурого угольных карьеров многолетних бобовых трав и травосмесей, а также ряда полевых культур при внесении удобрений и применении других агротехнических приемов. Зеленой массы люцерны получено в среднем 224 ц/га, эспарцета – 272 ц/га, лядвенца рогатого – 222 ц/га, при удобрении навозом зеленой массы травосмесей – до 383–392 ц/га, донника – 168 ц/га. Урожай зерна кукурузы по обороту пласта – до 40–50 ц/га¹³².

В США для сельскохозяйственных целей используются преимущественно отвалы с благоприятными по свойствам породами, на обеспечение продуктивности которых не требуется больших затрат. Освоение ведется преимущественно под сенокосы и пастбища с использованием отвалов как кормовой базы для животноводческих ферм¹³³. Например, в Зап. Виргинии в 1968 г. в соответствии с составленным проектом засеяно 284 га бобово-злаковыми травами. Высевались овсяница высокая, райграс высокий, ежа сборная, клевер шведский, донник, лядвенец рогатый и др. На склонах отвалов применялся гидропосев. На участках с кислыми породами вносились известь и удобрения (N : P : K = 10 : 10 : 10) в размере 400 ц/га. Для повышения плодородия вскрышных пород более целесообразно не вносить азотные удобрения, а выращивать травы – азотонакопители, одновременно улучшающие и структуру породы. Широкое распространение получила королевская вика, корни которой способны проникать на глубину до 3 м. Используется также люцерна, вязель, клевер душистый и др.

В графстве Фултон (шт. Иллинойс) создан проект рекультивации с использованием на отвалах шлама из очистки сточных вод. Под посевы пшеницы,

¹³² См. Разработка способов..., 1973; см. Сабо-Гордиенко Н.П., Сабо Б., 1973.

¹³³ Duffy R.G. The Gold is in the soil // Fertiliser Journal, 1970, N 37. S. 3–5; Hill R.D. Reclamation and revegetation of stripmined lands for pollution and erosion control // Trans. ASAE, 1971, v. 14, N 2. P. 268–272; Project recovery // Agricultural Research, 1971, v. 19, N 7. P 8–9; Reclamation. ... a Peabody Coal environmental specialty // Coal Age, 1971, v. 76, N 10. P. 124–129; Reiss I.H. Strip mine reclamation-challenges, planning and concepts // Mining Congr. J., 1973, v. 59, N 4. P. 41–45.

сои, злаково-бобовых культур занято 880 га¹³⁴. По специальной программе проводит рекультивацию угледобывающая компания (Peabody Coal), в которой создан отдел по рекультивации из 11 человек, возглавляемый опытным агрономом¹³⁵. Согласно программе при подготовке земель для организации животноводческих ферм необходимо придерживаться соотношения: на 1 акр (0,4 га) пашни – 4 акра (1,6 га) сенокосных и пастбищных угодий. При подготовке отвалов под пашню производится их разравнивание. В США и Канаде (провинции Онтарио, Альберта, Британская Колумбия) злаково-бобовые травосмеси высевают с целью закрепления поверхности отвалов, предотвращения водной и ветровой эрозии. В провинции Онтарио при посевах трав вносится известняк (5 т/га), минеральные удобрения в дозе 400 кг/га, мочевины. Средний урожай трав – 22,8 ц/га¹³⁶.

4.4. Лесонасаждения на отвалах открытых разработок

Опыт создания лесонасаждений на отвалах, как наиболее дешевый способ рекультивации, был известен еще с середины прошлого столетия. Основные направления лесной рекультивации до 60-х годов XX века охарактеризованы в работе Моториной Л. В. и Забелиной Н. М.¹³⁷. За последние годы наряду с расширением объемов и темпов лесной рекультивации можно отметить и ряд изменений, произошедших в методах и приемах создания лесных культур на отвалах открытых разработок. Прежде всего, общая для всех стран тенденция рассматривать создание лесонасаждений на отвалах как элемент планомерной перестройки и оздоровления ландшафтов, нарушенных в результате промышленной деятельности человека.

В США, где лесная рекультивация получила наибольшее распространение, при создании лесонасаждений в большинстве случаев не разравнивают поверхности отвалов или только, частично разравнивают срезанием их верхушек.

¹³⁴ Craft R.E. Coal then, corn now // Soil Conserv., 1973, v. 39, N 2. P. 4–7.

¹³⁵ См. Reclamation. ..., 1971.

¹³⁶ См. Сойер Л.Э., Краул Джон М., 1971; Peters T.N. Using vegetation to stabilize mine tailings // J. Soil and Water Conservation, 1970, v. 25, N 2. P. 75–76; Shetron S.G., Duffek R. Establishing vegetation on iron mine tailings // J. Soil and Water Conserv., 1970, v. 25, N 6. P. 227–230; Thirgood I.V. Land disturbance and revegetation in Canada // Canad Mining, 1969, v. 90, N 12. P. 33–37; Thirgood I.V., Matthews J.R. Progress in reclamation research in British Columbia during 1970 // Forest. Chron., 1971. v. 47, N 6. P. 338–340.

¹³⁷ См. Моторина Л.В., Забелина Н.М., 1968.

Лесонасаждения проводятся методом посадки и посева, причем в основном с целью озеленения и закрепления поверхности. В Пенсильвании около 80 % нарушенных земель засажено лесом, но только 1/4 часть этих посадок может быть использована для получения древесины. При благоприятных условиях древесину можно получать через 20–25 лет, пиловочник – через 30–40 лет¹³⁸. Для получения древесины рекомендуется высаживать хвойные породы, из лиственных – тополь как быстрорастущую породу. Посадки тополей 9-летнепо возраста, произведенные компанией Hoffman Coal, достигли высоты 12 м при диаметре стволов 27 см. Доход от этих посадок составляет 40 тыс. долларов с каждого акра. Получаемую древесину используют для изготовления бумаги¹³⁹.

Рекомендуются также смешанные насаждения из трех последовательно сменяющихся групп древесных пород. В качестве пионеров высаживают акацию белую и ольху черную, на промежуточном этапе – платан, тополя – виргинский и серебристый, для получения деловой древесины – дуб, тюльпанное дерево, ясень белый, орех. Оборот рубки в таких насаждениях – 25–30 лет¹⁴⁰. В посадках, проведенных угледобывающей компанией Peabody Coal, хорошо себя зарекомендовали сосна белая, дуб красный, тополь желтый, ольха европейская. Центральной государственной лесной опытной станцией для производства древесины рекомендуются хвойные насаждения из ежовой и красной сосны, для озеленительных целей и в качестве охотничьих угодий – насаждения из белой акации, крупноплодного дуба, сикаморы. В США используется ручная и механизированная посадка. В последние годы широко внедряется посев семян древесных и кустарниковых культур с самолета и гидроспособом с одновременным внесением удобрений и мульчированием¹⁴¹. Большое значение придается подбору видов древесных и кустарниковых растений, наиболее устойчивых к различным экологическим условиям и наиболее производительных. Исследова-

¹³⁸ Davis G., Davidson W.H. Coal-mine spoil banks offer good potential for timber and wildlife production // Pennsylvania Forests, 1968, v. 58, N 1. P. 20–21.

¹³⁹ Jones W.G. On reclaimed spoil banks/ Timber! And in nine years, at that! // Coal Age, 1971, v. 76, N 11. P. 58–61.

¹⁴⁰ Reclamation creates new resource // Coal Age, 1969, v. 74, N 12. P. 69–71.

¹⁴¹ Biesterfeldt R.C., Mann W.F., Jr. New hope for stripmine reclamation // Forest. Farmer, 1969, v. 28, N 12. P. 6–8, 16, 18; Peucker H. Begrünungen am Mittellandkanal nach vier Jahrzehnten // Natur und Landschaft, 1970, Bd. 45, N 2. S. 38–41; см. Reclamation. ..., 1971; Reclamation: U. S. Steel is involved // Coal Age, 1971, v. 76, N 4. P. 66–71.

ния по выявлению мелиорирующего и почвоулучшающего влияния растительности на породы отвалов, проведенные в шт. Канзас на посадках конца 40-х годов, показали, что значение рН изменилось с 5,6 до 6,1, содержание почвенных частиц ≤ 2 мм увеличилось с 38,5 до 46,9%, обменный калий возрос с 86,7 % до 96,4 %. В шт. Зап. Виргиния в результате рекультивации кислотность снизилась на 68 %, содержание сульфатов – на 50 %¹⁴². Исследования по подбору древесных и кустарниковых пород для лесонасаждений на отвалах проводятся также в Канаде¹⁴³.

В Рейнском буроугольном бассейне (ФРГ) лесная рекультивация до недавнего времени имела преимущественное распространение и преследовала главным образом озеленительные цели. Различают 3 этапа развития рекультивации: 1920–1945 гг. – создание смешанных насаждений озеленительного значения при сравнительно случайном наборе пород; 1945–1958 гг. – широкое распространение посадок тополя и ольхи как почвоулучшающих мелиоративных культур; начиная с 1958 г. – реконструкция тополевых насаждений, создание ценных в хозяйственном отношении лесов, противоэрозионные мероприятия, формирование благоустроенных ландшафтов и зон отдыха, развитие сельскохозяйственного направления рекультивации¹⁴⁴. В настоящее время тополя и ольха широко используются как почвоулучшающие культуры, под полог которых высаживаются более ценные хозяйственные породы. В Рейнском буроугольном бассейне при лесонасаждениях на отвалах используется 36 видов древесных и 18 видов кустарниковых растений¹⁴⁵.

¹⁴² См. Гладкова Л., 1972; Гладкова Л. Результаты многолетних опытов по лесной рекультивации угольных отвалов США // Сельскохозяйственная экспресс-информация. ВНИИТЭИСХ, 1973. № 12. С. 30–31; см. Candill H.M., 1970; Hellerick K. Strip-mine reclamation keeps acid and silt out of stream // Soil Conserv., 1970, v. 35, N 11. P. 243–244; см. Hill R.D., 1971; Sopper W.E., Kardes L.T. Municipal Wastewater Aids Revegetation of Strip-Mined spoil Banks // Journal of Forestry, 1972, v. 70, N 10. P. 612–615.

¹⁴³ См. Thirgood J.V., Matthews J.R., 1971.

¹⁴⁴ Baltsch H.H., Winterwerb G., Dilla L., Kegel K.E. Wo neue Wälder wachsen. Forstl. Rekultiv. der Rheinische Braunkohlenwerke AG, Köln, 1969. S. 32; см. Bauer H.J., 1971; Darmer G., Bauer H.J. Landschaft und Tagebau. Grundlagen und Leitsätze für die landschaftspflegerische Neugestaltung einer ökologisch ausgewogenen rekultivierten Kulturlandschaft im Rheinischen Braunkohlenrevier. Teil 11. // Neue Landsch., 1969, Bd. 14, N 12. S. 569–582; см. Kick H., Poletschny H., 1971.

¹⁴⁵ См. Baltsch H.H., Winterwerb G., Dilla L., Kegel K.E., 1969; Schröder R. Forstliche Rekultivierung von Sand- und Tongruben am linken Niederrhein // Forsch. Und Berat, 1972, N 22. P. 77–84.

С середины прошлого столетия ведутся разработки в Рурском каменно-угольном бассейне. Для Рурской области в качестве пионеров рекомендуются ольха, береза, тополь, белая акация, в качестве хозяйственных пород – клен остролистный, вяз, граб, липа, береза¹⁴⁶. Проводятся опыты по выращиванию лесонасаждений на кислых третичных породах с применением извести¹⁴⁷.

Испытание различных видов древесных и кустарниковых растений с целью выращивания на отвалах с различными породами (в том числе с примесью углистых частиц, сильнокислых) проводится также в Англии, Дании, Бельгии. В Дании, например, в опытах на полуострове Ютланд при облесении отвалов бурогоугольных разработок и пустошей применялись тополь, береза бородавчатая, ольха черная, груша, рябина, ряд кустарников. Определялась устойчивость растений к различным условиям среды¹⁴⁸.

В ГДР лесонасаждения на отвалах проводят для хозяйственных нужд и в санитарно-гигиенических целях. На равнинных территориях под лесонасаждение используют отвалы с менее благоприятными, чем для сельскохозяйственной рекультивации, породами, а также откосы отвалов, составляющие 40–60 % всей лесохозяйственной рекультивации ГДР. Хорошие результаты при облесении склонов дает акация белая и облепиха. Примером лесохозяйственной рекультивации, в равнинных условиях может служить отвал Платека в районе Борн-Альтенбург. Облесение произведено в 1952–1956 гг. на площади около 110 га. Высажены преимущественно тополь и сосна обыкновенная, на отдельных участках дана смесь различных лиственных пород (дуб, ольха, ясень, клен, береза и т. д.). В первые годы для улучшения условий роста деревьев применялся посев люпина. В тополеводниках в качестве промежуточных культур использовались ольха и акация белая. В районе Борна тополеводники занимают около 70 % всей территории лесной рекультивации. Однако, поскольку тополь

¹⁴⁶ *Petsch G., Grohs K.H.* Haldenbegrünung als Beitrag zur Landschaftspflege im Ruhrgebiet // Natur- und Landschaftsk. Westfalen, 1972, Bd. 8, N 3. S. 88–92.

¹⁴⁷ *Schlüter U.* Die Entwicklung von Heckenlagen auf sauren tertiärem Abraummateriал in Braunkohlenrevier Helmstedt nach sechs Vegetationsperioden // Landschaft und Stadt, 1973, Bd. 5, N 1. S. 42–48.

¹⁴⁸ *Cornwell S.M., Kiff J.* Trees and shrubs for difficult sites in Denmark // Town Plann. Rev., 1973, v. 44, N 3. P. 221–230; *Nicholson M., Westmacott R.* Landscape surgery at Stoke-on-Trent // New Sci. And Sci. J., 1971, v. 51, N 771. P. 752–756.

по жизнеспособности зарекомендовал себя значительно хуже, чем сосна, береза, дуб, а свою мелиоративную роль он уже выполнил, предполагается перестройка тополевых насаждений¹⁴⁹.

В бассейне Нидерлаузитц используют под лесонасаждения сульфидсодержащие породы после их химической мелиорации. Большое значение придается глубокой мелиорации (не менее, чем на 1 м), для чего проводится усовершенствование обрабатывающих орудий. Создаются насаждения из тополя европейского, клана американского, ольхи черной. На нетоксичных породах проводят посадки сосны, дуба красного, бука, лиственницы, березы¹⁵⁰.

В ЧССР до 1960 г. при создании лесонасаждений на отвалах преимущественно высаживались мелиоративные культуры. В настоящее время создание лесонасаждений идет двумя путями в зависимости от почвенно-грунтовых и других экологических условий на отвалах: 1) посадка мелиоративных культур с расчетом на последующую замену хозяйственными породами; 2) комбинированная посадка хозяйственных и мелиоративных культур одновременно¹⁵¹.

В Северо-Чешском бурогольном бассейне большое значение придается санитарно-гигиенической роли лесов, т. е. лесонасаждения на отвалах должны иметь не только хозяйственный, но и озеленительный, парковый характер. Распространенные в этом районе на отвалах серые илы позволяют применять смешанные хозяйственно-мелиоративные насаждения без предварительной подготовки. Смешение рекомендуется производить по группам. Каждая группа определяется одной хозяйственной породой и 1–2 видами мелиоративных растений, близких к ней по экологическим требованиям. Основная и вспомогательные породы должны чередоваться в ряду, а по отношению к соседним рядам располагаться в шахматном порядке. Минимальная площадь каждой группы – не ме-

¹⁴⁹ См. Симпозиум по вопросам..., 1970.

¹⁵⁰ См. Разработка способов..., 1973; см. Симпозиум по вопросам..., 1970; *Lorenz W.-D., Kopp D.* Zur biddung von Standortgruppen und zur Vaumartenwahl auf Kippstandeoryen in der Niederlausitz // Veröff. Inst. Landschaftspflege Humboldt-Univ. Berlin, 1968, 11.

¹⁵¹ См. *Йонаш Ф., Патейдл Ц., Шпиржик Ф., Димитровски К.*, 1973; см. Разработка способов..., 1973; см. Симпозиум по вопросам..., 1970; *Dimitrovsky K.* Otázky návaznosti technické rekultivace na rekultivace biologické // *Ochr. přír.*, 1973, v. 28, N 3. S. 52–57; *Dimitrovsky K., Vesecký J.* Vhodné způsoby zakládání lesních porostů na výsypkách se žretem na možnosti pěstební péče o založené porosity // *Vědecké Práce Výzkumného ústavu melioraci v Praze*, 1969. S. 61–75; см. *Jonaš F.* Soil formation..., 1972.

нее 0,25 га, максимальная – 3–5 га. В качестве сидерата и в междурядьях очень хорошо себя зарекомендовали посевы донника. Из основных пород используются дуб красный, лиственница, ясень, клен, из мелиоративных культур – в основном ольха черная и ольха серая. Тополь стараются сократить даже в качестве мелиоративной культуры.

В Соколовском бассейне, где из-за неблагоприятных свойств пород в отвалах невозможно сразу применять хозяйственные культуры, используют мелиоративные насаждения. Хозяйственные породы вводят на 5-м году закладки мелиоративного насаждения с помощью механического и химического прореживания. Хорошие результаты дало применение различного типа рубок (в зависимости от требования основной культуры к освещению)¹⁵².

В промышленных районах Польши лесная рекультивация имеет преимущественное распространение. Там, где широко развита подземная добыча полезных ископаемых, а подработке часто подвергаются города и промышленные застройки, производят закладку песка в выработанные шахты для предотвращения просадки поверхности. Добыча песка ведется открытым способом. Ввиду большой обводненности месторождений песка отметки дна карьеров выдерживаются на 0,6–1,0 м выше уровня подземных вод и ведутся в один уступ мощностью 10–15 м. Поэтому песчаные карьеры представляют собой неглубокие обширные котловины с плоским дном¹⁵³. Вначале песчаные карьеры засевают злаково-бобовыми травосмесями или чистыми бобовыми культурами (люпины, донник, люцерна посевная и желтая, клевер и т. д.). Для улучшения поглощательной способности песков и предотвращения быстрого вымывания органики в поверхностный слой вносится смесь бентонитовых глин, предварительно высушенных и насыщенных аммиачной водой с удобрениями (около 15 т/га). В дальнейшем высаживаются лесные культуры, преимущественно ольха серая и черная, белая акация, береза, тополь, клен и т. д. В песчаных карье-

¹⁵² См. Симпозиум по вопросам..., 1970; см. *Dimitrovsky K., Vesecký J.*, 1969; *Dimitrovsky K., Vesecký J.* Vliv lesních porostů na tvorbu půdy na výsypkách // *Lesnictví Ročník*, Praha, 1969, v. 15 (XLII). S. 539–558.

¹⁵³ См. *Greszta J., Morawski S.*, 1970; см. *Greszta J., Morawski S.*, 1972; *Robaczewski R., Zwoliński A.* Surowce budowlane doliny Drwicy w obrębie woj. bydgoskiego, ich eksploatacja oraz rekultywacja gruntów // *Acta Univ. N. Copernici*, 1973, N 31. S. 233–245.

рах древостои имеют лучшие условия водного режима, чем на естественных местообитаниях¹⁵⁴.

В последние годы большое внимание уделяется рекультивации отвалов открытых разработок угля (карьеры Туров, Конин) и других полезных ископаемых. В Польше в отличие от ЧССР применение мелиоративных насаждений не имеет широкого распространения¹⁵⁵.

В Советском Союзе общим принципом создания лесонасаждений на отвалах является предварительное сплошное разравнивание их и возможно более широкое использование механизации лесопосадочных и лесокультурных работ. Посев применяется редко.

Впервые работы по облесению открытых разработок (не считая торфяных выработок) были проведены в лесной и лесостепной зонах СССР. В Эстонии облесение отвалов открытых разработок горючего сланца начато с 1960 г. В республике, где до настоящего времени проводится преимущественно лесная рекультивация, облесено на 1972 г. около 2000 га отвалов сланцевых карьеров и более 150 га фосфоритных карьеров. В связи с преобладанием твердых каменных пород во вскрыше (каменистость варьирует в пределах 22–77 %) посадка проводится главным образом вручную. Сравнение посева и посадки показало преимущество последнего способа. Из древесных и кустарниковых растений лучше всего себя зарекомендовали в условиях Эстонии сосна обыкновенная, лиственницы европейская и японская, лиственница Любарского, береза бородавчатая, ольха черная, тополь душистый, липа, ель, облепиха, акация желтая, свидина белая и другие (всего используется 33 вида). Посадку большинства растений рекомендуется проводить 2-летними саженцами весной, а ели – 4-летними саженцами осенью. Посадка проводится обычно густотой 1 x 1,5 м

¹⁵⁴ См. Симпозиум по вопросам..., 1970.

¹⁵⁵ См. *Greszta J., Morawski S.*, 1970; см. *Greszta J., Morawski S.*, 1972; *Kamieniecki F., Maleszewski St.* Przydatność rokitnika (*Hippophae rhamnoides* L.) do zagospodarowania terenów przemysłowych i innych nieużytków w Polsce: Komisja d/s Gospod. – leśnych i rekultywacyjnych w Rejonach przemysłowych, Kraków, 1969, Biul. N 15, z. 3; *Skawina T., Bojarski Z., Kamieniecki F., Zubikowska-Skawina L.* Metody rekultywacji terenów poeksploatacyjnych Węgla brunatnego: Komisja do spraw dospod. – leśnych i rekultywacyjnych w rejonach przemysłowych przy Ministrze Lesnictwa i Przem. Drzewnego. Kraków, 1969. Biul. N 13, z. 3. S. 9–35; *Strzyszczyński Z.* Ocena przydatności do rekultywacji terenów po eksploatacji piasku podsadzkowego w oparciu o studia dleboznawcze i hydrochemiczne // Biul. Zakł. bad. Nauk gornislask okregu przem PAN, 1970, N 12. S. 51–78.

(тополь 3 х 3 м, 3 х 4 м) сразу после разравнивания отвалов (в этот же или на следующий год). Положительное влияние на рост и развитие растений оказывает внесение удобрений (особенно N и P), посев в междурядьях люцерны, введение в культуру ольхи черной¹⁵⁶. В последние годы для облесения также используются отвалы открытой добычи фосфоритов, известняка и других полезных ископаемых¹⁵⁷.

С 1960 г. проводятся лесопосадки на отвалах открытых разработок угля, огнеупорных глин, строительных материалов в Подмосковном угольном бассейне. Специфика рекультивационных работ здесь, как уже указывалось, обусловлена большим содержанием фитотоксичных сульфидизированных пород во вскрышной толще. Установлено, что приживаемость, рост и развитие древесных и кустарниковых пород на отвалах находятся в прямой зависимости от процентного содержания сульфидизированных пород в поверхностном слое отвалов. Зайцевым Г. А.¹⁵⁸ разработана классификация пригодности грунтосмесей к биологической рекультивации по процентному содержанию в них сульфидизированных пород, с чем связаны и особенности рекомендаций по лесной рекультивации для Подмосковного бассейна¹⁵⁹. На потенциально плодородных породах возможно выращивание сосны обыкновенной, дуба черешчатого, лиственницы сибирской, березы бородавчатой, тополей, акации желтой, клена татарского, смородины золотистой, жимолости татарской и др. При наличии примеси сульфидсодержащих пород до 20 % лучше всего себя зарекомендовали ольха серая, береза, тополи, смородина золотистая. При более высоком содержании токсичных пород необходима их химическая мелиорация или перекрытие породами, пригодными для выращивания леса.

¹⁵⁶ Kaar E., Lainoja L., Luik H., Raid L., Vaus M. Polevkivi karjaärde rekultiveerimine. Kir. Talin: Valgus, 1971. S. 115; Kaar Э. Об удобрении лесных культур на выравненных отвалах в эстонской ССР // Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972. С. 114–124; см. Симпозиум по вопросам..., 1970.

¹⁵⁷ См. Рекультивация земель в СССР..., 1973; Сарв И.В. Облесение фосфоритных карьеров // Лесное хозяйство, 1973, № 6. С. 73–75.

¹⁵⁸ Зайцев Г.А. Лесная рекультивация территорий, нарушенных промышленностью. Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. М., 1970.

¹⁵⁹ См. Зайцев Г.А., 1970; см. Моторина Л.В., 1973; см. Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Ижевская Т.И., Савич А.И., Чеклина В.Н., 1969; Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Маркин С.А., Рогов И.Н. Лесовосстановление на отвалах открытых разработок полезных ископаемых // Тульские леса. Тула, 1971. С. 181–198.

Значительное влияние на рост и развитие древесных и кустарниковых пород оказывают удобрение и посев в междурядьях донника, увеличивающего прирост на песчаных породах в два раза.

Хорошие результаты получены при выращивании сосны и других пород на отвалах фосфоритных рудников. В литературе приводятся данные о зависимости роста и развития древесных и кустарниковых видов растений от свойств грунтов, а также даются рекомендации по агротехнике их выращивания¹⁶⁰.

На Украине производственное облесение отвалов начато с 1961 г. За последние десять лет облесено свыше 800 га. Основные объекты облесения – отвалы открытых разработок угля, железной руды, марганца в Черкасской, Днепропетровской, Донецкой и других областях. В связи с большим разнообразием вскрышных пород разработана классификация пород по степени пригодности к лесоразведению. Данько В. Н.¹⁶¹ выделяет 3 класса лесопригодности. Автор¹⁶² рекомендует проводить сплошную планировку отвалов с уклоном не более 3° при создании массивных лесонасаждений на отвалах для обеспечения широкой механизации лесокультурных работ и предупреждения водной эрозии. На породах тяжелого механического состава, а также на заросших грунтах легкого механического состава рекомендуется сплошная осенняя вспашка на глубину 25–27 см. На начальных этапах следует выращивать нетребовательные, почвоулучшающие деревья и кустарники. Лучшие показатели роста отмечены у акации белой, лоха узколистного, ольхи, облепихи татарской. Доказана возможность выращивания на отвалах около 40 видов древесных и кустарниковых растений. Для обеспечения оптимальных условий развития семян и длительного

¹⁶⁰ Хватов Ю.А. Исследования лесных культур на отвалах открытых разработок полезных ископаемых в центральных областях. М.: Лесная промышленность, 1971. С. 54; Хватов Ю.А. Исследования лесных культур на почвах открытых разработок полезных ископаемых в центральных областях // Защитное лесоразведение и лесные культуры. М., 1971. С. 178–197.

¹⁶¹ Данько В.Н. Лесная рекультивация отвалов открытых разработок Украины, их состояние и задачи // Прогнозирование использования земельных ресурсов УССР и Молдавской ССР. Ч. 2. Киев, 1971. С. 165–170; Данько В.Н. Лесная рекультивация отвалов в Никопольском марганцево-рудном бассейне УССР // Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972. С. 90–102.

¹⁶² См. Данько В.Н., 1971; см. Данько В.Н., 1972.

механизированного ухода рекомендуется проводить посадку с шириной междурядий 2,5–3,0 м и размещением в рядах на расстоянии 0,6–0,7 м¹⁶³.

На Украине, как и в Подмосковном бассейне, при наличии сульфидсодержащих пород в отвалах наблюдается зависимость роста и развития древесных и кустарниковых растений от процентного содержания этих пород¹⁶⁴.

На железорудных карьерах Курской магнитной аномалии хорошие результаты дало облесение песчаных и песчано-меловых гидроотвалов и отвалов, отсыпанных транспортным и бестранспортным способами¹⁶⁵. Для борьбы с водной и ветровой эрозией проводили закрепление склонов и поверхности посадкой тополя (черенками), ивы, белой акации, лоха узколистного, облепихи, а также посев травосмесей в клетки, выложенные дерниной. Для улучшения условий роста насаждений рекомендуется в культуры вводить до 50 % акации желтой и ольхи серой. Наиболее эффективные результаты получены при весенней посадке. В 15–20-летних культурах в слое 0–10 см наблюдалось увеличение гумуса на 1,3–2,42 %¹⁶⁶.

В посадках белой акации 10-летнего возраста на отвалах Чиатурских марганцевых разработок (Грузия) образовался мертвый покров мощностью 2,0–2,5 см, гумусовый горизонт – 3 см и переходный горизонт – 10 см¹⁶⁷. Высокая приживаемость отмечена и у других культур (тополь, каштан обыкновенный,

¹⁶³ Вербин А.Е. Опыт лесной рекультивации отвалов промышленных разработок в Донецкой области // Лесоводство и агролесомелиорация. Республик. Межведомственный тематический научный сборник, 1973. Вып. 32. С. 107–110; Вербин А.Е., Келеберда Т.Н. Опыт рекультивации пород разведением лесных культур // Почвоведение, № 2, 1974. С. 116–120; Данько В.Н. Лесная рекультивация отвалов открытых горно-промышленных разработок Украины // Лесоводство и агролесомелиорация, 1969, № 18. С. 7–11; см. Данько В.Н., 1971; см. Данько В.Н., 1972; Данько В.Н., Маковский Г.М. О подборе пород для облесения отвалов открытых разработок марганца в Днепропетровской области // Облесение неудобных земель. Лесоводство и агролесомелиорация. Киев: Урожай, 1969. Вып. 18. С. 12–16; Жеребцов В.Г., Петренко В.А. Рост древесных и кустарниковых пород на землях, вышедших из-под открытых горных разработок // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 1972, № 2. С. 29–33; Ковальчук В.П., Фендрих Л.А. Рекультивация відвалів в гірничорудних виробок Криворіжжя // Вісник с.-х. науки, 1972, № 7. С. 79–81.

¹⁶⁴ Кириллова Т.Б., Овчинников В.А., Федосеева Т.П. К вопросу о прогнозировании земель, нарушенных горной промышленностью // Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972. С. 143–153.

¹⁶⁵ Панков Я.В. Из опыта биологической рекультивации отвалов // Лесное хозяйство, 1973, № 6. С. 71–73; Панков Я.В. Рекультивация отвалов Курской магнитной аномалии древесно-кустарниковой и травянистой растительностью // Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Воронеж, 1973; Панков Я.В., Трещевский И.В. Рекультивация отвалов Курской магнитной аномалии фитомелиоративными средствами // Защитное лесоразведение в Центрально-черноземных областях. Воронеж, 1972. С. 81–99; Трещевский И.В., Панков Я.В. Некоторые вопросы биологической рекультивации отвалов Курской магнитной аномалии // Рекультивация земель в СССР. М., 1973. С. 220–238; см. Хватов Ю.А., 1971.

¹⁶⁶ См. Бурякин А.М., Стифеев А.И., 1973.

¹⁶⁷ См. Разработка способов..., 1973.

лесная груша, клен полевой, сосна черная и т. д.). В посадках активизировалось развитие микрофлоры, особенно под акацией белой¹⁶⁸.

Широкое развитие (преимущественно для лесохозяйственных целей) получает рекультивация в Сибири (Кузбасс, Красноярская и Иркутская области) и на Дальнем Востоке. Основными породами, которые используются здесь для создания лесонасаждений на отвалах, являются сосна обыкновенная и береза бородавчатая. Менее распространены вяз перистоветвистый, ясень зеленый, клен ясенелистный. Посадки проводятся ручным и механизированным способами. В качестве опыта проведен посев сосны на площади 25 га. Лучшие результаты дал ранневесенний посев по снегу¹⁶⁹.

В Райчихинском бурoughольном бассейне, где облесено свыше 550 га отвалов, наиболее перспективной культурой оказалась сосна обыкновенная. В литературе приведены результаты исследования изменений в ходе почвообразовательного процесса на отвалах разных возрастов¹⁷⁰.

4.5. Закрепление и озеленение поверхности и откосов отвалов, процессы естественного зарастания

При рекультивации ландшафтов, поврежденных промышленной деятельностью, часто большое внимание уделяется задачам санитарно-гигиенического характера, предотвращению водной и ветровой эрозии отвалов, вызывающих загрязнение окружающей среды.

В шт. Мичиган (США) при добыче железной руды открытым способом и ее обогащении образуются отвалы, подверженные сильной ветровой эрозии. Для закрепления их используются посевы травосмесей (*Medicago sativa*, *Lolium multiflorum*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens*) и посадки древесных и кустарниковых растений. Для улучшения условий роста растений и закрепления поверхности вносились удобрения и опилки (в верхний слой до 15 см). Переме-

¹⁶⁸ См. Симпозиум по вопросам..., 1970.

¹⁶⁹ Баранник Л.П. Лесная рекультивация отвалов угольных карьеров в южном Кузбассе // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука, 1970. С. 125–128; см. Баранник Л.П., 1971.

¹⁷⁰ Трегубов Г.А. Рекультивация отвалов Райчихинского бурoughольного месторождения // Почвоведение, 1974, № 1. С. 121–124.

шивание опилок с грунтом не дало положительных результатов¹⁷¹. В США и Канаде широко используется мульчирование соломой, древесной стружкой, лесной подстилкой. Для закрепления поверхности пользуются также химическими закрепителями и структурообразователями, комбинациями химических и вегетационных методов, нанесением небольшого слоя удобренной почвы для биологической активизации грунта и ускорения зарастания¹⁷². Применяют устройство террас на откосах и гидропосев трав¹⁷³. Для озеленения рекомендуется использовать быстрорастущие виды растений, устойчивые к вредителям и болезням, с хорошо развитой корневой системой. Из древесных и кустарниковых пород для этих целей часто используются различные виды ивы, тополей, акация белая, ольха, облепиха. Изучение корневых систем некоторых древесных и кустарниковых растений с точки зрения глубины проникновения и закрепления поверхности показало, что для этих целей наиболее пригодны акация белая, ольха серая и черная, ивы, тополь¹⁷⁴.

Опыты, проведенные в ГДР, Польше, СССР (Эстония и Украина) показали, что одним из наиболее перспективных видов для закрепления склонов является облепиха (*Hipporhae rhamnoides*). Ценность этого растения увеличивается также в связи с возможностью использования ее плодов, отличающихся высоким содержанием витаминов и хорошими вкусовыми качествами.

В Польше для закрепления склонов применяется террасирование, создание плетеных заграждений, посадка горца сахалинского, покрытие дерном¹⁷⁵.

В СССР, как и в других странах, где карьеры и отвалы открытых разработок часто находятся вблизи населенных пунктов, проблема озеленения отвалов имеет не только санитарно-гигиеническое, но и эстетическое значение. Озеленение в этом случае носит обычно защитно-декоративный характер (как напри-

¹⁷¹ См. Shetron S.G., Duffek R., 1970.

¹⁷² Alley G.W. Artist-farmer pioneers use of windbreaks on muckland // Soil Conserv., 1969, v. 35, N 3. P. 62–63; Atkinson W.J. A Simple technique for assessing regeneration after mining on Coastal Sands // Soil Conservation Service, 1972, v. 2. P. 98–101; см. Dean K.C., Havens R., Valdez E.G., 1971; Hill I. R. C. The mine dump problem in Rhodesia, 1972 // Rhodesia J., 1972, v. 69, N 4. P. 65–73; см. Reclamation: U. S. Steel..., 1971; Rogers A. Revegetation of Derelict Land // Agriculture, 1971, 78, N 6. P. 245–248; Smith G.S. Coal mining company builds. New land from coal refuse // Soil Conserv., 1972, v. 37, N 10. P. 230–231.

¹⁷³ См. Curtis W.R., 1971.

¹⁷⁴ См. Симпозиум по вопросам..., 1970.

¹⁷⁵ См. Greszta J., Morawski S., 1970; см. Greszta J., Morawski S., 1972; см. Kamieniecki F., Maleszewski St., 1969.

мер, в Кривом Роге). Для улучшения условий роста и развития растений большое значение имеет внесение удобрений¹⁷⁶. Для закрепления и озеленения отработанных уступов в глубоких многоуступных карьерах используют обычно наименее прихотливые виды растений из числа местной флоры. По этому же принципу подбирается и необходимый ассортимент видов для закрепления поверхности отвалов с целью их озеленения¹⁷⁷.

Специфические особенности имеет рекультивация земель, нарушенных при открытой добыче меди, цинка, свинца, серы и других полезных ископаемых, повышенное содержание которых в отходах является токсичным не только для растений, но и для человека и животных. В связи с этим озеленение и консервация таких территорий представляет значительные трудности. В ряде стран проводится изучение и подбор наиболее устойчивых к этим условиям растений, разрабатываются способы обезвреживания токсичных элементов¹⁷⁸. Методы озеленения и консервации таких отвалов, по-видимому, в значительной мере аналогичны методам консервации хвостохранилищ, отстойников и т. п.

На отвалах открытых разработок в наиболее благоприятных условиях (по рельефу, составу пород, водному режиму и т. д.) идет процесс естественного зарастания. В большинстве случаев это процесс длительный, проходящий ряд сукцессионных стадий. Изучение самозарастания отвалов при рекультивации нарушенных территорий способствует познанию механизма формирования биогеоценозов в специфических техногенных условиях, дает возможность выявить и использовать индикационную роль растений, служит источником под-

¹⁷⁶ Логгінов Б.И., Кірічок Л.С., Корецький Г.С. До добору деревних порід для засихно-декоративного заліснення териконів вугільних шахт Донбасу // Наук. проці Укр. сільськогоспод. акад., 1972. Вып. 64. С. 41–52; Логгінов Б.И., Кірічок Л.С., Корецький Г.С. Умови росту лісонасаджень та результати дослідів на териконах Донбасу // Наук. праці Укр. сільськогоспод. акад., 1972. Вып. 64. С. 39–45; Логгінов В.И., Корецький Г.С., Киричек Л.С. Использование вегетационного опыта при подпоре пород для лесонасаждения на отвалах Криворожья // Лесовозобновление и защитное лесоразведение. Науч. тр. УСХА. Киев, 1973. С. 4–6.

¹⁷⁷ См. Сабо-Гордиенко Н.П., Сабо Б., 1973; Рева М.Л., Бакланов В.И. Почвообразовательные процессы на отвалах каменноугольных шахт Донбасса // Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972. С. 103–113; см. Симпозиум по вопросам..., 1970.

¹⁷⁸ Antonovics Janis. Population dynamics of the grass *Anthoxanthum odoratum* on a zinc mine // J. Ecol., 1972, v. 60, N 2. P. 351–365; Breeze V.G. Land reclamation and river pollution problems in the Croal valley caused by waste from chromate manufacture // J. Appl. Ecol., 1973, v. 10, N 2. P. 513–525; Gadgil R.L. Tolerance of heavy metals and the reclamation of industrial waste // J. Appl. Ecol., 1969, v. 6, N 2. P. 247–259; Little P., Martin M.H. A survey of zinc, lead and cadmium in soil and natural vegetation around a smelting complex. Environ. Pollut., 1972, N 3. P. 241–234; см. Разработка способов..., 1973.

бора наиболее устойчивых и неприхотливых видов, пригодных для целей рекультивации.

В Подмосковном бассейне (лесостепная зона) установлен характер формирования растительного покрова и зависимость распределения определенных растительных группировок и отдельных видов растений от состава пород отвалов и других экологических условий. Прослежена динамика растительности на отвалах разного возраста. Результаты исследований использованы при разработке рекомендаций по рекультивации¹⁷⁹.

Охарактеризованы закономерности формирования естественной растительности на отвалах открытых разработок угля в Челябинском бассейне (Урал), в Кузбассе, на Дальнем Востоке¹⁸⁰. Зависимость формирования естественного растительного покрова от состава пород и возраста отвалов прослежена на ряде угольных и марганцевых месторождений Украины¹⁸¹. При зарастании отвалов, сложенных лёссовидными породами, можно проследить естественный ход почвообразовательного процесса, накопление питательных элементов и гумуса. Установлено, что на отвалах 10-летнего возраста максимальное содержание гумуса (2,1 %) и азота (0,38 кг/100 г) отмечается в средней трети склона северо-восточной экспозиции, где в основном распространены растения из семейства бобовых (донник, чина, вязель). Большое влияние на ход зарастания и поч-

¹⁷⁹ Моторина Л.В. Естественное зарастание отвалов открытых разработок // Охрана природы на Урале. Вып. 7. Свердловск, 1970. С. 118–122; см. Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Савич А.И., Чеклина В.Н., Овчинников В.А., Данилов И.Я., 1969; Моторина Л.В., Ижевская Т.И. К динамике естественной растительности на отвалах угольных карьеров в Подмосковном бассейне // Научные основы охраны природы. М., 1973 Вып. II. С. 119–129; см. Моторина Л.В., Чеклина В.Н., Ижевская Т.И., 1971.

¹⁸⁰ Баранник Л.П. Естественное зарастание угольных отвалов в Кузбассе. (На примере Байдаевского карьера) // Охрана горных ландшафтов Сибири. Новосибирск: Наука, 1973. С. 52–58; Малютенко Г.А., Никольская В.В. Естественные процессы развития и рекультивации рельефа отвалов Райчихинского бурогоугольного месторождения // Природа и человек. Владивосток, 1973. С. 142–148; Тарчевский В.В. Взаимоотношения растений как основа формирования фитоценозов в промышленных отвалах // Растения и промышленная среда. Учен. записки, № 94. Сер. биол., вып. 5, Свердловск, 1970; Тарчевский В.В., Чибрик Т.С. Естественная растительность отвалов при открытой добыче каменного угля в Кузбассе // Растения и промышленная среда. Учен. зап. № 94, Сер. биол., вып. 5. Свердловск, 1970. С. 65–77.

¹⁸¹ См. Бекаревич Н.Е., Горобец Н.Д., Колбасин А.А., Масюк Н.Т., Пистунов Н.И., Сидорович Л.П., Узбек И.Х., 1971; Бондарь Г.А. Биоэкологический анализ восстанавливающихся фитоценозов различных вскрышных пород Александровской группы бурогоугольных карьеров // Вопросы биологии, селекции и агротехники полевых и плодовых культур. Харьков, 1971. С. 99–100; Бондарь Г.А., Додатко Э.Л. Динамика растительного покрова при естественном зарастании грунтов отвалов и открытых разработок в Днепровском бурогоугольном бассейне // Тр. Днепропетровского с.-х. ин-та, 1973, т. 18; см. Масюк Н.Т., 1968; Стуаков В.П., Луцков Ф.С. Динаміка поширення бур, янгової рослинності на угіддях після гірнично-хімічних розробок // наукові праці, т. 34, 1972. С. 152–156; см. Рекультивация земель в СССР..., 1973.

вообразовательный процесс оказывает микрорельеф¹⁸². Выделены стадии сукцессий в зависимости от экологических условий на различных типах отвалов в ЧССР, ГДР и ФРГ¹⁸³.

Особую категорию представляют нарушения земель в результате добычи золота и других полезных ископаемых дражным или экскаваторно-гидравлическим способом. Такого рода нарушения широко распространены в долинах рек Сибири и Урала. Изучение процессов естественного восстановления растительного и почвенного покрова показало существенную разницу в их прохождении на отвалах крупнофракционного и мелкофракционного состава¹⁸⁴. При разработке методов рекультивации этих территорий на горнотехническом этапе учитывается необходимость такого формирования отвалов, при котором на их поверхности укладываются породы, пригодные для биологического освоения.

А. П. Травлеев, В. А. Овчинников, В. Н. Зверковский, Н. Н. Цветкова,
А. Г. Лындя

**Биогеоценотический покров Западного Донбасса,
его техногенная динамика и оптимизация: Учеб. пособие.**
Днепропетровск : ДГУ, 1988. (С. 22–29).

4.2. Классификация отвальных пород по пригодности для биологической рекультивации

Отечественный и зарубежный опыт восстановления нарушенных земель со всей очевидностью показывает «что важнейшей основой для выбора направления и разработки оптимальной технологии рекультивационных работ является классификация отвальных пород по их пригодности для биологического освоения.

¹⁸² См. Етеревская Л.В., 1972.

¹⁸³ См. Симпозиум по вопросам..., 1970; Bauer H.J. Untersuchungen zur biozöologischen Sukzession im ausgekohlten Kölner Braunkohlenrevier // Natur und Landschaft, 1970, Bd. 45, N 8. S. 210–215; Bauer H.J., Prautzsch H.J. Sekundäre Naturbiotope einer Sandgrube // Natur und Landschaft, 1973, Bd. 48, N 10. S. 285–290; Diekjöbst H., Ant H. Der Vegetationskomplex des Neuengesecker Steinbruchs im Lohnerklei bei Soest (Westf.) // Natur und Heimat (BRD), 1972, v. 32, N 3. P. 65–74; см. Peucker H., 1970; см. Wünsche M., Schubert A., Lorenz W.-D., 1970.

¹⁸⁴ Максимова В.Ф. Восстановление растительного покрова техногенных ландшафтов Верхней Колымы // Вестник Московского ун-та, География, 1972, № 4. С. 69–76.

В исследованиях на нарушенных землях обращается внимание на анализ среды обитания растений, и в первую очередь на классификацию лесорастительных условий рекультивируемых территорий¹⁸⁵. Эти типологии, как правило, имеют региональный характер и основываются на раздельном учете форм мезорельефа нарушенной поверхности, состава и свойств пород в отвалах, их гидрологии, степени покрытия растительностью и т. д. Не всегда учитывается весь комплекс факторов, иногда используется только часть их. Лишь некоторые классификации предусматривают прогноз использования нарушенных территорий, и тогда последние систематизируются по степени пригодности к различным видам хозяйственного освоения¹⁸⁶. Часть классификаций вскрышных пород опирается на оценку их агрохимических и агрофизических свойств по значению для роста и развития растений¹⁸⁷. В их числе используются преимущественно показатели гранулометрического состава и физических свойств, кислотности, обеспеченности элементами питания (N, P, K и др.) и микроэлементами. В ряде случаев за основу классификации принимается минералогический состав пород¹⁸⁸.

Единая классификация имеет основополагающее значение для картирования распространения различных типов вскрышных пород во всех разрабатываемых и подлежащих разработке месторождениях. Задача разработки методики и практического осуществления такого картирования становится все более актуальной.

Единая общесоюзная классификация вскрышных и вмещающих пород разработана специалистами ВНИИприрода совместно с институтом Союзгипролесхоз, ГИЗР и ВНИИС при участии многих других организаций и научных учреждений в соответствии с планом Государственной стандартизации в области охраны природы на 1976–1980 гг.

¹⁸⁵ Овчинников В.А., Старчевский И.В. Комплексность исследований по рекультивации земель, нарушенных карьерами. Охрана природы на Урале. Свердловск: Изд-во АН СССР, 1970. С. 96–99.

¹⁸⁶ Колесников Б.П., Моторина Л.В. Проблемы рекультивации земель // Природа. 1976. № 4. С. 61–69.

¹⁸⁷ Чеклина В.Н., Савич А.П. О влиянии фитотоксической супеси на некоторые свойства чернозема // Почвоведение. 1967. № 11. С. 120–125.

¹⁸⁸ Горбунов Н.И., Орлов В.Н., Шульга С.А., 1975.

Основой для разработки стандарта «Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель» послужила трехчленная обобщенная схема классификации горных пород ВНИИприрода¹⁸⁹. В процессе работы над стандартом данная схема была существенно переработана с учетом новых сведений о свойствах вскрышных пород, возможности их использования для целей биологического восстановления земель. Откорректированы количественные показатели пород, входящих в различные классификационные выделения.

Согласно общепринятой оценке вскрышных и вмещающих пород в Государственном стандарте все породы подразделяются на три основные группы по степени их пригодности к биологической рекультивации: пригодные, малопригодные и непригодные.

Группа пригодных пород включает в себя плодородный слой почвы и подгруппу потенциально плодородных пород – рыхлые горные породы, благоприятные для произрастания на них растений по комплексу физических свойств и химическому составу. Группа малопригодных пород представлена тремя, а группа непригодных пород – двумя подгруппами. Этим самым выделяются породы, неблагоприятные для выращивания растений по физическим свойствам, химическому составу, а также по комплексу этих признаков.

Породам каждой из семи выделенных подгрупп дана краткая инженерно-геологическая характеристика. Это должно облегчить горнякам классифицирование горных пород с использованием в работе данных геологической разведки. Отнесение пород к той или иной группе пригодности проводится на основании восьми наиболее существенных и вместе с тем простых в определении показателей химического и гранулометрического состава. Это активная реакция (рН водн.), сумма токсичных солей, содержание гипса и карбонатов, количество подвижного алюминия, степень солонце-ватости пород (количество Na, % от емкости поглощения), содержание гумуса, физической глины. В отдельной

¹⁸⁹ Савич А.И. К вопросу о классификации вскрышных пород для биологической рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, 1974. С. 124–130.

графе схемы указано в общем виде возможное использование пород каждой подгруппы для биологической рекультивации.

4.3. Основные направления и задачи рекультивационных работ

Различают следующие направления рекультивации нарушенных земель в зависимости от последующего использования:

1. Сельскохозяйственное – под пашню, луга, пастбища, многолетние насаждения.
2. Лесохозяйственное – лесопосадки эксплуатационного и специального назначения.
3. Водохозяйственное – водоемы различного назначения (водохранилища, пруды для разведения рыбы, дичи и т. д.).
4. Рекреационное – парки, спортивные бассейны, пляжи и т. д.
5. Архитектурно-планировочное – лесонасаждения, посевы луговых трав (газоны), обводнение пониженных участков как обязательные элементы рекультивации¹⁹⁰.

Рекультивация земель осуществляется в несколько последовательных стадий и этапов:

I этап – подготовительный: обследование нарушенных территорий, изучение специфики условий (геологическое строение, состав пород, прогноз динамики гидрологических условий и т. д.), определение направлений рекультивации и целевого использования рекультивируемых земель, выбор методов работы;

II этап — горнотехническая подготовка территории. Включает рациональное формирование поверхности отвалов, карьеров и т. д. с учетом требований целевого использования. Например, создание отвалов оптимальной структуры, разравнивание поверхности. Нанесение на поверхность плодородных и потенциально плодородных почв, формирование ложа водоемов и т. д.

III этап — биологическая рекультивация и переход к целевому использованию рекультивированных территорий. Сюда входит окончательное восста-

¹⁹⁰ Федосеева Т.П. Рекультивация земель. М.: Колос, 1977.

новление плодородия и биологической продуктивности нарушенных земель, создание сельскохозяйственных и лесохозяйственных угодий, разведение рыбы в водоемах, дичи в созданных лесах и т. д.

В СССР первые попытки озеленения шахтных отвалов (терриконов) предприняты в Донбассе в 50-х гг. текущего столетия. Особенно интенсивное развитие эти работы приобрели в последние 10 лет. Исследования показали, что условия для естественного зарастания старых терриконов создаются только по прошествии 30–50 лет. В Донбассе 86 % терриконов лишены растительности, 10 % – заросли частично и только 4 % имеют растительный покров.

Из всего количества нарушенных земель на роль отвалов, вскрышные породы которых сравнительно изучены, приходится всего лишь 6 %. До 28 % всех нарушенных площадей составляют земли предприятий цветной металлургии, свойства субстратов которых почти не исследованы. Более 20 % составляют карьеры, включая и очень глубокие. Около 15 % приходится на земли, для которых характерно наличие скальных пород. В перспективе возможно усложнение форм нарушения земель за счет увеличения глубины карьеров и повышения в отвалах содержания коренных, в том числе скальных пород.

Приемы хозяйственного освоения земель, нарушенных горными разработками, должны быть дифференцированы. Согласно советскому земельному законодательству промышленные предприятия и строительные организации обязаны снимать с отведенных под разработку земель плодородный гумусированный слой и использовать его в дальнейшем при рекультивации. В зоне бедных подзолистых почв и в засушливых условиях, например и Карагандинском угольном бассейне, снятие и складирование маломощного гумусированного слоя считается нерациональным. В то же время в лесной, лесостепной, степной зонах создание участков с насыпным слоем почвы может быть эффективным. Они могут иметь универсальное использование, включающее возделывание зерновых и других ценных сельскохозяйственных культур.

В СССР инструктивными указаниями и рекомендациями для создания полноценных пахотных угодий предусматривается нанесение гумусированного

слоя мощностью 40–50 см. В Великобритании и Австралии обязательным условием успешной рекультивации считают нанесение на спланированную поверхность гумусированного слоя почвы мощностью не менее 30 см. Н. И. Горбунов, Г. В. Захарьина, Т. Г. Зарубина (1978) предлагают не наносить гумусированный слой, а вносить и запахивать на глубину до 30 см в таком количестве, чтобы во вновь созданном пахотном слое было не менее 1 % гумуса. Наибольшего успеха в проведении коренной химической мелиорации этих пород добились в ГДР, где разработано три основных метода химической мелиорации сульфидсодержащих пород, которые постоянно совершенствуются и модифицируются. Метод Белен включает известкование 60-сантиметрового слоя и применение полного минерального удобрения, метод Домсдорф – внесение бурогоугольной золы, метод Койне – использование сточных бытовых вод.

В СССР горнодобывающей промышленностью нарушено около 2 млн. га земель. По видам минерального сырья и торфа они распределяются следующим образом: торф – 900 тыс. га, цветные металлы – 520 тыс. га, нерудное строительное сырье – 65 тыс. га, железные и марганцевые руды – 60 тыс. га.

По данным министерства сельского хозяйства СССР на 1.01.1985 г. в нашей стране было рекультивировано 1 млн. 254 тыс. га нарушенных земель, из которых 32 % возвращено под пашню, 31 % – под сельскохозяйственные угодья, 27 % – под лесные насаждения и 10 % – под водоемы, строительные объекты и др.

Объем вскрышных работ на карьерах страны в настоящее время составляет около 5 млрд. м³ в год, массовых земляных работ по обеспечению строительства – более 22 млрд. м³ в год, протяженность магистральных трубопроводов – около 150 тыс. км. Добыча открытым способом каждого миллиона тонн железной руды сопровождается нарушением от 14 до 640 га земель, марганцевой руды – от 76 до 600 га, угля – от 2,6 до 43 га, руд для производства минеральных удобрений – от 22 до 97 га и т. п.

Задания по проведению исследований по рекультивации земель были предусмотрены Государственным планом экономического и социального развития СССР.

По материалам выполненных исследований разработаны нормативные и инструктивно-методические документы, в том числе ГОСТы, регламентирующие выполнение рекультивационных работ и способствующих обеспечению высоких темпов их развития.

Приведем общие требования к рекультивации земель согласно ГОСТ 17.5.3.04-83.

Общие положения

1. Рекультивации подлежат нарушенные земли всех категорий, а также прилегающие земельные участки, полностью или частично утратившие продуктивность в результате отрицательного воздействия нарушенных земель.

Рекультивация земель должна являться составной частью технологических процессов, обслуживающих нарушение земель.

2. Разработка проектов рекультивации нарушенных земель должна проводиться с учетом следующих факторов:

природных условий района (климата, почв, геологических и гидрологических условий, растительности);

расположения нарушенного (нарушаемого) участка;

перспективы развития района разработок;

фактического или прогнозируемого состояния нарушенных земель к моменту рекультивации (площади, формы техногенного рельефа, степени естественного зарастания, современного перспективного использования нарушенных земель, наличия плодородного слоя почвы и потенциально плодородных пород, подтопления, иссушения, эрозионных процессов, уровня загрязнения почвы);

показателей химического и гранулометрического состава, агрохимических и агрофизических свойств, инженерно-геологической характеристики вскрышных и вмещающих пород и их смесей в отвалах в соответствии с требованиями ГОСТ 17.5.1.03-78 г.;

хозяйственных, социально-экономических и санитарно-гигиенических условий района размещения нарушенных земель;

срока использования рекультивированных земель (возможность повторных нарушений);

охраны окружающей среды от загрязнения ее пылью, газовыми выбросами и сточными водами до установленных норм ПДВ и ПДК.

Выбор направлений рекультивации определяется в соответствии с требованиями ГОСТ 17.5.12-78 г.

3. Нарушенные земли должны быть рекультивированы преимущественно под пашню и другие сельскохозяйственные угодья.

Если рекультивация земель в сельскохозяйственных целях не целесообразна, создаются лесонасаждения с целью увеличения лесного фонда, оздоровления окружающей среды, создания рекреационных зон или защиты земли от эрозии.

4. Технологические схемы производства горных пород должны предусматривать:

формирование верхних слоев отвалов из пород, пригодных для биологической рекультивации;

снятие и транспортировку плодородного слоя почвы, его складирование и хранение или нанесение на рекультивируемые поверхности;

селективную разработку потенциально плодородных почв и их селективное отвалообразование при наличии во вскрыше токсичных и других, непригодных для биологической рекультивации, пород;

формирование оптимальных по форме и структуре негорящих и устойчивых отвалов шахт, карьеров, обогатительных фабрик, электростанций и других промышленных предприятий;

осушение отвалов, образованных средствами гидромеханизации.

5. При снятии, складировании и хранении плодородного слоя почвы должны приниматься меры, исключающие ухудшение его качества и предотвращающие эрозионные процессы.

6. Внешние породные отвалы, хвостохранилища, золо-, шлаконакопители и другие промышленные отвалы должны располагаться преимущественно на неудобных землях (в отработанных карьерах, провалах, оврагах, балках и т. п.) с соблюдением соответствующих санитарных норм и правил, с учетом рельефа местности и господствующих ветров, течения реки и водотоков, расположения населенных пунктов и предприятий, с соблюдением установленных для этих объектов санитарно-защитных зон.

Высоту отвалов и углы откосов устанавливают в каждом конкретном случае с учетом устойчивости слагающих пород и характера использования их поверхности.

Рельеф и форма рекультивированных участков должны обеспечивать их эффективное хозяйственное использование.

7. При формировании внешних отвалов необходимо по границам участка создавать заблаговременно ветрозащитную полосу из быстрорастущих древесных культур с целью уменьшения вредного влияния дефляции пород на окружающую среду.

Требования к рекультивации земель при лесохозяйственном направлении должны включать:

- создание насаждений эксплуатационного назначения, а при необходимости лесозащитного, водорегулирующего и рекреационного назначения;

- создание рекультивационного слоя на поверхности откосов и берм отвалов из мелкозернистого нетоксичного материала, благоприятного для выращивания леса;

- определение мощности и структуры рекультивационного слоя в зависимости от свойств горных пород, характера водного режима и типа лесонасаждений;

- планировку участков, не допускающую развития эрозионных процессов и обеспечивающую безопасное применение почвообрабатывающих, лесопосадочных машин по уходу за посадками;

создание в неблагоприятных почвенных условиях лесонасаждений, выполняющих мелиоративные функции;

подбор древесных и кустарниковых растений и соответствии с классификацией горных пород, характером гидрологического режима и других экологических факторов.

Экологические основы рекультивации земель. М.: Наука, 1985.

(С. 38–44)

2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВСКРЫШНЫХ И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД

В середине 60-х годов в связи с развертыванием в нашей стране рекультивационных работ возникла необходимость разработки классификации вскрышных пород по их пригодности для биологической рекультивации. Как установлено практикой, состав и свойства последних являются одним из важнейших показателей для определения вида рекультивации нарушенных земель и внедрения оптимальной технологии вскрышных работ и отвалообразования.

За рубежом к этому времени уже существовало несколько классификаций горных пород по их физическим и химическим свойствам: четырехчленная классификация Хайде для вскрышных пород Рейнского бурогоугольного бассейна¹⁹¹ пятичленная классификация пород бассейна Нидер-Лаузитц, предложенная Кнабе¹⁹². Пятичленная шкала пригодности вскрышных пород была также положена в основу совершенствования технологии горных работ на угольных карьерах ЧССР и использовалась при разработке Генерального плана рекультивации Северо-Чешского бурогоугольного бассейна¹⁹³.

Первая в нашей стране классификация вскрышных пород по пригодности для биологической рекультивации была разработана сотрудниками Центральной лаборатории охраны природы МСХ СССР для условий угольных месторо-

¹⁹¹ Knabe W. Die Rekultivierung im Rheinischen Braunkohlenrevier. Braunkohle, 1963. Bd. 15, N 4. S. 134–143.

¹⁹² Knabe W. Zur Wiederurbarmachung im Braunkohlenbergbau. B.: Veb. Dt Verl. Wissenschaften, 1959.

¹⁹³ Štýs S.B. General rekultivace Severočeskeho hnědouhelného revíru. Ochr. Přízr., 1961. Vol. 16, N 2. S. 39–46.

ждений Подмосковского бассейна¹⁹⁴. С учетом этой классификации были созданы аналогичные классификации для ряда месторождений и бассейнов страны. Имеющиеся классификации в свою очередь послужили основой для создания обобщенной схемы классификации горных пород для всей страны¹⁹⁵.

Установление единых критериев оценки свойств почвенного слоя и вскрышных пород по пригодности для биологической рекультивации обусловлено требованиями проектирования рекультивации на действующих и строящихся предприятиях, необходимостью унификации принципов множества региональных классификаций.

Анализ зарубежного и отечественного опыта классификации вскрышных пород показал, что большинство классификаций, различаясь числом таксономических выделов и региональными особенностями, близки по принципам построения, оценке степени пригодности основных типов горных пород для биологической рекультивации.

Для большинства исследователей главным объектом классификации являются основные типы вскрышных и вмещающих пород, а не их гетерогенные смеси. Это наиболее верный путь решения задачи определения мер по рациональному формированию отвалов с пригодными для биологического освоения породами в поверхностном слое.

В большинстве зарубежных классификаций разделение вскрышных пород по группам пригодности проведено на основе изучения их физических, химических и физико-химических свойств, динамики этих свойств в процессе выветривания, учета результатов вегетационных, лабораторных и полевых производственных опытов. По такому принципу построены классификации для бурогольных бассейнов Рейнского, Нидер-Лаузитц, Северо-Чешского и др.¹⁹⁶.

¹⁹⁴ Чеклина В.Н., Савич А.И. Классификация грунтов вскрыши открытых угольных разработок и возможности их хозяйственного использования // Восстановление земель после промышленных разработок. М.: Колос, 1967. С. 37–54.

¹⁹⁵ Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Ижевская Т.И., Савич А.И., Чеклина В.Н. Методические указания к подготовке технических условий для проектирования рекультивации территорий, нарушенных открытыми горными работами. М.: МСХ СССР, 1971 (1973).

¹⁹⁶ См. Knabe W., 1959; Knabe W., 1963; Štýs S.B., 1961.

Первая созданная в СССР классификация вскрышных пород для Подмосковного бассейна также основывалась на оценке комплекса их физических, химических и физико-химических свойств. Учитывался, кроме того, характер естественного застания отвалов. По этому же принципу строились и все классификации для основных промышленных бассейнов нашей страны¹⁹⁷.

Классификация горных пород Почвенного института им. В. В. Докучаева¹⁹⁸, а также некоторые классификации, предложенные исследователями ГДР¹⁹⁹, основываются главным образом на изучении минералогического состава пород. Оценка особенностей минералогического состава пород позволяет предвидеть ряд основных характеристик продуктов их выветривания, что, несомненно, имеет большое теоретическое и практическое значение. Однако определяющее значение для роста и развития растений на отвалах имеют конкретные физические и химические свойства пород, как сложное производное минералогического состава и других условий, характеризующихся нестабильностью в зоне гипергенеза.

Оценка именно этих свойств, а также направления и скорости их изменения в условиях техногенных ландшафтов и дает возможность установить пригодность пород для биологического восстановления. Учитывая к тому же и несравненно большую легкость определения химических и физических свойств пород по сравнению с минералогическим анализом, следует признать принципы первого способа классифицирования горных пород более приемлемыми для практического использования.

¹⁹⁷ Бекаревич Н.Е., Масюк Н.Т., Узбек И.Х., Пистунов Н.И. Рекомендации по биологической рекультивации земель в Днепропетровской области. Днепропетровск: Проминь, 1969; Попов В.М., Рагим-заде Ф.К., Трофимов С.С. Классификация вскрышных пород Кузбасса по пригодности для целей биологической рекультивации // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука, 1970. С. 25–41; Шикун Н.Л., Етеревская Л.В., Другов А.Н. К разработке технических условий проведения горнотехнической рекультивации на отвалах при открытой добычи полезных ископаемых в Украинской ССР // Симпозиум по вопросам рекультивации нарушенных промышленностью территорий. Лейпциг, 1970. Ч. 1. С. 100–105; Масюк Н.Т. Биологическая классификация вскрышных горных пород Никольского марганцеворудного бассейна и прикладные аспекты ее реализации // Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых. Тарту, 1975 а. С. 208–215.

¹⁹⁸ Горбунов Н.И., Бекаревич Н.Е., Етеревская Л.В., Моторина Л.В., Туник Б.М. Классификация пород по степени их пригодности в сельском и лесном хозяйстве / Почвоведение, 1971. № 11. С. 105–116; Горбунов Н.И., Зарубина Т.Г. Теоретические и практические вопросы рекультивации земель, нарушенных промышленностью в южнотаежной и лесостепной зонах // Освоение нарушенных земель. М.: Наука, 1976. С. 82–99.

¹⁹⁹ Вюнше М. Почвенно-минералогические исследования субстратов отвалов в каменноугольном бассейне южнее города Лейпцига // Разработка способов рекультивации ландшафта, нарушенного промышленной деятельностью. София, 1973. С. 335–339.

Несмотря на разнообразие вскрышных и вмещающих пород, широко варьирующих по генезису, минералогическому составу, химическим и физическим свойствам, число основных типов пород, различающихся по характеру использования при биологической рекультивации, ограничено. Оценки, даваемые авторами классификаций основным типам горных пород, близки между собой.

К высшей категории пригодности относится гумусированный плодородный почвенный слой, обладающий благоприятными для произрастания растений физическими, химическими и агрохимическими свойствами. Общепризнано, что этот слой отличается наибольшим эффективным плодородием. При вскрышных работах он должен селективно сниматься и использоваться для создания на рекультивированных территориях пашни.

Все авторы отдают должное высокому потенциальному плодородию лёссов, лёссовидных суглинков. Эти породы либо включаются в одну классификационную группу с гумусированным почвенным слоем, либо относятся к следующему таксономическому выделу. В ряде классификаций благоприятные по гранулометрическому и химическому составу четвертичные, третичные и более древние по геологическому возрасту суглинки и глины объединяются с лёссовыми породами в одну группу или подгруппу классификаций. Как показывают многочисленные опытные данные, все эти породы могут эффективно использоваться для сельскохозяйственного и лесохозяйственного освоения. Потенциальное их плодородие в ходе биологического этапа рекультивации переходит в эффективное.

Породы легкого гранулометрического состава – пески, гравий, галечник, а также тяжелого – средние и тяжелые глины; породы кислые, солонцеватые, средnezасоленные согласно большинству классификаций относятся к следующей, более низкой категории – к породам малопригодным. Хозяйственное использование малопригодных пород возможно лишь при проведении комплексных мелиоративных мероприятий. После этого на сложенных данными породами отвалах можно создавать сенокосные угодья, выращивать лес.

В абсолютном большинстве классификаций пиритсодержащие, сильнозасоленные и каменистые глыбистые (скальные) породы относятся к низшей категории пород, не пригодных для биологического освоения. В ряде случаев после коренной химической мелиорации эти породы можно использовать в хозяйственных целях. Однако затраты на мелиорацию могут быть столь велики, что целесообразнее изменить технологию вскрышных работ и не выносить такие породы на поверхность отвалов. Скальные и трудновыветриваемые полускальные породы мелиорации не подлежат.

Усовершенствованный вариант схемы классификации вскрышных и вмещающих пород послужил основой для разработки одноименного Государственного стандарта (ГОСТ 17.5.1.03-78). При этом были учтены новые сведения о свойствах вскрышных пород, возможности их использования для целей биологической рекультивации земель. Были откорректированы количественные показатели пород, входящих в различные классификационные выделы.

Все вскрышные и вмещающие породы по этой классификации подразделяются на три основные группы по степени их пригодности для биологической рекультивации: пригодные, малопригодные и непригодные. В группу пригодных пород включены плодородный слой почвы и подгруппа потенциально-плодородных пород. Выделение плодородного почвенного слоя в отдельную подгруппу было обусловлено тем, что по действующим в нашей стране Основам земельного законодательства СССР и союзных республик (1969 г.) при строительстве и добыче полезных ископаемых открытым способом эта наиболее ценная для целей биологической рекультивации часть вскрыши должна селективно сниматься и храниться в целях использования для рекультивации земель и повышения плодородия малопродуктивных угодий. В подгруппу потенциально-плодородных пород вошли рыхлые горные породы, благоприятные для произрастания на них растений по комплексу физических свойств и химическому составу.

Группа малопригодных пород представлена тремя, а группа непригодных пород – двумя подгруппами. В подгруппах выделяются породы, неблагоприят-

ные для произрастания растений: 1) по физическим свойствам, 2) по химическому составу. Кроме того, в группе малопригодных пород выделяется подгруппа пород, неудовлетворительных как по физическим свойствам, так и по химическому составу.

Подгруппы пород, малопригодных по физическим свойствам, малопригодных и непригодных по химическому составу, имеют и более дробные деления. Среди малопригодных по физическим свойствам выделены быстро выветривающиеся полускальные породы и породы легкого, а также тяжелого гранулометрического состава. Породы с неблагоприятным для произрастания растений химическим составом подразделены на кислые, содержащие сульфиды, содержащие легкорастворимые соли, гипс, карбонаты. Породам каждого таксономического выдела низшего порядка дана краткая инженерно-теологическая характеристика: породы связные, несвязные, быстро выветривающиеся полускальные осадочные породы, трудновыветривающиеся скальные, полускальные магматические и метаморфические породы.

В процессе работы над обобщенной схемой было выделено восемь наиболее важных для практики и вместе с тем простых в определении показателей: рН водный, сумма токсичных солей, содержание гипса, карбонатов кальция, подвижного Al, обменного Na, гумуса; сумма фракций менее 0,01 мм. Выбор данных восьми показателей вполне обоснован. В том случае, если хотя бы один из первых шести показателей превышает или становится ниже определенного для него критического значения, породу с полным правом можно отнести к категории непригодных. Для отнесения же породы к группе малопригодных необходимо, чтобы она характеризовалась определенным комплексом показателей химического состава.

Пригодные для биологической рекультивации породы должны обладать, кроме того, определенным гранулометрическим составом. Для разделения пород первой категории на две подгруппы: плодородных и потенциально-плодородных пород – необходим показатель содержания гумуса.

Создание и утверждение ГОСТа по классификации вскрышных и вмещающих пород сделали необходимыми усовершенствование ранее созданной классификации вскрышных пород Подмосковского бассейна, приведение ее в соответствие с требованиями стандарта (табл. 4).

В новом варианте классификации вскрышные и вмещающие породы Подмосковского бассейна подразделяются на три основные группы по степени пригодности для биологической рекультивации: пригодные, малопригодные и непригодные.

К подгруппе плодородных пород первой группы отнесен перегнойно-аккумулятивный горизонт зональных почв черноземного типа (в основном черноземов выщелоченных и оподзоленных) мощностью 60–80 см. Этот слой, обогащенный органическим веществом, характеризующийся агрономически ценной структурой и благоприятным водно-воздушным режимом, обладает наибольшим эффективным плодородием. В ходе вскрышных работ плодородный почвенный слой снимается, складывается и затем используется для создания пашни.

В подгруппу потенциально-плодородных связных пород вошли почвообразующие карбонатный лёссовидные и покровный суглинки, четвертичные и мезозойские суглинки, легкие глины, ожелезненные супеси. По химическим и физическим свойствам эти породы благоприятны для произрастания травянистых и древесных растений.

Отвалы, состоящие из четвертичных суглинков с примесью гумусированной части почвы, отличаются хорошим естественным зарастанием. Результаты полевых опытов на отвалах показали возможность создания на участках, сложенных этими породами, высокопродуктивных сенокосно-пастбищных угодий. Применение высоких доз органических и минеральных удобрений создает предпосылки для использования этих земель под пашню.

К малопригодным по физическим свойствам несвязным породам относятся различной степени ожелезнения кварцевые бессульфидные пески из четвертичных и нижнекарбоновых отложений. Это бесструктурные породы, характе-

ризующиеся неблагоприятным для роста и развития растений водно-воздушным режимом, подверженные водной и ветровой эрозии. Они могут использоваться для биологической рекультивации после мелиоративных мероприятий по улучшению физических свойств – глинования и специальных агротехнических мероприятий.

Во вскрыше угольных карьеров Подмосковного бассейна непригодной по физическим свойствам скальной породой является известняк плотный крупно-глыбистый. К непригодным по химическому составу относятся сульфидсодержащие связные и несвязные породы – темно-серые углистые пески, супеси, суглинки, надугольные глины с пиритом. Лишь после проведения коренной мелиорации (известкование высокими дозами, перекрытие экраном карбонатного лёссовидного суглинка и др.), отвалы сульфидсодержащих пород могут быть использованы в сельском и лесном хозяйстве.

Указанная классификация вскрышных пород, позволяющая систематизировать многообразие экологических условий и их специфику в Подмосковном бассейне, является основой для разработки мероприятий по биологической рекультивации данного и аналогичных регионов.

**ТЕХНОЛОГИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ.
ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЙ ЭТАП РЕКУЛЬТИВАЦИИ.
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП РЕКУЛЬТИВАЦИИ**

Е. П. Дороненко, Г. М. Пикалова, Н. Г. Почтенных, Ю. М. Мотов,
Т. Н. Орешкина

**Опыт рекультивации земель, нарушенных горными работами, на горно-
рудных предприятиях черной металлургии.**

М., 1985 (Обзор по системе Информсталь / ин-т «Черметинформация», вып. 22 (237).
(С. 5–11)

Передовой опыт горнотехнического этапа рекультивации

Многообразие объектов нарушения земель горными работами, а также специфические горнотехнологические и географические условия разрабатываемых месторождений обуславливают необходимость дифференцированного подхода, как к выбору направления рекультивации, так и методам ведения работ на горнотехническом этапе.

Много и успешно работает в этом направлении Орджоникидзевский горно-обогатительный комбинат.

Комбинат разрабатывает западную часть Никопольского месторождения марганцевых руд и является ведущим в отрасли по добыче этого вида сырья открытым способом.

Месторождение представлено докембрийскими кристаллическими породами, древней корой выветривания, осадочными отложениями третичного и четвертичного возрастов.

Предприятие расположено в пределах переходной зоны от северной к южной степи Украины при обилии тепла и света в период вегетации растений, осадков выпадает мало (401 мм). Около 260 дней в году температура воздуха в районе превышает 0 °, период активной вегетации растений при температуре более 10 ° продолжается 165–175 дней. В растительном покрове территории преобладают разнотравно-ковыльные и типчаково-ковыльные степи, формируемые засухоустойчивыми видами злаков. Почвенный покров представлен в

основном обыкновенными и южными черноземами с гумусированной частью профиля мощностью 60–70 см. Встречаются эродированные почвы с укороченным почвенным профилем. Сельскохозяйственная освоенность территории превышает 80 %.

Орджоникидзевскому горно-обогатительному комбинату (ГОК) выделен постоянный земельный отвод в размере 11,2 тыс. га, из которого 10,5 тыс. га представлено сельскохозяйственными угодьями. В их структуре почти 80 % составляли пахотные угодья. На 01.01.85 г. для нужд горного производства использовалось 10,1 тыс. га.

Особенностью горных работ на этом предприятии является высокий коэффициент вскрыши, равный $17 \text{ м}^3/\text{т}$, доходящий до $25 \text{ м}^3/\text{т}$ при мощности вскрышных пород от 35 до 82 м, представленных в основном, рыхлыми породами – суглинками, глинами, песками. Из твердых пород в составе вскрыши присутствует известняк, для разработки которого применяются буровзрывные работы. Разработка рыхлых пород ведется роторными комплексами непрерывного действия производительностью 3–5 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$, которые дополняются шагающими экскаваторами с вместимостью ковшей от 8 до 25 м^3 и экскаваторами, типа прямая лопата с ковшами вместимостью до 8 м^3 . Доля комбината в общесоюзном объеме производства марганца составляет 45 %. Для обеспечения такого объема добычи ежегодно нарушается 230–250 га высокопродуктивных сельскохозяйственных угодий.

Учитывая важность сохранения ценных черноземных почв района и необходимость восстановления нарушаемых при горных работах земель, на Орджоникидзевском ГОКе составлен и планомерно осуществляется комплекс работ, направленный на рациональное использование выделенных земель для рекультивации.

В 1962 г. Днепропетровским сельскохозяйственным институтом и Украинским научно-исследовательским институтом лесного хозяйства по заявкам предприятия были начаты исследования, положенные затем в основу техниче-

ской политики по рекультивации земель на карьерах Орджоникидзевского ГОКа.

Первым этапом исследований была оценка агробиологических свойств вскрышных пород, как основы проведения технического этапа рекультивации. Изучение пород показало, что разрабатываемая толща неоднородна по показателям пригодности для биологического освоения и может быть разделена на 3 четко обособленные группы.

1. Черноземы и их комплексы, средней мощностью 0,5 м.

2. Лессы, суглинки и лессовидные глины, располагающиеся под плодородным слоем до глубины 20 м.

3. Глины средне- и сильно засоленные (третичные), песчаные отложения и известняки.

Если породы первой группы (плодородный слой чернозема) пригодны для возделывания на них всех видов культур, то породы второй группы могут использоваться под лесопосадки, под кормовые или зерновые сельскохозяйственные культуры при условии нанесения плодородного слоя. Породы третьей группы непригодны для биологического освоения и должны укладываться в основание отвалов.

Таким образом, было установлено, что биологическая рекультивация на нарушенных площадях Орджоникидзевского ГОКа возможна на основе селективной отработки пород и складирования их в пределах рекультивационного слоя в соответствии с требованиями биологической рекультивации. Подобный вывод потребовал изменения технологии горных работ. Рекультивация нарушенных земель стала составной частью технологии добычи полезного ископаемого.

Первый этап этого цикла заключался в селективной отработке плодородного слоя на передовом уступе. Затем велись работы по извлечению полезного ископаемого, позднее – работы технического этапа рекультивации (планировка отвалов, нанесение плодородного слоя почвы).

Месторождение отрабатывается по комбинированной системе разработки, которая включает бестранспортную, транспортно-отвальную и транспортную системы.

На карьерах с поточной технологией производства вскрышных работ внедрена трехступенная схема вместо ранее применяемой двухступенной. Первоначально существующая схема ведения вскрышных работ предусматривала отработку верхнего уступа роторным комплексом по транспортно-конвейерной схеме, нижнего – роторным комплексом по транспортно-отвальной схеме.

Новое технологическое решение, предложенное работниками комбината и направленное на максимальную увязку вскрышных и отвальных работ с требованиями биологической рекультивации, состояло в следующем.

Было произведено перераспределение высоты уступов, уменьшена высота первого и второго уступов для роторных экскаваторов. На третий (нижний) уступ установлены шагающие экскаваторы.

При мощности вскрыши более 42 м на карьерах образуется третий передовой уступ. Была установлена целесообразность его разработки роторным экскаватором на конвейерный транспорт. Эта схема работ применяется на карьерах «Запорожский», «Шевченковский», «Северный», «Чкаловский № 1» и позволяет осуществлять селективную выемку и укладку вскрышных пород, максимально удовлетворяя требования биологической рекультивации.

Таким образом, при комбинированной трехступенной системе вскрышных работ нижний уступ разрабатывается по бестранспортной схеме, средний – по транспортно-отвальной, верхний – по транспортной схеме на ленточные конвейеры.

На комбинате разработана и внедрена схема отсыпки отвалов одним ярусом на уровне установки отвальных конвейеров, которая позволяет значительно сократить объем планировочных работ при рекультивации и производить транспортировку плодородного слоя почвы на отвалы технологическим оборудованием: роторный экскаватор – магистральные конвейеры – отвалообразователь.

Для уменьшения объема планировочных работ на карьерах с бестранспортной системой определена оптимальная ширина заходки по руде и вскрыше при минимальном значении суммарного коэффициента переэкскавации (табл. 1 и 2).

Таким образом, главное достоинство применяемых технологических схем на карьерах Орджоникидзевского ГОКа заключается в том, что их внедрение позволило производить наиболее трудоемкие рекультивационные работы основным технологическим оборудованием в процессе добычи полезного ископаемого, вести селективную разработку и укладку вскрышных пород в отвал.

Таблица 1

Зависимость объема планировочных работ от шага передвижки отвалообразователя и ширины заходки

Единицы планируемой поверхности	Объемы планировочных работ при шаге передвижки отвалообразователя, м (в м ³)				
	3	6	9	12	15
1 м ³	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45
1 га	900	1800	2700	3600	4500

Таблица 2

Зависимость объема планировочных работ от ширины заходки

Единицы планируемой поверхности	Объемы планировочных работ при ширине заходки, м (м ³)				
	30	35	40	45	50
1 м ²	1,35	1,57	1,8	2,03	2,25
1 га	13500	15700	18000	20300	22500

Для проведения работ по рекультивации нарушенных земель на комбинате создано хозрасчетное специализированное подразделение на правах цеха с количеством работающих 220 чел., в том числе 25 чел. – инженерно-технических работников. Подразделение укомплектовано следующими механизмами:

Экскаваторы, шт.: ЭШ-6/60, ЭШ-6/45,	7
ЭКГ-4,6	4
Автоскреперы, шт.: 8- и 10-т	32
Бульдозеры, шт.: Т-330, ДЭТ-250, Т-180	19
Автогрейдеры, шт.	3

Технологический автомобильный транспорт представляет цех комбината, находящийся на хозрасчете.

Существующее подразделение выполняет весь комплекс работ технического этапа рекультивации – от снятия плодородного слоя почвы до нанесения его на рекультивируемую площадь и передачи рекультивированных земель колхозам.

Всего на 01.01.85 г. предприятием рекультивировано 3119 га, из них 2441 га передано другим землеиспользователям. Структура рекультивированных земель приведена в табл. 3 по состоянию на 01.01.85 г.

Средняя стоимость 1 га рекультивации – 5,3 тыс. руб. с колебаниями по отдельным годам от 2,5 до 10,5 тыс. руб/га, что объясняется преобладанием того или иного направления рекультивации и соответствующей ему технологии работ на техническом этапе рекультивации.

Значительным затруднением в работах комбината по рекультивации нарушенных земель является усадка отвалов. Проведение работ по нанесению плодородного слоя почвы вслед за планировкой отвалов приводило к возникновению деформаций техногенного рельефа и необходимости проведения ремонтных работ на рекультивированных землях. На комбинате был разработан комплекс инженерно-технических мероприятий по рекультивации, что дало положительные результаты.

Таблица 3

Структура рекультивированных земель на Оржоникидзевском ГОКе

Направление рекультивации	Всего га		
	рекультиви- ровано	передано	находится на балансе предприятия
Всего	3119	2341	778
В том числе:			
сельскохозяйственное	1319	1052	197
в том числе:			
пашня	1032	960	—
другие с/х угодья	287	152	—
лесохозяйственное	955	955	—
рекреационное	76	—	76
строительное	495	—	495
водохозяйственное	274	274	—

Исследованиями, выполненными для карьеров Орджоникидзевского ГОКа, по определению величины и периода усадки отвалов в зависимости от их высоты, механических свойств пород, применяемой технологии вскрышных и отвальных работ были установлены сроки и очередность работ технического этапа и последующей биологической рекультивации. С 1982 г. на комбинате принята двухэтапная система рекультивации, при которой:

- на 1 этапе производится первичная планировка поверхности отвалов и передача их колхозам во временное (на 3–5 и более лет) пользование для возделывания многолетних бобовых трав (люцерны, эспарцета);

- на 2 этапе, после окончания усадки отвалов, производится повторная планировка поверхности и покрытие ее плодородным слоем заданной мощности (как правило, не менее 0,5 м).

После этого земли передаются колхозам под пашню с установлением четырехлетнего мелиоративного периода и выделением 300–400 руб. за каждый передаваемый гектар на затраты по биологической рекультивации.

Внедрение такой системы рекультивации позволяет достичь оптимальных показателей при последующей биологической рекультивации.

В настоящее время на рекультивационных работах применяется более 60 видов различных машин и механизмов, из них около 40 видов используется на горнотехническом этапе.

На Орджоникидзевском ГОКе основным направлением механизации на техническом этапе является использование основного и вскрышного и транспортного оборудования и применение различного вспомогательного землеройного транспортного оборудования, а также специальных машин и механизмов.

Характерным примером, удачного сочетания основного и вспомогательного оборудования при рекультивации является ведение этих работ на Камыш-Бурунском ЖРК. Применение основного технологического оборудования при восстановлении нарушенных земель позволило комбинату уменьшить в 2 раза затраты на рекультивацию 1 га земли.

Работы по рекультивации на комбинате проводятся по следующим двум технологическим схемам:

- отвалообразование осуществляется транспортно-отвальным мостом с последующей планировкой бульдозером гребней конусов. После 2–3-летнего естественного уплотнения производится дополнительная отсыпка потенциально-плодородных пород до проектной отметки с последующей планировкой. Спланированная поверхность покрывается плодородным слоем;

- отвалы возводятся автосамосвалами БелАЗ-540 до дневной поверхности несколькими уступами с учетом установленной высоты и ширины берм и отсыпки в верхние слои потенциально-плодородных пород верхнего вскрышного уступа.

При достижении проектной отметки производится планировка и нанесение плодородного слоя. Последний доставляется на рекультивируемые участки автосамосвалами, или скреперами с последующей планировкой. Толщина укладываемого слоя достигает 50 см.

Однако, большие объемы восстановления нарушенных площадей на Камыш-Бурунском ЖРК требуют специального съемного навесного оборудования для своевременной и качественной подготовки земель к сельскохозяйственному использованию.

Днепропетровским филиалом института ВНИПИрудмаш совместно с Камыш-Бурунском железорудным комбинатом создана и прошла опытно-промышленные испытания транспортно-укладочная машина МТУ-15,3 на базе автосамосвала БелАЗ-540А, которая удовлетворяет основным технологическим и агротехническим требованиям, предъявляемым к машинам для транспортирования, послойной укладки и планировки почвы.

Транспортно-укладочная машина предназначена для нанесения плодородного слоя и потенциально-плодородных пород толщиной до 0,65 м на рекультивируемых площадях. Она может успешно использоваться при землеваании малопродуктивных земель, а также применяться при площадном отвалообразовании, возведении дамб шламохранилищ и ремонте грунтовых карьерных

дорог. Машина МТУ-15,3 выполняет операции по укладке и планировке грунта, исключая необходимость использования бульдозерной техники.

В конструктивном отношении транспортно-укладочная машина представляет серийно выпускаемый автосамосвал БелАЗ-540А с навешенным на его кузове специальным бункером-дозатором. Дозирующее устройство и элементы его присоединения к базовой машине взаимозаменяемы и представляют собой сварную металлоконструкцию. Устройство обладает достаточно хорошей ремонтпригодностью в условиях ремонтных баз карьеров и относительно просто в обслуживании.

Разработан и используется в бассейне КМА трубопроводный транспорт для землевания. Применение средств гидромеханизации по использованию новой технологии нанесения плодородных грунтов в виде густых пульп на восстанавливаемые участки Лебединского и других ГОКов бассейна КМА дает большую экономическую эффективность.

Предприятиями и институтами ведется работа по модернизации существующих машин, применяемых при рекультивации. Для повышения производительности бульдозеров разработана конструкция с газоимпульсным рабочим органом на базе серийного трактора типа Т-330.

Таким образом, в зависимости от технологии производства основного минерального сырья, системы разработки, вида и объема последующего нарушения, имеющейся в наличии той или другой техники повышение эффективности работ по горнотехническому этапу должно базироваться на следующих положениях:

1. Включении работ технического этапа рекультивации в технологическую цепочку основного горного производства и использования на этих работах основного горнотранспортного оборудования.

2. Применении наиболее эффективных технологических схем и структур комплексной механизации при использовании мобильного автотранспортного оборудования.

3. Сокращении объемов планировочных работ благодаря совершенствованию технологии отвалообразования и созданию ровной поверхности в процессе основного горного производства.

4. Более широком применении специального навесного оборудования на серийно выпускаемых машинах.

Г. М. Чайкина, В. А. Объедкова

Рекультивация нарушенных земель в горнорудных районах Урала

Екатеринбург: УрО РАН, 2003. (С. 92–128; 211; 210–221; 226–233)

Глава 3

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Рекультивация как один из технологических процессов горного производства, его завершающий этап, возникла вследствие необходимости ликвидации многообразного, в основном негативного влияния горного производства на окружающую среду.

Обращаясь к истокам развития научных исследований по рекультивации земель, нарушаемых при добыче минерального сырья, его обогащении и практическому внедрению полученных результатов, необходимо выделить 1976 г. Принятое Постановление Совета Министров СССР № 407 «О рекультивации земель...» не только послужило толчком выполнения научно-исследовательских и опытно-промышленных работ по рекультивации, но и определило их финансовую основу.

На протяжении четверти века проблема рекультивации нарушенных земель является составной частью проблемы охраны и рационального использования природных, в частности земельных ресурсов.

Исследования по рекультивации нарушенных земель начаты в нашей стране в середине прошлого столетия биологами. На Урале первые работы выполнены учеными Уральского государственного университета (1961 г.) и Института экологии растений и животных Уральского научного центра АН СССР

под руководством докторов биологических наук В. В. Тарчевского, С. А. Мамаева и П. Л. Горчаковского. Материалы исследований по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения» с 1964 г. регулярно публиковались в сборниках УрГУ и УФАН СССР (УНЦ АН СССР, УрО РАН). В 1972 г. специалистами ИГД МЧМ СССР, УрГУ им. А. М. Горького были впервые разработаны и утверждены «Временные указания по рекультивации территорий, нарушенных предприятиями и организациями горнодобывающей промышленности в Свердловской области».

Поисковые работы были начаты с обоснования возможности закрепления пылящих поверхностей золоотвалов и других загрязняющих окружающую среду объектов. Они способствовали отработке основных приемов агротехники, создания культурфитоценозов²⁰⁰. Круг исследовательских коллективов быстро расширялся, в том числе за счет включения институтов горного профиля – ИГД МЧМ СССР и НИИОГР МУП СССР, позднее и НИИосуголь. Проблема рекультивации стала решаться одновременно с позиций биологии и горного дела. Продолжительное время работы имели в основном прикладной характер, выполнялись по заявкам предприятий в соответствии с особенностями конкретного объекта нарушений. Именно этот этап завершился утверждением понятия «рекультивация земель» как комплекса работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды.

В начале 60-х годов исследования вышли за пределы страны. Международный обмен их результатами, осуществляемый по линии многостороннего сотрудничества со специалистами стран СЭВ, повлиял на глубину и теоретическое осмысление получаемых выводов и заключений. Все более четко начала просматриваться зависимость экономической и особенно экологической эффективности рекультивации от геотехнологии вообще и технического этапа рекультивации, в частности.

²⁰⁰ Пикалова Г.М. Итоги 15-летних научно-исследовательских работ лаборатории промышленной ботаники по рекультивации земель, нарушенных промышленностью // Растения и промышленная среда: Межвуз. сб. Свердловск, 1978. С. 5–13.

Таким образом, рекультивация как направление исследований возникла на стыке фундаментальных научных дисциплин горного и биологического профиля для изучения закономерностей восстановления среды, создаваемой в процессе техногенного преобразования природы, и разработки способов интенсификации этого процесса. Очевидно, что междисциплинарные связи возникают с момента изъятия природного ландшафта для осуществления процесса добычи минерального сырья и начала формирования ландшафта техногенного. В районах с развитой горнодобывающей промышленностью концентрация техногенных новообразований столь велика, что есть все основания для утверждения о замене ими естественных экосистем. Поэтому острота проблемы рекультивации в обозримом будущем не снизится²⁰¹.

Важной законодательной основой научного обоснования, проектирования и практического осуществления рекультивационных работ явились государственные стандарты, в разработке которых принимали участие и специалисты Института горного дела:

– ГОСТ 17.5.1.02-85 (взамен ГОСТа 17.5.1.02-78) «Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации». Введ. с 01.01.86. М.: Изд-во стандартов, 1987. 16 с.;

– ГОСТ 17.5.1.03-86 (взамен ГОСТа 17.5.1.03-78) «Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель». Введ. с 01.01.88. М.: Изд-во стандартов, 1987. 10 с.;

– ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель». Введ. с 01.07.84, с измен. 01.11.86. М.: Изд-во стандартов, 1983. 10 с.;

– ГОСТ 17.5.1.01-83 (ст. СЭВ 3848–82) (взамен ГОСТа 17.5.1.01-78) «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения». Введ. с 01.07.84. М.: Изд-во стандартов, 1984. 9 с.

²⁰¹ Яковлев В.Л., Чайкина Г.М. Горная экология и индустриальная биогеоценология как теоретические основы рационального землепользования и рекультивации земель // Горные науки на рубеже XXI века: Материалы Междунар. конф., 1997. Екатеринбург, 1998. С. 482–487.

Утвержденные на уровне ГОСТа термины и определения позволили унифицировать понятия как отдельных этапов рекультивации, так и процессов, обеспечивая взаимопонимание специалистов, работающих в этой области.

Годы активных работ по восстановлению нарушенных горными работами земель показали, что выполнение требований п. 1.3 государственного стандарта 17.5.3.04-83, предусматривающего рекультивацию нарушенных земель «преимущественно под пашню и другие сельскохозяйственные угодья», оказывается трудновыполнимой, а иногда вообще не решаемой задачей. Особенно четко это проявилось на предприятиях, имеющих к этому периоду значительные размеры нарушенных земель, сформированных без учета требований рекультивации и охраны окружающей среды. К их числу относятся в первую очередь предприятия Урала, где горные работы ведутся уже более трех столетий, и техногенный ландшафт сформирован при учете единственного показателя горного производства – минимума затрат на единицу производимой продукции. И лишь государственный стандарт определил место рекультивации в структуре горного производства – как составную часть технологических процессов, обслуживающих нарушение земель, и являющуюся, таким образом, завершающим этапом процесса добычи и переработки сырья.

Учет взаимосвязи вскрышных, отвальных и рекультивационных работ предполагает выбор режима горных работ и их календарного плана с учетом ценности земли и затрат на рекультивацию²⁰². Особенности проведения горных работ с учетом рекультивации ранее освещались в специальных изданиях. В них анализировались не только особенности геотехнологии на месторождениях с различными горно-геологическими условиями, но и освещался опыт рекультивации, накопленный в нашей стране и за рубежом²⁰³.

²⁰² Дороненко Е.П. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками. М.: Недра, 1979.

²⁰³ Моторина Л.В., Овчинников В.А. Промышленность и рекультивация земель. М.: Мысль, 1975; Эскин В.С. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками. М.: Недра, 1975; Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными работами. Донецк; Донбасс, 1975; Уоллворк К. Нарушенные земли / Пер. с англ. М.: Прогресс, 1975; Научно-технические проблемы рекультивации земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых в СССР: Сб. докл. М.: ВИНТИ, 1978; Красавин А.П. Опыт рекультивации земель на разрезах стран-членов СЭВ: Экспресс-информ. М.: ЦНИЭИуголь, 1977; Проблемы рекультивации земель в СССР: Сб. науч. тр. Новосибирск: СО АН СССР, 1974; Освоение нарушенных земель: Сб. науч. тр. М.: АН СССР, 1976;

Основной акцент во всех работах делался на утверждение необходимости восстановления нарушенных земель методами рекультивации как одном из направлений природоохранной деятельности предприятий. Учет специфики месторождений при этом является залогом успешных работ по рекультивации.

Особенности рекультивации разных типов нарушенных земель на Урале нашли отражение в периодических изданиях сборника «Растения и промышленная среда» Уральского государственного университета²⁰⁴, в изданиях Сибирского и Уральского отделений академии наук²⁰⁵. Накопление результатов исследований и опыта работы по рекультивации завершилось пониманием этой проблемы как части решения задач по оптимизации ландшафта²⁰⁶, получившей признание и развиваемой в последующие периоды²⁰⁷. При этом, однако, сохраняется актуальность индивидуальных оценок техногенных объектов, учет их специфики, определяющих технологию рекультивации и место восстановленной территории в структуре вновь организуемого ландшафта.

3.1. Рекультивация хвостохранилищ

Хвостохранилища как составная часть техногенного ландшафта занимают особое место в рамках исследований по рекультивации нарушенных земель, в частности, при разработке путей и методов их биологической рекультивации. Первые исследования были направлены на разработку способов стабилизации пылящих отходов, применение которых имеет важное значение с экологиче-

Томаков П.И., Коваленко В.С. Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными работами: Учеб. пос. М.: МГИ, 1981; Красавин А.П. Защита окружающей среды в угольной промышленности. М.: Недра, 1991.

²⁰⁴ Колесников Б.П., Пикалова Г.М. К вопросу о классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов // Растения и промышленная среда: Межвуз. сб. Свердловск: УрГУ, 1974. С. 3–28; Махонина Г.И. Начальные процессы почвообразования на отвалах Верне-Уфалейского никелевого месторождения // Растения и промышленная среда: Сб. науч. тр. Свердловск: УрГУ, 1980. С. 101–110; Левит С.Я., Пикалова Г.М. Шламоохранилища предприятий черной металлургии и проблемы их рекультивации // Растения и промышленная среда: Сб. науч. тр. Свердловск, 1984. С. 85–91; Шилова И.И., Терехова Э.Б., Лукьянец А.И. Техногенные пески и их рекультивация // Растения и промышленная среда: Сб. науч. тр. Свердловск: УрГУ, 1980. С. 131–145; Олейников А.Г., Дурова Р.А., Стороженко Н.Д. Специфические особенности рекультивации хвостохранилищ // Растения и промышленная среда: Сб. науч. тр. Свердловск: УрГУ, 1982. С. 65–74; см. Пикалова Г.М., 1978.

²⁰⁵ Рекультивация в Сибири и на Урале: Сб. докл. Новосибирск: Наука СО, 1970; Биологическая рекультивация земель в Сибири и на Урале (рекомендации и экспериментальные схемы). Новосибирск, 1981; Проблемы рекультивации нарушенных земель: Тез. докл. V Урал. совещ. 14–18 ноября 1988 г. Свердловск: УрО АН СССР, 1988; Биологическая рекультивация нарушенных земель: Материалы Междунар. совещ. (26–29 августа 1996 г.). Екатеринбург: УрО РАН, 1997.

²⁰⁶ Экологические основы рекультивации земель / Под ред. Н.В. Черновой. М.: Наука, 1985.

²⁰⁷ Певзнер М.Е., Костовецкий В.П. Экология горного производства. М.: Недра, 1990; Капелькина Л.П. Экологические аспекты оптимизации техногенных ландшафтов. СПб.: Наука ПРОПО, 1993.

ских позиций. Поэтому предлагались различные способы закрепления поверхностей хвостохранилищ. Систематизация этих способов опубликована²⁰⁸ и приведена в табл. 3.1. Очевидно, что основной акцент сделан на технологические, механические и физико-химические меры, разработанные и рекомендованные на объектах цветной металлургии.

Механические способы предотвращения пыления, не зависящие от исходных характеристик отходов, не нашли, однако, широкого распространения. Условия применения каждого из них – разбрызгивание воды, нанесение поро- ды, шлака, щебня, гравия, древесной коры или щепы, заборанивание в верхний слой соломы – специфичны и часто ограничены отсутствием специальных технических устройств.

Более широко известны способы химической стабилизации хвостохрани- лищ. Они нашли применение на действующих хвостохранилищах при периоди- ческом заполнении их отходами, а также в случаях высокой их токсичности и отсутствия пригодных субстратов для формирования рекультивационного и эк- ранирующего слоев. В нашей стране на уровне изобретений разработано не- сколько составов для закрепления пылящих поверхностей. В них предлагается использовать нефтепродукты с оксикислотами (а.с. СССР 1165705), глинистые растворы с отходами содового производства (а.с. СССР 1139379) или жидкого стекла и углещелочного реагента (а.с. СССР 1184954), сульфидно-спиртовую барду с полиакриламидом и хлористыми солями (а.с. СССР 1121459) и др.

Зарубежный опыт химического закрепления хвостохранилищ предпри- ятий цветной металлургии обобщен ранее²⁰⁹. Однако следует учесть, что спосо- бы химического закрепления зачастую связаны со сложностью приготовления составов (например, разогревом их до высокой температуры) либо сильным воздействием на кожные покровы отдельных компонентов составов (в частно- сти, едкого натра, нефтяного гудрона и др.). Кроме того, создание пленки толь- ко прекращает пыление, оставляя нарушенные территории вне биологического

²⁰⁸ Бересневич П.В., Кузьменко П.К., Неженцева Н.Г. Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохра- нилищ. М.: Недра, 1993.

²⁰⁹ Таужнянская З.А. Стабилизация и рекультивация хвостохранилищ за рубежом // Цвет. металлургия. 1975. № 11. С. 19–22.

круговорота. Нанесение латексного покрытия одновременно с семенами трав испытано специалистами Горного института Кольского научного центра РАН²¹⁰. Созданное полимерное покрытие «Биорекулат» позволяет не только стабилизировать поверхность, но и восстановить почвенно-растительный покров без нанесения плодородного слоя почвы²¹¹.

Несмотря на определенную сложность закрепления поверхности хвостохранилищ биологическими способами, имеющиеся к настоящему времени теоретические исследования и практическое проведение рекультивации свидетельствуют о безусловной ее результативности и перспективности в первую очередь с экологических позиций.

Биологическая рекультивация имеет особую актуальность для рудных месторождений, где площади, занятые хвостохранилищами, сопоставимы с величиной территории, занятой породными отвалами. Имеющиеся в отечественной и зарубежной научной литературе сведения об удачных опытах рекультивации хвостохранилищ, сложенных не токсичными для растений отходами, касаются в основном горизонтальных поверхностей.

Создаваемые на хвостохранилищах искусственные растительные сообщества являются главным звеном формирующегося биогеоценоза – природной системы функционально взаимосвязанных живых организмов и абиотической среды обитания, системы, создаваемой искусственно на фоне специфических экологических условий. В связи с этим вслед за многими исследователями природных систем мы ставим знак равенства между понятиями «биогеоценоз» и «экосистема», применяя их к сообществам, создаваемым на хвостохранилищах.

Учитывая важность неживых, абиотических, компонентов этой системы, зачастую определяющих как энергетическое состояние будущего биогеоценоза, так и тип и скорость обмена веществ и энергии между входящими в него компонентами, при организации экосистем необходимо исходить из показателей при-годности хвостов для освоения растениями. Количественные показатели

²¹⁰ Mesyts S.P., Melnikov N.N., Kalata Kays M.N. Some technological solutions of environment optimization in mining regions of the Far North // Colo Sch. Mines Quart Rev. Eng. Sci Educ. And Res. 1992. Vol. 92, N 2. P. 5–10.

²¹¹ Биорекулат – полимерное покрытие для восстановления растительного покрова нарушенных земель без нанесения плодородного слоя. Апатиты, 1998. 4 с. (Информ. листок ГИ КНЦ. М.: Изд. дом «Новосфера», 1998.

свойств хвостов при организации биоценозов на хвостохранилищах определяют как систему агротехнических мероприятий, так и набор видов, пригодных для произрастания в подобных условиях.

Анализ выполненных исследований по рекультивации хвостохранилищ показывает, что комплекс этих работ существенно различен на объектах черной и цветной металлургии.

3.1.1. Зарубежный опыт рекультивации хвостохранилищ

Лейтмотивом отечественных и зарубежных исследований проблемы биологической рекультивации хвостохранилищ является обязательное формирование рекультивационного слоя и испытание видов, не требовательных к экологическим факторам среды обитания, тем не менее способных сформировать достаточно мощную корневую систему, скрепляющую песчаные частицы, и развить фотосинтетическую поверхность, обеспечивающую поддержание газового состава атмосферы.

В зарубежных исследованиях анализируются общие и специфические черты отходов обогащения: недостаток питательных веществ, кислая или щелочная среда, неблагоприятные для растительности физические свойства, радиоактивность и др. Приводятся данные по целесообразности нанесения плодородных или потенциально плодородных пород в сочетании с мелиорантами, по формированию экранирующего (капилляропрерывающего) слоя; рациональной мощности рекультивационного слоя; подбору ассортимента травянистых и древесных видов. Представлены работы по технологии рекультивации хвостохранилищ, содержащих радиоактивные вещества²¹².

Для стабилизации поверхности хвостохранилищ широко используется посев травянистых видов растений. Специалисты Канадского института по охране окружающей среды и Торонтского университета на основе лабораторных

²¹² Barth R.S. Reclamation technology for tailings impoundments revegetation // Miner Energy Res. 1986. Vol. 29. N. 2. P. 24; Harwood J.H. The restoration of fluspar working and tailing dams. An industrial viewpoint // Reclam. Rev. 1980. Vol. 3. N. 4. P. 229–232; Wong M.H. Toxic effects of iron on tailings and responds of wateress from tailings at high concentration of Fe, Zn and Mn // Environm. Pollut. 1985. A 38. N. 2. P. 129–140; Walker S. Reclaiming mining heritage // Inter. mining. 1987. Vol. 4. N. 10. P. 21–22, 25–26; Поджайски М.Ф. Проблематика рекультивации после добычи и обогащения рудного сырья с точки зрения конкретного разрешенного случая // Рекультивация ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью: Сб. тр. IX Междунар. симпоз.: В 3 т. Компольт; Дьендьош: НИИ аграрный ун-т, 1988. Т. 2. С. 386–396.

исследований по подбору высокоустойчивых к кислой среде растений провели посадки на заиленных хвостами обогащения площадях и выявили наиболее жизнеспособные виды. При этом химический анализ показал, что растения на железорудных хвостах характеризуются значительно более высоким содержанием тяжелых металлов (железа, марганца, цинка), чем выращенные на почве.

Исследования Ливерпульского университета показали, что задержание поверхности хвостохранилищ происходит быстрее при использовании почвенного покрытия, а также семян и посадочного материала дикорастущих видов с прилегающих территорий.

Уменьшение кислотности шлама при рекультивации в меднорудном районе Корнуэлл (Великобритания) обеспечивается путем внесения нейтрализаторов, в частности фосфорных удобрений.

Восстановление нарушенных земель в угольном бассейне Мидвест проводится путем нанесения на хвосты обогатительных фабрик слоя нетоксичных грунтов мощностью не менее 1,2 м с последующим посевом соответствующих видов растений.

В Чехословакии рекультивация токсичных отходов производится путем нанесения 0,3–0,5 м слоя грунта и 200 кг/га удобрения после предварительного вымывания кислоты и нейтрализации известью. Применяется капельное орошение в течение 6 дней в неделю в жаркое время.

При биологической рекультивации хвостов обогащения медной, молибденовой, свинцовой и цинковой промышленности в США широко применяется нанесение потенциально плодородного грунта мощностью до 0,8 м, внесение минеральных удобрений и бытовых отходов сточных вод в количестве от 60 до 325 кг/га с последующим аэросевом. Применяется также способ химико-биологической стабилизации поверхности, т. е. обработка химическими реагентами после посева. Последняя стимулирует всхожесть и развитие растений.

Таким образом, зарубежная практика биологической рекультивации хвостохранилищ ориентирована в основном на технологию с нанесением на поверхность слоя органического материала разной мощности. Целевое назначение

создаваемого при этом растительного покрова не обозначено. Можно предположить, что основная цель биологической рекультивации за рубежом – улучшение санитарно-гигиенического состояния природной среды.

3.1.2. Отечественный опыт рекультивации хвостохранилищ

Первые исследования по биологической рекультивации хвостохранилищ в нашей стране касались в основном предприятий цветной металлургии, где хвосты, как правило, токсичны для растений и поэтому являются более трудным объектом рекультивации, чем подобные объекты обогащения руд черных металлов.

Однотипным для разных видов отходов является лишь направление рекультивации – санитарно-гигиеническое, так как растительный покров создается в первую очередь для снижения запыленности атмосферы.

Первым этапом биологических исследований при разработке технологии рекультивации и подборе видов растений является изучение процессов самозаращения. Последнее является своеобразным индикатором пригодности субстратов для биологического освоения.

При изучении процессов самозаращения на хвостохранилищах предприятий цветной металлургии установлено, что заселение их высшими растениями либо отсутствует, либо протекает крайне медленно²¹³. Появляющиеся одиночные виды сорной флоры покрывают в отдельных случаях незначительную часть площади и не могут прекратить пыление. Подобная же закономерность отмечена и для хвостохранилищ других типов²¹⁴, на которых образующийся естественным путем растительный покров фрагментарен и не способен стабилизировать поверхность. Поэтому реальным путем закрепления поверхности является рекультивация как комплекс мер, направленных на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.

²¹³ Шилова И.И., Логинова Н.Б. Экологическая специфика отвалов предприятий цветной металлургии и оценка возможности создания на них культурфитоценозов // Растения и промышленная среда: Сб. науч. тр. Свердловск, 1974. С. 45–55.

²¹⁴ Пикалова Г.М., Левит С.Я. Организация и функционирование экосистем хвостохранилищ предприятий Минчермета СССР // Рекультивация и охрана земель на горных предприятиях. (Сб. науч. тр. ИГД МЧМ СССР). Свердловск, 1987. № 84. С. 62–71; Месяц С.П. Закрепление поверхности складированных отходов обогащения фосфатного сырья // Совершенствование техники и технологии складирования отходов в условиях комплексного использования недр: Сб. науч. тр. Л.: Механобрчермет, 1984. С. 148–153.

Разнообразие химического состава и физических свойств отходов обогащения определяет их различную пригодность для биологической рекультивации.

Обобщение опыта рекультивации хвостохранилищ предприятий цветной металлургии, сформированных отходами, содержащими токсичные соединения, показало, что необходимы сложные технические приемы подготовки поверхности для рекультивации²¹⁵.

Способы рекультивации хвостохранилищ предприятий цветной металлургии содержат предложения по технологии формирования рекультивационного слоя в зависимости от степени токсичности отходов (рис. 3.1, 3.2)²¹⁶:

- а) для нетоксичных отходов;
- б) для малотоксичных;
- в) для токсичных;
- г) для высокотоксичных.

Основной акцент сделан на использование многолетних травянистых растений. Древесные и кустарниковые породы рекомендуется размещать лишь в нижнем бьефе, на берме и гребне плотины. Систематизация хвостохранилищ по признакам токсичности сделана на основе ряда разработок для конкретных предприятий.

Результаты полевых испытаний по озеленению участка хвостохранилища Кадамджайского сурьмяного комбината показали возможность выращивания растений в условиях регулярного полива и предварительного нанесения плодородного слоя грунта мощностью 0,05–0,1 м²¹⁷.

В ряде работ по рекультивации хвостохранилищ, сложенных нетоксичными отходами обогащения, указывается на возможность проведения посевов многолетних, преимущественно бобовых, трав без нанесения плодородного слоя при организации полива и внесении минеральных удобрений. Для предот-

²¹⁵ См. Шилова И.И. и др., 1980.

²¹⁶ Олейников А.Г., Дурова Р.А. Рекультивация хвостохранилищ предприятий цветной металлургии // Цвет. металлургия. 1989. № 3. С. 38–41.

²¹⁷ Дурова Р.А., Олейников А.Г. О рекультивации и комплексном использовании хвостохранилища Кадамджайского комбината: Сб. науч. тр. Алма-Ата, 1983. № 26. С. 147–155.

вращения эрозии и испарения влаги, улучшения влагонакопления в корнеобитаемом слое использовались полимерные композиции.

Рекультивация намывных дамб хвостохранилища Зыряновского свинцового комбината проведена с использованием регулярного полива песков. Это обеспечило благоприятные условия для произрастания костреца, пырея, эспарцета, а при минимальном добавлении грунта и без полива успешно культивируются ячмень, пшеница, клевер, люцерна и ряд других культур.

Однако вопрос об оптимальной мощности почвенного покрытия требует дальнейшего изучения и, как правило, тесно связан с направлением рекультивации, применяемыми агрофизическими и агротехническими способами создания корнеобитаемого слоя, климатическими и другими условиями. Для санитарно-гигиенического направления рекультивации хвостохранилищ в большинстве случаев достаточным является нанесение 0,1–0,15 м потенциально плодородных пород или субстратулучшающих материалов²¹⁸.

Проблема рекультивации хвостохранилищ предприятий черной металлургии также чрезвычайно актуальна.

Большой комплекс исследований по биологической рекультивации хвостохранилищ выполнен для ГОКов Украины Криворожским отделением Донецкого ботанического сада АН УССР, НИГРИ, Днепропетровским государственным аграрным университетом. Изучались процессы естественного зарастания хвостохранилищ, исследовались агрохимический и физико-механический состав отходов обогащения, проводились опытно-промышленные испытания более 100 видов однолетних и многолетних травянистых растений. Установлено, что естественное зарастание хвостохранилищ в степной зоне происходит чрезвычайно медленно, образующийся растительный покров не может решить проблему прекращения пыления хвостохранилищ. Чаще всего на хвостах

²¹⁸ Чугаева Н.А. Оценка пригодности пород хвостохранилищ для биологической рекультивации на Подмосковном горнохимическом заводе: Тр. ГИГСХ. М., 1981. № 53. С. 85–90; Пискарев А.Г. Разработка методов биологической рекультивации хвостохранилищ. М.: НИИ ТЭХим, 1982. С. 7–8. (Сер. Горнохимическая промышленность. Вып. 4); Олейников А.Г., Свирякин Б.И., Стороженко Н.Д., Дурова Р.А. Предотвращение пыления действующих и рекультивация отработанных хвостохранилищ // Цвет. металлургия. 1988. № 3. С. 41–43; Асеева К.М., Среданович А.В., Фильшин Ю.И. Укрепление и рекультивация намывных дамб хвостохранилища // Горный ж. 1977. № 7. С. 51–53.

встречаются солевыносливые растения: тростник южный, кохия веничная, триполиум обыкновенный, качим Павла, полевица тонкая, солерос европейский. Некоторые из этих видов рекомендованы к использованию для создания растительного покрова искусственным путем.

Перспективным способом биологической рекультивации хвостохранилищ Криворожского бассейна предложено считать восстановление их под орошаемые земли. После планировки поверхности хвостохранилища рекомендовано создание закрытой сети орошения, нанесение 30–40 см почвенного слоя и 2–3-летнее выращивание кормовых трав с последующим переводом этих площадей под зерновые или (даже!) овощные культуры. Откосы в этом случае предлагалось закрепить лесными культурами.

Опыт рекультивации хвостохранилища Северного ГОКа заключался в нанесении на поверхность слоя лессовидных суглинков, отрабатываемых в Анновском карьере.

Специалистами Криворожского отделения Донецкого ботанического сада АН УССР рекомендован способ интенсификации естественного зарастания хвостохранилищ, заключающийся в высаживании на участках пляжной зоны тростника южного – многолетнего корневищного злака с мощными подземными побегами; на сухих, длительно пылящих участках использовать вегетативно-подвижные злаки, в частности, колосняк черноморский при внесении высоких доз минеральных удобрений $N_{140}P_{80}K_{40}$ и подкормки один раз в два-три года.

Использование органических отходов для обработки пылящих поверхностей хвостохранилищ предложено также ВНИИБТГ. Апробация способа, как и предыдущего, проведена на Южном ГОКе.

Проблема рекультивации хвостохранилищ Криворожского бассейна неотложна не только в плане нормализации состояния окружающей среды, но и в связи с тем, что в этом районе под объекты складирования отходов обогащения отводились в основном сельскохозяйственные земли. Технология рекультивации в условиях засушливого климата осложняется необходимостью создания

рекультивационного слоя на фоне экранирующего водоупорного, а также в зависимости от возможной повторной переработки отходов обогащения²¹⁹.

В исследованиях по биологической рекультивации хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов бассейна КМА принимали участие специалисты Курского и Воронежского сельскохозяйственных институтов, Украинского научно-исследовательского института агрохимии и почвоведения и отраслевого института НИИКМА, а также МГГУ²²⁰.

Изъятие ценных высокоплодородных почв этого района под хвостохранилища усугубляет проблему восстановления этих территорий. С одной стороны, необходимо прекращение пылеобразования и оздоровление атмосферы, с другой – создание растительных сообществ не только санитарно-гигиенического, но и продукционного назначения. Последнее предопределило необходимость усложнения технологии подготовки рекультивационного слоя, обеспечивающего стопроцентную изоляцию корневых систем растений от контакта с отходами обогащения. Предложены и внедряются в производственных масштабах схемы формирования рекультивационного слоя из суглинка и чернозема, в том числе способом гидротранспорта. Доказана необходимость создания экранирующего слоя.

Исследования по биологической рекультивации хвостохранилища «Грачев Лог» комбината «КМА-руда» показали:

²¹⁹ Пикалова Г.М., Левит С.Я. Оценка современного состояния территорий шламохранилищ предприятий Укрруды и задачи их рекультивации // Совершенствование совместной (открыто-подземной) разработки рудных месторождений: Тез. докл. республ. науч.-техн. конф. Кривой Рог, 1984. С. 189–190; Михайлов А.М. Рациональное использование и рекультивация горных отвалов шламохранилищ // Безотходная технология переработки полезных ископаемых: Тез. докл. Всесоюз. совещ. 1979. Ч. 1. М., 1979. С. 40–41; Рекультивация части хвостохранилища с использованием лессовидных суглинков и технологического оборудования Анновского карьера: Информ. карта (Северный ГОК). Кривой Рог, 1984; Кучеревский В.В., Мазур А.Е., Доценко А.Н. Опыт биологического закрепления пылящей поверхности действующих хвостохранилищ // Горный ж. 1989. № 7. С. 56–57; Бекаревич Н.Е., Забалуев В.А. Биологическая консервация и сельскохозяйственное использование железорудных шламохранилищ Кривбасса // Земельні ресурси України: Рекультивація, раціональне використання та збереження: Мат.-лы. Міжнар. наук. конф. Дніпропетровськ, 20–21 лютого 1996 Р. (Дніпропетр. держ. агр. ун-т), Дніпропетровськ, 1996. С. 54–56.

²²⁰ Рекультивация земель, нарушенных горными работами на КМА: Сб. науч. тр. Воронеж: Воронеж. с.-х. ин-т, 1985; Михайлова З.Н. Пригодность отходов обогатительных фабрик к биологическому освоению // Комплексное развитие КМА. Разработка и использование минерального сырья. Губкин: НИИКМА, 1977. Вып. 7. С. 15–117; Гальперин А.М., Кириченко Ю.В., Ферстер В., Шеф Х.Ю. Геоэкологическое обоснование рекультивации намывных горнотехнических сооружений // Горный ж. 1998. № 7. С. 56–61.

- прямое окультуривание многолетними травами даже при внесении минеральных удобрений для этих условий следует считать неэффективным;
- нанесение чернозема мощностью 0,1–0,4 м неперспективно ввиду иссушения слоя;
- эффективным способом рекультивации хвостохранилищ под однолетние и многолетние травы, а также зерновые культуры является покрытие их лессовидным суглинком и плодородным слоем почвы по 0,3–0,4 м каждого.

Обзор способов рекультивации нетоксичных отходов обогащения черной металлургии, предусматривающих нанесение потенциально плодородных пород большой мощности, показал, что их следует признать рациональными лишь в случае последующего сельскохозяйственного освоения территории.

Представляют интерес работы по рекультивации хвостохранилищ ОАО «Апатит» в условиях Крайнего Севера. Начатые в 1964 г. сотрудниками Полярно-альпийского ботанического сада АН СССР, они продолжаются до настоящего времени специалистами других научных коллективов, в том числе горного института Кольского филиала РАН²²¹.

Первые опытные стационары закладывались исходя из минимальных затрат на подготовку территории, а именно:

- посев многолетних трав на чистых хвостах;
- посев на хвостах с различными нормами внесения удобрений, отличающимися по величине действующего вещества азота;
- посев на хвостах с удобрениями и 2 см почвы или 2 см торфа.

В испытания включались как районированные для данной зоны виды – лисохвост, волоснец и райграс с созданием защитных полос из вико-овсяной смеси, так и виды, характеризующиеся широким ареалом распространения – костер безостый, тимopheевка луговая, овсяница луговая, мятлик луговой, лисо-

²²¹ См. Mesyts S.P., Melnikov N.N., Kalata Kays M.N., 1992; Биорекулт..., 1998; Любимова А.А., Медведев П.М. Опыт закрепления растительностью пылящих хвостовых отвалов АНОФ-1 комбината «Апатит» // Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале. Свердловск: УФАН СССР, 1970. Вып. VII. С. 104–111; Крючков В.В. Рекультивация нарушенных земель на Севере // Природа. 1985. № 7. С. 68–77; Григорьев А.В., Шаль Э.Э. Экологические аспекты развития ОАО «Апатит» // Горный ж. 1999. № 9. С. 67–70; Кателькина Л.П., Райлян Г.А. Хвостохранилища обогатительных фабрик как объект рекультивации // Рекультивация ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью: Сб. тр. IX Междунар. симп.: В 3 т. Компольт-Дьендьюш: НИИ аграрный ун-т, 1988. Т. 2. С. 293–301.

хвост луговой, бекмания обыкновенная, люцерна, высеваемые в чистом виде и травосмесях, в беспокровных посевах и под покров озимой ржи.

Технология работ на хвостохранилище была идентична таковой, разработанной на Урале применительно к консервации поверхности тонкопылевидных отвалов – золоотвалов ТЭЦ²²².

К настоящему времени специалистами ГИКФ РАН разработан не только метод химического закрепления пылящих поверхностей хвостохранилища водной дисперсией латексов с помощью карьерных оросительных машин УМП-1, но и химико-биологический – с использованием волоснеца песчаного. На первых этапах рекультивацию осуществляли на слое торфа толщиной 0,3–0,5 м. Сформировавшаяся дернина прекратила пыление, в результате территория хвостохранилища АНОФ-1, находящегося в черте г. Кировска, отнесена к пригодной для гражданского строительства. Важным прогрессивным шагом вперед в деле рекультивации техногенных территорий, в частности хвостохранилищ, явилась разработка полимерного покрытия «биорекулит», применение которого обеспечивает противоэрозионную стойкость хвостов и нормальные воздушный и водный режимы для прорастания семян. При этом в 10 раз снижаются затраты на восстановление растительного покрова по сравнению с рекультивацией на фоне создаваемого рекультивационного слоя из органических материалов.

Приведенные результаты подтверждают, что *применение способа формирования рекультивационного слоя с использованием больших объемов потенциально плодородных пород и почвы не может быть признано универсальным. В частности, невелика перспективность подобного способа рекультивации хвостохранилищ и для условий Северного и Среднего Урала с дефицитом плодородного слоя почв.* Поэтому при разработке способов стабилизации отходов обогащения мы исходим из принципа минимального землевания, предложенного нами ранее²²³, имея в виду агротехнические приемы улучшения свойств корнеобитаемого слоя, предусматривающие минимальные воздействия. Именно с

²²² Опыт закрытия растительностью шламоналивных полей (золоотвалов) тепловых электростанций Урала: Проспект ВДНХ / Тарчевский В.В., Беспрозвана С.Я., Власова Г.М. и др. Свердловск: УрГУ, 1962.

²²³ Пикалова Г.М. О способе «землевания» промышленных отвалов при их зарастании растительностью // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, 1974. С. 97–102.

этих позиций разрабатывались способы биологической рекультивации хвостохранилища Качканарского ГОКа, проводимые по программам ИГД Минчермета СССР лабораторией промышленной ботаники Уральского университета и лабораторией рекультивации и охраны земель Института горного дела в период с 1978 по 1992 гг. при участии сотрудников отделения хвостового хозяйства комбината, продолжающих внедрение рекомендаций до настоящего времени. Основные результаты многолетних исследований на этом объекте опубликованы²²⁴.

Исходя из местных условий и возможностей Качканарского ГОКа, в лабораторных и полевых опытах, а позднее в промышленных масштабах испытано несколько способов улучшения свойств хвостов: нанесение глины, древесного опила, отходов ТЭЦ, работающей на торфе, сапропеля, дерна, полив лигносульфонатом, сточными, канализационными, хозяйственно-бытовыми и промышленными водами. Каждое из покрытий характеризуется определенными свойствами, изменяющими хвосты как субстрат для растений. Ассортимент испытываемых видов растений приведен в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Ассортимент видов травянистых растений

Виды трав, высеянных под покров озимой ржи	Норма высева, кг/га	Варианты опыта			Норма внесения удобрений
		Хвосты + ТЗЛ			
		Отходы ТЭЦ слоем 2 см	Глина	Опил древесный слоем 2 см	
Люцерна синегибридная	40,0	+	+		Предпосевное: по 60 кг/га, д.в. N, P ₂ O ₅ , K ₂ O Подкормки – 2 в первый год вегетации (2) – 30 кг N, P ₂ O ₅ , K ₂ O
Донник желтый и белый в смеси с тимофеевкой	60,0				
Клевер красный	32,0	+	+	+	
Тимофеевка луговая	60,0	+	+	+	
Пырей бескорневищный	60,0	+	–	–	
Овсяница луговая	40,0	+	+	–	
Костер безостый	100,0	+	+	+	

²²⁴ См. Левит С.Я., Пикалова Г.М., 1984; Пикалова Г.М. Рекультивация хвостохранилищ // Изв. вузов. Горный ж. 1994. № 7. С. 26–31.

Испытание отходов ТЭЦ, работавшей на торфе, на хвостохранилище Качканарского ГОКа проводилось в двух вариантах:

- равномерным нанесением на поверхность слоя 10–15 см с последующим перемешиванием легкой бороной с хвостами и внесением NPK по 90 кг д.в. на гектар каждого вида;
- внесением в посадочные ямы.

Равномерное распределение отходов ТЭЦ по поверхности помимо улучшения свойств хвостов способствует закреплению семян, поселяющихся на участке самосевом. Формирующийся растительный покров снижает испарение с поверхности, что очень важно для сохранения влажности в зоне заделки и прорастания семян.

Уже в год посева травостой в этом варианте дал обнадеживающие результаты, а на второй год покровная культура (озимая рожь) достигла средней высоты 95 см при максимальной 1,5 м, что соответствует показателям развития этой культуры на почве. Общее кущение ржи было в пределах 4–5 побегов при продуктивной кустистости чаще всего 1, очень редко 2 побега, давших семена. Подобные же результаты получены по этой культуре и на хвостохранилище Высокогорского ГОКа (рис. 3.3). Наилучшие результаты развития многолетних растений получены на третий год жизни, хотя и отличающиеся от подобных показателей при выращивании многолетних трав на почве.

Создание устойчивого растительного покрова из многолетних трав на хвостохранилище предполагает обеспечение стабилизации поверхности. *Это может быть достигнуто при условии проявления каждым видом в полной мере способности к кущению. Именно интенсивно кустящиеся травы создают плотный травостой.* Кроме того, кущение обуславливает продуктивность и продолжительность жизни вида, а следовательно, и урожай на протяжении ряда лет. Формирование большой растительной массы надземной части растений естественно сопровождается и накоплением органического вещества в хвостах обогащения в свою очередь скрепляющего их от переноса.

Особенности функционального назначения создаваемого растительного покрова на отходах, подверженных дефляционным процессам, обусловили необходимость применения повышенных норм высева семян. В условиях экстремальной экологической среды хвостохранилищ это вполне оправданно и подтвердило ранее сделанные выводы для золоотвалов ТЭЦ – техногенных образований, также формируемых гидротранспортом и тонкопылевидными, эрозионно-опасными отходами²²⁵. Установлена и зависимость продуктивности растительных сообществ от уровня минерального питания, и особенно азотного – для злаковых видов.

Использование отходов ТЭЦ на Качканарском хвостохранилище для формирования рекультивационного слоя оказалось самым результативным. Даже на 7-й год жизни травостой костра безостого при высоте до 75 см и накоплении зеленой массы до 0,9 кг/м² (рис. 3.4) обеспечивает без дополнительного ухода за счет саморегулирования фитоценоза прочное закрепление поверхности хвостохранилища с сохранением эстетического вида. Однако на предприятии возможности использования этого нетрадиционного органического материала исчерпаны. Но проведенный опыт послужил отправным моментом в поисках подобных субстратов в конкретных условиях предприятий.

Заслуживает особого внимания опыт применения на хвостохранилище Качканарского ГОКа лигносульфонатов. Испытания лигносульфонатов, полученных Качканарским ГОКом с Котласского целлюлозно-бумажного комбината, дали противоречивые результаты. По характеристике комбината, лигносульфонаты, имеющие рН 4,5–5,5 и 12 % сухого остатка, могут использоваться не только для стабилизации поверхности, но и в качестве удобрения.

Опубликованные результаты исследований по стабилизации пылящих поверхностей хвостохранилищ с помощью технических лигносульфонатов, предложенных Институтом химии древесины Академии наук Латвии и Всесоюзным объединением «Союзводполимер» свидетельствуют о том, что лигносульфонаты образуют нерастворимую пористую пленку, которая пропускает

²²⁵ См. Опыт закрытия растительностью..., 1962.

воздух и влагу. Сквозь нее свободно прорастают семена растений, корнеобитаемый слой не выветривается и не вымывается потоками талой и дождевой воды. Лигносультфонаты эффективно цементируют песчаную почву, сохраняя ее механическую прочность от 3 до 5 лет, способствуют повышению урожайности культур за счет содержания в пленке микроэлементов. Состав рекомендуется также для использования в гидромеханическом строительстве для закрепления насыпей, откосов, дамб, котлованов.

Изучение стабилизирующей способности лигносультфонатов и их влияния на прорастание семян и рост травянистых растений нами было начато с вегетационного опыта в сосудах с внесением лигносультфонатов различной концентрации.

В сосуды поверхностно (без заделки вглубь) были посеяны семена костреца безостого и овсяницы луговой. Наблюдения показали, что на поверхности хвостов образовалась пленка, скрепившая частицы хвостов. Однако всходы растений появились единичные и развивались слабо, что дало основание сделать вывод о необходимости обязательной заделки семян и только после этого проведения полива поверхности с лигносультфонатами. Добавление в водный раствор лигносультфонатов и сапропеля в количестве от 12 до 36 % способствовало усилению прорастания и роста трав, но нарушалась целостность пленки при высыхании поверхности и прорастании семян.

На основании полученных результатов был проведен опытно-промышленный эксперимент по изучению влияния лигносультфонатов на стабилизацию отходов обогащения, рост и развитие растений на хвостохранилище, где было создано 4 участка и включено в испытания 4 вида трав. Посев трав проведен вручную чередующимися полосами. Полив раствором лигносультфонатов производился из бака автомобиля БелАЗ-548 (модификация для орошения забоев и карьерных автодорог). Наблюдения за формированием травостоя позволили сделать вывод о том, что внесение свежего, не замороженного сапропеля не улучшает условий роста и развития растений, которые погибли в фазе проростков и единичных всходов.

Использование лигносульфонатов может быть признано целесообразным для временной стабилизации поверхности хвостохранилищ, но не решает экологической проблемы восстановления нарушенной природной среды.

Формирование рекультивационного слоя из глины было одним из первых испытываемых на хвостохранилище Качканарского ГОКа вариантов. В первую очередь применение глины обуславливалось необходимостью улучшения водно-физических свойств хвостов. Поэтому были испытаны варианты поверхностного нанесения глины и ее перемешивание с хвостами до посева трав, создания водоупора под слоем хвостов. В последние годы предприятие использует глину – вскрышу при горных работах для создания производственных участков по рекультивации.

В 1997 г. четко обозначились три участка с глиной, принципиально отличающиеся по степени развития растительного покрова:

1-й участок – производственный посев 1989 г. костреца безостого. Растения костра, в основном, находятся в фазе вегетации при высоте вегетативных побегов 44 см, генеративных – 67 см при соотношении их соответственно 327 и 35. Общий вес зеленой массы равен 0,5 кг/м². Покрытие – 100 %. Травостой зеленый, ровный. Зафиксирована большая масса стерни – побегов прошлых лет, создавших плотное задернение поверхности, исключающее внедрение сорных видов.

2-й участок, подготовленный для рекультивации, в настоящее время заросший растениями малины, занесенной с глиной. Средняя высота растений около 50 см, фаза – плодоношение. Однако растения выглядят угнетенными, нуждающимися в срочной подкормке. При условии выполнения этого агротехнического приема возможно, что этот вид местной флоры обеспечит формирование зарослей из малины без дополнительного посева травянистых видов.

3-й участок на глине создан в 1994 г. На поверхность нанесен тонкий слой глины и произведен посев клевера и злаковых видов без заделки семян. Этот участок имеет наиболее непривлекательный вид. Растения злаков в веге-

тативном состоянии слабо развиты. Отдельными куртинами встречается клевер белый, находившийся в момент обследования в фазе цветения (рис. 3.5).

Нанесение глины на хвосты было испытано и на Черемшанском хвостохранилище Высокогорского ГОКа, где в 1995 г. создан участок с осенним посевом трав. Но ни по площади эксперимента, ни по его результатам вариант не заслуживает подробного обсуждения. Уже на следующий год этот способ нанесения глины был заменен на другой – гидронамыв, который может рассматриваться как вариант совмещенных технологических схем горных и рекультивационных работ.

Рассматривая проблему рекультивации хвостохранилищ, нельзя обойти вниманием вопрос естественного зарастания на этих образованиях.

Неоднократно в научной литературе применительно к хвостохранилищам разных отраслей промышленности нами и другими исследователями отмечался факт отсутствия естественного растительного покрова на подобных образованиях. Однако применение субстратулучшающих добавок и создание культур-фитоценозов резко изменяют этот процесс. Изучение структуры и динамики фитоценозов на участках рекультивации хвостохранилищ на 5 объектах Свердловской области показало, что в культурные посевы внедряются виды сорной флоры (табл. 3.3). Наибольшее видовое разнообразие зарегистрировано в вариантах с внесением в хвосты органических добавок в виде осадков сточных вод (Березовское и Черемшанское) и торфа (Верхне-Пышминское). Внедрившиеся виды не создают фона и не определяют продуктивность, но служат источником семенного возобновления при деградации культурных посевов с их возрастом, например донники.

Основную часть зарегистрированных видов составили многолетние растения. По фитоценотической принадлежности половина – сорные и сорно-луговые виды, в основном зональной флоры. Фрагменты участков самозарастания хвостохранилищ показаны на рис. 3.6–3.8.

Специфическим объектом рекультивации на Урале явилось хвостохранилище, сформированное шламами Полевского криолитового завода, входящего в

число предприятий промышленного комплекса Свердловской области²²⁶. Производство его основной продукции сопровождается образованием шламов, за складированных в шламонакопитель площадью более 100 га, расположенный в городской черте (рис. 3.9). По лесорастительному районированию город расположен в пределах средне- и южнотаежных сосновых лесов с примесью ели и лиственницы и лиственнично-сосновых зеленомошнотравянистых лесов. На равнинных участках – сосновые леса, на болотистых местообитаниях – лиственные породы с преобладанием березы. Основные почвы района – дерново-подзолистые (слабо и сильно), легко- и тяжелосуглинистые. В понижениях рельефа – дерново-луговые почвы. В целом природные условия благоприятны для развития растительности.

Расположение хвостохранилища на городских и лесных землях на границе с естественными лесными массивами составляет комплекс природных условий, влияющих на выбор направления рекультивации территории, нарушенной шламонакопителем.

Результаты изучения свойств шлама для установления его пригодности по нормативным показателям для биологической рекультивации приведены в табл. 3.4 и 3.5.

Особенностью шлама, определяемой свойствами исходного сырья и технологией его переработки, является высокая щелочность, приближающаяся к критическим значениям для роста и развития растений. Высокие значения имеют и показатели сухого остатка и сумма токсичных солей. Количественные значения этих трех показателей характеризуют шлам как малоприспособный. В комплексе со значениями содержания гипса шлам относится к непригодным для биологического освоения субстратам. Результаты установления качественного состава засоления шлама характеризуют тип засоления как кальциево-сульфатное. Присутствующие ионы натрия легко подвижны и вымываются вглубь.

²²⁶ Чайкина Г.М., Обьедкова В.А. Шламы криолитового завода как объект биологической рекультивации // Урал-экология. Металлургия. Техноген. Екатеринбург: Урал-Принт, 2001. С. 88–89.

Установленные физико-химические характеристики шлама определили необходимость усложнения работ технического этапа рекультивации, включая формирование экранирующего слоя. Хвостохранилище представляет собой ровную поверхность пепельно-серого цвета. Ограждающая дамба сложена глинисто-суглинистым материалом со щебеночной наброской. Поверхность полностью лишена растительности. Отдельные экземпляры сорно-лесных видов зарегистрированы только на границе поле–дамба на контакте шлама с минерально-растительным грунтом. Среди них наиболее распространены *Tussilago farfara* и *Melilotus* sp. и единичными особями – *Artemisia vulgaris*, *Artemisia austriaca*, *Taraxacum vulgare*, *Festuca sulcata*, *Betula* sp. Происходящее застание дамбы древесными видами свидетельствует о возможной перспективности этого процесса и для горизонтальной поверхности шламоохранилища при условии формирования корнеобитаемого слоя (рис. 3.10).

Комплексный учет перечисленных факторов, а также требований ГОСТа по рекультивации земель позволяет считать наиболее реальным направлением биологической рекультивации данного хвостохранилища санитарно-гигиеническое. Требования к данному направлению сводятся к выбору средств консервации нарушенной территории в зависимости от показателей оценки пригодности субстрата, природно-климатических условий и технико-экономических показателей, выполнению мелиоративных работ, закреплению поверхности биологическими средствами. На данном объекте целесообразно создание задернованных участков природоохранного назначения, специально не благоустраиваемых для использования в хозяйственных или рекреационных целях, с последующим формированием сложного ценоза за счет заноса семян с примыкающих к отвалу лесных массивов, что обеспечит охрану окружающей среды от негативного влияния техногенного объекта (табл. 3.6). Эстетические качества рекультивированной площади как элемента ландшафта улучшатся при посадке по периметру отвала облепихи.

Работы технического этапа по формированию рекультивационного слоя на шламоохранилище с приведенными характеристиками включают:

1. Поверхностную гидроизоляцию шлама путем формирования изолирующего слоя из дробленых скальных пород мощностью 1,0 м и экрана толщиной 0,2 м из глины или тяжелого суглинка, уплотненного гладким катком в процессе формирования. Созданный экранирующий слой обеспечит защиту подземных вод от выноса из шламохранилища солей атмосферными осадками и поднятия вверх в условиях дефицита влаги. Вторая его функция – предохранение корневых систем растений от возможного контакта их с непригодным субстратом.

2. Формирование корнеобитаемого слоя.

Учитывая, что создаваемый растительный покров будет выполнять не продукционную, хозяйственную функцию, а функцию защиты окружающей среды, в проекте мощность рекультивационного слоя из суглинков (вместе с экраном из глины) определена в 0,5 м. Разработка их целесообразна вместе с гумусированной частью почвенного профиля.

Мелиорация созданного рекультивационного слоя проводится на биологическом этапе рекультивации перед посевом трав. Она может быть выполнена в двух вариантах: внесением минеральных удобрений из расчета 4–5 ц/га или внесением биогумуса.

Действие минеральных удобрений общеизвестно. Биогумус, производимый в г. Полевском ТОО ЭП «Агат», – высокоэффективное органоминеральное удобрение нового поколения, удобен в применении, обладает длительным действием. Содержание азота, фосфора и калия, близкое по количеству к содержанию в птичьем помете, наличие микроэлементов и микрофлоры делает этот вид удобрения конкурентоспособным с минеральными.

Биологический этап рекультивации включает посев многолетних дернообразующих травянистых злаковых видов в смеси с бобовыми и посадку быстрорастущей кустарниковой породы – облепихи, обладающей мелиоративными и почвоукрепляющими свойствами с перспективой последующего естественного зарастания поверхности.

Несмотря на приоритет создания на хвостохранилищах растительного покрова из травянистых видов, в конкретных условиях могут найти применение также древесные и кустарниковые породы. Ландшафтное оформление таких больших территорий может предусматривать озеленение откосов, создание фрагментов куртинного размещения, а также систему лесополос на площадях с посевом трав.

Исследования этого вопроса были начаты на хвостохранилище Качканарского ГОКа с закладки опытных посадок в 1979 г. В испытания включены 9 видов ивы, тополь с посадкой черенками, а также саженцы сосны, березы, малины, облепихи. Посадки проводились в ямы с добавлением отходов ТЭЦ и глины²²⁷. В 1989 и 1991 гг. ассортимент видов, включенных в испытания, был расширен. Варианты рекультивационного слоя и перечень испытываемых культур приведены в табл. 3.7.

Лесные насаждения, созданные на нарушенных территориях, выполняют несколько функций:

- защищают ландшафты от развития водной и ветровой эрозии;
- способствуют улучшению гидрологического режима;
- снижают интенсивность загрязнения окружающих территорий.

Подбор ассортимента древесных и кустарниковых растений для создания лесных культур на хвостохранилище является необходимым условием создания продуктивных и устойчивых насаждений и включает ряд этапов:

- отбор растений на основе изучения их биоэкологических свойств;
- оценку испытуемого вида в конкретных условиях произрастания и в зависимости от цели лесной рекультивации;
- разработку оптимальных схем смешения древесных и кустарниковых пород.

В условиях хвостохранилища Качканарского ГОКа лесные культуры должны выполнять двойную функцию. Главное их назначение – противоэрози-

²²⁷ См. Левит С.Я., Пикалова Г.М., 1984.

онное. Исследованиями²²⁸ установлено, что лесные культуры противоэрозийного назначения на породных отвалах могут создаваться без предварительной мелиорации субстратов. Главное требование к экологии вида при этом – малотребовательность к плодородию. Кроме того, для выполнения противоэрозийных функций растения должны обладать быстрым ростом и хорошими почвоулучшающими свойствами.

В испытания на хвостохранилищах включены олиго- и мезотрофные (малотребовательные к плодородию) виды, мезофиты и мезоксерофиты по отношению к условиям увлажнения. Виды с подобными характеристиками способны осваивать малопригодные с неустойчивым увлажнением субстраты, какими, в частности, являются хвосты обогащения.

Часть видов (сосна, клены, сирень, облепиха) относятся к породам декоративного и бальнеологического назначения и рекомендуются для выращивания на отвалах при лесопарковом направлении рекультивации.

Такие виды как облепиха, лох, шиповник, относящиеся к корнеотпрысковым, обладают высокими противоэрозийными свойствами. Различные виды ив рекомендуются для более влажных местообитаний – нижних частей откосов.

К категории почвоулучшающих относятся такие породы как акация желтая, лох, облепиха. Ивы и березы являются наиболее быстрорастущими....

(С. 211)

Рис. 3.31. Схема основных этапов рекультивации нарушенных земель

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ:

Горнотехническая:

- Селективное снятие гумусового горизонта почв и нанесение их на спланированные отвалы
- Селективная выемка и складирование пород
- Формирование оптимального (для последующих этапов) внутреннего строения отвалов
- Выпалаживание откосов, террасирование склонов, ремонт нарушенных земель
- Проведение противоэрозийных мероприятий. Утилизация пород отвалов
- Проведение противодефляционных мероприятий

Геохимическая:

- Определение источников токсичных элементов, замена токсичных материалов нетоксичными, изменение технологии
- Управление геохимическими потоками обломочного материала (включается в общий горный цикл)
- Управление гидрохимическими потоками:

²²⁸ Биологическая рекультивация..., 1981.

Оптимизация поверхностного стока путем строительства дамб, насыпей, канав, прудков-отстойников
Оптимизация подземного стока путем забутовки и закладки горных выработок, создание глиняных завес, искусственное повышение проницаемости массива
Создание структуры гидрохимических барьеров

- Управление воздушными потоками
- Изменение общей структуры: положения источников и геохимических потоков

Биологическая:

- Выбор направления рекультивации, временное озеленение, нанесение на поверхность отвалов биологически активного слоя
- Обследование субстратов с территорий после проведения горнотехнической рекультивации
- Изучение местной растительности, возможности и условий самозарастания нарушенных земель
- Землевание, мелиорирование и доводка в целях улучшения пахотных земель
- Мелиорация неопочв отвалов: агрофизическая, физическая, химическая, биологическая, задержание или залужение откосов
- Лесоразведение и посев многолетних трав, полное восстановление биологического потенциала нарушенных земель
- Постоянное проведение противоэрозионных мероприятий, уход и надзор за посадками

(С. 210–221)

3.5.1. Рекультивация откосов

Рекультивация породных отвалов должна предусматривать выполнение работ технического и биологического этапа не только на горизонтальной поверхности, но и на откосах.

До недавнего времени основным условием проведения рекультивации откосов считалось их выполаживание²²⁹. Так, И. И. Русским²³⁰ отмечалось, что доля площади, занимаемой невыположенными откосами в общей площади отвального отвода, изменяется от 1,2 до 20 % в зависимости от линейных параметров отвалов, а доля площади откосов в площади отсыпанных отвалов изменяется от 2 до 28 %. Откосы отвалов Кривбасса составляли 12 % площади отвальных отводов, а угол их выполаживания, ширина террас и расстояние между террасами должны были обеспечивать нормальные условия для биологической рекультивации с учетом возможности механизированной обработки насаждений²³¹. Наиболее рациональной признавалась совмещенная схема формирования откосов отвалов и отвалообразования с применением бульдозеров, отваль-

²²⁹ Дороненко Е.П. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками. М.: Недра, 1985; Методические указания по разработке проектов рекультивации нарушенных земель, снятия и использования плодородного слоя почвы на горно-рудных предприятиях Минчермета СССР: Утв. Минчерметом СССР 24.01.85. Свердловск: ИГД Минчермета СССР, 1985.

²³⁰ Русский И.И., Котровский М.Н. О технологии выполаживания откосов в процессе рекультивации отвалов // Изв. Вузов. Горный ж. 1976. № 7.

²³¹ Полищук А.К., Михайлов А.М. Профилирование откосов отвалов при рекультивации // Горный ж. 1977. № 7.

ных экскаваторов за счет изменения параметров отвальных заходов; предлагалась схема взрывного выполаживания откосов, в результате которого сформировавшаяся поверхность не требовала дополнительной механической обработки²³².

Вопрос о необходимости террасирования откосов отвалов стал ставиться в научной литературе по рекультивации земель с середины восьмидесятых годов. Процесс террасирования откосов отвалов также сложен и затратен, но именно этот способ освоения склоновых поверхностей известен в практике земледелия и создания защитных лесных насаждений с древности.

Анализ технических разработок по рекультивации откосов, защищенных авторскими свидетельствами (табл. 3.20), показывает, что создание террас на откосах отвалов рекомендуется, главным образом, для проведения биологической рекультивации откосов.

На откосах скальных отвалов применение террасирования нерационально. Оно не только связано с большими объемами работ по переэкскавации пород, но и не может улучшить механический состав их на бермах, так как выветрелая часть скальных пород располагается в верхнем слое отвальной массы. Поэтому откосы отвалов скальных пород рекомендовалось оставлять для самозаращения и проведения мероприятий по его усилению.

Для откосов отвалов рыхлых пород НИИКМА предложен способ диагонального террасирования²³³ с нарезкой террас от бровки откоса диагонально с уклоном 2–5°, созданием защитного вала на плато отвала для исключения возможности размыва террас. Для создания таких террас рекомендовано использование различного оборудования – от бульдозера-террасера-грейдера до одноковшовых или роторных экскаваторов с малыми линейными параметрами. На

²³² Дороненко Е.П., Элькин А.Я., Жерносенко К.К. Технологические схемы и экономические показатели рекультивации откосов отвалов // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, 1974. С 67–78; Котровский М.Н. Технологические параметры совместного производства отвальных и рекультивационных работ // Развитие технол. Рационального освоения недр при отк. Разраб. Месторождений. М., 1992. С. 112–130; Абрамов А.В., Брылов Д.С., Комащенко В.И. и др. Взрывное выполаживание откосов отвалов при горнотехнической рекультивации // Горный ж. 1981. № 2. С. 37–38.

²³³ Титовский В.И., Калашиников А.Т., Бабец А.М. Опыт рекультивации нарушенных земель в бассейне КМА: ЭИ / Черметинформация. М., 1988. (Сер. Передовой производственно-технический опыт предприятий черной металлургии. Вып. 11).

сформированных подобным способом террасах возможно, по заключению авторов, применение лесохозяйственных и сельскохозяйственных машин общего назначения.

С общебиологической точки зрения террасированные откосы отвалов становятся более благоприятным объектом рекультивации, изменения и эстетическое восприятие от рукотворных «горных систем». Изменение микрорельефа откоса сопровождается улучшением микроклиматических условий, жесткость которых увеличивается с высотой откоса. Опыт облесения террасированных откосов гидроотвала «Березовый Лог» Лебединского ГОКа и автоотвала «Стрелица» Стойленского ГОКа обобщен²³⁴. Однако несмотря на явные экологические преимущества рекультивации террасированных и выположенных откосов, вопрос о проведении этих работ должен решаться индивидуально для конкретного объекта предприятия с учетом не только экономических показателей, но и социально-экономических условий района расположения отвала.

Еще более сложен процесс выполаживания откосов. Для мягких лесопригодных пород рекомендовалось выполаживание до 11–25° с последующей нарезкой террас шириной 4,0–4,5 м с обратным уклоном. При планировании работ по выполаживанию откосов необходимо учитывать не только возможный большой объем работ, но и их целесообразность. Так, установлено, что вследствие большой зависимости урожая возделываемых культур от рельефа местности, проведение выполаживания для сельскохозяйственных целей не рационально, но может быть оправданно при решении проблем социально-экологического характера. Расчеты показывают, что затраты на выполаживание откосов выше, чем на террасирование, а абсолютные величины их определяются параметрами отвалов²³⁵.

Выполаживание откосов отвалов, помимо перечисленных сложностей его выполнения, сдерживается также возможностью дополнительного отвода земель под отвал. Как правило, на большинстве предприятий первый ярус отва-

²³⁴ Абдаль-Саттар Салех Абдулла Облесение террасированных откосов отвалов КМА: Автореф. дис. ... к.с.-х. наук. Воронеж, 1985.

²³⁵ Телибеков М.О. О выполаживании откосов отвалов вскрышных пород при рекультивации // Комплекс. использ. минерал. сырья. 1985. № 9. С. 19–21.

лов отсыпан на границу земельного отвода, на проектный контур и выполаживание откосов в целях их рекультивации нельзя проводить из-за отсутствия свободной площади.

Поиски способа рекультивации откосов отвалов привели к выводу о целесообразности использования для этих целей способа гидропосева. В практику рекультивации способ гидропосева, разработанный изначально во Всесоюзном научно-исследовательском институте транспортного строительства для закрепления откосов транспортных магистралей²³⁶, начал внедряться с 1970 г. как химико-биологический метод биологической рекультивации откосов, испытанный и давший положительные результаты как на зарубежных, так и на отечественных карьерах.

Применение этого способа вполне обеспечивает решение задач санитарно-гигиенического направления рекультивации: уменьшения водной и ветровой эрозии и, таким образом, предотвращения загрязнения окружающей среды. Учитывая, что отвалы многих карьеров находятся в пределах городской черты, проблема озеленения откосов имеет не только санитарно-гигиеническое, но и эстетическое значение.

Сущность способа гидропосева заключается в нанесении на откос смеси, состоящей из воды, семян, минеральных удобрений, мульчирующих и стабилизирующих материалов, перемешиваемых в емкости и наносимых на откосы механизированным способом.

Зарубежный опыт применения гидропосева касается откосов из скальных пород и имеет некоторые отличия, обусловленные спецификой условий реализации способа. Так, для Великобритании технология биологической рекультивации предполагает полив откосов с помощью гидромониторов однородной пульпой, обычно состоящей из воды, торфа, семян и удобрений. Для лучшего прилипания наносимой пульпы в ее состав могут быть включены связующие компоненты – синтетические или натуральные смолы. Польские исследователи предлагают способ с использованием битумной эмульсии, 25 %-й раствор кото-

²³⁶ Методические указания по укреплению откосов земляного полотна гидропосевом трав: Утв. 12.07.84. М.: ВНИИ транспортного строительства, 1984.

рой в дозе 0,25–0,5 л/м² наносится на эродированные поверхности отвалов сразу после посева семян. Пленка не препятствует прорастанию семян. На бурогольных месторождениях земли Северный Рейн-Вестфалия (Германия) внедрен метод укрепления откосов гидропосевом, при котором в состав пульпы кроме семян, воды, органических и минеральных удобрений входит специальный питательный компонент Perlhumus (фирменное название), получаемый при химической переработке гумусовых углей. Французские исследователи, акцентируя внимание на возможности проведения гидропосева на скальных откосах, отмечают, что успех этого мероприятия зависит от нанесения на откосы почвы. В Эстонии метод нашел применение в мелиоративном строительстве при укреплении откосов каналов, плотин, дамб с использованием в качестве органической добавки фрезерного торфа.

В России специалистами института ВНИИнеруд предложено нанесение на откосы плодородной смеси с вяжущими компонентами методом «налива». Основа смеси – чернозем.

В 1970 и 1972 гг. специалистами Уральского государственного университета и ИГД Минчермета СССР были проведены промышленные эксперименты по применению для гидропосева вентиляционно-оросительной установки УМП-1. Объектом явились откосы отвалов и отработанные борта карьера Соколовско-Сарбайского комбината²³⁷. В качестве стабилизатора применялись сульфитно-спиртовая барда и латекс. Перемешивание всей смеси производилось с помощью пневмоэмульгатора. Испытано использование гидромонитора для полива откоса и нанесения семян с удобрениями с последующим закреплением латексной эмульсией с помощью установки АИ-20КВ на базе турбовинтового двигателя самолета ИЛ-18.

Проведенные исследования, доказав перспективность биологического восстановления откосов способом гидропосева, выявили факторы, подлежащие предварительному учету.

²³⁷ Конорев М.М., Филатов С.С., Нестеренко Г.Ф. и др. О механизации работ по химико-биологическому закреплению поверхностей, нарушенными горными работами // Технология открытых горных работ. (Сб. науч. тр. ИГД МЧМ СССР. Вып. 58). Свердловск, 1979. С. 88–94.

Дальнейшие испытания способа проводились на откосах отвалов нагорного типа – ОАО «Бакальские рудники» – и рекомендованы для откосов отвалов Азербайджанского ГОКа²³⁸.

Рекультивация скальных откосов Северных отвалов Бакальского РУ способом гидропосева проводилась с помощью вентиляционно-оросительной установки УМП-1, базой которой является автомобиль БелАЗ-548А. Вместимость бака установки 30 м³, расход воды гидромонитором 1,8 м³/мин, дальность струи 70 м. Недостатком этой установки является отсутствие мешалки в баке для перемешивания компонентов гидросмеси.

Возможность использования установки УМП-1 для гидропосева была определена на горизонтальной поверхности отработанного отвала. Перемешивание компонентов смеси происходило в результате циркуляции воды в баке. Интенсивность струи на выходе регулировалась изменением диаметра форсунок коллектора и распределительным краном. Семена бобовых трав – клевера, люцерны, донника в отсутствие перемешивания в основном оседают на дно, семена злаковых трав – костра, овсяницы, пырея подаются в составе гидросмеси на рекультивируемую поверхность.

В 1984–1985 гг. был проведен гидропосев для укрепления и озеленения откосов высотой 15 м выездной траншеи Петлинского карьера и откоса Северных отвалов Новобакальского карьера высотой более 40 м.

Процесс гидропосева состоял из следующих операций. Бак машины УМП-1 на 2/3 объема заполнялся водой, в которую загружались удобрения и семена. Учитывая возможные потери семян вследствие оседания их в баке машины, а также сдувания с откоса после его высыхания, норму высева семян увеличили и довели до 40 кг/га при пятичленной травосмеси. Удобрения вносили в соотношении 1:1,5:3 (соответственно калий, фосфор и азот). Подобное соотношение выбрано с учетом количественного содержания в породах калия и фосфора и полного отсутствия азота.

²³⁸ Пикалова Г.М., Обьедкова В.А., Шевчук В.Г. и др. Закрепление откосов отвалов Бакальского рудоуправления способом гидропосева // Черная металлургия. 1986. № 14. С. 34–35; Пикалова Г.М., Обьедкова В.А., Шевчук В.Г. Экологическая специфика рекультивации в условиях высокогорья и ее эффективность // Растения и промышленная среда: Межвуз. сб. Свердловск, 1989. С. 135–146.

При движении автомобиля с включенным насосом струю гидросмеси из шланга или гидромонитора направляли на откос, таким образом поливали его созданной смесью. Чтобы травяной покров был равномерным, посев на откосе проводили за два-три подхода агрегата при его возвратно-поступательном движении.

При отсыпке отвала скальные породы сегрегируют по крупности. Мелкие фракции сосредотачиваются в верхней части откоса, а крупные – в нижней, что необходимо учитывать при закреплении откосов способом гидропосева. Преобладание мелкой фракции пород в верхней части откоса способствует лучшему закреплению семян и развитию растений, поэтому гидросмесь целесообразно наносить на откос сверху вниз. При направлении струи снизу вверх давление должно обеспечивать высоту струи до верха откоса. Концентрация крупных фракций пород внизу откоса и их разлет по берме затрудняет установку автомобиля у нижней бровки откоса. Чтобы приблизить стоянку автомобиля к откосу, целесообразно сделать подъезды – «карманы». В этом случае отдельные участки откоса поливают со стационарной стоянки автомобиля.

Оценка состояния посева на откосе Петлинского карьера проводилась дважды: визуальная – осенью 1984 г. и весной 1985 г. с подсчетом числа побегов, число которых колебалось от 458 до 672 шт./м². Состояние травостоя вполне удовлетворительное. Травяной покров зафиксирован на 60 % обработанной площади.

Особенность технологии гидропосева на этом предприятии состояла в отсутствии в составе гидросмеси пленкообразующего вещества и органических добавок. Аналогичная гидросмесь использовалась на объектах нарушений ОАО «Комбинат «Магнезит».

Весной 1990 г. на отвалах Карагайского карьера проведены опытные работы по гидропосеву трав на откосах (рис. 3.32) и горизонтальных поверхностях (рис. 3.33) с применением поливомоечной машины на базе автомобиля ЗИЛ-130. Результаты эксперимента вполне удовлетворительны.

Основным недостатком при производстве гидропосева данной машиной

явилось не только отсутствие устройства для перемешивания смеси семян и удобрений в баке машины, но и слабый напор нагнетающего насоса, обеспечивающего дальность струи только до 10–12 м. При устранении указанных недостатков применение способа гидропосева на отвалах карьеров ОАО «Комбината «Магнезит» является вполне приемлемым.

Полученный положительный эффект от смеси воды с удобрениями и семенами позволяет заключить, что в определенных условиях состав гидросмеси может изменяться как в сторону упрощения, так и усложнения. Однако очевидно, что введение в гидросмесь или нанесение на откос любым доступным способом органического (почвы) или органо-минерального (суглинки) субстрата улучшит эдафические условия на откосах.

Нанесение плодородного или потенциально плодородного слоя на откосы может быть произведено как в составе гидросмеси, так и путем разгрузки их из автосамосвалов под откос или с помощью тракторного (навесного на трактор Т-150 К) грунтомета, обеспечивающего дальность метания грунта от 15 до 30 м. Необходимо также иметь в виду, что применение битумной эмульсии может вызвать дополнительное загрязнение окружающей среды. Использование латекса исключает возможность применения фосфорно-калийных удобрений, в присутствии которых латекс коагулирует. Включение же в гидросмесь минеральных удобрений обязательно ввиду недостатка элементов питания в породах вскрыши. Все это свидетельствует о том, что состав смеси для гидропосева должен подбираться индивидуально для конкретных условий.

Поиск путей снижения затрат на рекультивацию откосов и упрощения технологии работ по гидропосеву позволил специалистам НИИКМА и Лебединского ГОКа найти новое решение этой проблемы. Способ рассчитан на проведение рекультивации выположенных откосов отвалов из рыхлых пород. Суть способа опубликована в цитируемой выше работе и показана на рис. 3.34.

Таким образом, *рекультивацией откосов может быть значительно улучшен эстетический облик нарушенной территории.*

Дополнительно необходимо отметить, что на отвалах, эксплуатация кото-

рых закончена десятилетия назад, на откосах проявляются и процессы самозарастания. К таким в первую очередь относятся откосы первых ярусов отвалов, сформированных рыхлыми отложениями вскрышной толщи. В конкретных условиях возможно проведение мер содействия естественному природному процессу биологического восстановления на склоновых поверхностях.

Таблица 3.20

Способы рекультивации откосов отвалов

№ п.п.	№, название изобретения, классификационный индекс, заявитель, дата приоритета и опубликования	Сущность изобретения
1	А.с. 659748 Способ рекультивации многоярусных отвалов. Е 21 С 41/02. Чулаков П.Ч., Назаров С.К 03.06.75. Оpubл. 30.04.79. Б.И. 1979, № 16	Построение террас на ярусах и покрытие террас потенциально плодородным слоем. После построения террасы первого яруса производят покрытие откоса и площадки плодородным слоем до нижней бровки второго яруса и при отсыпке последующих ярусов операции повторяют
2	А.с. 810970 Способ выполаживания и рекультивации откосов отвалов. Е 21 С 41/00. Брылов С.А., Христик В.И., Брылов Д.С. и др. 29.05.79	С верхней площадки отвала в его породы бурят скважины с перебором проектной поверхности выполаживания, размещают в перебуре каждой скважины заряд рыхления, а на участке каждой скважины от проектной поверхности выполаживания до устья размещают заряд сброса. Заряды рыхления взрывают с замедлением относительно зарядов сброса
3	А.с. 817257 Способ рекультивации крутых склонов Е 21 С 41/00. Кузнецов В.С., Околызин Е.Л., Пацев С.И. и др. 25.06.79	При рекультивации крутых склонов из скальных пород в целях уменьшения объема насыпных работ от подошвы склона до его верхней бровки формируют подъездной путь и размещают на нем приемные площадки. Засыпку склона осуществляют уступами снизу вверх с одновременным формированием террас на уровне приемных площадок
4	А.с. 793442 Способ рекультивации склонов отвалов скальных пород. А 01 В 79/02, Е 21 С 41/02. Дриженко А.Ю. 03.07.79. Оpubл. Б.И. 04.01.81	Способ включает формирование террас на каждом ярусе отвала, отвалов скальных пород. покрытие потенциально плодородным слоем и почвой. Ниже уровня горизонтальной площадки террасы каждого яруса формируют из почвенной массы промежуточную террасу, после чего производят засыпку указанной массой склона этой террасы под углом естественного откоса скальных пород
5	А.с. 1016512 Способ рекультивации откосов. Е 21 С 41/02. Титовский В.И., Сальников П.А., Мартинсон Н.М. и др. 22.12.80. Оpubл. Б.И. 1983, № 17	На откосах формируются террасы с устройством предохранительных бERM с последующей биологической рекультивацией. Террасы с предохранительными бЕРМАМИ формируют клиновидными заходками диагонально по отношению к бРОВКАМ откосов с повторением рельефа последних, а у верхних бровок террасированных откосов формируют водозащитный вал. При рекультивации откосов многоярусных отвалов наклонные террасы на каждом последующем ярусе проходит в противоположном направлении к предыдущему
6	А.с. 1077591 (СССР) Способ рекультивации откосов. А 01 В 79/00, А 01 В 79/02. Околызин Е.П., Рысин А.С., Кузнецов В.С. 12.08.82. Оpubл. Б.И. 1984, № 9	Способ включает постановку откосов в устойчивое положение, проведение выработок и заполнение их почвой с семенами и удобрениями. В целях снижения затрат на рекультивацию бортов карьеров выработки проходят в виде скважин параллельно откосу борта карьера
7	А.с. 1176079 Способ рекультивации склонов отвалов скальных пород. Е 21 С 41/02. Дриженко А.Ю. 13.01.84. Оpubл. Б.И. 1985, № 32	В целях снижения расхода потенциально плодородной почвенной массы для создания благоприятных условий произрастания растений при формировании промежуточной террасы вдоль ее внешней бровки отсыпают вал выше уровня горизонтальной площадки террасы. Затем укладывают на формируемую поверхность террасы слой водоупорного материала, засыпают казаный слой скальными породами и после отсыпки на сформиро-

		ванную поверхность террасы потенциально плодородного слоя почвенной массы отсыпают из последних валы вдоль внутренней бровки сформированной поверхности террасы
8	А.с. 11330312, СССР. Способ рекультивации откосов отвалов. Е 21 С 41/02. Проценко М.М., Попов В.Г. 03.12.85. Оpubл. Б.И. 1987, № 30	Способ включает выполаживание откоса посредством выемки грунта в пределах мощности отвала под углом, необходимым для биологического освоения, формирование в процессе выполаживания откоса террас, укладку вынимаемого с откоса грунта на поверхность отвала и покрытие сформированной поверхности отвала призмой из потенциально плодородных пород
9	А.с. 857485 Способ рекультивации откосов отвалов. Е 21 С 41/00. Окользин Е.П., Лутай Т.М. 06.11.79. Оpubл. Б.И. 1987, № 31	Способ включает закрепление в грунте откоса заполненных корзин с высаженными в них саженцами. В теле отвала за контуром призмы обрушения располагаю якоря, к которым крепят корзины, утапливаемые в тело откоса, при этом промежутки между корзинами затягивают сетками из искусственных волокон и производят полив каждой корзины через шланги из установленного на верхней площадке отвала резервуара
10	А.с. 1546635 Способ рекультивации склонов отвалов скальных пород и устройство для его осуществления. Е 21 С 41/18. Додатко А.Д., Дриженко А.Ю., Дриженко Н.А., Михайлец В.Я., Кузьменко С.В., Осипов Б.М. 28.12.87. Оpubл. Б.И. 1990, № 8	После отсыпки яруса отвальных скальных пород на его склон отсыпают почвообразующие породы. По отсыпанным почвообразующим породам формируют по склону яруса продольные террасы. Для этого на нижней и верхней площадках яруса устанавливают бульдозеры и соединяют их между собой системой несущих тяговых каналов. На несущем канале подвешен ковш с возможностью перемещения вдоль каната по склону отвала
11	А.с. 1765419 Способ рекультивации откосов отвалов скальных пород. Е 21 С 41/32. Шевчук В.Г., Леликов В.П., Паклин А.Э. 14.09.90. Оpubл. Б.И. 1992, № 36	Смешанную с семенами во влажном состоянии потенциально плодородную почвенную массу формируют совместно с семенами в виде кусков различного размера, имеющих в сечении форму отвала. Куски замораживают и подают с верхней бровки отвала на его поверхность. Потенциально плодородная почвенная масса с семенами растений распределяется по поверхности откоса под собственным весом в расчетных точках

(С. 226–233)

3.5.3. Рекультивация карьеров, зон обрушений и провалов

Карьеры, зоны обрушения и провалы, сопутствующие открытому и подземному способу разработки, различаясь по морфометрическим параметрам и преобладающему элементу рельефа, также неоднозначны и по направлениям возможного использования после рекультивации, что было отражено в государственном стандарте по классификации нарушенных земель для рекультивации.

Различие карьеров по глубине – от малой – 30–50 м, средней – 50–100 м до глубокой – более 100 м и сверхглубокой – более 300 м на месторождениях наклонного и крутого падения с вывозкой пород вскрыши во внешние отвалы определили возможное использование подобных выемок в нескольких направлениях:

– в качестве водоемов многоцелевого назначения – в обводненных карьерах;

– как площадки для строительства и размещения отходов производства – в сухих карьерах.

Биологической рекультивации в карьерных выемках могут подвергаться откосы и бермы с созданием на них задернованных участков и (или) лесонасаждений.

Разработка залежей пологого и горизонтального залегания сопровождается формированием карьеров малой глубины, для которых перспективно создание водоемов рыбоводческого назначения, на выположенных уступах – сенокосов, на откосах – задернованных участков природоохранного назначения, зон отдыха и спорта.

Восстановление территорий, нарушенных карьерами в горном деле, рассматривается в основном с точки зрения использования выработанных пространств для складирования вскрышных пород и отходов обогащения. Таковы сведения о заполнении породой карьеров камня, глины, песка и гравия во Франции, Венгрии, США, Германии. Не меньшее значение имеет и создание водоемов. При этом, наряду с техническими проблемами, связанными со стабилизацией и укреплением откосов бортов, рассматриваются вопросы приближения контуров бортов карьера в процессе разработки месторождения к естественным плавным параметрам и последующего облагораживания ландшафта за счет создания искусственных водоемов и зон отдыха²³⁹.

Во Франции в начале 80-х годов прошлого века принят декрет об обязательном минимуме восстановления территории после окончания работ на карьере. Наиболее типичными формами использования карьеров признаны промышленные зоны, бассейны-отстойники, хранилища воды в зависимости от уровня расположения грунтовых вод. В карьерах, засыпаемых отходами горного или других производств, поверхность может быть восстановлена под луг,

²³⁹ Galin R. La rehabilitation des carriers après exploration en France // Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. 1984. N 29. P. 261–263; Les problemes digestion des ressources et d'amenagement du territoire // Equip. mac. 1976. N 147. P. 36–51; La rehabilitation des carriers // Equip. mec. Carrieres et mater. 1979. N 177. P. 63–69; Le reamenagement des carriers de roches massives // Equip. mec. Carrieres et mater. 1983. N 210. P. 70–74; Olson O. Iron Range resources mineland reclamation program // Skillings Mining Rev. 1982. N 10. P 77–88; Cancelli A., Francani V. Quarry reclamation in the Lombardy plain, Italy // Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. 1984. N 29. P. 237–240; Kusnierz Werner. Durchsetzung der Forderungen zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit an Tagebaurestlochern // Sicherh., Bergbau, Energiewirt., Geol., Met. 1988. N 2. S. 27–28.

под сельскохозяйственную, промышленную или жилую зону, под объекты спорта и отдыха населения. В карьерах, отстроенных выше уровня грунтовых вод, определена возможность их засыпки городским и бытовым мусором, отходами промышленности. Токсичные отходы до отсыпки в карьер должны пройти дезинтоксикацию с последующим созданием слоя из верхней части вскрышных пород вместе с гумусированной частью почвенного профиля, пригодных для биологического освоения. Для озеленения скальных бортов с крутым углом откоса предлагается нанесение растительного слоя на бермы с последующей посадкой на них вечнозеленых вьющихся растений. На пологих откосах борта рекомендовано нанесение плодородного слоя и посев семян по всей откосной части, на труднодоступных участках – нанесение семян гидравлическим или пневматическим способом.

Водная рекультивация карьеров рассматривается как элемент ландшафтной структуры района. Однако в этом случае должна быть решена задача обеспечения устойчивости бортов карьера, заполняемого водой, достигаемого в отдельных случаях взрывным способом. Вторая задача – создание донного и бортовых экранов, которые не просто «удержат» воду в карьере, но и, что не менее важно, предотвратят возможное загрязнение подземных вод.

Анализ зарубежного опыта рекультивации карьеров показал, что важность восстановления этой категории нарушений особенно очевидна, признана и актуальна для стран с высокой плотностью населения. В этих условиях приоритетным является не столько водохозяйственное направление рекультивации карьеров, сколько рекреационное – создание баз спорта и отдыха с рыболовством, водными видами спорта, купанием и приданием эстетического вида этим территориям.

В 1977 г. Б. Н. Тартаковским предложена классификация направлений использования выработанного пространства, основанная на обобщении и анализе опыта рекультивации земель, нарушенных горными работами в нашей

стране и за рубежом²⁴⁰. В числе направлений использования карьерного пространства названы не только сельскохозяйственное и лесохозяйственное, но и промышленное, транспортное и даже культурно-бытовое с общим перечнем более 60 наименований. Классификация не утратила своего значения и в настоящее время, послужив основой разработки разделов нормативных документов по рекультивации этого вида нарушений земной поверхности.

На основании научных разработок и практики проектирования, основные положения которых сформулированы²⁴¹, рекультивация рудных карьеров может осуществляться по двум направлениям:

- заполнение карьеров породами вскрыши или отходами обогащения до уровня дневной поверхности с последующей сельскохозяйственной или лесохозяйственной рекультивацией или использованием сформированной поверхности для гражданского или промышленного строительства;
- заполнение выработанного пространства водой для водо- и рыбохозяйственных целей.

Необходимость рекультивации карьеров обусловлена не только требованиями восстановления нарушенных земель, но и природоохранными, так как после прекращения горных работ в карьерах они нередко превращаются в несанкционированные свалки. Так, в Свердловской области насчитывается более 200 отработанных карьеров, рекультивация которых ждет своего часа.

Использование выработанного пространства карьеров, так же как и зон обрушения и провалов, для складирования вскрышных пород является одним из резервов развития горных работ исключая отвод земель под отвалы, интенсифицируя использование выделенной площади и повышая хозяйственную и эстетическую ценность создаваемого техногенного ландшафта.

Наибольшего развития технология складирования вскрышных пород при отработке рудных месторождений получила в Кривбассе. Девять горно-обогачительных комбинатов бассейна, функционирующих более 30 лет, имеют

²⁴⁰ Тартаковский Б.Н. Классификация назначений и видов возможного использования выработанного пространства отработанных карьеров в целях развития народного хозяйства / Ин-т геотехн. Механики АН УССР. – Днепропетровск, 1976. – Деп. в ВИНТИ 28.03.77, № 1154-77.

²⁴¹ См. Методические указания..., 1985.

карьеры глубиной более 300 м. Опыт засыпки глубоких карьеров обобщен и признан одним из способов уменьшения изъятия земель при разработке крутопадающих месторождений даже при частичном использовании выработанного пространства на рудных карьерах как черной, так и цветной металлургии²⁴². Это может быть актуально в перспективе, когда, например, в Кривбассе объединение четырех локальных карьеров ЮГОКа и НКГОКа приведет к формированию карьерного пространства с размерами по поверхности 5 x 6,3 км и максимальной глубиной 850 м²⁴³.

На рудных карьерах Урала примеры использования выработанного пространства для складирования вскрышных пород немногочисленны и относятся к случаям последовательной отработки близкорасположенных месторождений как в черной, так и в цветной металлургии. Это отсыпка отвала в выработанное пространство Гологорского карьера комбината «Магнезит» по схеме последовательной отработки сближенных месторождений; складирование вскрышных пород Коноваловского участка в Сухореченский карьер после исчерпания в нем запасов доломита, что позволяло осуществить рекультивацию карьера в общей технологической схеме разработки Коноваловского участка²⁴⁴. Высокогорским ГОКом проведена засыпка ряда отработанных карьеров. Так, заполнены хвостами обогащения карьеры Каменский, Западный, Ивановский. Однако ни на одном из них активная рекультивация не проводилась. Для главного карьера ВГОКа разработана и внедряется технология складирования в карьер вторичных отходов обогащения, возникающих при переработке техногенных образований для извлечения меди. Этот способ рассматривается как технический этап рекультивации карьера, позволяющей к тому же исключить изъятие земель для складирования отходов вторичной переработки, предотвратить загрязнение ок-

²⁴² Дриженко А.Ю. Восстановление земель при горных разработках. М.: Недра, 1985; Бермухамбетов В.А. Повышение эффективности восстановления нарушенных земель при эксплуатации группы карьеров: Автореф. дис. ... к. т. наук; Чураков Е.А., Выровицков В.В. Перспективы использования выработанного пространства карьеров для отвалообразования // Цвет. металлургия. 1987. № 1. С. 35–36.

²⁴³ Проблемы разработки месторождений глубокими карьерами (Мельниковские чтения): Сб. докл. Междунар. конф. Челябинск, 1996.

²⁴⁴ Жерносенко К.К., Пьянкова Л.А. Технология восстановления земель в условиях Первоуральского рудоуправления // Технология рекультивации и охрана земель при разработке рудных месторождений. (Сб. науч. тр.). Свердловск, 1983. С. 32–36.

ружающей среды, в частности, подземных вод и атмосферы. Все это достигается за счет формирования донных и бортовых гидроизоляционных экранов по технологии, введенной в методический документ²⁴⁵.

На Урале примером создания водоема в отработанном карьере является Нижне-Бакальский площадью около 30 га, Бауманский карьер Высокогорского ГОКа (рис. 3.35).

Требования к рекультивации земель при водохозяйственном направлении рекультивации определены государственным стандартом. Его основные положения сводятся к формированию прикарьерного пространства, строительству гидротехнических сооружений для заполнения карьера и поддержания в нем расчетного уровня воды, а также экранирования дна и берегов от фильтрации. Каждый карьер как объект водохозяйственной рекультивации – это сложное искусственное гидротехническое сооружение. Его создание базируется на индивидуальном проектировании всех элементов водоема. Качество воды должно соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям конкретного направления его использования – водохозяйственному, рыбохозяйственному, рекреационному и т. д.

Кроме карьеров водная рекультивация может проводиться на реках (их участках), подвергнутых горнотехнической разработке, технологических водоемах, прудах-отстойниках, подводных выработках, донных участках, содержащих в себе токсичные вещества, береговых зонах. Аналогично наземной водную рекультивацию выполняют в два этапа: горнотехнический и биологический или гидробиологический²⁴⁶.

²⁴⁵ *Осламенко В.В.* Разработка методов экологической реабилитации земель, нарушенных горными работами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Свердловск, 1999; Методические указания по оборудованию полигонов для захоронения техногенных отходов в отработанных карьерах: Утв. 05.11.98. Екатеринбург: Госком по охране окружающей среды Свердл. обл., 1998.

²⁴⁶ *Багазеев В.К., Валиев Н.Г., Русанов В.В.* Гидротехника при разработке россыпей: Учеб. пос. Екатеринбург: УГГГА, 1999; *Гаранина И.А.* Рекультивация техногенных водоемов на примере месторождения Межевая Утка // Экология и проблемы защиты окружающей среды: Тез. докл. IX Всерос. студ. Конф. Красноярск, 25–27 апреля. Красноярск, 2002. С. 59–60.

Особый объект рекультивации составляют территории, нарушенные при подземной разработке полезных ископаемых²⁴⁷. В структуре нарушений эти площади по предприятиям черной металлургии в целом составляли около 5 %, или примерно 5,0 тыс. га, 90 % которых приходилось на зоны обрушения. Доля уральских железорудных предприятий составляла около 10 % от нарушенных подземными работами территорий.

Подземным способом отрабатывались железные руды на шахтах Высокогорского ГОКа (Магнетитовой, Естюнинской и Эксплуатационной), Гороблагодатском, Бакальском, Златоустовском, Джездинском и Богословском РУ. Максимальную долю составляли нарушения от подземных работ на последнем из перечисленных предприятий (табл. 3.21).

Отрицательное влияние подземных горных работ проявляется в нескольких аспектах:

- площадном изменении топографии и эстетики местности;
- пылении выветривающихся пород;
- нарушении гидрологического режима;
- в наличии фактора риска для населения, проживающего в зоне подработанной поверхности.

Все это обуславливает необходимость проведения рекультивационных работ на объектах нарушений от подземного способа добычи сырья.

В зависимости от применяемой технологии разработки – сплошной выемкой с обрушением кровли или с закладкой выработанного пространства, или камерно-столбовым способом с оставлением целиков – нарушенная поверхность может быть представлена породными отвалами конусовидной или плоской формы, зонами плавных оседаний (деформаций) поверхности или зоной обрушения с выходом на поверхность воронок.

Формы проявления нарушений земной поверхности при разработке руд черных металлов на Урале определены нормативными документами, так же как и меры охраны сооружений и природных объектов, попадающих в зону влия-

²⁴⁷ Лазарева И.В. Восстановление нарушенных территорий для градостроительства. М.: Изд-во лит. по строит., 1972.

ния подземных разработок²⁴⁸. В государственном стандарте по классификации земель, нарушенных при подземной разработке, выделен всего один тип нарушений – провалы, характерный для условий разработки крутопадающих (свыше 45°) штокообразных залежей с обрушением кровли и пластовых залежей крутого или пологого (до горизонтального) залегания месторождения. Этим условием соответствуют кольцевые, каньонообразные, котловинные и террасированные формы рельефа. Характеризующиеся разной глубиной, преобладающими элементами рельефа, крутизной склоновых поверхностей каждый из них естественно потребует индивидуальных технологий восстановления.

Таблица 3.21

Нарушение земель при подземной разработке
железорудных месторождений Урала (на 01.01.86)

Предприятие	Нарушено земель		
	всего	в т. ч. подземными работами	из них зонами обрушения
Бакальское РУ	1882,0	23,0	23,0
Златоустовское РУ	435,0	62,0	62,0
Джездинское РУ	87,0	2	1
Сарановская шахта «Рудная»	32,5	5	5
Богословское РУ	539,5	388,5	388,5
Гороблагодатское РУ	1385,2	11	11
Высокогорское РУ	1202,3	334	334

Наиболее распространенным способом ликвидации такого рода нарушений является формирование в зонах обрушения отвалов пород вскрыши от открытого способа добычи сырья. Наибольший опыт таких работ имелся на предприятиях Кривбасса, а первые научные результаты по биологической рекультивации породных отвалов получены при выполнении этих работ на терриконидах Донецка²⁴⁹.

В методических указаниях по проектированию рекультивации приводятся варианты схем засыпки провалов и участков с деформированной поверхностью.

²⁴⁸ Сапури́н А.Д. Сдвигание горных пород на рудниках черной металлургии. Екатеринбург: УрО РАН, 1999.

²⁴⁹ См. Дри́женко А.Ю., 1985; Семенов А.П., Новожилов С.М., Сербин В.И., Воронов Л.Н. Технология отсыпки отвалов в зонах обрушения // Разработка рудных месторождений. Киев, 1981. С. 64. (Республ. межведом. науч.-техн. сб. № 33); Михайлов А.М., Щека В.Г., Темченко А.Г. Выбор рационального способа рекультивации отвалов рудников // Разработка рудных месторождений. Киев, 1982. (Республ. межведом. науч.-техн. сб. № 33); Бакланов В.И. Исследование по озеленению отвалов (терриконов) шахт и обогатительных фабрик Донбасса: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Донецк, 1971.

Для засыпки зон обрушений и провалов возможно использовать привозные породы вскрыши или отходы обогащения с последующим покрытием их плодородным слоем и проведением рекультивации.

Целесообразность транспортирования пород и других отходов горно-обогатительного производства к нарушенной поверхности, параметры оборудования для их складирования выбираются с учетом мероприятий, обеспечивающих безопасность работ, минимизацию затрат и эффективное использование земельного отвода применительно к конкретным горнотехническим и социально-экологическим условиям региона.

Исследования показывают, что основная сложность засыпки провалов заключается не в самой технологии, а в установлении границ формирующихся зон подработанной поверхности, что является отправным моментом для начала работ по проведению технического этапа рекультивации. Это важно не только для технологий бестранспортного (с помощью отвалообразования), но и особенно бульдозерного отвалообразования.

Даже при условии применения закладки выработанного пространства твердеющими смесями, что наиболее благоприятно для сохранения земельных угодий, дневная поверхность деформируется, теряет свою первоначальную ценность и поэтому относится к категории нарушенных земель, подлежащих восстановлению методами рекультивации. Возможность использования территорий провалов, зон обрушения и площадей плавных деформаций для складирования вскрышных пород на горных предприятиях, ведущих одновременно и открытые работы, является одним из направлений рационального землепользования²⁵⁰.

²⁵⁰ Попов В.А., Сапурин А.Д., Пьянкова Л.А. Возможность рационального использования земель, нарушенных горными работами Богословского рудоуправления // Проблемы рационального использования земель на горнорудных предприятиях. Свердловск, 1981. С. 48–52. (Сб. науч. тр. ИГД МЧМ СССР. № 65); Сапурин А.Д., Драсков В.П. Влияние подземной разработки железорудных месторождений системами с закладкой на земную поверхность // Интенсификация использования и рекультивации земель на горнорудных предприятиях. Свердловск, 1985. С. 63–68. (Сб. науч. тр. ИГД МЧМ СССР. № 77); Попов В.А. Факторы определяющие эффективность и безопасность засыпки зон обрушений, и пути их учета // Рекультивация и охрана земель на горных предприятиях. Свердловск, 1987. С. 28–31. (Сб. науч. тр. ИГД МЧМ СССР. № 84); Кравенко В.П., Чернышков В.И., Чуб В.А. Применение твердеющей закладки в железорудной промышленности с учетом охраны недр и окружающей среды // Рациональное использование недр и разработка новых технологий: Тр. 8 науч.-практ. конф. мол. ученых и спец. Новочерк. политех. ин-та. Новочеркасск, 22–23 окт. 1984. Новочеркасск, 1985. С. 6–13; Се-

Подробно условия и особенности восстановления подработанной поверхности рассмотрены В. А. Поповым²⁵¹ для Ауэрбаховского месторождения железных руд Богословского рудоуправления.

Залежь протяженностью 2 км с залеганием полезного ископаемого под углом 80–90° имела трещиноватую структуру. Рудные тела, расположенные вблизи к поверхности, отработаны открытым способом, основная часть – подземным. Доказана целесообразность отсыпки вскрышных пород Каменского карьера огнеупорных глин в образовавшиеся воронки и провалы. Это позволило исключить дополнительный отвод земель в 52 га под размещение породного отвала.

Таким образом, *вопросы рекультивации карьера, зон обрушений и провалов на рудных карьерах могут решаться как для индивидуального объекта, так и для комплекса нарушенных территорий на предприятиях, ведущих добычу сырья как открытым, так и подземным способом. Каждое техническое решение должно быть индивидуальным, базирующимся на учете не только экономики горного производства, но и его экологических проблем.*

менов А.П., Новожилов С.М., Сербин В.И., Воронов Л.И. Горнотехническая рекультивация отвалов при поточном производстве вскрышных работ на опытно-промышленном участке карьера ЦГОКа // Технол. и механ. открыт. горн. работ. Киев, 1980. С. 112–119; Бряков С.П., Внуков В.А., Голованова М.А. Управление процессами сдвижения земной поверхности и рекультивации площадей, нарушенных воронками перепуска при подземной отработке месторождений // Физические процессы горного производства: Горно-физические процессы охраны природной среды. ЛГИ. Л., 1986. С. 63–65; Шапарь А.Г., Лазаренко О.И., Полищук С.З. О применении желобов для засыпки провалов в зонах обрушения // Metallургическая и горнорудная пром-сть. 1987. № 2. С. 43–45.

²⁵¹ Попов В.А. Обоснование параметров, режима отсыпки отвалов и оптимизации грузопотоков при рекультивации зон обрушений: Дис. ... канд. тех. наук. Свердловск, 1989.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Е. П. Дороненко, Г. М. Пикалова, Н. Г. Почтенных, Ю. М. Мотов,
Т. Н. Орешкина

Опыт рекультивации земель, нарушенных горными работами, на горно- рудных предприятиях черной металлургии.

М., 1985 (Обзор по системе Информсталь / ин-т «Черметинформация», вып. 22 (237).
(С. 11–16)

Сельскохозяйственная рекультивация

Биологическая рекультивация является одним из наиболее рациональных направлений. Расположение большинства предприятий в зоне с благоприятными для сельского хозяйства условиями, где проживает 50 % населения страны, находится на высокоплодородных черноземах 60 % пашни и производится основная часть товарного хлеба при самых низких издержках производства сельскохозяйственной продукции, обуславливает необходимость возвращения изымаемых для горных работ земель, в первую очередь, для создания сельскохозяйственных, в том числе пахотных угодий.

При удельном весе сельскохозяйственной рекультивации на предприятиях отрасли, в целом 54,3 % (табл. 4), доля ее главным образом зависит от зональных признаков объекта рекультивации и от степени – освоенности территории.

В наибольшем объеме рекультивацию для сельскохозяйственных нужд осуществляют предприятия, расположенные в степной зоне Украины, особенно в высокоразвитых промышленных районах, где средняя обеспеченность пахотными угодьями ниже, чем в среднем по стране. Горные предприятия этих районов ведут добычу железных, марганцевых руд, огнеупорного сырья.

Основные направления рекультивации земель
в объединениях Минчермета СССР, %

Объединение	Направление рекультивации			
	сельскохозяйственное	лесохозяйственное	водохозяйственное	строительное
Минчермет СССР	54,3	28,6	5,7	11,4
ВПО "Союзруда"	46,7	34,5	3,1	15,7
В том числе:				
ПО "Центроруда"	62,4	23,6	„	14,0
ПО "Уралруда"	14,1	72,0	13,9	—
ВПО «Союзогнеупор»	44,7	46,7	6,6	7,0
ВПО «Союзметаллургпром»	61,1	8,2	5,1	25,6
В том числе:				
ПО «Сибруда»	31,2	8,2	27,0	33,6
Минчермет УССР	58,2	25,1	6,4	10,3
В том числе:				
«Укрруда»	53,8	26,8	7,4	12,0
«Укрогнеупорнеруд»	66,1	22,1	4,8	7,0

Наиболее четко и планомерно ведутся работы по сельскохозяйственной рекультивации на карьерах с горизонтальным залеганием полезного ископаемого. Принятая технология разработки месторождений, предусматривающая формирование внутренних отвалов и подготовку их поверхности для биологического этапа рекультивации в процессе ведения горных работ, позволяет избежать разрыва между фронтом подвигания горных работ и восстановлением нарушенных территорий. Такой режим работ позволил Камыш-Бурунскому комбинату только за последнее время провести сельскохозяйственную рекультивацию на площади около 2 тыс. га и передать их колхозам. Получаемый на рекультивируемых землях урожай не уступает урожаю, получаемым на зональных почвах.

Большое значение при выборе направления биологической рекультивации придается комплексным исследованиям проводимых научно-исследовательскими институтами применительно к конкретным зональным условиям. Рекомендации обычно базируются на классификации вскрышных пород по степени пригодности их для рекультивации и ассортименту сельскохозяй-

зяйственных культур, выращиваемых на рекультивируемых землях. Аналогом такого подхода могут служить работы, проводимые на Орджоникидзевском ГОКе.

Начатые в 1962 г. исследования велись по нескольким направлениям.

1. Устанавливались степени плодородия вскрышных пород и сравнивались с величиной плодородия почв старопахотных участков.

2. Изучались возможности выращивания сельскохозяйственных культур на вскрышных породах.

3. Определялись степени плодородия пород при нанесении на них слоя почвы.

4. Разрабатывались способы мелиорации пород путем внесения удобрений.

5. Определялись оптимальные мощности наносимого плодородного слоя почвы, обеспечивающего получение урожая, близкого к урожаю на старопахотных землях.

6. Были выявлены возможности создания на рекультивируемых землях участков более высокоплодородных, чем зональные почвы.

7. Изучались возможности выращивания на рекультивируемых землях плодовых культур.

Проведенные исследования послужили основанием для дифференцированной подготовки земель для сельскохозяйственного освоения.

Было установлено, что создание кормовых угодий из многолетних трав возможно проводить на вскрыше, сложенной породами, обладающими потенциальным плодородием и не имеющих признаков токсичности. Урожай сена люцерны и эспарцета на этих почвах достигает 29–34 ц/га, что сопоставимо с урожаем этих видов на ненарушенных участках.

Этот путь восстановления продуктивности рекультивируемых земель при отсутствии плодородного слоя почвы является несомненно очень перспективным, так как под влиянием многолетних трав происходит улучшение как физических, так и агрохимических свойств пород. Возделывание многолетних трав

на первом этапе рекультивации означает мелиоративный период рекультивации, по окончании которого возможно проведение второго этапа – нанесения плодородного слоя для возделывания ценных зерновых культур.

Продуктивность надземной и подземной массы многолетних трав, а, следовательно, и степень их мелиоративного воздействия на вскрышные породы, значительно возрастают при внесении удобрений, что является обязательным агротехническим приемом при биологическом освоении вскрышных пород.

Полученные результаты показывают, что на ряде карьеров, где отсутствует плодородный слой почвы, возвращение рекультивируемых земель в сельскохозяйственный оборот также возможно. Предпосылкой этого должны быть характеристики вскрышных пород, обуславливающие технологию формирования рекультивационного слоя.

При создании участков рекультивации с насыпным слоем чернозема мощностью 40–50 см было испытано большое количество сельскохозяйственных культур – озимая пшеница, ячмень, овес, сорго, кукуруза на зерно и зеленую массу. Получаемый урожай сопоставим с урожаем этих культур на старопашотных южных и обыкновенных черноземах.

Кроме того, исследованиями доказана возможность создания участков рекультивации, обладающих более высоким плодородием, чем зональные почвы. Это достигается увеличением мощности наносимого плодородного слоя до 70–80 см. Урожаи зерновых культур при этом достигают 50–70 ц/га, что выше урожаев на зональных почвах. Однако, учитывая, что увеличение мощности наносимого плодородного слоя приводит к удорожанию рекультивации, создание площадей с таким мощным (больше, чем зональный) слоем чернозема должно производиться только при выращивании на них высокорентабельных культур.

На предприятиях обычно бывают запасы плодородного слоя почвы, обеспечивающие создание рекультивационного слоя заданной мощности.

Влияние мощности плодородного слоя на урожай озимой пшеницы показано в табл. 5.

Таблица 5

Зависимость урожая озимой пшеницы от толщины насыпного слоя чернозема (средний урожай на зональной почве 38 ц/га)

Подстилаящая порода	Толщина насыпного слоя чернозёма, см	Урожай, ц/га	% к урожаю на зональной почве
		на рекультивированном участке	
Смесь пород глинистого и суглинистого состава	10	13,4	35,3
	20	18,5	48,7
	30	25,9	68,2
	40	34,6	91,2
	50	39,8	104,7
	60	43,4	114,2
	70	46,7	122,9
Лессовидный суглинок	10	21,9	57,6
	20	27,4	72,1
	30	33,9	89,2
	40	41,7	109,8
	50	49,7	129,8
	60	55,7	146,6
	70	58,2	153,2

Заслуживает изучения и распространения опыт Ордаоникидзевского ГО-Ка по созданию на рекультивируемых землях садов. Доказана возможность выращивания плодовых и ягодных культур на лессовидных отложениях, смесях лессов, лессовидных суглинков и красно-бурых глин, отсыпанных в пределах рекультивационного слоя мощностью 2–3 м, что обеспечивает накопление достаточного количества влаги.

Посадку растений рекомендуется проводить как в посадочные ямы объемом 1 м³, так и в траншеи шириной 1 м и глубиной 0,7 м, заправляемые почвой или лессовидными отложениями. Это определяется не столько наличием запасов плодородного слоя почвы, сколько биологическими особенностями возделываемых культур. Для требовательных к условиям питания видов (вишня, черешня, слива, красная смородина) целесообразно применять плодородный слой почвы. Выращивание менее требовательных видов, сортов (например, черная смородина) возможно на фоне мелиоративной подготовки участка перед посадкой (внесение органических и минеральных удобрений), что однако не исклю-

чает получение дополнительного эффекта и у этих культур при заправке ям и траншей черноземом.

Разработана и используется на предприятиях технология посадки плодово-ягодных насаждений, обеспечивающая нормальный рост и плодоношение многих видов плодовых и ягодных культур.

Выявленные особенности роста и развития их дали основание пересмотреть условия питания и схемы посадки деревьев с учетом имеющихся средств механизации. Так, для яблони в зависимости от сорта нормальной площадью питания является 5 х 4 м, а перспективной – 6 х 3 м, для груши – 5х3 м, ягодных культур – 3 х 0,5 м.

Интересен опыт сельскохозяйственной рекультивации отвалов, формируемых в оврагах и балках. Предприятия РПО «Укрогнеупорнеруд» осуществляя мероприятия по рациональному использованию земель, складировать вскрышные породы в окрестных балках, засыпая их до уровня прилегающих сельскохозяйственных угодий. Рекультивационный слой формируют из потенциально-плодородных пород и плодородного слоя почв.

Особый интерес представляет опыт рекультивации земель в условиях Заполярья, где положительный результат по созданию кормовых угодий из многолетних и однолетних растений получен в результате использования озерного ила.

Опыт Ковдорского ГОКа является пока единственным в стране. Сапропелевые отложения пресноводных озер, применяемые для улучшения бедных подзолистых почв, обеспечивают формирование рекультивационного слоя на породных отвалах. Получаемая с рекультивационной площади зеленая масса служит резервом укрепления кормовой базы подсобного хозяйства Ковдорского ГОКа.

Опыт рекультивационных работ производственного объединения «Чиа-турмарганец», расположенного на юге страны, также заслуживает внимания. Объединение, расположенное в районе с дефицитом сельскохозяйственных угодий в гористой местности, снимает плодородный слой почвы, накопившийся

в течение веков в горных ущельях и наносит его на рекультивируемую поверхность. Формирование горизонтальной поверхности с уклонами не более 2–4 ° способствует созданию высококачественных сельскохозяйственных угодий.

ПО «Чиатурмарганец» является одним из предприятий отрасли, ежегодно выполняющих план по рекультивации по всем показателям. Это достигается путем совмещения работ по добыче руды и последующей рекультивации нарушенных земель в едином цикле горного производства. Снятие плодородного слоя предваряет работы по вскрыше и добыче марганцевой руды, вслед за которыми ведутся работы по техническому этапу рекультивации. Формирование рекультивационного слоя предусматривает отсыпку потенциально-плодородных пород и плодородного слоя почвы. Подготовленная таким образом поверхность передается для сельскохозяйственного использования. На рекультивируемых землях рудоуправления им. Димитрова выращиваются многолетние травы, пшеница, кукуруза, создаются сады и виноградники, часть территории передается под приусадебное хозяйство.

Теоретическое обоснование для проведения сельскохозяйственной рекультивации на объектах объединения дают специалисты Грузинского научно-исследовательского института почвоведения, агрохимии и мелиорации. Проектные разработки осуществляет группа специалистов Института землеустройства республики.

ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Б. П. Колесников, А. И. Лукьянец

Биорекультивационное районирование Свердловской области

Растения и промышленная среда. Свердловск: УрГУ, 1976. (С. 10–16)

На территории Свердловской области карьеры и обширные отвалы, сформированные при добыче и переработке полезных ископаемых, – характерные элементы техногенных ландшафтов. Площадь земельного отвода для предприятий, добывающих и перерабатывающих полезные ископаемые, по нашим данным, составляет примерно 165–170 тыс. га, в том числе на землях Гослесфонда их свыше 150 тыс. га (около 1 % общей площади Гослесфонда). Отвалы и карьеры, часто расположенные вблизи и внутри населенных пунктов, сокращают зеленое кольцо вокруг городов, загрязняют окружающую среду и тем самым ухудшают условия жизни людей. По нашим подсчетам, опирающимся на ведомственные данные, площадь под карьерами и отвалами в области занимает около 60 тыс. га (под отвалами около 40 тыс. га); к 1990 г. ожидается, по меньшей мере, ее удвоение. Такие площади особенно быстро будут расти за счет дражной добычи золота и открытой разработки железорудных месторождений. Строительство второй очереди Качканарского горно-обогатительного комбината по обогащению железной руды²⁵², в частности, значительно увеличит общую площадь отвалов.

Обследования показали, что отвалы, на которых уже сформировались сомкнутые лесные фитоценозы, не требующие активного вмешательства человека для восстановления их продуктивности, занимают площадь в пределах 2,5–3 тыс. га. Активная рекультивация нарушенных земель промышленными предприятиями и лесхозами области была проведена к 1973 г, на площади около 4 тыс. га, в том числе лесами занято 1066 га и сельскохозяйственными угоды-

²⁵² Боярский В.А. Добыча руды открытым способом. М.: 1971.

ями (главным образом, пастбища, иногда сенокосы) – 2567 га (в основном земли, нарушенные торфоразработками), остальное – водоемами и промстроительством. Таким образом, общая площадь земель, нуждающихся в восстановлении утраченной экономической ценности, – около 50 тыс. га.

Учитывая успешное естественное формирование лесов за сравнительно короткие сроки (15–25 лет) на многих типах отвалов лесной зоны Свердловской области (нефитотоксичные субстраты, слагающие отвалы и дно карьеров, занимают до 90 % площади) и, опираясь на классификацию промышленных отвалов лесной и лесостепной зон по интенсивности самозарастания древесными растениями²⁵³, мы предлагаем около половины земель в области, нарушенных промышленностью и нуждающихся в восстановлении, пустить под самозарастание древесными растениями. Самозарастание этих площадей не следует рассматривать как оставление сложившейся естественной растительности вне какого-либо хозяйственного контроля и воздействия. Такие отвалы, прежде всего, должны быть выделены в натуре с составлением проекта их самозарастания. Для них следует организовать действенную охрану от выпаса домашнего скота, организовать уход за молодыми лесами и частичную подсадку лесных культур там, где в силу тех или иных локальных причин не произойдет естественного лесовосстановления. Для земель, нарушенных при торфоразработках, в ряде случаев потребуются проведение некоторых осушительных мелиораций, способных предотвратить заболачивание и переувлажнение лесовозобновляющихся площадей²⁵⁴. Самозарастание земель, нарушенных промышленностью, предусматривает использование естественных лесовосстановительных потенций самой природы, где они достаточны, но под контролем со стороны компетентных организаций, очевидно, прежде всего лесхозов и лесничеств, в Гослесфонде которых ведутся промышленные разработки земных недр.

²⁵³ Лукьянец А.Н. Закономерности естественного облесения промышленных отвалов Свердловской области // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: 1974; Лукьянец А.Н. Естественное зарастание древесными растениями отвалов горнопромышленного Урала. Автореф. дис. ... канд. Свердловск. 1975.

²⁵⁴ Маковский В.Н., Новак Н.Б. Ботаническая и агрохимическая характеристика выработанных торфяных карьеров Лисиковского торфопредприятия (Свердловская обл.) // Растения и промышленная среда. Свердловск: УрГУ, 1974. Вып. 3.

На остальных землях, нуждающихся в восстановлении (порядка 25–30 тыс. га к 1974 г.), необходимо проводить активную биологическую рекультивацию. Это – отвалы и карьеры с фитотоксичными субстратами, наиболее вредоносные и, как правило, расположенные вблизи или на территории населенных пунктов, а также высокие отвалы конусовидной формы (терриконы). Общая стоимость восстановления нарушенных промышленностью только этой половины земель к 1990 г. составит порядка нескольких десятков млн. руб. Такую величину рассчитали, опираясь на имеющиеся в литературе некоторые расчетные данные, а также на материалы опытных и полупроизводственных работ, дифференцированных в зависимости от типов отвалов, характера субстрата, вида горно-технической и направления биологической рекультивации (лесная, сельскохозяйственная, рекреационная, водохозяйственная, строительная).

Площади земель, измененные воздействием горнодобывающей и перерабатывающей промышленности (исключая отвалы и карьеры, сложенные органическими субстратами, а именно отходами торфодобывающей и дереводобывающей промышленности, коммунального хозяйства и пищевой промышленности), распределены на территории Свердловской области неравномерно, но подчиняются некоторым вполне определенным зонально-географическим закономерностям. Подавляющая часть таких земель сосредоточена в пределах предгорной полосы восточных склонов Урала. В горной полосе Среднего и Северного Урала также имеются довольно значительные площади отвалов, но они преимущественно представлены дражными полями предприятий Уралзолота. Очень мало нарушенных земель в пределах равнинного Зауралья и Западно-Сибирской низменности, в основном представленных небольшими по площади отвалами и карьерами по добыче каменных строительных материалов, известняков, глин и песков.

Интересно распределение земель, нарушенных промышленностью, по природным зонами подзонам Свердловской области (табл. и рис.). Из примерно 35 тыс. га породных отвалов и карьеров больше половины сосредоточено в под-

зоне южной тайги (19,1 тыс. га, или 55 %) и почти 2/5 – в подзоне средней тайги 13,7 тыс. га – 39 %). На долю подзоны предлесостепных сосново-березовых лесов приходится всего около 3,5 % нарушенных земель, и ничтожно мало их в подзоне северной тайги (около 0,2 тыс. га) и северной лесостепи (около 0,7 тыс. га). Пропорционально этим величинам распределяются и площади отвалов, на которых уже сформировалась лесная растительность (92 % их находится на подзонах южной и средней тайги), или которые подверглись рекультивации (около 80 % их сосредоточено в тех же подзонах).

Распределение земель, нарушенных промышленными предприятиями
Свердловской области, по природным подзонам и их рекультивация
(без нарушенных земель с органогенными субстратами), га

Природные подзоны	Нарушенные площади			Отвалы, заросшие лесом	Рекультивировано				
	Всего	в том числе			Всего	в том числе под			
		отвалы	карьеры			лес	сельское хозяйство	водоемы	строительство
Северная тайга	165	121	44	22	17	–	–	17	–
Средняя тайга	13654	10905	2449	950	618	429	169	20	–
Южная тайга	19061	19386	2675	1273	1062	300	717	5	40
Предлесостепные сосново-березовые леса	1178	763	415	161	320	295	25	–	–
Северная лесостепь	657	491	166	–	72	42	30	–	–
Всего по области	34715	28666	6049	2406	2089	1066	941	42	40

Твердо установлено, что характер и темпы начальных этапов почвообразования и зарастания растениями промышленных отвалов зависят от зонально-географических условий района их местонахождения²⁵⁵. Возникла необходимость построения схемы рекультивационного районирования СССР в целом и его конкретных природных и экономических зон и районов, имея в виду интересы учета и классификации земель, нарушенных промышленностью, планирования и прогнозирования результатов рекультивации. Л. В. Моториной и Г. А.

²⁵⁵ Колесников Б.П., Моторина Л.В. Проблемы рекультивации земель / Природа. 1975. № 4.

Зайцевым²⁵⁶ была предпринята первая попытка рекультивационного районирования для отвалов открытых разработок угольных месторождений СССР. Опираясь на схему агроклиматического районирования страны, они выделили 3 группы районов по степени очередности проведения рекультивационных работ: районы обязательной рекультивации, районы ограниченного проведения рекультивации и районы Крайнего Севера.

Далее кратко характеризуется районирование такого же типа, выполненное нами для Свердловской области. Оно опирается на лесорастительное и физико-географическое районирование области и всего Урала²⁵⁷ и учитывает его районирование по видам использования природных ресурсов и степени изменения естественных ландшафтов, намеченное А. А. Макуниной²⁵⁸. Предлагаемое биорекультивационное районирование рассматриваем как особый вариант комплексного природоохранительного районирования.

Принимая во внимание расположение и вредоносность промышленных отвалов для окружающей среды и человека, разнообразие типов отвалов²⁵⁹ и интенсивность естественного самозарастания их, Свердловскую область мы делим на 2 биорекультивационные зоны (рис.):

А – актуальной рекультивации (рекультивацию необходимо проводить обязательно и своевременно). Зона расположена на территории юго-западных предгорий, горной полосы Среднего и Северного Урала, а также юго-восточной Зауральской равнинной части области;

Б – неактуальной рекультивации (рекультивация необязательна), расположена в восточной и северо-восточной равнинной Зауральской части области. В связи со сложным геологическим и геоморфологическим строением Урала месторождения полезных ископаемых располагаются в Свердловской облас-

²⁵⁶ Моторина Л.В., Зайцев Г.А. Определение вида биологической рекультивации и районирование рекультивационных работ // Физическая география. М., 1970. Вып. 4.

²⁵⁷ Колесников Б.П. Леса Свердловской области // Леса СССР. 1969; Прокаев В.Н., Колесников Б.П. О соотношении между физико-географическим и специализированным природным районированием (на примере Свердловской области) / Изв. Всесоюз. геогр. об-ва. 1963. Т. 95. № 6.

²⁵⁸ Макунина А.А. Проблемы ландшафтной географии Урала. Автореф. дис. ... докт. М., 1971; Макунина А.А. Ландшафты Урала. М., 1974.

²⁵⁹ Колесников Б.П., Пикалова Г.М. Классификация промышленных отвалов и условия почвообразования на них // Рекультивация земель в СССР. М., 1973.

ти неравномерно, сосредоточены преимущественно в восточных предгорьях (разнообразные полезные ископаемые) и горной полосе Урала (месторождения золота и платины по горным рекам). В остальных частях Свердловской области преобладают локально расположенные месторождения строительных материалов.

С месторождениями полезных ископаемых закономерно связано расположение промышленных отвалов и наиболее крупных населенных пунктов области, типологическая принадлежность отвалов и степень их вредоносности. В связи с этими особенностями названные зоны Свердловской области подразделяются на 4 биорекультивационных района (рис. 1).

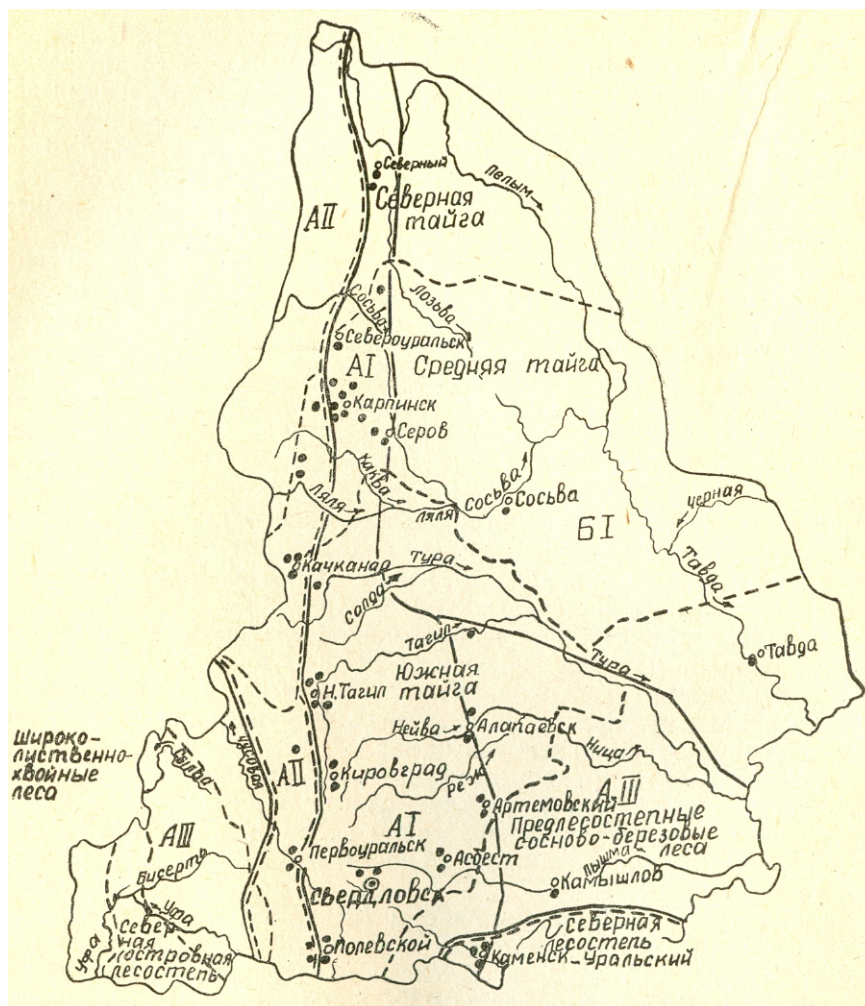


Рис. 1. Схема биорекультивационного районирования Свердловской области

Районы АІ – неотложной массовой рекультивации, АІІ – первоочередной локальной рекультивации, АІІІ – второочередной локальной рекультивации, БІ – неактуальной локальной рекультивации; пунктир - границы природных подзон.

Зона А – актуальной рекультивации. *АІ. Район неотложной массовой рекультивации* расположен в пределах восточных предгорий Уральских гор и пересекает с севера на юг все подзоны тайги и часть северной лесостепи. Район совпадает с Нейво-Лозьвинской предгорной лесорастительной провинцией Западно-Сибирской лесной области, по районированию Б. П. Колесникова²⁶⁰. Занимает самую населенную и основную центральную часть Центрально-Уральского экономико-географического района и восточную предгорную половину Северного Урала (по районированию И. В. Комара²⁶¹). Здесь наибольшее сосредоточение и повсеместное расположение промышленных отвалов разных типов. Каменноугольные и буроугольные отвалы открытых разработок области расположены целиком в этом районе, 95 % отвалов, образованных при добыче железных руд, все отвалы, сформированные при добыче и переработке руд цветных металлов (исключая дражные отвалы), асбеста и талька, все типы шламоотвалов, шлакоотвалов, золоотвалов и хвостохранилищ; более трети отвалов промышленности строительных материалов. Суммарная площадь, занятая отвалами всех типов, в этом биорекультивационном районе составляет около 75 % от площади, всех отвалов Свердловской области.

АІІ. Район первоочередной локальной рекультивации приурочен к горной полосе Урала и полностью совпадает с границами Уральской горнолесной лесорастительной области, включает все подзоны таежной зоны. Это сравнительно малонаселенная часть Свердловской области, особенно в западной половине Северного Урала. Здесь почти полностью сосредоточены дражные отвалы по добыче золота и платины из речных россыпей (95 %), ухудшающие гидрологический режим в верховьях рек, берущих начало на Уральском хребте. Населенные пункты представлены в основном рабочими поселками золотопромышленного назначения и только вблизи городов Качканара и Первоуральска горнодобывающая промышленность представлена добычей железных руд и разработкой стройматериалов. Пространства, занятые отвалами, в этом биорекультивационном районе составляют около 22 % площади всех отвалов области.

²⁶⁰ См. Колесников Б.П., 1969.

²⁶¹ Комар Н.В. География хозяйства Урала. М., 1964.

АIII. Район второочередной локальной рекультивации делится на два подрайона. Первый (АIIIа) расположен в юго-западной части Свердловской области в подзонах южной тайги и широколиственно-хвойных лесов и межгорной Красноуфимской островной лесостепи Восточно-Европейской лесной области. Вторым (АIIIб) расположен в юго-восточной части Свердловской области, занимает часть подзоны южной тайги и предлесостепных сосново-березовых лесов Западно-Сибирской лесной области и северной лесостепи Западно-Сибирской лесостепной области. Здесь преимущественно сосредоточены площади отвалов промышленности строительных материалов (с. Махнево, г. Камышлов и др.), занимающие около 65 % от всей площади отвалов строительных материалов области и всего около 2 % от всей площади отвалов области.

Зона Б – неактуальной рекультивации. *Б1. Район неактуальной локальной рекультивации* занимает северо-восточную равнинную часть Свердловской области, пересекает подзоны северной, средней и южной тайги Западно-Сибирской лесной области. В этой малонаселенной части Свердловской области (Тура-Тавдинский экономический район и северо-восточная часть Северного Урала – по Комару²⁶²) имеются лишь небольшие по площади отвалы и карьеры строительных материалов местного значения. Площадь их незначительна и составляет менее 1 % площади всех отвалов области. Отвалы, расположенные вне населенных пунктов хорошо лесовозобновляются естественным путем.

Суммируя сказанное, можно заключить, что земли, нарушенные промышленностью в Свердловской области, занимают в ее центральной части меридиональную полосу от поселка Полуночный и городов Североуральска, Карпинска, Серова на севере, через районы городов Красноуральска, Нижнего Тагила, Алапаевска, Кировграда, Первоуральска, Свердловска до Полевского и Каменска-Уральского на юге. Экономический, санитарно-гигиенический вред от разрушения земель, лишившихся в результате промышленной деятельности

²⁶² См. Комар Н.В., 1964.

естественной продуктивности и являющихся источником загрязнения окружающей среды, здесь особенно ощутим. Он имеет комплексный характер, особенно когда нарушенные земли расположены в черте города и граничат с жилыми кварталами. Рекультивационные работы в этих условиях являются обязательными, они совершенно необходимы, прежде всего для территории первых двух биорекультивационных районов (AI и AII). Следует отметить, что в биологической рекультивации в первую очередь нуждаются земли, расположенные в селитебной черте населенных пунктов.

Н. П. Васильева, Э. В. Каар

Методы и направления лесовосстановления в техногенных ландшафтах

Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М.: Наука, 1978. (С. 159–165)

В настоящее время общеизвестна многогранная роль лесов в стабилизации природных процессов и регулировании их интенсивности. Эта функция леса, наряду с двумя другими – производственной (сырьевой) и рекреационной, приобретает особое значение в условиях интенсивного развития промышленности в современном обществе. В связи с тем, что повышается значение леса как одного из важнейших элементов ландшафта, исключительную важность приобретает облесение всех неудобных земель, включая отвалы промышленных разработок полезных ископаемых и другие им подобные, техногенные образования.

Лесные сообщества в условиях техногенных ландшафтов существенно отличаются от коренных зональных тем, что здесь отсутствует порода – эдификатор, а эдафические условия определяются свойствами горных пород, а не почвы. Вследствие этого общая направленность формирования лесных биогеоценозов, характер биогеоценологических связей в условиях техногенеза будут иметь свои особенности, раскрытие которых возможно при систематическом изучении всех компонентов лесного биогеоценоза. В научно-теоретическом плане интересно также выяснить на примере лесных био-

геоценозов, возникающих или создаваемых на техногенных образованиях, закономерность начальных этапов сукцессионных процессов лесообразования. В практическом отношении своеобразие природной обстановки нарушенных земель, с одной стороны, усложняет процесс лесовосстановления и лесоразведения в связи с введением ряда специальных мероприятий, с другой – дает единственную в своем роде возможность не только восстановить, но и улучшить лесорастительные условия, создать оптимальный лесной ландшафт.

***Функциональная роль леса
в условиях техногенных ландшафтов
и основные задачи исследований***

Леса, создаваемые на нарушенных землях, могут иметь лесохозяйственно-сырьевое назначение, выполнять важные почвозащитную, водоохранную и рекреационную функции, играть большую роль в улучшении санитарно-гигиенических условий среды. Эти задачи лесной рекультивации реализуются в конкретных районах по-разному, в зависимости от лесорастительных условий, с учетом географических: социальных и экономических показателей. Так, основная цель лесовосстановления на отвалах открытых разработок в Эстонии, на Урале, в Кузбассе, на Украине – создание массивных насаждений хозяйственного назначения. На терриконах Донбасса, золоотвалах Урала и в других районах ввиду сложности их освоения и отрицательного воздействия на окружающую среду биологическая рекультивация сводится преимущественно к озеленению.

Наиболее полно, с учетом многообразия лесорастительных условий, разработаны задачи лесовосстановления на отвалах Эстонии, Украины и КМА. Например, на Украине создаются следующие виды лесных насаждений, в зависимости от типов горных пород и природной зоны: 1) лесопарки, 2) эксплуатационные, 3) защитные (противоэрозионные или полезащитные), 4) мелиоративно-озеленительные, 5) подготовительные, 6) ремизные.

Неоднородность лесорастительных условий отвалов, необходимость свести до минимума негативное влияние их на прилегающие территории не позволяют создать в ряде случаев лесонасаждения одного целевого назначения. В частности, в условиях КМА лесные насаждения рассматриваются в качестве необходимого элемента каждого из направлений комплексной биологической рекультивации на техногенной территории: сельскохозяйственной (в системе лесных полос), противоэрозионной (лесной с посевом трав), лесохозяйственной, лесопарковой²⁶³.

Во всех зонах создание продуктивных лесов, способных выполнять сложные и многогранные функции, возможно либо искусственным облесением, либо направленным формированием лесных биогеоценозов, естественно возникших на нарушенных землях.

К настоящему времени облесены значительные площади нарушенных земель, в том числе около 1400 га на Украине²⁶⁴, 2000 га отвалов сланцевых и фосфоритных разработок в Эстонии²⁶⁵, до 600 га в Подмосковном бассейне, 2500 га в Кузбассе. На значительных территориях нарушенных земель Урала идет естественное лесовозобновление²⁶⁶.

Изучение лесных биогеоценозов как компонента техногенных ландшафтов в настоящее время обусловлено в первую очередь такими практическими целями, как выявление лесопригодности нарушенных территорий, разработка агротехники выращивания и подбора ассортимента древесных и кустарниковых пород на отвалах различных типов месторождений в различных физико-географических зонах, изыскание методов улучшения лесорастительных свойств грунтов и способов интенсификации роста деревьев, разработка лесомелиоративных мероприятий в связи с консервацией и озеленением особо сложных объектов (золоотвалов, терриконов, откосов, карьеров). Одновременно, хотя и в меньшей степени, ведутся теоретические исследования, касающиеся

²⁶³ *Трещевский И.В., Иванов Ф.Е., Панков Я.В., Андрющенко П.Ф.* Лесорастительные условия и типы лесных культур на отвальных землях КМА // Освоение нарушенных земель. М.: Наука, 1976.

²⁶⁴ *Данько В.Н., Келеберда Т.Н.* Интенсификация роста лесных культур на отвалах с помощью люпина многолетнего // Лесоводство и агролесомелиорация, 1976. Вып. 45.

²⁶⁵ Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых. Тарту, 1975.

²⁶⁶ Растения и промышленная среда. Свердловск: Изд-во УрГУ, 1976. Вып. 4.

ся изучения степени влияния экологических факторов на рост древостоев, динамики роста лесонасаждений, изучение их продуктивности, закономерностей естественного лесовозобновления, выделение и оценка признаков устойчивости древесных растений к неблагоприятным факторам среды, изучение средообразующей роли леса и т. п. Развитие этих направлений неравнозначно для разных районов, видов разработок.

Наиболее полное развитие лесоводственные исследования получили на отвалах открытых разработок бурого угля, железных руд, огнеупорных глин и некоторых других видов сырья, сланцевых разработках, золоотвалах в Подмосковье, на Украине, КМА, в Эстонии, Кузбассе, на Дальнем Востоке, Урале, т. е. практически на всей территории СССР. Собран обширный материал, нуждающийся в обобщении.

Приведенный ниже анализ сделан в основном на материалах обобщения практического опыта и лесоводственных исследовательских работ в этих районах.

***Изучение структуры, функций
и динамика лесных биогеоценозов
в специфических условиях техногенеза***

**Анализ местообитаний как среды, обеспечивающей условия
для развития древесных растений**

В условиях техногенных ландшафтов, где создаются специфические условия в связи с изменением литогенной основы, гидрологического режима и т. п., одним из ведущих начальных этапов исследований и основной предпосылкой при проведении лесной рекультивации является характеристика лесорастительных условий нарушенных земель, которые в каждом районе разработки формируются, совершенно особо, отлично от других. Она включает в себя ряд исследований, которые, с одной стороны, могут рассматриваться как отдельные этапы, с другой – представляют определенный самостоятельный интерес.

Оценка лесорастительных условий в настоящее время базируется на *изучении пригодности различных горных пород, и в первую очередь пород вскрыши, для лесохозяйственного освоения* по их физическим и химическим свойствам, минералогическому составу и отражена в ряде классификаций для всех крупных месторождений. Установлено, что диапазон горных пород, пригодных для произрастания древесных растений, достаточно широк и в каждом районе разработок во вскрыше имеются породы, на которых возможно создание продуктивных лесонасаждений. В основу классификации положена обычно трех-, четырехбалльная система оценки пригодности пород по ряду наиболее значимых признаков.

Известно, что свойства горных пород существенно меняются при выносе их на поверхность и укладке в отвалы. *Изучение свойств горных пород и их смесей в поверхностном слое отвалов* является более сложным, но столь же необходимым этапом исследований, особенно в случае отсутствия селективного отвалообразования. Для целей лесовосстановления этот вопрос особенно важен, поскольку здесь обычно не практикуется специальное нанесение слоя почвы, как при сельскохозяйственной рекультивации. Основными факторами, ограничивающими рост древесных растений, являются бесструктурность горных пород, их засоленность, недостаточная обеспеченность питательными веществами, низкая влагоемкость и т. д. Имеются данные по лесопригодности пород в отвалах КМА, Подмосковского бассейна, Кузбасса, Урала, месторождений Украины, Эстонии, при этом в характеристики иногда включаются важные показатели температурного и водного режима. Ценные результаты получены при разработке специальных методов оценки отдельных свойств горных пород, ограничивающих рост древесных растений, – степени каменистости (сланцевые отвалы Эстонии), токсичности (Подмосковный буроголовый бассейн), выветривания (терриконы Донбасса). Заслуживают внимания специальные исследо-

вания по методам отбора образцов для оценки изменчивости лесорастительных свойств пород в отвалах²⁶⁷.

Свойства горных пород – это только один из показателей, характеризующий лесорастительные условия на территории отвалов в целом. Между тем здесь же действует комплекс многообразных специфических экологических факторов – рельеф, макро- и мезоклиматические условия, плотность грунтов, уровень грунтовых вод, активные процессы дефляции, процессы химического и физического взаимодействия грунтов при их смешении, неоднородность их распределения и т. п. Влияние этих факторов может быть также значительным, и недоучитывать их при оценке лесорастительных условий нарушенных территорий нельзя. В связи с этим важное значение имеют разработки, касающиеся *типизации и классификации, лесорастительных условий нарушенных территорий*. К сожалению, пока нет разработанной универсальной классификации типов местообитаний, хотя в отдельных работах по Подмосковному бассейну, КМА, Кузбассу, Украине, Уралу отражено многообразие экологических условий, складывающихся на поверхности отвалов.

В рекомендациях по классификации лесопригодных отвалов КМА кроме агрохимических свойств пород учтены экспозиция, высота откосов. Для терриконов Донбасса в основу лесопригодности грунтов положены стадии выветривания пород²⁶⁸. Для Подмосковского угольного бассейна на основе наблюдений за ростом и развитием лесных культур создана классификация смесей горных пород в зависимости от процентного содержания в них фитотоксичных сульфидсодержащих пород²⁶⁹. По преобладанию того или иного типа смесей пород выделено четыре группы пригодности территорий к биологическому освоению, в частности лесохозяйственному использованию²⁷⁰. Опыт показал, что предло-

²⁶⁷ Ваус М. Лесорастительные свойства грунтов карьеров горючих сланцев Эстонской ССР. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 1970; Зайцев Г.А. Лесная рекультивация территорий, нарушенных промышленностью. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 1970.

²⁶⁸ Бакланов В.И. Исследования по озеленению отвалов (терриконов) шахт и обогатительных фабрик Донбасса. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Донецк, 1971; Временные рекомендации по озеленению породных отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик Донбасса. Донецк: Изд-во Минуглепрома, 1974.

²⁶⁹ См. Зайцев Г.А., 1970.

²⁷⁰ Рекомендации и методические указания к сельскохозяйственному восстановлению отвалов в Подмосковном бассейне / Л.В. Моторина, Г.А. Зайцев, Т.И. Ижевская и др. М.: Изд-во МСХ СССР, 1969.

женная классификация приемлема и для других районов, в частности для Украины, при наличии в отвалах фитотоксичных горных пород²⁷¹. Классификация В. Н. Данько²⁷² базируется на экологическом направлении в лесной типологии, развитым П. С. Погребняком и В. Д. Воробьевым. В соответствии с принципами этого направления каждое местообитание на отвалах оценивалось по плодородию (трофотоп) смеси пород и увлажнению (гигротоп). Большим достоинством классификации является то, что она разработана с учетом природно-географических зон УССР.

Типизация местообитаний отвалов, являясь одной из важнейших характеристик для последующего биологического освоения, особенно важна для целей лесоразведения, поскольку в этом случае мы имеем дело с более разнообразным комплексом биотопов, чем на подготовленной для сельскохозяйственного использования площади. При наличии древесной растительности выделение типов лесорастительных условий значительно облегчается, благодаря индикаторной роли растений. Примером таких исследований являются работы в Подмосковном бассейне, на Урале²⁷³.

Многообразие условий предполагает нередко одновременное создание на отвале лесонасаждений различного целевого назначения, как, например, на отвалах КМА. Отсюда вытекает практическая важность и необходимость разработки *принципов и методов картирования территории*, которые, естественно, будут отличаться от принятых в лесной типологии. Исследования по комплексному картированию, основанному на ландшафтно-экологических принципах, проведены на отдельных месторождениях в Тульской обл.²⁷⁴, с учетом интен-

²⁷¹ Жаромский В.Я., Келеберда Т.Н. Лесная рекультивация отвалов угольных разработок Приднепровья и мелиорирующие ее факторы // Лесоводство и агролесомелиорация, 1975. Вып. 41.

²⁷² Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель. М., 1975.

²⁷³ Лукьянец А.И. Естественное зарастание древесными растениями отвалов горнопромышленного Урала (на примере Свердловской и Челябинской областей). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1975; Васильева Н.П. К характеристике лесонасаждений в связи с неоднородностью лесорастительных условий на отвалах // Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых. М., 1977.

²⁷⁴ Моторина Л.В., Васильева Н.П., Ижевская Т.И. и др. Ландшафтно-экологические аспекты рекультивации земель // Рекультивация земель, нарушенных промышленной деятельностью. Тез. докл. VI Междунар. симпозиума (г. Донецк). М., 1976.

сивности лесовозобновления – на Урале²⁷⁵. Методика агропочвенного картирования для целей лесной рекультивации испытывалась на отдельных объектах Подмосквовного бассейна²⁷⁶, Чиатурского месторождения (статья А. Д. Гогатишвили в настоящем сборнике).

Лесорастительные условия, формирующиеся на отвалах, определяют как дальнейшее развитие лесных сообществ, так и систему мероприятий, способствующих ускорению лесовосстановительного процесса.

Выявление главных тенденций в формировании и эволюции лесных сообществ

Известно, что лесные биогеоценозы характеризуются сложной пространственной неоднородностью, связанной с неравномерным размещением древесных пород, различной густотой стояния, разновозрастностью поколений и т. п. Последнее, в свою очередь, обусловлено неоднородностью экотона и характером сукцессий.

В условиях техногенеза формирование биогеоценоза начинается фактически на открытых пространствах, где отсутствует предшествующая закономерная смена пород, свойственная коренным лесам. Комплекс исследований, связанный с получением количественных оценок отдельных компонентов лесного биогеоценоза, в частности древесной растительности, основывается на тех же методических принципах и в той же последовательности, какая применяется при изучении природных лесных биогеоценозов²⁷⁷. Правомерность такого подхода уже доказана исследованиями лесных сообществ, как естественно формирующихся на нарушенных землях, так и в культурфитоценозах. Постановка и решение рассматриваемых далее проблем применительно к двум разным по происхождению лесным сообществам носит условный характер и отражает

²⁷⁵ Лукьянец А.И. Классификация промышленных отвалов Свердловской области по самозарастанию их древесной растительностью // Тез. докл. Уральск. конф. молодых ученых «Человек и биосфера». Свердловск, 1973; см. Лукьянец А.И., 1975.

²⁷⁶ См. Зайцев Г.А., 1970.

²⁷⁷ Дылис Н.В. Изучение лесных биогеоценозов // Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974.

сложившиеся тенденции в лесоводственных исследованиях на отвалах. Совершенно очевидно, что исследование всех рассматриваемых вопросов правомерно в лесных сообществах любого происхождения.

Восстановление растительного покрова на нарушенных землях – длительный и сложный процесс, способствующий повышению плодородия горных пород, предотвращению загрязнения окружающей среды. Наиболее важными показателями, характеризующими работу лесного биогеоценоза, как известно, являются его структурно-физическая организация, функциональные и временные характеристики. Значительное развитие эти аспекты исследований получили при изучении процессов *естественного лесовозобновления* на нарушенных промышленными разработками территориях.

К числу основных показателей, отражающих работу лесного биогеоценоза, относятся *видовой состав и структура лесной растительности*. На основе изучения лесовозобновления на отвалах Подмосковья, Кривого Рога, Эстонии, Урала, Кузбасса, Дальнего Востока²⁷⁸ выделены основные лесообразующие породы, дано описание их распределения, характеристика основных параметров древостоя. При этом используются как геоботанические, так и специальные таксационные лесоводственные методы. Последние представляются более перспективными с биогеоценологической точки зрения, так как позволяют получать более точные количественные показатели работы биогеоценоза.

Биогеоценологическая деятельность фитоценоза результируется в запасах фитомассы, которая является наиболее полноценным показателем продуктивности насаждений. *Оценка запасов фитомассы* в естественно формирующихся сообществах, проведенная в лиственных и хвойных молодняках Урала, Под-

²⁷⁸ Ефанов А.Г. Естественное семенное возобновление древесных растений на скальных и глинистых отвалах // Растения и промышленные загрязнения. Свердловск: Изд-во УрГУ, 1969; Баранник Л.П. Лесная рекультивация техногенных территорий (на примере угольных разрезов южного Кузбасса). Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Свердловск, 1974; Трегубов Г.Л. Рекультивация отвалов Райчихинского бурогоугольного месторождения // Почвоведение. 1974. № 7; см. Лукьянец А.И., 1975; Васильева Н.П. Структура и продуктивность лесов при естественном возобновлении на отвалах железорудных разработок Тульской области // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель. М., 1975.

московья²⁷⁹, показала, что продуктивность лесов достигает в ряде случаев зональных показателей.

Важным моментом этих исследований является получение не только валовых показателей, но и проведение фракционного анализа фитомассы. При его определении используется принятый в лесоводственных исследованиях метод А. А. Молчанова и В. В. Смирнова²⁸⁰. При изучении лесов на промышленных отвалах в основном исследуется структура фитомассы, т. е. только один из показателей продуктивности. Совершенно не изучено пространственное размещение фитомассы, показатели годичного отпада и опада, которые особенно важны, так как определяют интенсивность процессов обмена между растением и горными породами, и это в конечном счете отражается на скорости почвообразовательного процесса. Не исследованы химический состав фитомассы, состав основных органических веществ и т. д.

Одним из актуальных вопросов является *определение направленности и интенсивности формирования биогеоценозов техногенных ландшафтов*. В зависимости от того, насколько успешно и быстро происходит формирование производительных лесных сообществ, разрабатываются соответствующие практические мероприятия. Наиболее показательные результаты получены при изучении динамики формирования насаждений, изменение их структурных и функциональных характеристик в зависимости от сроков отсыпки отвалов. При этом используются сравнительные методы с использованием серии участков (пробных площадей), представляющих единый естественный ряд возрастного развития. Анализ динамических процессов ведется с использованием принятых методов таксации древостоя, обязательным отбором модельных деревьев на пробных площадях и анализом их на ход роста.

Нашими исследованиями лесовозобновления на отвалах в Подмосковном бассейне²⁸¹, на Урале²⁸² показано, что в благоприятных условиях темпы лесовозобновления на нарушенных территориях незначительно отличаются от скоро-

²⁷⁹ См. Лукьянец А.И., 1975; см. Васильева Н.П., 1975.

²⁸⁰ Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967.

²⁸¹ См. Теоретические и практические проблемы..., 1975.

²⁸² См. Лукьянец А.И., 1975.

сти развития лесных фитоценозов на зональной почве, а в некоторых случаях превосходят, последние.

Изучение скорости лесовозобновительного процесса целесообразно проводить в сравнении с динамикой развития насаждений не только на зональных почвах, но и с культурфитоценозами на отвалах.

Важным преимуществом в изучении лесокультур является возможность исследования с нулевого цикла, подбора более однородных по лесорастительным условиям разновозрастных участков. Однако данных по развитию и формированию искусственных насаждений на отвалах пока немного. По данным исследований Н. П. Васильевой, Т. И. Ижевской²⁸³, искусственно создаваемые сосняки в благоприятных условиях на песчаных отвалах Подмосковского бурого угольного бассейна имеют замедленное развитие в стадии приживания, наблюдаются некоторые отклонения в темпах развития травянистого покрова в междурядьях. К 15 годам формируется сомкнутый молодняк I–II класса бонитета. На сланцевых отвалах Эстонии класс бонитета сосняков того же возраста выше, чем у насаждений на зональных почвах, на 1–2 единицы. То же отмечено на Урале на отвалах каменноугольной промышленности в среднетаежной подзоне.

Скорость лесовозобновительного процесса определяет не только фактор времени, но и комплекс складывающихся экологических условий. *Экологический аспект исследований* направлен на выявление наиболее активно действующих в условиях отвалов факторов и оценку их регулирующей роли в процессе лесовосстановления. Для оценки действия того или иного фактора необходима закладка специальных пробных площадей и экологических профилей с применением обработке материалов многофакторного анализа. Для отвалов Урала, Подмосковья установлена зависимость густоты, состава лесовозобновления от изменчивости рельефа, свойств пород в поверхностном слое, наличия источника обсеменения, пастьбы скота и т. п. Интересная оценка лесовозобновительного эффекта по комплексу действующих экологических факторов предложена Центральной лабораторией охраны природы. В частности, исследова-

²⁸³ См. Рекультивация земель..., 1975.

ния неразровненных железорудных отвалов Тульской обл. показали тесную связь заселения древесной растительностью с типологическими категориями техногенного ландшафта²⁸⁴. Определенную перспективу в исследовании этого направления представляют экспериментальные методы при изучении культур-фитоценозов, которые будут рассмотрены ниже.

Многообразие типов отвалов, неоднородность и неравномерность во времени и пространстве их естественного облесения вызвали развитие работ по *классификации отвалов на основе показателей лесовозобновления* в качестве основного критерия.

Специалистами Уральского университета впервые методически разработана классификация отвалов по степени зарастания древесными породами (выделено 4 типа). Достоинством этой классификации является ее приложение в зонально-географическом аспекте и проведение на ее основе биорекультивационного районирования Свердловской и Челябинской областей²⁸⁵. Здесь впервые рассмотрены также географические рекультивации в связи с интенсивностью естественного лесовозобновления. Сделанные авторами выводы о целесообразности рекультивации в различных природных зонах Урала заслуживают, на наш взгляд, более широкого обобщения: в пределах таежной зоны отвалы, если они не токсичны, облесаются удовлетворительно при наличии заноса семян из ближайших насаждений; к югу в субаридных районах самооблесение идет медленно и почти всегда неудовлетворительно, но лесные культуры вполне возможны.

Одно из основных направлений работ в *искусственных лесных фитоценозах* – изучение основных показателей роста и развития деревьев в зависимости от специфики лесорастительных условий. И если в рассмотренном выше процессе лесовозобновления основной акцент исследований был связан со структурой ценоза, то здесь больше рассматриваются результаты обменных процессов между отдельным организмом и средой. Это направление получило интенсивное развитие благодаря широкому использованию экспериментальных ме-

²⁸⁴ См. Моторина Л.В., Васильева Н.П. и др., 1976.

²⁸⁵ См. Лукьянец А.И., 1975.

тодов, заключающихся в посадке и посевах различных видов древесных растений в местоположениях, отличающихся составом горных пород и смесей, рельефом, условиями освещенности, режимом влажности и т. д. Наиболее обширные результаты дал *анализ роста древесных растений на различных типах горных пород в разных природных зонах*²⁸⁶.

На основе широкого спектра биометрических показателей установлены динамика роста и дифференциация древостоев в зависимости от состава и свойств смесей пород в отвалах. Во многих случаях исследования роста ведутся при искусственном регулировании уровней отдельных факторов (полив, опыты с удобрениями и т. п.).

Значительно меньше уделяется внимание другим факторам среды, играющим заметную роль в развитии отдельных древесных видов, формировании лесных биогеоценозов в целом. Речь идет о влиянии макро- и мезорельефа, микроклимата, температурного, светового режима, осадков и т. д. Имеющиеся отдельные исследования свидетельствуют о перспективности изучения связи этих показателей с формирующимся древостоем. Например, специальными исследованиями Л. П. Баранника²⁸⁷ в Кузбассе показано влияние величины снежного покрова, высоких летних температур, влажности грунтов, изменений мезорельефа на рост и приживаемость различных видов древесных пород в лесокультурах. Им предложена в связи с этим биоэкологическая оценка роста деревьев. Изучение влияния ветровой эрозии на растительность и аккумуляции ее продуктов различными древесными и кустарниковыми породами позволило рекомендовать для отвалов КМА наиболее устойчивые виды²⁸⁸. Обязательным

²⁸⁶ Панков Я.В. Рекультивация отвалов Курской магнитной аномалии древесно-кустарниковой и травянистой растительностью. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Воронеж, 1973; Хватов Ю.А. Облесение земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых (обзор). М., 1973; Хватов Ю.А. Исследования лесопригодности отвалов открытых разработок полезных ископаемых в центральных областях европейской части РСФСР. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1974; см. Баранник Л.П., 1974; Каар Э.В. Облесение отработанных и выровненных сланцевых карьеров в Эстонской ССР // Наука производству. Каунас, 1973. Вып. 1; Каар Э.В., Маргус М.М. Лесные зоны Эстонской ССР и рекультивация карьеров в них // Лес и его роль в охране окружающей среды. Таллин, 1976; Данько В.Н. Облесение промышленных пустошей в центральном полесье УССР. // Растения и промышленная среда. Материалы III научн. конф. Киев: Наукова думка, 1976; см. Трещевский И.В. и др., 1976; Васильева Н.П., 1977.

²⁸⁷ См. Баранник Л.П., 1974.

²⁸⁸ Трещевский И.В., Панков В.Я. Мелиоративная роль растительности на отвалах КМА // Защитное лесоразведение и лесные культуры. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1975. Вып. 3.

условием дальнейших исследований должна быть четкая регистрация, количественная оценка и анализ различных показателей, особенно метеорологических, характеризующих экологические условия. Последние, как известно, являются регуляторами важнейших процессов в лесных биогеоценозах – газообмена, тепло- и водообмена.

Для оценки роста используются наиболее часто линейные биометрические характеристики; принятые при исследованиях лесных культур (прирост, диаметр, размер кроны и т. д.). Показатели роста растений достаточно полно отражают характер лесорастительных условий, и этот индикационный признак широко используется в практических исследованиях. Вместе с тем почти не изучены физиолого-биохимические аспекты роста, такие, как дыхание, фотосинтез, транспирация, поглощение и обмен минеральных веществ. Во многих случаях ход этих процессов является более реактивным показателем изменений в растении под влиянием факторов среды. При этом здесь могут широко использоваться как эколого-статистические, так и экспериментальные методы, основа которых заложена в многочисленных опытах. Так, использование некоторых биохимических показателей (количество хлорофилла, зольных элементов) выявило положительное действие удобрений в опытах²⁸⁹.

Познание процессов роста и развития биогеоценоза невозможно без *исследования морфогенеза отдельного дерева*. Анатомно-морфологические исследования структурных признаков как целого растения, отдельных его органов отражены пока в немногих работах²⁹⁰. На основе анализа строения хвои, корней выделены наиболее изменчивые признаки, которые можно рассматривать как выразительные показатели влияния на растение свойств и состава субстрата. Для изучения морфогенеза успешно используется метод сравнительного анализа структуры особей одного вида в различных условиях произрастания.

²⁸⁹ Каар Э.В. Об удобрении лесных культур на выровненных отвалах Эстонской ССР // Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972; Данько В.Н., 1976.

²⁹⁰ См. Васильева Н.П., 1975; см. Лукьянец А.И., 1975; Жаромский В.Я. Ассортимент древесных и кустарниковых пород для лесной рекультивации промышленных отвалов рыхлых горных пород Донбасса // Лесоводство и агролесомелиорация, 1976, № 45.

Исследования этого направления носят на данном этапе статический характер. Динамика изменений в структуре почти не отражена. Поэтому здесь необходимо поставить такие важные с биогеоэкологических позиций вопросы, как изучение изменений структурных знаков в процессе онтогенеза, сезонных ритмов роста, провести анализ побегообразования, детальные фенологические наблюдения. Изучение морфологических и биологических свойств древесного растения имеет первостепенное значение и с точки зрения установления их приспособительного характера, что в конечном счете определяет степень устойчивости как отдельной особи, так и фитоценоза в целом в условиях отвалов.

Выявление критериев и индикаторов устойчивости растений особенно важно в крайне неблагоприятных стрессовых условиях, которые ограничивают создание продуктивных биогеоценозов. К факторам, оказывающим неблагоприятные воздействия на растения, относятся наличие в отвалах фитотоксичных горных пород, недостаток питательных веществ, неблагоприятный водный режим и т. п. Выявление природы устойчивости может, по Ю. З. Кулагину²⁹¹, решаться на разных уровнях – анатомическом, физиолого-биохимическом. При изучении хвои сосны разного состояния в культурах на фитотоксичных грунтах нами было обнаружено увеличение относительной величины эпидермиса, количества склеренхимных клеток, уменьшение размеров проводящих тканей²⁹². В такого рода исследованиях нам представляется целесообразным использовать как абсолютные, так и относительные количественные показатели. Приспособительный характер в изменчивости архитектоники корней отмечен В. Я. Жаромским²⁹³ на отвалах Украины, сложенных бучакскими токсичными отложениями. Разработка методов и критериев оценки устойчивости древесных растений может основываться на имеющемся обширном опыте исследования структурных и функциональных свойств растений под воздействием промышленных выбросов перерабатывающих предприятий Урала и Донбасса²⁹⁴.

²⁹¹ Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974.

²⁹² Васильева Н.П. Анатомо-морфологические особенности строения хвои сосны обыкновенной на отвалах Подмосковского бассейна / Научные основы охраны природы, 1976. Вып. 4.

²⁹³ См. Жаромский В.Я., 1976.

²⁹⁴ См. Кулагин Ю.З., 1974; см. Растения и промышленная среда, 1976.

Изучение и оценка средообразующей роли лесов является одной из важных и перспективных в условиях техногенных ландшафтов. От скорости и интенсивности формирования лесной среды зависит успех восстановления всего природного комплекса. Развитие исследований этого направления на данном этапе проводится в основных аспектах: 1) оценка влияния леса на почвообразовательный процесс и свойства горных пород, слагающих поверхность отвалов; 2) изучение взаимодействия и взаимовлияния древесных и травянистых растений на начальных стадиях формирования насаждений, оценка потерь прироста древесной продукции вследствие конкуренции; 3) изменения в составе фауны, микрофлоры при формировании лесных фитоценозов; 4) влияние леса на изменение режима освещенности, поступления осадков, накопления подстилки, миграции элементов питания; 5) влияние лесных насаждений на прилегающие территории.

Изучение средообразующей роли как искусственных, так и естественно возникших лесов как самостоятельное направление еще не оформилось, однако в ряде работ имеются данные влияния лесонасаждений на развитие травянистого яруса и энтомофауны (работы Центральной лаборатории охраны природы МСХ СССР в Подмосковном бассейне), почвообразовательные процессы и микрофлору (на отвалах КМА, Украины, Грузии, Урала, Сибири). По данным Н. П. Васильевой и Т. И. Ижевской²⁹⁵, состав, степень покрытия травостоем в лесокультурах сосны закономерно изменяются с момента посадки до полного смыкания в междурядьях. Исследованиями А. Д. Гагатишвили²⁹⁶ показано, что за 10 лет под покровом белой акации на отвалах Чиатурского месторождения создан постоянный мертвый покров толщиной 2–2,5 см, ясно выраженный собственно гумусовый горизонт мощностью 3 см и переходный горизонт мощностью до 10 см. Количество гумуса в 3 см горизонте составило 6 %. Интересны данные по усилению активности ферментов в зоне ризосферы древесных

²⁹⁵ Васильева Н.П., Ижевская Т.И. Формирование травянистого яруса в посадках сосны на отвалах открытых разработок Подмосковного бассейна // Научные основы охраны природы. М., 1975. Вып. 3.

²⁹⁶ См. Рекультивация земель..., 1975.

растений на отвалах различных типов Украины²⁹⁷, активности различных типов бактерий в отвальных грунтах Чиатурского месторождения²⁹⁸ и т. п. Положительное влияние лесных пород на процессы водной и ветровой эрозии установлено для отвалов КМА. Рассмотренное направление исследований следует расширить и углубить, поставить специальные комплексные исследования, а в перспективе разработать на их основе методы ускоренного формирования лесного ценоза, наметить наиболее рациональный путь к быстрому и направленному восстановлению устойчивых и продуктивных растительных комплексов.

Развитие всех рассмотренных выше направлений является важной предпосылкой и обоснованием для разработки практических методов и приемов, способствующих планомерному и целенаправленному регулированию процессов лесовозобновления и лесоразведения на отвалах. Экспериментальный аспект исследований, получивший значительное развитие во всех природных зонах, занимает первостепенное место в лесоводственных исследованиях и требует особого анализа.

Биогеоэкологическое обоснование практических приемов и методов лесоразведения

Улучшение лесоагитивных условий, разработка агротехнических приемов создания насаждений на отвалах, подбор устойчивых и производительных видов основываются в целом на рассмотренных выше теоретических исследованиях и на опыте лесоразведения в данной природной зоне. Вместе с тем вследствие специфических условий нарушенных земель и для выбора наиболее рационального способа выращивания лесов того или иного целевого назначения требуются специальные методические разработки, которые можно рассматривать в следующих последовательных направлениях: 1) методы и способы подготовки и улучшения свойств субстрата, посадки и ухода за культурами,

²⁹⁷ Келеберда Г.Н. Состояние лесных культур на рекультивируемых землях и данные ризосферного анализа // Лесоводство и агролесомелиорация, 1973. Вып. 34.

²⁹⁸ Дараселия Н.А. Влияние на биологические процессы различных приемов рекультивации нарушенных земель при разработке марганцевой руды в Грузии // Симпозиум по вопросам рекультивации нарушенных промышленностью территорий, ч. II. Лейпциг, 1970.

2) широкое испытание древесных и кустарниковых пород с последующей оценкой степени их пригодности для облесения, разработка схем смешения и типов лесокультур, 3) методы интенсификации роста, 4) разработка технологических схем с учетом затрат и оценкой экономической эффективности лесоразведения.

Как уже упоминалось выше на отвалах нередко складываются неблагоприятные экологические условия. Поэтому развитие экспериментальных исследований пошло по пути выявления и биогеоэкологического обоснования методов и способов подготовки и улучшения свойств горных пород и лесорастительных условий отвалов. Они включают комплекс работ, связанных как с планировкой и формированием отвалов (степень выравнивания поверхности, оптимальные размеры, устройство откосов, дренажные работы и т. п.), так и с методами формирования поверхностного корнеобитаемого слоя.

При подготовке территории под лесные насаждения допускается менее тщательная, чем под сельскохозяйственное использование, планировка поверхности, несколько больший угол наклона, более низкие требования к качеству грунтов и смесей, отсыпаемых в отвалы. В зависимости от условий и целей облесения производится полное или частичное выравнивание поверхности отвалов, планировка террасами. На этапе горнотехнической рекультивации создаются также оптимальные условия для ведения лесохозяйственных работ и предусматривается устройство откосов, подъездных путей, проведение дренажных и других мелиоративных работ. Проводится первичная и вторичная (после усадок) планировка поверхности отвалов нанесение пригодных для роста растений грунтов.

В случае, если слагающие поверхность отвалов породы непригодны или малопригодны для лесоразведения, разрабатываются методы улучшения свойств пород. Наиболее эффективны из них: 1) сплошное нанесение лесопригодного слоя, 2) локальное внесение плодородной земли, 3) перемешивание с другой по составу или обладающей более благоприятными свойствами породой, либо создание из нее «прослойки» на разной глубине, 4) применение химических и других методов для уменьшения действия токсичных веществ в поро-

дах. В направлении получены некоторые положительные результаты. Так, для условий КМА²⁹⁹ установлено, что улучшение водного режима отвалов, сложенных глинистыми, суглинистыми, мело-мергельными горными породами, можно достигнуть пескованием верхнего слоя. Это увеличивает энергию роста лесокultur в полтора – два раза. На песчано-меловых отвалах рекомендуется укладка суглинистой прослойки на глубине 50–100 см. На зернистом субстрате шламоотвалов железорудных разработок Кривого Рога внесение 2–4 кг черноземной земли в посадочные места повышает, по данным А. Г. Ефанова³⁰⁰, приживаемость и сохранность растений. Локальное внесение плодородной почвы, очевидно, эффективно только в первые годы. По мере роста растений действие этого приема ослабевает и, например, по данным А. Д. Гогатишвили, в 10-летних культурах не обнаруживается. Нанесение небольшого слоя чернозема может активировать биохимические процессы, как это показано на примере рыхлых и скальных пород отвалов Соколовско-Сарбайского горно-обогательного комбината Э. Б. Тереховой и другими³⁰¹. Положительные результаты при изучении роста тополей, сосны, березы на второй – третий год получены в эксперименте с покрытием грунтов фосфоритных отвалов Маарду в Эстонии, обладающих высокой скелетностью, слоем почвы 20–50 см. Для нейтрализации действия токсичных грунтов, в частности сульфидсодержащих пород, в Подмосковном угольном бассейне применялось известкование³⁰². На отвалах красного шлама на Уральском алюминиевом заводе применялась прослойка глины и насыпной слой гумусированного горизонта от 50 см.

Несмотря на ряд достижений, многие из приведенных положений не имеют достаточно четких научных обоснований. Так, не установлена оптимальная величина лесопригодного слоя. По многим указаниям она дается в пределах 1,5–2,5 м, без учета разнообразия в составе грунтов, особенностей роста

²⁹⁹ См. *Трещевский И.В., Панков В.Я.*, 1975; *Панков Я.В.* Лесорастительные условия и особенности лесоразведения на отвалах КМА // *Защитное лесоразведение и лесные культуры*. Воронеж, 1975. Вып. 3; см. *Трещевский И.В.* и др., 1976.

³⁰⁰ *Ефанов А.Г.* Опыт посадки древесно-кустарниковых пород на железорудных шламах // *Растения и промышленная среда*. Свердловск: Изд-во УрГУ, 1974.

³⁰¹ См. *Рекультивация земель...*, 1975.

³⁰² См. *Зайцев Г.А.*, 1970.

древесных и кустарниковых пород, целевого назначения насаждений. Нет данных экспериментальной сравнимой оценки эффективности полного и частичного выравнивания отвалов, величины угла откосов, сроков усадки поверхности т. п. Нет рекомендаций по оптимальным формам отвалов, что очень важно не только при искусственном облесении, но и при планировке отвалов под естественное лесовозобновление.

Вопрос о целесообразности выравнивания отвалов для лесопосадок не может, очевидно, решаться однозначно. Так зарубежный опыт показал, что лучшие показатели роста древостоев наблюдаются на увалистых неразровненных отвалах.

Агротехнические приемы подготовки почвы и методы посадки лесокультур в основном соответствуют принятым в лесокультурном деле нормативам. Однако в ряде случаев имеются свои особенности.

В практике создания лесонасаждений на отвалах используются два направления: 1) без предварительной подготовки грунта (в КМА, Эстонии, на Урале), с предварительной подготовкой. Породы легкого механического состава, слабо зарастающие травянистой растительностью, не требуют предпосадочной обработки. При подготовке грунтов рекомендуется в большинстве случаев безотвальное рыхление. В особо неблагоприятных условиях, например на сильно эродируемых и подверженных дефляции отвалах КМА, созданию лесокультур предшествуют посадка почво-закрепительных кустарников, посев трав и закрепление поверхности латексом. На отвалах нередко целесообразны более ранние сроки посадки, чем это принято в зональных условиях и большинство пород высаживается весной.

Во всех зонах, в зависимости от типа грунтов, вида древесных растений и целей лесовыращивания, используется посадочный материал с открытой корневой системой. Для облесения больших площадей механизированным способом на Украине, в Эстонии, Подмосковном бассейне, Кузбассе используются одно-, двухлетние сеянцы с весенней посадкой. В целях ускорения озеленения откосов отвалов, терриконов, участков, подверженных водной и ветровой эрозии, реко-

мендуется использование удлиненных окоренных черенков или взрослых саженцев. Наиболее перспективной является механизированная посадка на выровненных отвалах. Опыт показал, что посадку вручную в ямки целесообразно проводить на золоотвалах, терриконах, каменистых россыпях, т. е. на особо сложных объектах. Интересный метод посадки в шурфы удлиненных тополевых и ивовых черенков предложен на отвалах КМА. Посевы (сосны) в Эстонии и Кузбассе пока ведутся в опытном порядке, а в производственных условиях применялись на Урале, но без успеха.

Среди специальных методов ухода следует выделить использование полива на терриконах Донбасса, известняковых карьерах Прикарпатья, железорудных отвалах Кустанайской обл.

Заслуживает внимания предложенный для отвалов КМА метод борьбы с сорной растительностью, заключающийся в нанесении в междурядья тонкого слоя токсичного песка³⁰³.

Лесовосстановительные работы ведутся в основном механизированным способом с использованием принятых в лесном хозяйстве машин. Однако они не всегда приспособлены к сложным условиям отвалов. Некоторые модификации посадочных машин созданы в Эстонии (лесопосадочная машина Маарду-1), на Украине.

Приведенные результаты, однако, не означают, что все возможности этого направления исчерпаны. В опытном порядке можно было бы провести широкое апробирование новых методов, применяемых в лесокультурном деле. Например, посадки саженцев с закрытой корневой системой, как это делается в Латвии (система «Брика»)» стимулирование развития корневых систем обрезкой или ростовыми веществами, изыскание и селекция устойчивых форм, использование гербицидов и т. д.

Создание продуктивных и устойчивых биоценозов на нарушенных территориях невозможно без правильного и *целенаправленного подбора ассортимента древесных и кустарниковых пород*, который ведется с учетом состава и

³⁰³ См. Трещевский И.В., Панков В.Я., 1975.

свойств горных пород и их смесей в отвалах. Этот принцип положен в основу соответствующих изысканий, составными частями которых являются: 1) широкое испытание и отбор растений, могущих расти в условиях отвалов на основе показателей роста и приживаемости; 2) определение границ и возможностей использования того или иного вида и классификация его пригодности для выращивания в зависимости от состава грунтов, а также целей лесной рекультивации; 3) разработка оптимальных схем смешивания древесных и кустарниковых пород.

Первый этап изыскания (пункт «1») практически завершен, и для многих районов добычи полезных ископаемых установлен ассортимент растений, которые можно выращивать на отвалах. Из 30 древесных пород, высаженных на железорудных шламах Криворожья, 8 оказались вполне пригодны для выращивания на отвалах³⁰⁴. В Эстонии на высококаменистых рыхлых отвалах разработок горючего сланца, сложенных четвертичными отложениями с примесью известняков, возможно выращивание 33 видов древесных и кустарниковых пород³⁰⁵, на фосфоритных отвалах Маарду из 60 испытанных пород 15 видов показали хороший рост³⁰⁶. До 14 видов рекомендовано для озеленения терриконов Донбасса, отличающихся высокой кислотностью, малым запасом влаги в поверхностном слое, интенсивными процессами смыва³⁰⁷. Широкие испытания проведены на отвалах Курской магнитной аномалии, Подмосковского угольного бассейна, Соколово-Сарбайского железорудного месторождения, различных видов разработок полезных ископаемых на территории Украины и Кузбасса.

Рост и развитие испытываемых древесных и кустарниковых пород неодинаковы, и, следовательно, использование тех или иных видов также неоднозначно. Классификация древесных пород по степени пригодности их для разведения на отвалах на основе показателей их роста сделана практически для всех месторождений. Обычно древесные породы делятся на три класса – пригодные, малопригодные, непригодные – с учетом их роста на различных типах горных

³⁰⁴ См. Ефанов А.Г., 1974.

³⁰⁵ См. Каар Э.В., 1972.

³⁰⁶ См. Каар Э.В., Маргус М.М., 1976.

³⁰⁷ См. Бакланов В.И., 1971.

пород. Заслуживают внимания классификации, где кроме показателей роста надземной части растений и приживаемости используются биоэкологические признаки³⁰⁸, особенности строения корневых систем³⁰⁹. Большую практическую значимость имеет разработанная для месторождений Украины классификация пригодности древесных пород в зональном аспекте с указанием для каждой породы диапазона ее местообитания (работы В. Н. Данько).

В отношении схем смешения и типов культур большинство исследователей считает нецелесообразным создавать предварительные культуры. В условиях КМА, Подмосковского бассейна, Кузбасса, Украины рекомендуется вводить в состав основных культур до 50 % почвоулучшающих пород (ольха серая, ольха черная, акация белая, лох узколистный, облепиха и др.), которые будут выполнять мелиоративную функцию. Создание чистых культур рекомендуется в хороших лесорастительных условиях. Для борьбы с эрозией на откосах ценные рекомендации сделаны в опыте КМА, где используется порядное смешение главной породы с почвозакрепляющими кустарника, одновременный посев трав.

Конкретные схемы смешения, типы культур отражены в соответствующих рекомендациях по отдельным месторождениям. Наиболее они разработаны для месторождений Эстонии, Украины, КМА, Кузбасса, Казахстана.

Важное место в системе агротехники занимают *разработки методов интенсификации роста лесокультур*.

Работы этого направления особенно интенсивно развернулись в последние годы и заключаются в испытании влияния различных сроков и методов внесения удобрений на рост растений, посевах различных сидератов и введении в культуры почвоулучшающих пород с целью интенсификации роста главной породы.

³⁰⁸ См. Баранник Л.П., 1974.

³⁰⁹ См. Жаромский В.Я., 1976.

Действие удобрений испытывается на самых различных уровнях от вегетационных опытов (работы В. И. Логгинова и других³¹⁰, с грунтами отвалов Криворожья) до производственных испытаний с механизированной заделкой на отвалах рыхлых горных пород Украины³¹¹. При внесении удобрений используются методы локального внесения в прижимную щель³¹², вокруг сеянца³¹³, вдоль рядков культур³¹⁴. Сплошное внесение применяется реже, так как стимулирует развитие сорной растительности. Опытными исследованиями И. Ф. Сарв³¹⁵ на отвалах фосфоритных руд Маарду установлено, что внесение удобрений (аммиачная селитра, карбомид, бордотолитовая мука) по 5–10 г вокруг дерева увеличило прирост ряда пород в высоту на второй – третий год после внесения удобрений. В опытах Э. В. Каара³¹⁶ установлено положительное действие внесения комплексного удобрения (на расстоянии 10–15 см от сеянца) на рост, охвоенность, фитомассу сосен. Внесение удобрений на отвалах КМА из расчета P_2O_5 – 40–35 кг/га, K_2O – 20–35 кг/га обеспечивает, по данным Ф. Е. Иванова³¹⁷, увеличение прироста в высоту до величины, соответствующей приросту на черноземном слое. Рентабельность капиталовложений при внесении удобрений возрастает с 3 до 45 %. Положительное действие удобрений отмечено в опытах на песчаных отвалах месторождения фосфоритов³¹⁸ и угольных разработок³¹⁹ в Подмосковье. Пока трудно оценить эффективность способов внесения, поскольку упомянутые методы не сравнивались в однородных условиях. Очевидно, перспективны механизированные способы внесения вдоль

³¹⁰ Логгинов В.И., Корецкий Г.С., Киричек Л.С. Использование вегетационного опыта при подборе пород для лесонасаждения на отвалах Криворожья // Лесовозобновление и защитное лесоразведение. Научные труды Укр. сельскохозяйств. академии. Киев, 1973. Вып. 94.

³¹¹ Келебарда Г.Н., Данько В.Н., Вербин А.Е., Жаромский В.Я. Опыт интенсификации роста лесных культур на техногенных грунтах СССР // Растения и промышленная среда. Материалы III науч. конф. Киев: Наукова думка, 1976; Данько В.Н., 1976.

³¹² Иванов Ф.Е. Некоторые вопросы агротехники лесных культур на отвалах КМА // Защитное лесоразведение и лесные культуры. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1975. Вып. 3.

³¹³ См. Каар Э.В., 1972.

³¹⁴ См. Келебарда Г.Н., Данько В.Н. и др., 1976.

³¹⁵ См. Рекультивация земель..., 1975.

³¹⁶ См. Каар Э.В., 1972.

³¹⁷ См. Иванов Ф.Е., 1975.

³¹⁸ Хватов Ю.А. Лесопригодность осадочных пород в отвалах фосфоритных разработок в Московской и Брянской областях // Выращивание сосны и ели в лесных культурах. Пушкино, 1975.

³¹⁹ См. Зайцев Г.А., 1970.

рядков культур на расстоянии 20 см³²⁰. Нет четких данных о сроках и повторности внесения удобрений. В условиях КМА рекомендуется удобрять в течение 3–4 лет, причем в первый год вносить в прижимную щель (12 кг/га действующего начала), затем – сплошное внесение. Целесообразно применение удобрений одновременно с посадкой, однако при внесении их в последующие годы также проявляется его положительное действие³²¹. В упомянутых работах испытывалось действие как полного удобрения, так и отдельных видов. Многими исследователями отмечено благоприятное действие азотных удобрений. В частности, в районе правобережья, степи, лесостепи и полесья на Украине наиболее эффективными оказались азотные удобрения в дозах не менее 100 кг/га³²². Внесение удобрений сокращает уход и снижает затраты на выращивание лесокультур на 30–60 %.

Большое значение придается введению в культуры сидератов и пород – азотонакопителей. Имеющийся опыт свидетельствует, что на отвалах различных типов месторождений во многих случаях нет необходимости создавать подготовительные культуры. Целесообразно вводить породы – азотонакопители и бобовые травосмеси в качестве компонента к хозяйственно ценным породам. В качестве сидератов, в зависимости от свойств грунтов в отвалах, используются донник, люпин, люцерна. Единого мнения относительно сроков посева нет. Так, в Эстонии на сланцевых отвалах рекомендуется посев инокулированной люцерны через год после закладки сосновых культур, в Кузбассе донник рекомендуют высевать за год до посадки, на Украине люпин вводится в год посадки. Культура люпина многолетнего способствовала усилению роста сосны на третий – четвертый год в Полесье, четвертый – пятый год в лесостепи Украины. Только с надземной массой в грунт поступает 200 кг азота на 1 га³²³, в опытах с волжским донником – до 60–70 кг/га. Исследования на Украине и в Эстонии³²⁴ показали, что посевы люпина и люцерны способствуют увеличению

³²⁰ См. *Данько В.Н.*, 1976.

³²¹ См. *Иванов Ф.Е.*, 1975.

³²² См. *Данько В.Н., Келеберда Т.Н. и др.*, 1976.

³²³ См. *Данько В.Н., Келеберда Т.Н. и др.*, 1976.

³²⁴ См. *Каар Э.В.*, 1972; *Келеберда Т.Н., Данько В.Н. и др.*, 1976.

веса хвои сосны и содержанию в ней хлорофилла, азота. Посев бобовых на слабotoксичных песчаных грунтах Подмосковного угольного бассейна показал положительное их действие на рост сосны в течение почти 10 лет³²⁵. Обычно проводят сплошной посев бобовых. В. Н. Данько предложен более рациональный, на наш взгляд, метод с сохранением защитных полос вдоль рядков. Норму посева можно рекомендовать в полтора раза больше общепринятой.

Введение древесных пород – азотонакопителей также активизирует рост главных пород, хотя не так быстро и интенсивно, как посевы трав. В опытах на Украине установлено, что применение ольхи черной и серой в полесье и лесостепи позволило усилить биологические процессы в грунтах, повысило в них содержание азота, существенно изменило процессы фотосинтеза у главных древесных пород. Влияние ольхи черной на рост главных пород начинается на третий – седьмой год. Рекомендуется ее введение чистыми рядами через два ряда главной породы. О положительном влиянии некоторых пород – азотонакопителей на процессы почвообразования свидетельствуют данные, полученные А. Д. Гогатишвили (Чиатурский марганцевый бассейн), И. В. Трещевским с сотрудниками (КМА), Э. Б. Тереховой (Соколово-Сарбайское месторождение) и др.

Применение удобрений и сидератов является, таким образом, эффективным средством повышения продуктивности насаждений и экономически себя оправдывает. В дальнейшем следует расширить исследования о влиянии доз удобрений в зависимости от состава и свойств пород в отвалах, вида древесных и кустарниковых растений, и их возраста, периодичности и сроков внесения удобрений. Не раскрыты динамика и механизмы «обогащения» грунтов под действием удобрений и сидератов. Целесообразно, на наш взгляд, провести исследования действия на растения не только минеральных, но и органических удобрений, микроудобрений, золы, продуктов стока, искусственного внесения в грунты простейших животных и растительных микроорганизмов и т. п.

³²⁵ См. Васильева Н.П., Ижевская Т.И., 1975.

Комплекс агротехнических приемов, применяемых при лесоразведении на нарушенных землях, должен быть эффективен не только в отношении биологической продуктивности, но и экономической целесообразности. Для этого необходим *точный учет затрат на рекультивацию, разработка методов экономической оценки ее* эффективности. Отдельные, но далеко не достаточные разработки в этом направлении уже имеются.

Анализ и применимость биоэкономической системы к горнодобывающим предприятиям, общие формулы расчета коэффициента экономической эффективности рекультивации изложены в монографии Л. В. Моториной и В. А. Овчинникова³²⁶. Конкретные расчеты затрат по технологическим схемам для различных видов лесной рекультивации сделаны в КМА, на Украине, в Кузбассе, готовится к изданию соответствующее руководство в Центрогипрозе. По этим данным, затраты на лесную рекультивацию колеблются в пределах 200 руб. Научно обоснованный расчет эффективности лесной рекультивации разработан на примере КМА проф. И. В. Трещевским.

Рассмотренные выше разработки проведены в основном на крупномасштабных отвалах при открытой добыче сырья. Мы практически не касались нарушенных земель другого вида, где задача биологической рекультивации заключается в озеленении и консервации поверхности. Это прежде всего относится к золо- и шламоотвалам, терриконам, откосам высоких насыпных отвалов, каменистым отвалам и склонам (бортам) карьеров и т. д. Детальные рекомендации изложены во временных инструктивных указаниях по Донбассу (1974 г.); КМА (1970 г.), отдельных работах. Однако изложенные выше общие принципы подхода к проблеме лесной рекультивации распространяются на все виды разработок. К сожалению, лесоводственными исследованиями практически не затронуты месторождения цветной металлургии соляных разработок, доломитов, скальных пород, мало данных по карьерам строительных материалов, различных руд и т. д. Очевидно, следует наметить модельные объекты из их числа с постановкой экспериментов по озеленению.

³²⁶ Моторина Л.В., Овчинников В.А. Промышленность и рекультивация земель. М.: Мысль, 1975.

Для успешной реализации задач и направлений исследований как практического, так и теоретического характера необходима *разработка биологических основ лесовосстановления в условиях техногенных ландшафтов* – строгой научной теории, опирающейся на биогеоэкологические принципы и новейшие научные и практические достижения в области рекультивации, лесоведения и лесоводства, почвоведения, геоботаники и других научных дисциплин. Осуществление широкой программы такого исследования даст возможность планомерного и целенаправленного решения одной из актуальных задач современного индустриального общества, а именно оптимизации техногенных ландшафтов.

Л. Д. Баранник

Экологическое обоснование и опыт лесной рекультивации техногенных территорий в Кузбассе

Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М.: Наука, 1978. (С. 159–165)

Использование преобразовательных функций растительности лежит в основе фитомелиорации в общем плане, или биологической рекультивации, применительно к послепромышленным (техногенным) территориям. Жизнедеятельность растений вызывает изменения геофизического и геохимического режимов биогеоценозов, проявляющиеся в фитогенном выветривании, гумусообразовании и других превращениях.

Особенно значительны преобразовательные функции древесной растительности. Леса, являясь древнейшей формой высшей растительности, приспособлены к существованию в условиях низкой концентрации элементов-органогенов в грунте. Древесные виды, благодаря мощной широко разветвленной корневой системе, способны извлекать из рассеянного состояния и из большой толщи литосферы элементы минерального питания, аккумулируя их на поверхности. В отличие от травянистой растительности долгоживущие деревья и кустарники концентрируют и сохраняют элементы питания в древесине длительное время, создают большую массу «живого вещества». Продуктив-

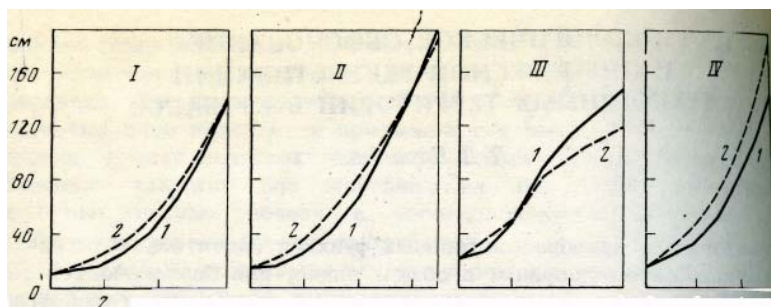
ность древостоев, в отличие от продуктивности сельскохозяйственных культур и трав, мало зависит от плодородия почв. Леса зачастую занимают неблагоприятные местообитания, давая при этом большой «урожай». Например, бедные песчаные почвы при достаточном увлажнении естественно заселяются сосной, которая показывает нередко здесь более высокий бонитет, чем на прилегающих достаточно плодородных для сельскохозяйственных культур суглинистых почвах. Леса растут на скалистых грунтах, в болотах, длительномерзлотных почвах и в других неблагоприятных экологических условиях. Эти особенности древесной растительности обосновывают целесообразность и необходимость лесоразведения на разрушенных промышленностью территориях, лишенных почвенного покрова.

С 1970 г. нами проводятся лесопосадки на отвалах угольных разрезов и других послепромышленных землях в районе г. Новокузнецка. Особенности роста и развития испытанных в полевых условиях более 30 видов деревьев и кустарников позволяют сделать общий вывод о пригодности этих техногенных территорий для лесоразведения.

Ход роста некоторых видов деревьев и кустарников (см. рисунок) на отвалах породы Байдаевского угольного разреза существенно не отличается от их роста на зональных ненарушенных почвах. Сосна обыкновенная только в первые 2 года отстает в росте от контроля, в дальнейшем прирост увеличивается, и к 7 годам саженцы на отвалах почти достигают высоты сосенок на ненарушенных почвах. В первые годы после посадки отмечается значительный (свыше 30 %) отпад саженцев из-за зимнего иссушения хвои (и ростовых почек) на открытых, подверженных постоянному воздействию ветров и морозов местах произрастания.

Увеличение прироста по времени совпадают с повышением их морозостойкости. Вероятно, слабая морозоустойчивость в первые годы вызвана низкой энергией работы и недостаточной интенсивностью биохимических процессов, из-за чего растение не успевает подготовиться к зиме. В свою очередь, низкий прирост в высоту в первые годы объясняется тем, что у сеянцев, выра-

щенных на относительно богатых почвах питомника, при пересадке их на малоплодородные грунты отвалов происходит усиленный рост корневой системы без значительного прироста надземной части. Этим самым растения как бы приводят в соответствие ассимилирующий аппарат с возможностями минерального питания на бедном субстрате. Относительный вес корней увеличивается за 2 года роста на отвалах с 23 до 42 %; в последующем прирост корневой массы происходит пропорционально приросту надземной.



Ход роста древесных пород на отвалах Байдаевского разреза

I – сосна; II – лиственница; III – облепиха; IV – береза; 1 – в опыте, 2 – в контроле

Особенности прироста связаны также и с микотрофным типом почвенного питания сосны. В первые годы роста саженцев на отвалах микориза не развита, слабо заметна, но на третий – четвертый год корни покрываются обильной микоризой. Вероятно, улучшение роста сосны в этот период вызвано развитием микоризы, хотя не исключена возможность и обратного влияния – подросшие саженцы становятся способными обеспечивать гриб органическими веществами, что улучшает рост грибницы. На четвертый год роста сосновых посадок появляются плодовые тела гриба.

Лиственница сибирская в 7 лет достигла высоты 2,0 м, что даже несколько больше контроля. В первые годы роста после посадки прирост замедленный, на третий – четвертый год уравнивается с контролем. На отвалах лиственница в меньшей мере, чем сосна, подвержена зимнему отпаду, выживает даже в экстремальных условиях на вершинах, хотя здесь приобретает ветровую флагообразную форму кроны.

Береза бородавчатая – пионер естественного зарастания отвалов. Обильная поросль березы встречается на отвалах разных типов. В посадках на отва-

лах береза имела лучшую среди других древесных пород приживаемость – 94 %. Ход роста отличается от контроля некоторой замедленностью, к 6 годам средняя высота составила 156 см, что на 50 см ниже разновозрастных берез на серых лесных почвах.

Из всех испытанных на отвалах кустарников лучшие показатели роста и развития имела облепиха. К 6 годам высота кустов достигла 160 см, при этом двухметровые междурядья полностью сомкнулись. Корневая поросль облепихи заняла все свободное пространство поверхности отвалов в радиусе до 5 м от материнского куста. Плодоносить начала с четвертого года. На шестой год биологический урожай составил 0,8 т ягод с 1 га (на площади 12 га). Поверхностное распространение корней, а также обильное образование корневых отпрысков способствуют быстрому закреплению поверхности отвалов, предотвращают водную эрозию откосов. В этом отношении облепиха обладает бесспорным преимуществом перед другими испытанными на отвалах древесно-кустарниковыми породами.

Биоэкологические качества облепихи – ее неприхотливость к почвенным условиям, относительная засухоустойчивость, морозостойкость, быстрота роста, мелиоративные качества, потребительская полезность – позволяют рекомендовать ее для широкого культивирования на отвалах разрезов, сложенных из рыхлых грунтов легкого механического состава.

Удовлетворительные показатели роста на отвалах угольных разрезов отмечены также у акации желтой, жимолости татарской, рябинника рябинолистного, некоторых видов ив (русской, ломкой, шелюги).

Ограниченно пригодны – для нормального роста требующие определенных условий (повышенной влажности или плодородия грунта) – тополь сибирский, ясень зеленый, береза пушистая, смородина золотистая, рябина сибирская, кизильник черноплодный, таволга средняя, роза коричная, пузыреплодник калинолистный, бузина сибирская, дерен белый, клен гиннала. Из числа испытанных видов мало или сомнительно пригодными оказались ель сибирская, ли-

па мелколистная, вяз перистоветвистый, клен ясенелистный, черемуха обыкновенная.

Удовлетворительные лесорастительные условия, по крайней мере для некоторых древесно-кустарниковых пород, обуславливаются своеобразными физическими и вводно-физическими свойствами грунтов отвалов. Полевая влажность грунтов в течение вегетационного периода на глубине корнеобитаемого слоя сохранялась в диапазоне от 12 до 22 % (или от 0,4 до 0,8 наименьшей полевой влагоемкости), а запасы продуктивной влаги в однометровом слое составляли от 100 до 200 мм. Определенную роль в режиме влажности грунтов отвалов имеет конденсационная влага. В наших условиях высокая рыхлость щебенистых грунтов способствует интенсивному воздухообмену, а низкие температуры на глубине создают необходимый температурный градиент для конденсации парообразной влаги.

Факт сохранения низких температур в глубине отвалов установлен измерением в скважинах глубиной до 5 м. В 1972 г. температуры, близкие к 0°, сохранялись на глубине 1,4–2,6 м до 19 июня, при этом на глубине 5,0 м температура была положительная (2,2–4,1°). При срезании вершин отвалов бульдозерами на глубинах 2–3 м встречались слои мерзлоты толщиной 1–1,5 м, причем куполообразная форма их повторяла очертания вершин отвалов. На ненарушенных почвах в условиях южного Кузбасса мерзлота обычно исчезает в первой – второй декадах мая. Такая температурная аномалия объясняется низкой по сравнению с почвой теплопроводностью грунтов отвалов, меньшей прогреваемостью из-за светлой окраски безугольных горных пород, более сильным промерзанием конусов отвалов, лишенных защитного снежного покрова. Мерзлотные прослойки становятся конденсатором парообразной влаги, что и объясняет повышенную влажность в этом слое породы.

Косвенным подтверждением конденсации влаги является избыточное, до появления свободной гравитационной воды, наблюдаемое на ряде разрезов Кузбасса увлажнение подножий отвалов, сложенных из крупнообломочных песчаников и пирогенных конгломератов. Отнести это явление за счет поднятия

уровня грунтовых вод нельзя, так как обычно рядом с отвалами располагаются вскрышные траншеи, понижающие уровень грунтовых вод на десятки метров.

Твердость не относится к основным физическим показателям при характеристике почв и грунтов. Показатель твердости – производный от объемного веса, порозности, механического и минерального состава. Тем не менее для специфических грунтов отвалов твердость может являться результирующим показателем их лесорастительных свойств. Замеры твердости грунтов на различных отвалах разрезов южного Кузбасса показали, что твердость грунтов из глинистых горных пород (аргиллитов) выше, чем элювиев песчаников. На поверхности отвалов, образованных бестранспортным способом, твердость сравнительно низкая (до 10 кг/см^2), до глубины 50 см она возрастает до 30–40 кг/см^2 , глубже увеличение незначительное. Со временем происходит естественное уплотнение грунтов, что видно при сравнении твердости грунтов отдельных отвалов, образованных в разное время. На участках с частичным разравниванием отвалов твердость грунта в однометровом слое на возвышенных элементах рельефа, где грунт срезался, вдвое выше, чем в понижениях, куда грунт перемещался.

В наших опытах (с частичным разравниванием отвалов) проследить зависимость между твердостью грунта и показателями роста было затруднительно, так как уплотнение сопряжено с элементами рельефа, имеющими различные микроклиматические условия. Поэтому для проверки этой зависимости использовались полосы повышенной твердости грунта – места многократного холостого прохода бульдозера при планировке отвалов. Контролем служили прилегающие полосы с насыпным грунтом.

Наибольшая зависимость (обратно пропорциональная) между твердостью грунта и ростом проявляется у облепихи – высота кустов на уплотненном субстрате на 90 % ниже, чем на рыхлом. У березы и тополя на уплотненном грунте снижается высота по сравнению с контролем соответственно на 23 и 19 %. У сосны и акации желтой разница высот незначительна (недостоверна). С течени-

ем времени различия в росте саженцев на уплотненных и рыхлых грунтах, вероятно, будут увеличиваться.

Американские ученые, исследуя ход роста некоторых видов тополя, ясеня и сосны на спланированных – уплотненных и неспланированных – рыхлых отвалах из карбонатных суглинков и глинистых сланцев, отмечают, что различия в высоте этих видов в 3 года после посадки были незначительными, несколько больше в 5 лет и в 10 лет достигли 60–90 %.

Грунты отвалов характеризуются в целом высокой водопроницаемостью. Особенно высокая водопроницаемость (по шкале Качинского – провальная) на отвалах, сложенных из элювиев песчаников, содержащих 50–75 % каменисто-щебенистых фракций. Даже на автоотвалах, уплотненных до твердости 38 кг/см^2 , водопроницаемость очень высокая – 6,5 мм/мин. Грунтосмеси из элювиев аргиллитов с суглинками в рыхлом неуплотненном состоянии также обладают высокой водопроницаемостью – 5,6 мм/мин. Со временем грунты уплотняются, увеличивается содержание мелкозема, заполняющего пустоты между каменистыми фракциями, из-за чего водопроницаемость снижается, но даже на 16-летних отвалах она остается на уровне 1,5 мм/мин. И только при значительном уплотнении (до твердости более 40 кг/см^2) водопроницаемость становится низкой – 0,34 мм/мин. На участке с частичным разравниванием при твердости грунта 18 кг/см^2 водопроницаемость составила 1,12 мм/мин и ее можно характеризовать как удовлетворительную.

Таким образом, грунты отвалов из глинистых горных пород обладают своеобразными, отличными от обычных ненарушенных почв водно-физическими свойствами. Благодаря высокой скелетности и рыхлости они имеют высокую водопроницаемость. В то же время эти грунты характеризуются значительной влагоемкостью, обязанной присутствию элювия глинистых горных пород, и с некоторой (около 8–10 %) влагоемкостью щебенисто-каменистых фракций аргиллитов. Поэтому грунтосмеси отвалов сохраняют в течение вегетационного периода высокие запасы влаги, соизмеримые с запасами в зональных почвах, а в ряде случаев и превосходящие их.

Содержание основных элементов минерального питания в грунтосмесях отвалов в 5–10 раз и более ниже, чем в черноземных зональных почвах. Тем не менее успешный рост многих видов деревьев и кустарников не согласуется с оценкой содержания элементов питания как недостаточной или очень низкой. Это можно объяснить тем, что древесные породы могут довольствоваться минимальными запасами элементов минерального питания, даже такими, как в «бесплодных» грунтах отвалов. Исключение составляет азотное питание древесной растительности. Доступных для растений азотных соединений в грунтах отвалов практически нет. Поэтому нормальный рост имеют только виды, способные обеспечивать себя азотом, благодаря симбиозу с микоризообразующими грибами (хвойные, береза и некоторые другие виды) или с другими азотфиксирующими микроорганизмами (виды семейства бобовых, а также облепиха к лох).

Лесорастительные условия на отвалах, образованных бестранспортным способом, кроме почвенно-грунтовых факторов определяются суммарным воздействием ветрового режима, снегоотложением, температурой поверхности отвалов. Эти микроклиматические условия тесно коррелируют с экспозицией склонов. Установлено, что на откосах южных и западных румбов и на вершинах, где снежный покров сдувается господствующими юго-западными ветрами, происходит вымерзание (или физиологическое иссушение) саженцев, особенно вечнозеленых хвойных пород (сосны, ели). Здесь же наблюдаются повышенные летние температуры (свыше 40°), а влажность грунтов из-за меньшего снегонакопления и большего иссушения бывает ниже, чем на противоположных склонах и в понижениях. Различные древесные породы по-разному отзываются на неблагоприятные микроклиматические условия. Лучшие показатели по приживаемости и приросту в этих условиях отмечены у светолюбивых морозостойких видов, таких, как береза бородавчатая, лиственница сибирская, облепиха, акация желтая.

Опыт облесения отвалов угольных разрезов использован и при лесной рекультивации других послепромышленных земель.

Отвалы карьеров стройматериалов (гравийных, песчаных) отличаются от отвалов угольных разрезов меньшей мощностью, слагаются в основном из рыхлых суглинков с примесью почвенного слоя. Водно-физические свойства грунтов этих отвалов с точки зрения лесорастительных свойств несколько хуже – тяжелый механический состав, высокая твердость, низкая водопроницаемость, подверженность эрозии. В то же время эти грунты обладают более благоприятными агрохимическими свойствами. Облесение таких отвалов не сопряжено с особыми трудностями. Основным агротехническим приемом при закладке лесных культур здесь является глубокое рыхление грунта с целью улучшения водно-физических свойств.

Весьма своеобразными и трудными для облесения оказались отвалы из отходов обогащения железной руды (хвостохранилища Абагурской аглофабрики). Субстрат отвалов представляет собой крупнозернистый песок с прослойками пылеватых фракций, содержание железа (в форме кварцитов) достигает 15 %. В хвостах высокое содержание сульфатов кальция и магния. На хвостохранилищах, даже 10-летнего возраста, естественное зарастание вообще не происходит. Причинами являются неблагоприятные водно-физические и агрохимические свойства субстрата, плохие микроклиматические условия – высокие летние температуры, морозы зимой, отсутствие защитного снежного покрова, раздувание песка ветром. Всходы сорных трав появляются, но с наступлением жаркой сухой погоды погибают. Трехлетними полевыми опытами по подбору пород установлено, что только облепиха успешно растет в этих условиях. Другие породы (сосна, ивы, тополь, береза) погибли на первый или второй год. Облепиха же в возрасте 3 лет достигла высоты 78,6 см, имеет вполне жизнеспособный вид, образует корневую поросль. Следовательно, облепиха кроме упомянутых положительных качеств проявляет и высокую солеустойчивость и может быть рекомендована для закрепления поверхности такого рода отвалов.

На значительных площадях проводится в Кузбассе облесение отработанных шахтами земель. При подземных горных работах на поверхности образу-

ются трещины, провалы, воронки различной формы и величины как следствие оседания и смещения покровных горных пород. При этом происходит частичное разрушение почвенного слоя (до 30 %), а также, что особенно важно для древесно-кустарниковой растительности, иссушение почвенно-грунтовой толщи. Из-за дренирующего действия трещин, провалов уровень грунтовых вод обычно понижается до рабочих горизонтов шахты. Лучше других пород здесь чувствуют себя засухоустойчивые деревья, а из них – сосна обыкновенная. Этой породой и засажено большинство площадей вокруг шахты. Для посадок можно рекомендовать также лиственницу, березу, вяз перистоветвистый, из кустарников – акацию желтую, кизильник черноплодный, боярышник, лох серебристый, облепиху, смородину золотистую, шиповник.

Проводимые опытные и производственные работы по лесной рекультивации показали, что лесовыращивание возможно на преобладающем большинстве типов послепромышленных земель, даже на таких малопригодных для биологического освоения, как хвостохранилища агломерационного производства. В определенной степени это объясняется относительно благоприятными климатическими особенностями Кузбасса (в районе Новокузнецка выпадает 500 мм осадков). Но главное в том, что древесные виды растений обладают высокой приспособляемостью к неблагоприятным факторам внешней среды, как почвенным, так и климатическим. При посадке на отвалах саженцы деревьев и кустарников выживают даже при пересыхании верхних слоев грунта, так как корни саженцев размещены глубже, в слоях, сохраняющих влагу. Посевы трав при этом, как правило, погибают.

Высокие средообразовательные функции древесной растительности в сочетании с ее устойчивостью к неблагоприятным экологическим факторам делают лесную рекультивацию главенствующей в условиях индустриального Кузбасса.

**ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
НАРУШЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ЗЕМЕЛЬ НА УРАЛЕ.
ПРОМЫШЛЕННАЯ БОТАНИКА.
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
НА УРАЛЕ**

Т. С. Чибрик

**Исследования по проблеме биологической рекультивации
нарушенных земель в Уральском университете**
К 100-летию со дня рождения В. В. Тарчевского

Известия Уральского государственного университета. № 37. 2005.
Серия Проблемы образования, науки и культуры. Вып. 18. (С. 92–100)

Большая часть населения земного шара уже в настоящее время живет в окружении техногенных ландшафтов, они же энергично используются для нужд рекреации и массового кратковременного туризма – так называемые пригородные зоны. Свойственные им измененные биотические системы и сложные инженерно-технические структуры создают постоянную среду жизни людей. Но большинство техногенных ландшафтов в теперешнем их состоянии явно неблагоприятны и даже опасны для здоровья человека.

Кроме того, все техногенные ландшафты из-за низкой биологической продуктивности и специфических биофизических и биохимических свойств образуют своеобразные провалы и барьеры на путях планетарной миграции веществ и энергии. Они искажают нормальный ход таких фундаментальных процессов, протекающих в биосфере, как биологический круговорот азота, газовый режим атмосферы и других, снижают их интенсивность.

В границах современных техногенных ландшафтов отношения между структурами техносферы и биосферы в той или иной степени антагонистичны, возможности их гармоничного существования ограничены и должным образом не используются.

Характерной чертой их является нарушение целостности и сплошности «пленки жизни» в биосфере³²⁷, *вплоть до полного уничтожения почвенного и растительного покровов* в результате деятельности человека, сравнимой по значимости с геологическими процессами. Среди техногенных ландшафтов особое место по своему отрицательному воздействию на естественные природные комплексы (да и на здоровье человека) занимают так называемые *промышленные отвалы*. На Урале они концентрируются в окрестностях большинства населенных пунктов и всех крупных городов на площади в целом свыше 100 тыс. га.

Основная задача исследовательских, опытно-производственных и производственных работ по рекультивации – устранить вредоносное, загрязняющее воздействие этих земель на прилегающие территории, вернуть им биологическую и социально-экономическую ценность.

Таким образом, под рекультивацией земель понимается комплекс работ, направленных на *восстановление биологической продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных земель*, а также на *улучшение условий окружающей природной среды*.

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 (В. П. Фирсова, Г. А. Кулай, А. Л. Дулькин, Ф. Д. Дробиз, А. А. Кадочникова и др.). Плодотворным оказалось долготетное сотрудничество с крупным альгологом страны Э. А. Штиной (зав. кафедрой ботаники Кировского

³²⁷ Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1965.

сельскохозяйственного института, под руководством которой стало развиваться новое направление по альгологии в техногенных ландшафтах).

Областью научных интересов самого В. В. Тарчевского³²⁸ было преимущественно ботаническое направление исследований: закономерности формирования фитоценозов на промышленных отвалах, внутривидовые взаимоотношения растений на специфических субстратах промышленных отвалов. В. В. Тарчевский является одним из основоположников нового направления ботанической науки – промышленной ботаники. За относительно короткий срок (1959–1969) по данной проблеме им опубликовано свыше 40 работ по широкому спектру вопросов, разработана классификация промышленных отвалов, а по результатам опытнической работы коллектива – практические рекомендации по озеленению золоотвалов тепловых электростанций, которые имели всесоюзное значение³²⁹. В. В. Тарчевский и созданный им коллектив большое внимание уделяли практическому проведению работ по озеленению золоотвалов тепловых электростанций на Урале. Эти работы проводились с широким привлечением студентов биофака, многократно представлялись на ВДНХ СССР, где им присуждались серебряные и бронзовые медали³³⁰.

В проведении исследований по проблеме биологической рекультивации ясно выделяются несколько этапов. На первом этапе (с 1959 г. до конца 1970-х годов) по хозяйственным договорам с промышленными предприятиями разрабатывались способы биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель. Результатом исследований были рекомендации, которые использовались при составлении проектов и практическом проведении биологической рекультивации. Как правило, учет конкретных экологических условий

³²⁸ Тарчевский В.В. Промышленные отвалы и их освоение // Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале: Материалы конф. Свердловск, 1964. Вып. 4. С. 67–80; Тарчевский В.В. Закономерности формирования фитоценозов на промышленных отвалах: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Том. ун-т. Томск, 1967; Тарчевский В.В. К вопросу о выделении новой отрасли ботанических знаний – промышленной ботаники // Растительность и промышленные загрязнения: Охрана природы на Урале. Свердловск, 1970. Вып. 7. С. 5–9; Тарчевский В.В. Классификация промышленных отвалов и их освоение // Растительность и промышленные загрязнения: Охрана природы на Урале. Вып. 7. С. 84–89.

³²⁹ Опыт закрытия растительностью шлаконаливных полей (золоотвалов) тепловых электростанций Урала: Проспект ВДНХ / В.В. Тарчевский, С.Я. Беспрозвана, Г.М. Власова, М.В. Хамидулина, Ф.М. Шубин. Свердловск, 1962; Озеленение золоотвалов тепловых электростанций Урала: Проспект ВДНХ. Свердловск, 1964.

³³⁰ Пасынкова М.В. Лаборатория промышленной ботаники: 45 лет работы // Мы постигаем логику живого. Екатеринбург, 2004. С. 188–196.

позволял значительно удешевить проектные и практические работы по биологической рекультивации изученных техногенных образований и даже выделить группу площадей, не требующих биологической рекультивации. Это старые отвалы с хорошим восстановлением растительного и почвенного покровов.

В этот же период был собран новый большой и оригинальный материал, имеющий важное теоретическое значение, который был обобщен в докторской диссертации В. В. Тарчевского³³¹, в кандидатских диссертациях Г. М. Пикаловой³³², Ф. М. Шубина³³³, И. И. Шиловой³³⁴, А. И. Лукьянца³³⁵.

В 1968 году на биологическом факультете УрГУ была создана кафедра геоботаники и почвоведения под руководством доктора биологических наук Б. П. Колесникова, который в 1969 году стал консультантом научно-исследовательских работ лаборатории промышленной ботаники вместо безвременно ушедшего из жизни ее основателя – В. В. Тарчевского. Благодаря Б. П. Колесникову направление «Рекультивация нарушенных земель и оптимизация техногенных ландшафтов» получило признание АН СССР. С 1971 года исследования лаборатории стали координироваться двумя ее научными советами по проблемам «Биогеоценология и охрана природы» и «Комплексное биогеоценологическое изучение живой природы и основы ее рационального освоения и охраны». В составе этого совета была создана секция оптимизации техногенных ландшафтов, а в 1986 году – секция техногенных биогеоценозов.

Уже в первой статье Б. П. Колесников, признавая приоритет В. В. Тарчевского в части промышленной ботаники как раздела ботанических наук, отмечал сложность и многогранность проблемы фитомелиорации промышленных отва-

³³¹ Тарчевский В.В. Закономерности формирования фитоценозов на промышленных отвалах: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Том. ун-т. Томск, 1967.

³³² Пикалова Г.М. Некоторые особенности биологии костра безостого, регнерии волокнистой и люцерны синегибридной при выращивании на каменноугольной золе: Автореф. дис... канд. биол. наук / Том. гос. ун-т. Томск, 1968.

³³³ Шубин Ф.М. Особенности роста и развития донника белого, люцерны желтой и регнерии волокнистой на каменноугольной золе: Автореф. дис... канд. биол. наук. Томск, 1970.

³³⁴ Шилова И.И. Формирование растительности и биологические особенности некоторых видов растений на шламовых отвалах алюминиевых заводов Урала: Автореф. дис... канд. биол. наук / УФАН СССР. Свердловск, 1972.

³³⁵ Лукьянец А.И. Естественное зарастание древесными растениями отвалов горнопромышленного Урала (на примере отвалов Свердловской и Челябинской областей): Автореф. дис... канд. биол. наук / УНЦ АН СССР. Свердловск, 1975.

лов, требующей на всех этапах комплексных исследований специалистами различных профилей, т. е. дал биогеоценотическую направленность исследованиям по биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель³³⁶.

Особенно результативным для ученого стал 1974–1975 годы, когда Б. П. Колесников опубликовал постановочные работы: «О научных основах биологической рекультивации техногенных ландшафтов», «Рекультивация земель, нарушенных промышленностью» (в соавт. с Л. В. Моториной), «К вопросу о классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов» (в соавт. с Г. М. Пикаловой), «Рекультивация техногенных ландшафтов» и др.³³⁷ Было проведено биорекультивационное районирование Свердловской области³³⁸. Исследования лаборатории перешли от этапа накопления данных к их теоретическому осмыслению на биогеоценотическом уровне.

За 10 лет работы научным консультантом лаборатории Борисом Павловичем лично и в соавторстве с ее сотрудниками – Г. М. Пикаловой, М. В. Пасынковой, С. Я. Левит, Т. С. Чибрик, Г. И. Махониной, Э. Б. Тереховой, аспирантом А. И. Лукьянцем – опубликованы 19 работ, занимающих достойное место в трудах исследователей проблемы рекультивации нарушенных земель и оптимизации техногенных ландшафтов как в нашей стране, так и за рубежом³³⁹.

В 1975 году авторский коллектив сотрудников лаборатории промышленной ботаники и кафедры ботаники и почвоведения – Г. М. Пикалова, Т. С. Чиб-

³³⁶ Колесников Б.П., Пикалова Г.М. Некоторые результаты работы лаборатории промышленной ботаники Уральского университета по фитомелиорации промышленных отвалов // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск, 1970. С. 89–98.

³³⁷ Колесников Б.П. О научных основах биологической рекультивации техногенных ландшафтов // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск, 1974. С. 12–25; Колесников Б.П. Рекультивация техногенных ландшафтов // Человек и среда обитания. Л., 1974. С. 220–232; Колесников Б.П., Моторина Л.В. Рекультивация земель, нарушенных промышленностью: Проблемы оптимизации техногенных ландшафтов Информ. письмо отделения общей биологии АН СССР. М., 1974; Колесников Б.П., Моторина Л.В. Проблемы рекультивации земель // Природа. 1975. № 34. С. 60–69; Колесников Б.П., Моторина Л.В. Методы изучения биогеоценозов в техногенных ландшафтах // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М., 1978. С. 5–31; Колесников Б.П., Пикалова Г.М. К вопросу о классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1974. С. 3–28.

³³⁸ Колесников Б.П., Лукьянец А.И. Биорекультивационное районирование Свердловской области // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1976. С. 10–16.

³³⁹ Биологическая рекультивация техногенных ландшафтов: Указатель работ, выполненных в Уральском университете (1957–1999) / Сост. М.В. Пасынкова, М.А. Глазырина. Екатеринбург, 2000; Чайкина Г.М. Техногенный ландшафт – один из научных интересов чл.-кор. АН СССР Б.П. Колесникова // Б.П. Колесников – выдающийся отечественный лесовед и эколог: К 90-летию со дня рождения: Тез. докл. науч. конф., 7–8 декабря 1999 г. Екатеринбург: УрГУ, 1999.

рик, И. И. Шилова, М. В. Пасынкова, С. Я. Левит, Ф. М. Шубин, Э. Б. Терехова, Р. И. Ланина, Г. С. Плошко – во главе с Б.*П. Колесниковым за цикл работ по теме «Рекультивация территорий, нарушенных промышленностью», удостоен первой премии Уральского государственного университета за достижения в научно-исследовательской деятельности.

Большой вклад в исследования по проблеме биологической рекультивации внесли первые сотрудники хозрасчетной лаборатории промышленной ботаники, начавшие свою работу под руководством В. В. Тарчевского³⁴⁰.

Г. М. Пикалова (Власова) – первая заведующая лабораторией (1969–1975) – выполнила исследование по биологии многолетних трав при выращивании на каменноугольной золе, изучила процессы формирования фитоценозов на золоотвалах тепловых электростанций и способы их биологической рекультивации. Она является автором публикаций по широкому спектру теоретических и практических вопросов, в том числе классификации промышленных отвалов (в соавт. с Б. П. Колесниковым). Всего за годы работы в УрГУ ею опубликовано 44 научных труда.

М. В. Пасынкова (Хамидулина) издала свыше 100 работ по широкому спектру теоретических и практических вопросов по проблеме биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций, нарушенных земель при открытой добыче огнеупорных глин, отвалов отходов литейного производства. Для этих объектов изучены их экологические характеристики, рекомендованы способы биологической рекультивации и возможные направления, определено содержание тяжелых металлов в системе «субстрат – растение» на примере отвалов отходов литейного производства, разработаны другие вопросы.

В круг научных интересов С. Я. Левит (Беспрозваной) в качестве объектов входили золоотвалы тепловых электростанций, отвалы открытых разработок железорудных месторождений преимущественно Урала, шламохранилище Качканарского горно-обогатительного комбината, где проводились долговре-

³⁴⁰ Биологическая рекультивация техногенных ландшафтов.

менные исследования на стационарной основе. Ею опубликовано свыше 45 работ, всесторонне освещавших полученные результаты исследований.

И. И. Шиловой выполнена трудная и оригинальная работа по исследованию экологических характеристик, процесса формирования растительности и биологическим особенностям некоторых видов растений на шламовых отвалах алюминиевых заводов Урала. Результаты были обобщены в кандидатской диссертации, успешно защищенной в 1972 году.

Э. Б. Терехова провела долговременные интересные исследования по проблеме биологической рекультивации нарушенных земель при разработке железорудных месторождений на знаменитом Соколовско-Сарбайском горно-обогатительном комбинате и бокситовых месторождениях в степной зоне Северного Казахстана. Ею подробно изучены свойства пород с учетом их пригодности для биологической рекультивации, разработаны рекомендации по способам ее осуществления и проведена их апробация на значительных площадях. При исследовании обращалось внимание на особенности начальных этапов почвообразования на различных породах в условиях степной зоны. По широкому спектру вопросов, связанных с проблемой биологической рекультивации, ею опубликовано свыше 50 работ.

Существенный вклад в разработку обсуждаемой проблемы внесли Г. Г. Карташева, Н. А. Саламатова, Г. С. Плошко, Н. А. Лебедева, Р. И. Ланина. Большой объем работ по полевым наблюдениям, закладке опытных и полупроизводственных стационаров, первичной обработке фактического материала выполнен студентами биологического факультета, специализирующимися на базе лаборатории. По полученным в процессе учебно-производственной и производственной практики результатам оформлено и успешно защищено свыше 300 курсовых и дипломных работ. Многие студенты в период обучения на очном и заочном отделении биофака прошли хорошую подготовку, работая в лаборатории лаборантами.

Объектом исследования лаборатории являются трудные для биологической рекультивации пылящие и зачастую токсичные массивы отвалов перера-

батывающей промышленности, находящиеся на Урале и в Сибири. Это зола тепловых электростанций, красный шлам алюминиевого производства, «хвосты» обогатительных фабрик. За годы работы лаборатории было обследовано 35 тыс. га нарушенных промышленностью земель. Рекомендации лаборатории эффективно использовались при биологической рекультивации около 2 тыс. га.

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 следующих техногенных образованиях:

1. Нарушенные земли горнодобывающей промышленности:

- промышленные отвалы, образованные при добыче железной руды;
- промышленные отвалы, образованные при добыче угля;
- глубокий (до 500 м) угольный карьер.

2. Нарушенные земли предприятий перерабатывающей промышленности:

- золоотвалы (шлакоотвалы) тепловых электростанций, работающих на высококалорийных углях;
- шламохранилища после обогащения железной руды и руд цветных металлов;
- отвалы отходов литейного производства.

Для успешного проведения биологической рекультивации важное значение имеют исследования флористического состава формирующихся сообществ, процессов восстановления фиторазнообразия на нарушенных промышленно-

стью землях, когда катастрофически уничтожены почвенный и растительный покровы. Поэтому за последние 15 лет, когда была организована проблемная лаборатория антропогенной динамики экосистем и биологической рекультивации, основное внимание было направлено на фундаментальные исследования экологических основ создания устойчивых и продуктивных биогеоценозов на нарушенных промышленностью землях.

Важным направлением этих исследований является изучение динамики ценопопуляций культурных видов в фитоценозах, созданных при биологической рекультивации³⁴¹, и видов – доминантов растительных сообществ, возникших в процессе самозарастания³⁴².

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 условиях³⁴³. 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.

По результатам работы в 2002 году сотрудниками лаборатории успешно защищены две кандидатских диссертации³⁴⁴, которые посвящены формирова-

³⁴¹ Глазырина М.А. Систематическая и биоэкологическая структуры флоры нарушенных земель Челябинского бурогоугольного бассейна // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Материалы Междунар. совещ. 3–7 июня 2002 г. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 61–72; Глазырина М.А., Пасынкова Е.В. Структура ценопопуляций эспарцета песчаного (*Onobrychis arenaria* (Kit.) DC) в экспериментальных посевах Коркинского угольного разреза // Экологические исследования на Урале. Екатеринбург, 1997. С. 75–91.

³⁴² Чибрик Т.С. Сравнительная характеристика ценопопуляций вейника наземного (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) в техногенных ландшафтах // Экологические исследования на Урале. Екатеринбург, 1997 а. С. 64–75.

³⁴³ Лукина Н.В. Некоторые особенности формирования растительности на золоотвалах Южноуральской ГРЭС // Итоги интродукции и селекции травянистых растений на Урале. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2001. С. 135–146; Чибрик Т.С., Елькин Ю.А. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях: (Биологическая рекультивация). Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991; Чибрик Т.С., Кравченко Н.В. Флора и растительность золоотвалов в зависимости от зонально-климатических условий // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1990. С. 8–22.

³⁴⁴ Глазырина М.А. Особенности формирования флоры и растительности в условиях отвалов и карьеров открытых угольных разработок (на примере Челябинского бурогоугольного бассейна): Автореф. дис. ... канд. биол.

нию флоры и растительности в условиях отвалов и карьеров открытых угольных разработок (на примере Челябинского бурогоугольного бассейна) и золоотвалов тепловых электростанций.

Большое внимание уделялось характеристике флоры нарушенных промышленностью земель Урала³⁴⁵.

Результаты исследований также нашли отражение в коллективной монографии³⁴⁶, где дана характеристика процессов естественного восстановления фитоценозов и трансформации культурфитоценозов на золоотвалах в разных зонально-климатических условиях.

Подведены итоги исследований по биологической рекультивации нарушенных земель угольных месторождений Урала³⁴⁷.

Лаборатория является базой подготовки специалистов-экологов. Ежегодно проходят специализацию 7–10 студентов-экологов биологического факультета УрГУ с защитой курсовых и дипломных работ по тематике лаборатории. Разработан и читается на 5-м курсе спецкурс «Культурфитоценология с основами биологической рекультивации» (30 ч.). Изданы и используются в учебном процессе два учебных пособия³⁴⁸.

Полученные результаты исследований используются в лекционных курсах «Общая экология», «Культурфитоценология с основами биологической рекультивации», «Биогеохимия», спецпрактикумах по почвоведению, геоботанике и др., при проведении комплексной практики по экологии студентов 2-го

наук. Екатеринбург, 2002; *Лукина Н.В.* Особенности формирования флоры и растительности в условиях золоотвалов тепловых электростанций: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2002.

³⁴⁵ *Глазырина М.А.* Систематическая и биоэкологическая структуры флоры нарушенных земель Челябинского бурогоугольного бассейна // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Материалы Междунар. совещ. 3–7 июня 2002 г. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 61–72; *Лукина Н.В.* Восстановление фиторазнообразия на золоотвалах в разных зонально-климатических условиях // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Материалы Междунар. совещ. 3–7 июня 2002 г. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 267–277; *Чибрик Т.С., Лукина Н.В., Глазырина М.А.* Характеристика флоры нарушенных промышленностью земель Урала: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2004.

³⁴⁶ *Махнев А.К., Чибрик Т.С., Трубина М.Р., Лукина Н.В.* и др. Экологические основы и методы биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций на Урале. Екатеринбург: УрО РАН, 2002.

³⁴⁷ *Чибрик Т.С.* К вопросу о биологической рекультивации нарушенных земель угольных месторождений Урала // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Материалы Междунар. совещ. 3–7 июня 2002 г. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 542–557.

³⁴⁸ *Чибрик Т.С.* Основы биологической рекультивации: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2002; *Чибрик Т.С., Лукина Н.В., Глазырина М.А.* Характеристика флоры нарушенных промышленностью земель Урала: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2004.

курса биологического факультета (специальность «Экология»), а также при проведении производственной практики и выполнении курсовых и дипломных работ студентами-экологами, специализирующимися на кафедре экологии. Это позволяет повысить уровень подготовки студентов экологического профиля.

Авторскому коллективу лаборатории в составе автора этих строк, старших научных сотрудников, кандидатов биологических наук Н. В. Лукиной и М. А. Глазыриной, научного сотрудника Е. И. Филимоновой решением ученого совета УрГУ в 2004 году присуждена первая премия Уральского государственного университета за цикл работ «Изучение процессов формирования фитоценозов на нарушенных промышленностью землях и разработка методов биологической рекультивации».

Хочется надеяться, что это является хорошим подарком к 100-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора В. В. Тарчевского.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НАРУШЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ЗЕМЕЛЬ

Б. П. Колесников, Л. В. Моторина

Методы изучения биогеоценозов в техногенных ландшафтах

Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М.: Наука, 1978. (С. 5–17.)

Интенсификация общественного производства в процессе научно-технической революции сопровождается усилением эксплуатации природных ресурсов. Неизбежно увеличиваются отрицательные воздействия промышленности и строительства на природные ландшафты. Применение мощной современной техники при добыче полезных ископаемых, переработке минерального сырья, строительстве крупных инженерных сооружений и т. д. не может не оказывать существенного преобразующего влияния на биогеоэкологический покров земного шара.

На огромных площадях естественные природные системы катастрофически быстро уничтожаются или коренным образом преобразуются и реконструируются. Пространства, занятые техногенными комплексами, неуклонно растут, сменяя и вытесняя веками сложившиеся естественные биогеосистемы.

В настоящее время многообразные техногенные комплексы во всех регионах и климатических зонах земного шара занимают сотни, тысячи и даже десятки тысяч гектаров в отдельном массиве. Концентрация техногенных новообразований и техногенных модификаций природных комплексов столь велика, что в наиболее развитых промышленных регионах приходится говорить о замене ими не только отдельных естественных биогеоценозов (в понимании В. Н. Сукачева), но и природных биогеоценологических систем более высокого таксономического ранга.

Природно-техногенные комплексы, представляющие собой сочетание техногенных новообразований с техногенными модификациями естественных

биогеосистем, преобразованными в различной степени и охватывающими пространства, равные природным ландшафтным категориям, одни авторы называют «промышленными» и «индустриальными»³⁴⁹, другие «техногенными», или «природно-техногенными» ландшафтами³⁵⁰. При несколько различном толковании авторами сущности этих терминов общим является признание, что подобные новообразования на поверхности планеты, возникающие в процессе современного техногенеза, значительно отличаются от исходных природных ландшафтов, им предшествовавших, морфологическими параметрами, структурой и составом биогеоценозов, характером круговорота веществ и энергии, биологической продуктивностью и хозяйственной производительностью. Созданные, как правило, посредством воздействия мощных технических средств, такие неоландшафты (или их морфологические части разного ранга) характеризуются сочетаниями косного и биокосного вещества, существенно отличными от природных.

Проникая глубоко в земные недра, человек с помощью техники видоизменяет литологическую основу природных ландшафтов на глубину до нескольких сотен метров (например, при открытом способе добычи полезных ископаемых), создает новые формы рельефа, меняет гидрологию местности, формирует новые геохимические провинции³⁵¹. Часто в результате перемещения геологических пластов на поверхности оказываются глубинные породы, неблагоприятные для жизни растений и животных, вследствие чего на длительное время образуются довольно распространенные сейчас безжизненные техногенные пустыни. Такого же характера техногенные новообразования появляются в результате промышленной деятельности, перерабатывающей минеральное и органическое сырье. Возрастает загрязнение окружающей среды. Все это свидетельствует о глубоких изменениях, происходящих в биогеосфере, о необходимости

³⁴⁹ Мильков Ф.Н. Человек и ландшафт. Очерки антропогенного ландшафтоведения. М.: «Мысль», 1973.

³⁵⁰ Колесников Б.П. О научных основах биологической рекультивации техногенных ландшафтов // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, 1974а; Колесников Б.П. Рекультивация техногенных ландшафтов // Человек и среда обитания. Л., 1974б; Моторина Л.В. К вопросу о типологии и классификации техногенных ландшафтов // Научные основы охраны природы, вып. III. М., 1975; Моторина Л.В., Овчинников В.А. Промышленность и рекультивация земель. М.: «Мысль», 1975.

³⁵¹ Глазовская М.А. Технобиогеомы – исходные физико-географические объекты ландшафтно-геохимического прогноза. Вестн. МГУ, серия «География», 1972, № 6.

преобразования, упорядочения и реконструкции техногенных комплексов, неблагоприятных для жизни и с низкой продуктивностью.

Несмотря на широкое распространение техногенных ландшафтов и биогеоценозов, на их возрастающую роль в сложении биосферы, изучены они крайне слабо и односторонне. В то же время проблема оптимальной перестройки природно-техногенных и техногенных комплексов чрезвычайно сложна, имеет отчетливо комплексный характер, требует участия специалистов различных направлений науки и практики. Их знание имеет особое значение для прогнозирования биосферы будущего – ноосферы, по В. И. Вернадскому, технобиосферы или биотехносферы других авторов.

Усилия в первую очередь целесообразно сосредоточить на исследовании комплексов, распространенных повсеместно, возникающих в результате коренных техногенных преобразований природных ландшафтов и вызывающих необратимые и явно неблагоприятные изменения в состоянии окружающей среды. Это преимущественно так называемые горнопромышленные ландшафты, а также техногенные комплексы, образованные в результате загрязнения окружающей среды отходами перерабатывающей и энергетической промышленности. Вопросы их изучения в дальнейшем уделяется основное внимание.

Обычно там, где природные ландшафты не претерпевают катастрофических изменений и преобразуются в техногенные без резкого ухудшения экологических условий до состояния полной непригодности для жизни высших растений и животных, в процессе саморегуляции природных связей постепенно происходит восстановление продуктивности и нормального функционирования вновь возникших геосистем. Но поскольку этот процесс, как правило, чрезвычайно замедлен и в хозяйственном отношении мало эффективен, человек вынужден применять меры по ускорению естественной регенерации или целенаправленному формированию экологически устойчивых и ценных в хозяйственном, эстетическом и природоохранном отношении комплексов. Система мер по преобразованию таких нарушенных промышленностью природно-техногенных образований известна под достаточно широко распространенным сейчас тер-

мином «рекультивация земель», получившим отражение в ряде законодательных актов в СССР и других странах. Учитывая более широкие задачи, стоящие перед наукой по обоснованию методов создания устойчивых, экологически сбалансированных и продуктивных биогеосистем, целесообразно расширенно трактовать этот термин. «Рекультивация земель» понимается нами не только как возобновление сельскохозяйственного и лесохозяйственного фонда земель, но и как комплекс горнотехнических, инженерных, мелиоративных и экологических мероприятий, имеющих целью плановое создание и ускоренное формирование на площадях, испытавших воздействие техногенеза, оптимальных культурных ландшафтов с высокой продуктивностью, имеющих значительную социальную и хозяйственную ценность. Именно такую трактовку этот термин в настоящее время приобретает среди большинства специалистов по рекультивации в нашей стране и за рубежом, о чем убедительно свидетельствовали доклады ученых и практиков на Международном симпозиуме стран – членов СЭВ по рекультивации земель, прошедшем в 1976 г. в г. Донецке.

В зависимости от характера задач и плановых предназначений рекультивация может иметь преимущественно сельскохозяйственное (под пашню, сады, виноградники, сенокосы, пастбища и т. п.) или лесохозяйственное направление, а в ряде конкретных случаев водохозяйственное, рекреационное, градостроительное, природоохранное и другие формы использования. Однако во всех случаях, рано или поздно, рекультивация должна завершаться биологическим этапом, т. е. созданием хотя бы на части рекультивируемой площади продуктивных биоценозов (почвенно-растительных и зооценозов) того или иного характера и назначения. Поэтому разработка и совершенствование методов биогеоценологических (экологических) исследований применительно к техногенным ландшафтам с учетом целей их рекультивации приобретает все более актуальное значение.

Техногенные биоценозы и техногенные ландшафты, как сказано, изучены очень слабо, а методы их комплексного исследования и оптимизации нуждаются в углубленной разработке. Специальное теоретическое обоснование этих во-

просов пока не разработано, хотя ряд общих соображений различного характера высказан отдельными авторами³⁵².

Имеющиеся материалы прежде всего свидетельствуют о крайнем многообразии типов и чрезвычайной динамичности техногенных ландшафтов, о большой сложности и методическом своеобразии их изучения. Одной из первоочередных задач дальнейшего познания техногенных ландшафтов поэтому является систематизация и классификация их многообразных комплексов по происхождению, структуре и качеству, по степени и характеру воздействия на них техногенеза, по трудностям и методам восстановления и формированию их продуктивности, по выбору направлений использования после проведения рекультивационных работ. Это позволит обобщить имеющийся разрозненный фактический материал, систематизировать его, уточнить и унифицировать терминологию, в какой-то мере объединить разнообразие подходов и методов различных исследователей наметить очередные задачи теоретического и прикладного характера.

В нашей стране классификация нарушенных промышленностью природно-территориальных комплексов ведется по двум основным направлениям, различающимися методами систематизации и принципами подхода к осуществлению этой задачи.

Для решения сугубо практических вопросов рекультивации земель как метода восстановления утраченного земельного фонда (сельскохозяйственного, лесохозяйственного и т. п.) составляются как называемые технологические классификации нарушенных земель. Это могут быть классификации отдельных

³⁵² Герасимов И.П. Преобразование природы и развитие географической науки в СССР. М.: Знание, 1966; Тарчевский В.В. Промышленные отвалы и их освоение // Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале, 1964, вып. IV. Свердловск, УФАН СССР; Тарчевский В.В. Закономерность формирования фитоценозов на промышленных отвалах. Автореф. докт. дис. Томск, 1967; Куракова Л.И., Рябчиков А.М. Освоение и изменение ландшафтов суши // Вестн. Моск. ун-та, 1967; Трофимов С.С., Овчинников В.Л. Антропогенный рельеф Кузбасса // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск: СО АН СССР, 1970; Лавренко Е.М. Основные проблемы биогеоценологии и задачи биогеоценологических исследований в СССР // Журн. общей биол., 1971. Т. 32, № 4; Мильков Ф.Н. Человек и ландшафт. Очерки антропогенного ландшафтоведения. М.: Мысль, 1973; Колесников Б.П., Пикалова Г.М. К вопросу о классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов // Растения и промышленная среда. Вып. 3. Свердловск, 1974; Моторина Л.В. Проблемы биологического этапа восстановления земель, поврежденных промышленностью // Вопросы географии. М., 1970; Моторина Л.В. К вопросу о типологии и классификации техногенных ландшафтов // Научные основы охраны природы. Вып. III. М., 1975; Моторина Л.В., Овчинников В.А. Промышленность и рекультивация земель. М.: Мысль, 1975.

форм нарушения поверхности, например классификация различных типов промышленных отвалов³⁵³; классификации техногенных форм рельефа, возникших при различных видах промышленных разработок³⁵⁴; комплексные классификации технологических земель³⁵⁵. В последнем случае классификация, в основу которой положен производственно-технологический принцип, строится по методу «дерева». В высшую категорию отнесены земли, характер нарушения которых определяется воздействием различных видов технологических процессов. Они разделяются на производственно-генетические группы по типу техногенной денудации (карьеры) или аккумуляции (отвалы) и по видам производственно-технологического использования (различные типы выемок, отвалов, просянок поверхности), т. е. обе ступени классификации (классы и типы земель) основываются практически на формах техногенного рельефа. Далее в каждой из групп типов нарушенных земель выделяются виды и подвиды по степени трудности их освоения и направлениям использования.

Несколько по иному построена классификация аккумулятивных форм земель, нарушенных промышленностью (отвалов), предложенная Б. П. Колесниковым и Г. М. Пикаловой³⁵⁶. Авторами она названа «естественной классификацией», интегрирующей суммы признаков и свойств отвалов, в том числе грунтов, которыми они сложены, для нужд биологической рекультивации.

Недостатком классификаций охарактеризованного направления, на наш взгляд, является недооценка совокупности экологических условий и взаимовлияния техногенных и природных факторов на техногенные образования разных категорий. Правда, попытка увязки воздействия техногенных форм рельефа на окружающий ландшафт была предпринята на примере классификации антропогенных форм рельефа Кемеровской обл., сопутствующих деятельности

³⁵³ *Тарчевский В.В.* Классификация промышленных отвалов // Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале, 1970, вып. VII. Свердловск.

³⁵⁴ См. *Трофимов С.С., Овчинников В.Л.*, 1970.

³⁵⁵ *Овчинников В.А., Федосеева Т.П.* К вопросу о классификации нарушенных земель // Современное землеустройство, изучение и организация рационального использования земельных ресурсов. М., 1972; см. *Моторина Л.В., Овчинников В.А.*, 1975.

³⁵⁶ См. *Колесников Б.П., Пикалова Г.М.*, 1974.

угольной промышленности³⁵⁷, но она имеет фрагментарный характер. Технологические классификации, на наш взгляд, неполно отражают разнообразие свойств техногенных новообразований, место последних в системе геокомплексов соответствующих регионов и взаимосвязи с природными элементами этих ландшафтов. Все это затрудняет объективную оценку роли техногенных комплексов в формировании структуры окружающей среды, планирование неотложных мероприятий по ее охране от загрязнения и по рекультивации земель.

Учитывая, что целью рекультивации земель в широком смысле понятия (или рекультивации природно-техногенных ландшафтов) должно являться восстановление экологической устойчивости и продуктивности геосистем на площадях, подвергшихся разрушительному воздействию техногенеза, к разработке принципов классификации природно-техногенных ландшафтов в целом или отдельных их морфологических частей следует подходить с более глубоких общегеографических и биогеоценотических позиций. Имеется в виду разработка классификаций техногенных образований как специфичных элементов современного ландшафта с позиций ландшафтоведения и биогеоценологии. Первая попытка построения классификации «промышленных ландшафтов» подобного характера была предпринята географами Воронежского университета³⁵⁸, которые особо выделили этот класс в системе антропогенных ландшафтов. Авторами достаточно подробно раскрывается принцип классификации типов местности и урочищ для карьерно-отвального типа промышленного ландшафта. При этом в первых работах излишне большое, на наш взгляд, место уделялось при систематизации промышленных ландшафтов временным, констатируемым только на данный момент техногенным новообразованиям (в том числе инженерным сооружениям), не учитывались направления эволюций техногенных комплексов, не раскрывалось влияние на них зональных природных факторов. Впрочем, в предлагаемых программах исследований необходимости учета действия природных факторов на структуру и состав таких ландшафтов уделяется

³⁵⁷ См. Трофимов С.С., Овчинников В.Л., 1970.

³⁵⁸ См. Мильков Ф.Н., 1973; Федотов В.И. Эрозия на рекультивированных землях Подмосковского бассейна // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель. М.: Изд. МСХ СССР, 1975.

уже более значительное внимание (например, в статье В. И. Федотова, публикуемой в настоящем сборнике).

Типологическая классификация природно-техногенных ландшафтов, предложенная Л. В. Моториной³⁵⁹, основывается на большой роли природных факторов в формировании техногенных биогеоценозов как в процессе естественной эволюции, так и в направляемом человеком процессе рекультивации техногенных комплексов. Учитывается, что в обоих случаях формирование биоты техногенных новообразований и регенерация природно-техногенных модификаций ландшафтов пойдут в основном по зональному типу. Это, однако, не означает, что вновь формирующиеся ландшафты будут полностью повторять ранее существовавшие здесь. Изменение рельефа, привычных соотношений, аналогичных природным биогеоценозам, обусловят возникновение иных ландшафтов, хотя и сходных в общих зональных чертах с коренными природными. Поэтому классификационные категории природно-техногенных ландшафтов основываются на сочетании техногенных новообразований (в ранге урочищ, местности) с техногенными модификациями природных комплексов и сохранившимися естественными участками. Предлагая фрагмент типологической классификации природно-техногенных комплексов, автор³⁶⁰ считает целесообразным «накладывать» ее в каждом конкретном случае на природную ландшафтную основу. Это комбинирование должно получать отражение и в названии конкретных природно-техногенных ландшафтов.

Одновременно с ландшафтными классификациями, а может быть, и опережая их, следует разрабатывать классификации техногенных биогеоценозов, из которых слагаются элементарные структуры техногенных и природно-техногенных комплексов. На их специфичность одним из первых обратил внимание В. В. Тарчевский³⁶¹, изучавший на Урале процессы формирования почвенно-растительного покрова на промышленных отвалах при их самозаращении и в ходе биологической рекультивации. Он предложил выделить в системе

³⁵⁹ См. Моторина Л.В., 1975.

³⁶⁰ См. Моторина Л.В., 1975.

³⁶¹ См. Тарчевский В.В., 1964, 1967.

ботанических наук особую дисциплину «промышленную ботанику», имеющую целью познание особенностей поведения растений и фитоценозов в условиях постоянного влияния промышленной среды.

Первоначально этот новый раздел рассматривали³⁶² как составную часть культурфитоценологии (в смысле Бялловича³⁶³) и экспериментальной ботаники. Вскоре же Е. М. Лавренко³⁶⁴, оценивая техногенные ландшафты с более широких позиций, обоснованно указал на целесообразность выделения особого направления в биогеоценологии — индустриальной биогеоценологии. Он подчеркнул, что «... необходимо изучать не только естественные биогеоценозы (как климаксовые или приближающиеся к ним, так и серийные), но и измененные тем или иным образом и в той или иной мере человеком, а также созданные самим человеком в результате его хозяйственной деятельности»³⁶⁵.

Это новое направление в биогеоценологии, рожденное запросами практики, находится в самом начале своего развития. Тем не менее накопленные фактические материалы, несмотря на их неполноту, отчетливо показывают перспективность дальнейшего изучения отвалов и их экосистем как явления биогеоценологического. В частности, на основе многолетних наблюдений за самозарастанием и почвообразованием на различных типах отвалов специалисты³⁶⁶ пришли к выводу, что оба процесса возникают на молодых отвалах одновременно, развиваются согласованно, синхронно и взаимозависимо. В конечном

³⁶² Колесников Б.П., Пикалова Г.М. Некоторые результаты работ Лаборатории промышленной ботаники Уральского университета по фитомелиорации промышленных отвалов // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука, 1970.

³⁶³ Бяллович Ю.П. О некоторых биогеоценологических основах общей теории фитомелиорации // Теоретические проблемы фитоценологии и биогеоценологии. М.: Наука, 1970.

³⁶⁴ Лавренко Е.М., 1971; Лавренко Е.М. О некоторых современных задачах биогеоценологических исследований // Современное состояние и перспективы развития биогеоценологических исследований. Петрозаводск, 1976.

³⁶⁵ См. Лавренко Е.М., 1976, с. 11.

³⁶⁶ Моторина Л.В., Ижевская Т.И. О связи растительности с грунтами при естественном зарастании отвалов открытых разработок в Подмосковном угольном бассейне // Восстановление земель после промышленных разработок. М.: Колос, 1967; Масюк Н.Т. Особенности формирования естественных и культурных фитоценозов на вскрышных горных породах в местах произведенной добычи полезных ископаемых // Рекультивация земель. Днепропетровск, 1974; Таранов С.А., Клевенская И.Л., Щербатенко В.И. и др. О первичном почвообразовании на естественно зарастающих отвалах Байдаевского угольного разреза // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, 1974; Махонина Г.И., Чибрик Т.С. Естественное восстановление и вопросы рекультивации отвалов месторождений огнеупорных глин Южного Урала // Рекультивация земель. Тарту, 1975; Махонина Г.И. Первичные стадии почвообразования на промышленных отвалах Урала // Освоение нарушенных земель. М.: Наука, 1976.

итоге на отвалах формируется сложная многокомпонентная экологическая система – биогеоценоз, однородный на определенном участке поверхности отвала.

Интенсивный рост площади земель, занятых природно-техногенными комплексами, и неотложность их рекультивации и оптимизации ставят перед индустриальной биогеоценологией большие задачи. Очевидна необходимость организации системы стационаров по изучению возможностей оптимизации техногенных ландшафтов³⁶⁷, предложен вариант схемы размещения «рекультивационных» стационаров для СССР с учетом зонально-географического принципа³⁶⁸.

Это новое направление, рожденное текущими запросами практической деятельности, находится в самом начале своего развития. Оно еще не располагает достаточно четко сформулированными теоретическими и методическими основами. В организации техногенных биогеоценозов, как и естественных природных, обнаруживаются те же три аспекта: «структурно-физический, характеризующий пространственную группировку и размещение масс живых и косных тел (компонентов), функциональный, отражающий их взаимоотношения и работу, и временной, фиксирующий динамику сложения и работы»³⁶⁹. И хотя почти все выполненные до сих пор работы по изучению техногенных комплексов проводились чаще как обычные агрохимические, агротехнические, почвенные и геоботанические исследования, в ряде случаев они имели более или менее выраженную комплексность и экологичность, затрагивая все три упомянутых аспекта.

Поскольку техногенные комплексы, и прежде всего промышленные отвалы, являются следствием развития промышленного производства в процессе научно-технической революции, их возраст в наши дни редко превышает 20–30 лет. Все они находятся на начальных этапах первичного сингенеза, реже характеризуются растительностью, достигшей всего лишь стадии открытого невыработанного сообщества (первого этапа эндогенеза), имеют молодые почвы с за-

³⁶⁷ См. Лавренко Е.М., 1976.

³⁶⁸ Колесников Б.П., Моторина Л.В. Проблемы оптимизации техногенных ландшафтов // Современное состояние и перспективы развития биогеоценологических исследований. Петрозаводск, 1976.

³⁶⁹ Дылис Н.В. Учение о биогеоценозе и его проблемы. М.: «Знание», 1975. С. 8–9.

чаточным морфологическим расчленением на основные почвенные горизонты. Все компоненты техногенных биогеоценозов слабо развиты, межкомпонентные и межбиогеоценозотические связи выражены плохо, структурная и функциональная организация несовершенна, продуктивность нередко пониженная по сравнению со средней зональной. К тому же техногенные биогеоценозы по уровню развития, параметрам и взаимосвязям чрезвычайно вариабельны в связи с многообразием экологических условий, создающихся в результате различных видов техногенных преобразований местности и литогенной основы ландшафта. Все это дополнительно усложняется отчетливой и специфичной реакцией их на комплекс природных факторов в разных физико-географических зонах и регионах. Поэтому изучение таких своеобразных объектов требует, очевидно, особого подхода к методам биогеоценозотических исследований и вызывает необходимость некоторой модификации их.

Как и при изучении естественных биогеоценозов, наиболее плодотворными являются комплексные исследования, учитывающие функциональную взаимозависимость компонентов и их составных частей, а также динамику взаимоотношений во времени. Наибольшее внимание в исследованиях обращается на структурно-физический аспект организации техногенных биогеоэcosystem с их покомпонентным анализом. Более подробно изучаются основные компоненты: горные породы (или другие субстраты, например золы, шламы и т. п.); почвы (измененные зональные или вновь формирующиеся молодые почвенные образования); растительность. Последняя – самый распространенный объект исследований как наиболее доступный и информативный компонент начиная с первых стадий развития техногенных биогеоценозов, а после рекультивации – культурбиогеоэcosystem. В этом направлении накоплен, пожалуй, и наиболее значительный материал. Менее затронуты исследованиями микроорганизмы и атмосфера с ее составными частями, в частности микроклимат. Почти нет данных о животном мире.

Специфика техногенных объектов заключается в том, что формирование их растительного покрова идет, как правило, на глубинных горных породах или

других субстратах, совершенно или почти не затронутых процессами почвообразования (золы, шламы и т. д.) и крайне обедненных органическими веществами и минеральными элементами питания, прежде всего азотом и иногда фосфором. Степень и интенсивность заселения техногенных новообразований растениями зависит от характера литогенной основы, сформированной в процессе техногенеза. Она варьирует от поселения единичных и случайных по составу растений до массового появления неприхотливых сорняков и ценозообразующих видов с широкой экологической амплитудой из состава аборигенной флоры ближайшего окружения. Направление сингенетических сукцессий техногенных биогеоценозов и скорость их перехода от пионерных растительных группировок к фитоценозам с выраженной структурой также различна и зависит от особенностей мезо- и микроформ неорельефа, характера техногенного элювия (смесь вскрышных пород, различных промышленных отходов и т. п.), особенностей их гипергенеза и водного режима участка, определяемых, в свою очередь, зональными и местными климатическими факторами. Поэтому одной из важнейших и первоочередных задач изучения техногенных комплексов является выявление состава и свойств почвообразующих пород, их варьирования в пространстве и динамики во времени, Изучению минералогического состава, химических и физических свойств вскрышных пород (так же как и других субстратов отвалов разного типа) многими исследователями уделяется преимущественное внимание, поскольку от них в первую очередь зависят практические рекомендации по рекультивации. На основе этих исследований предложен ряд классификаций вскрышных пород по пригодности их к различным видам биологической рекультивации³⁷⁰.

Савич А.И., Чеклина В.Н. Классификация грунтов вскрыши открытых угольных разработок и возможности их хозяйственного использования // Восстановление земель после промышленных разработок. М.: Колос, 1967; *Попов В.М., Рагим-Заде Ф.К., Трофимов С.С.* Классификация вскрышных пород Кузбасса по пригодности для целей биологической рекультивации // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск, 1970; *Горбунов Н.И., Бекаревич Н.Е., Етеревская Л.В.* и др. Классификация пород по степени их пригодности в сельском и лесном хозяйстве // Почвоведение, 1971, № 11; *Горбунов Н.И., Орлов В.Н., Шульга С.А.* Рекультивация земель и рекомендации по их использованию в сельском хозяйстве. Курск, 1971; *Савич А.И.* К вопросу о классификации вскрышных пород для биологической рекультивации // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск, Наука, 1974.

Не все методы, применяемые в классическом почвоведении и агрохимии, оказываются пригодными для исследования горных пород и техногенных элювиев. Особенно это касается сильноокислых сульфидизированных и других фитотоксичных пород, требующих особых методов рекультивации. Приходится модифицировать имеющиеся и разрабатывать новые методики для их анализа и оценки. Такая работа, в частности, проводится в Центральной лаборатории охраны природы МСХ СССР, Украинском институте почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского, Новосибирском институте почвоведения и агрохимии СО АН СССР, Уральском университете и в других научных организациях.

Среди специалистов стран – членов СЭВ, сотрудничающих по теме «Разработка способов рекультивации ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью», создана специальная комиссия из представителей разных стран по унификации методов аналитических работ для целей рекультивации земель.

Главная цель преобразования любых техногенных элювиев – ускоренное формирование на них продуктивного почвенного слоя. Поэтому внимание исследователей в последние годы сосредоточено на выяснении условий развития и интенсификации почвообразовательного процесса на промышленных отвалах. В качестве основных признаков, позволяющих определить скорость и направление процесса, используются показатели послойного накопления углерода и азота в техногенных элювиях, данные о качественном составе гумуса формирующихся неразвитых почв. При исследованиях в различных физико-географических условиях (как у нас в стране, так и за рубежом) установлено, что на нефитотоксичных группах пород развитие почв в большинстве случаев идет по зональному типу и тесно сопряжено с развитием растительного покрова. При этом скорость образования молодых первичных почв оказалась значительно выше, чем принято считать классическим почвоведением. Возможно, эти данные приведут к некоторому уточнению ряда установившихся положений о длительности и механизмах формирования почвенного покрова. Прово-

димые в процессе рекультивации агротехнические мероприятия позволяют еще более интенсифицировать почвообразовательный процесс.

Изучение процессов почвообразования в техногенных неоконплексах любого характера и типа (как в ходе естественной эволюции, так и при рекультивации) нуждается в дальнейшем развитии и совершенствовании применяемых методов. Прежде всего необходим более многосторонний подход к решению вопроса с детализацией функциональных зависимостей по парцеллам типичных техногенных биогеоценозов и учетом влияния на почвообразование всех компонентов и факторов экологической среды. В числе их особое внимание следует уделить выяснению роли форм микрорельефа, микроклимата, водного режима, явлений ветровой и водной эрозии. В этом направлении техногенные неоконплексы пока еще мало охарактеризованы, хотя и имеются отдельные данные³⁷¹. Отчасти это обусловлено ограниченным использованием стационарного метода исследований. Можно надеяться, что организация специальных «рекультивационных» стационаров (предварительная схема их желательного размещения предложена авторами в 1976 г.) позволит устранить этот недостаток, расширить и углубить работы по изучению техногенных неоконплексов.

Как уже было сказано, растительность техногенных неоконплексов является наиболее обычным объектом изучения. При этом используются известные методы геоботаники и биогеоценологии и экспериментальной ботаники с акцентом на количественные методы учета на модельных пробных площадках. Отправными моментами являются прежде всего изучение видового состава и

³⁷¹ Моторина Л.В., Чеклина В.Н., Ижевская Т.И. О некоторых экологических аспектах развития растений на промышленных отвалах в Подмосковном буровугольном бассейне // Экология. 1971. № 5; Моторина Л.В., Васильева Н.П., Ижевская Т.И. и др. Ландшафтно-экологические аспекты рекультивации земель // Рекультивация ландшафтов, нарушенных промышленностью. Тез. докл. VI Междунар. симпозиума. М.: Изд. МСХ СССР, 1976; Етеревская Л.В. Влияние состава пород и микрорельефа на биологическую рекультивацию лёссовых буровугольных отвалов // Рекультивация промышленных пустошей. Днепропетровск, 1972; Етеревская Л.В. К исследованию генерации и регенерации почв на рекультивируемых землях, нарушенных горнопромышленными работами // Рекультивация земель в СССР. М.: Наука, 1973; Терехова Э.Б., Ланина Р.И., Фоменко Л.В. Естественное зарастание отвалов Соколовского железорудного карьера // Растения и промышленная среда, Свердловск, 1974; Бурыкин А.М., Колков П.Н. Эрозионные процессы на отвалах Михайловского ГОКа Курской магнитной аномалии и некоторые приемы борьбы с ними // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель. М.: Изд. МСХ СССР, 1975; см. Федотов В.И., 1975; Рагим-Заде Ф.К., Трофимов С.С., Щербатенко В.И., Баранник Л.П. Гипергенез и эволюция техногенного рельефа Кузбасса // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири. Новосибирск: Наука, 1977.

структуры фитоценозов, возникших на промышленных отвалах, что имеет очевидное значение для обоснования прикладных вопросов рекультивации. Так были установлены и затем проверены в полевом эксперименте списки видов растений (дикорастущих и культурных), наиболее устойчивых к специфическим техногенным условиям шахтных терриконов в Донбассе³⁷², золоотвалов топливных электростанций и шламовых полей на Урале³⁷³, техногенных комплексов, образующихся при открытой добыче различных видов полезных ископаемых в ряде регионов страны³⁷⁴.

Для горных районов Грузии и степных областей Украины в производственных условиях полевого эксперимента обоснована агротехника возделывания зерновых культур и некоторых кормовых трав на рекультивированных отвалах³⁷⁵. Подобного же типа исследования проводятся на отвалах КМА и Подмоскownого угольного, бассейна.

Во многих случаях такие исследования сопровождаются изучением морфобиологических особенностей развития отдельных видов растений в зависимости от состава субстрата разных типов промышленных отвалов, особенно в условиях, неблагоприятных для жизни растений. Это облегчает подбор ассортимента видов и разработку агротехнических мероприятий по созданию про-

³⁷² Бакланов В.И. Исследование по озеленению отвалов (терриконов) шахт и обогатительных фабрик Донбасса. Автореф. канд. дис. Донецк, 1971; Рева М.Л., Бакланов В.И. Древесные растения на терриконах Донбасса // Растения и промышленная среда. Киев: Наукова думка, 1971; Рева М.Л., Бакланов В.И. Динамика естественного зарастания терриконов Донбасса // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1974; Логинов Б.И., Кірічок Л.С., Корецький Г.С. Умови росту лісонасаждень та результат дослідів на териконах Донбасу. Наук. праці Укр. сільськогоспод. акад. Київ, 1972.

³⁷³ См. Тарчевский В.В., 1964, 1967; см. Колесников Б.П., Пикалова Г.М., 1970; Шилова И.И. Формирование растительности и биологическая особенность некоторых видов растений на шламовых отвалах алюминиевых заводов Урала. Автореф. канд. дис. Свердловск, 1972; Каар Э.В. Озеленение золоотвалов тепловых электростанций в Эстонской ССР // Рекультивация земель. Тарту, 1975.

³⁷⁴ См. Моторина Л.В., Ижевская Т.И., 1967; см. Колесников Б.П., Пикалова Г.М., 1970; Бондарь Г.А., Додатко Э.Л. Динамика растительного покрова при естественном зарастании грунтов отвалов открытых разработок в Днепровском буроугольном бассейне // Труды Днепропетровск. с.-х. ин-та, 1973. Т. 18; см. Масюк Н.Т., 1974; Лукьянец А.И. Естественное зарастание древесными растениями отвалов горнопромышленного Урала. Автореф. канд. дис. Свердловск, 1975; Щербатенко В.И., Кондрашин Е.Р. Естественная растительность отвально-карьерных ландшафтов Сибири // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири. Новосибирск: Наука, 1977.

³⁷⁵ О рекультивации земель в степи Украины / Под ред. Н.Е. Бекаревича. Днепропетровск: Проминь, 1971; Бекаревич Н.Е., Горобец Н.Д., Колбасин А.А. и др. Результаты возделывания сельскохозяйственных культур на рекультивируемых землях в степи // Рекультивация земель в СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1973; Гогатишвили А.Д. Использование площадей открытых разработок Чиатурского месторождения марганца под виноградники // Рекультивация земель в СССР. М.: Наука, 1973; Гогатишвили А.Д. О результатах работ по рекультивации земель в Грузинской ССР // Рекультивация земель. Тарту, 1975; Етеревская Л.В. Рекультивация земель. Київ, «Урожай», 1977.

дуктивных и устойчивых культурфитоценозов. Наиболее ценные результаты дает одновременное изучение надземных частей растений и степени развития их корневой системы, а также структурный анализ фитомассы.

Интересные и убедительные материалы такого рода получены на Урале при опытах по рекультивации золоотвалов, при сельскохозяйственном освоении отвалов Украины, в работах по изучению отвалов Подмосковного угольного бассейна, на КМА, в Кузбассе, на дражных отвалах Восточной Сибири. Большое значение для создания полноценных лесных насаждений имеют исследования особенностей развития естественных лесных сообществ и лесокультурных посадок на разных типах отвалов. Такие исследования с успехом выполнены в условиях Эстонии, Подмосковья, Украины, Кузбасса, КМА, Урала³⁷⁶.

Накопленные данные по экологии растений, заселяющих отвалы разного типа, обуславливают развитие индикационного направления в исследованиях техногенных биогеоценозов. Изучение связей и зависимости развития отдельных растений и растительных группировок от физических и химических свойств субстрата отвалов, особенностей его водного режима, микрорельефа, временного фактора позволило выявить ряд репрезентативных фитоиндикаторов, которые могут быть использованы при оценке пригодности техногенной территории для того или иного направления рекультивации³⁷⁷. Наметилось значение таких данных и для определения возрастных фаз сингенеза техногенных

³⁷⁶ Зайцев Г.А. Облесение отвалов горных пород в Подмосковном бассейне. – Лесное хозяйство, 1968, № 9; см. Рева М.Л., Бакланов В.И., 1971, 1974; Данько В.Н. Лесные рекультивации в Никопольском марганцево-рудном бассейне УССР // Рекультивация промышленных пустошей. Днепропетровск, 1972; Панков В.К., Трещевский И.В. Рекультивация отвалов КМА фитомелиоративными средствами // Защитное лесоразведение в центрально-черноземных областях. Воронеж, 1972; Каар Э.В. Рекультивация земель открытых разработок полезных ископаемых Эстонии // Рекультивация земель в СССР. М.: Наука, 1973; см. Каар Э.В., 1975; Баранник Л.П. Лесная рекультивация техногенных территорий (на примере угольных разрезов Южного Кузбасса). Автореф. канд. дис. Свердловск, 1974; Васильева Н.П. Структура и продуктивность лесов при естественной возобновлении на отвалах железорудных разработок Тульской области // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель. М.: Изд. МСХ СССР, 1975; см. Лукьянец А.И., 1975; см. Моторина Л.В., Овчинников В.А., 1975; Данько В.Н., Вербин А.Е., Келеберда Т.Н., Жаромский В.Я. Облесение промышленных пустырей в Украинской ССР // Рекультивация ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью (тезисы докладов VI Междунар. симпозиума), г. Донецк, 1976. М.: Изд. МСХ СССР, 1976; Трещевский И.В., Иванов Ф.Е., Панков Я.В., Андрищенко П.Ф. Лесорастительные условия и типы лесных культур на отвальных землях КМА // Освоение нарушенных земель. М.: Наука, 1976; Зайцев Г.А., Моторина Л.В., Данько В.Н. Лесная рекультивация. М.: «Лесная промышленность», 1977.

³⁷⁷ См. Моторина Л.В., Ижевская Т.И., 1967; Моторина Л.В., Васильева Н.П., Ижевская Т.И. и др., 1976.

биогеоценозов. В частности, установлена важная в их жизни функциональная роль почвенных микроорганизмов, в том числе видов водорослево-бактериального комплекса. Как показали исследования Э. А. Штины и ее сотрудников³⁷⁸, почвенные водоросли, заселяющие отвалы разных типов с первого же года их образования, содержат в своем составе значительное количество активных нитрификаторов. Они, вероятно, обеспечивают накопление усвояемого биологического азота в почвах, формирующихся на вскрышных породах и абриогенных золах и шламах. В ризосфере ряда видов сосудистых растений – пионеров заселения отвалов – с первых лет их образования обнаружены также бактерии-нитрификаторы (в частности, у видов из семейства бобовых). По-видимому, видовой состав почвенных водорослей, как и других микроорганизмов, и их численность могут использоваться для индикации типов техногенных элювиев по признаку пригодности их для рекультивационных мероприятий различного характера.

Наконец, для полноты характеристики структурных и функциональных особенностей техногенных биогеоценозов используется такой синтетический показатель, как их наземная и подземная фитомасса. Ее количество и фракционная структура хорошо свидетельствуют об условиях развития и возрастной динамике, о качественных показателях эдафотопы, о степени сформированности фитоценоза и почвы, их уровне и стадии сукцессионного развития».

В свою очередь, для оценки эффективности всего комплекса рекультивационных работ и продуктивности созданных в результате их культур-биогеоценозов одним из главных и решающих показателей является урожайность последних и запас древесины для лесных посадок. Опубликованные данные подобного рода показывают, что на нефитотоксичных грунтах формирующиеся естественным путем техногенные биогеоценозы или искусственно созданные культур-биогеоценозы в ряде случаев характеризуются достаточно вы-

³⁷⁸ Тарчевский В.В., Штина Э.А. Развитие водорослей на промышленных отвалах // Современное состояние и перспективы изучения водорослей в СССР. Киров, 1968; Штика Э.А., Шилов И.И., Неганова Л.Б. Начальный этап сингенеза растительности на шламовых отвалах алюминиевых заводов Урала // Экология. 1971. № 4; Неганова А.Б. Развитие почвенных водорослей на промышленных отвалах как первый этап их зарастания. Автореф. канд. дис. Свердловск, 1975.

сокой продуктивностью и урожайностью, соответствующим средним зональным показателям и даже превосходящим их.

Для выявления направлений естественной эволюции техногенных биогеоценозов, прогнозирования результативности рекультивационных мероприятий и определения возможности использования в наиболее благоприятных условиях регенерационных сил самой природы большое значение приобретает выяснение хода сукцессий растительного покрова. С этой целью обычно применяется метод эколого-генетических рядов, как это принято в геоботанике, ландшафтоведении и других дисциплинах. Возрастная динамика биогеоценозов используется также при ландшафтной индикации природно-техногенных процессов³⁷⁹.

В конечном итоге при изучении техногенных ландшафтов исследователи все в большей степени переходят от покомпонентного изучения их крупных морфологических частей к выяснению особенностей парцеллярной структуры и функций техногенных биогеоценозов как сложных и динамичных многокомпонентных систем. Это один из путей познания динамики и экологических особенностей техногенных геосистем и оценки методов их преобразования и оптимизации. Возможны, конечно, и другие пути, в частности от крупномасштабного ландшафтного картирования до детального исследования модельных техногенных комплексов более низкого ранга, как это делается, например, при изучении отвалов угольной промышленности в Подмосковном бассейне.

В данной статье мы не ставили перед собой задачу подробного рассмотрения всей множественности возможных методов исследования различных аспектов проблемы техногенных биогеоценозов при их естественной эволюции и в процессе рекультивации. Эти вопросы обсуждаются в специальных разделах сборника. Нам хотелось лишь еще раз подчеркнуть большую сложность, специфичность и разносторонность методов изучения техногенных биогеоценозов, развивающихся на основе достижений многих научных направлений; целесообразность обеспечения максимальной комплексности в исследованиях; необ-

³⁷⁹ См. Моторина Л.В., Васильева Н.П., Ижевская Т.И. и др., 1976.

ходимость совершенствования имеющихся и разработки новых методов изучения техногенных биогеосистем. Последние с увеличением их роли в сложении современной биосферы заметно ухудшают состояние окружающей среды. Рекультивация и оптимизация природно-техногенных комплексов – одна из неотложных задач в системе взаимоотношений «человек и биосфера».

Т. В. Евдокимова, Е. Г. Кузнецова

Организация экологического мониторинга в зонах влияния производственных комплексов

Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы Междунар. науч. конф., Екатеринбург, 4–8 июня 2007 г. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. (С. 212–217)

Известно, что экосистемы северных регионов неустойчивы ко многим видам антропогенных воздействий и долго восстанавливаются после нарушений. Процесс восстановления биотических компонентов экосистем, обеспечивающих их устойчивость, длится десятки лет. Поэтому организация системы локального мониторинга в районе размещения крупных производственных комплексов высокого технологического уровня, в частности таких, как межпромысловые и магистральные нефтепроводы, газопроводы, железные и автодороги, а протяжении длительного периода их эксплуатации будет иметь большое значение в общей системе экологического контроля в регионе.

В целом эффективность экологического мониторинга зависит от методологической сбалансированности, методической обеспеченности и четкости его организации. Общая последовательность разработки программы и реализации экологического мониторинга, требования к составу наблюдений на разных стадиях строительства и эксплуатации производственных комплексов определяются требованиями основных действующих нормативных документов³⁸⁰.

Основная цель экологического мониторинга заключается в сборе информации и создании базы данных для принятия стратегических и оперативных

³⁸⁰ СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства (15.08.97 г.). М., 1998.

решений в системе управления деятельностью производственных предприятий, необходимых для обеспечения:

- экологической безопасности проектируемых и повышения экологической безопасности существующих производственных объектов;
- для организации контроля состояния окружающей среды в целях предотвращения негативных изменений экологической обстановки;
- для прогнозирования изменения состояния природных экосистем в целях корректировки проектных решений и своевременной разработки защитных и компенсационных мер по охране окружающей среды.

К числу основных практических и научных задач, решаемых в процессе экологического мониторинга, относятся следующие задачи:

1. Повышение уровня изученности компонентов экосистем и экологической обстановки в целом в районах строительства производственных комплексов.
2. Определение фактических границ зон влияния существующих и проектируемых объектов на определенные компоненты экосистем и их динамику.
3. Выявление зон особой чувствительности, ключевых объектов и проблем.
4. Определение направлений миграции (в динамике) основных потоков загрязняющих веществ по биотическим компонентам экосистем (почвы, растительность, фауна и ихтиофауна).
5. Создание информационной базы для разработки краткосрочных (2 года) и долгосрочных (5–8 лет) прогнозов последствий воздействия производственных объектов на окружающую среду.
6. Создание информационной базы для разработки оперативных прогнозов воздействия на изучаемые компоненты окружающей среды в случаях возможных аварий.
7. Создание информационной базы для разработки текущих природоохранных мероприятий, направленных на предотвращение негативных измене-

ний биотических компонентов экосистем и смягчение возможных последствий в процессе эксплуатации объектов.

8. Повышение уровня экологической безопасности эксплуатации объектов в целом.

Решение поставленных задач достигается:

1. Проведением покомпонентных наблюдений на основе единой методологии, принципов и методов экологического мониторинга на разных этапах эксплуатации.

2. Оптимизацией размещения пунктов наблюдательной сети (местоположение репрезентативных пунктов мониторинга, наблюдательных профилей, трансект, ключевых площадок и полигонов) в пределах зон влияния существующих и проектируемых объектов;

3. Совершенствованием организационного обеспечения экологического мониторинга, развитием материально-технической базы сбора, обработки и представления данных.

К числу основных методологических принципов мониторинга³⁸¹ относятся следующие:

1. *Системность, комплексность, научность.* Для обеспечения информативности и эффективности мониторинга наблюдения осуществляются по согласованным программам покомпонентных исследований квалифицированными специалистами различного профиля (экологами, географами, почвоведом, ботаниками, зоологами, ихтиологами, химиками и т. п.) в соответствии с системностью организации окружающей среды и слагающих ее природных комплексов.

2. *Биоцентричность, чувствительность.* Обеспечение сохранения нормативных показателей качества окружающей среды и их повышение возможно только при сохранении высокого качества основных средообразующих компонентов экосистем (почв, растительности) и механизмов, обеспечивающих их

³⁸¹ Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1975. № 3. С. 13–25; Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. М., 1974; Информационные проблемы изучения биосферы. Эксперимент «Убсунур». Пушкино, 1986.

самовосстановление, а также самоочищение нарушенных сред (атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв). При этом чувствительными индикаторами изменения абиотических условий среды и уровня загрязнения отдельных сред являются некоторые группы живых организмов (педобионты, мхи, лишайники, микобиота, бентосные организмы, водоросли, хвоя деревьев, земноводные животные, мелкие млекопитающие), наиболее чувствительные к изменению показателей состояния экосистем, в том числе нарушенных.

3. *Пространственная и структурная сопряженность покомпонентных наблюдений.* При выборе местоположения базовых пунктов мониторинга, определении перечня наблюдаемых показателей и периодичности наблюдений необходимо учитывать приуроченности конкретных экосистем в ландшафте, удаленность от источников негативных воздействий, особенности территориальной структуры почвенного и растительного покровов, распределения ареалов обитания фауны, путей сезонных миграций.

4. *Непрерывность, периодичность, многоуровневость (иерархичность), разномасштабность* мониторинга позволяют отражать динамические изменения состояния биотических компонентов на разных территориальных уровнях исследования (биоценоз, экосистема, ландшафты разных иерархических уровней) с учетом различий естественных сезонных, межгодовых и многолетних режимов их функционирования.

5. *Индивидуальность измерений и описаний контролируемых показателей* состояния ключевых объектов (индивидуальных объектов) обеспечивается при выборе наиболее уязвимых, значимых, а также типичных, доминирующих на территории объектов, местообитаний, и систематичном долговременном документировании результатов для установления тенденций и интенсивности изменений.

6. *Достоверность и единство результатов* мониторинга обеспечиваются применением стандартных методов и методик сбора, обработки, хранения, транспортировки, подготовки и химико-биологического анализа образцов и проб, а также в результате применения сертифицированных стандартных мето-

дов, методик и апробированных критериев при статистической обработке и анализе результатов мониторинга, что обуславливает подконтрольность, воспроизводимость, упорядоченность и структурность создаваемой информационной базы, а также возможность контроля качества и повышения достоверности разрабатываемых прогнозов изменения состояния окружающей среды.

Организация и проведение локального экологического мониторинга являются необходимым инструментом, позволяющим контролировать антропогенное давление на природную среду, изменения состояния ее компонентов в связи со спецификой проявления экологических последствий деятельности конкретных промышленных объектов. Состав и периодичность наблюдений различны на последовательных этапах мониторинга (на стадии разработки проекта – предпроектный мониторинг, строительства, эксплуатации объекта, реконструкции объекта, ликвидации объекта).

Наиболее значимые изменения в состоянии окружающей среды в районах размещения, в частности таких крупных линейных технических систем, как нефте- и газопроводы, железные и автодороги, произойдут на участках, где полностью трансформируется ландшафт или его биотические компоненты (полосы и площадки отвода земель под объекты постоянной и временной инфраструктуры). Значимые изменения произойдут также на участках, попадающих в зоны подтопления, формирующиеся вдоль трасс коммуникаций и близ площадок, где будут размещены производственные объекты, расположенные на слабо дренируемых участках склонов выше по рельефу и при наличии неэффективно работающих водопропускных малых гидротехнических сооружений и малой эффективности дренажа. В течение периода эксплуатации производственных объектов заметные изменения могут произойти в состоянии почвенно-растительного покрова и фауны участков, которые будут испытывать воздействие аэрогенных выбросов и др. Подобные участки следует включить в число площадок, где будут размещены пункты проведения наблюдений по программам планируемого локального экомониторинга.

Мониторинг состояния атмосферного воздуха и поверхностных вод, оценка уровня загрязнения почв и грунтов на производственных площадках осуществляются в рамках производственного контроля окружающей среды, контроля соблюдения нормативов ПДВ и ПДС, инвентаризации выбросов и сбросов загрязняющих веществ. Получаемые в процессе производственного мониторинга контрольные показатели состояния абиотических компонентов экосистем могут рассматриваться как фоновые при организации экологического мониторинга в границах зон влияния производственных объектов. В число обязательных объектов мониторинга включаются вторичные экосистемы и объекты биорекультивации.

Экологические основы рекультивации земель. М.: Наука, 1985.

(С. 56–65)

Глава 3

РАЗВИТИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ТЕХНОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

3.1. Естественное формирование растительного покрова на отвалах в зависимости от экологических факторов

Для разработки наиболее эффективных и рациональных методов рекультивации нарушенных природных комплексов большое значение имеет изучение процессов их естественной эволюции в различных природно-климатических и техногенных условиях, и в частности восстановление растительного покрова, как наиболее информативной части биогеоценозов³⁸².

Знание закономерностей естественного зарастания отвалов открытых разработок позволяет познать механизм формирования биогеоценозов в специфических условиях техногенной среды. Изучение сингенетических сукцессий растительности на разных типах отвалов с породами, вынесенными при открытых разработках на поверхность и не затронутыми биологическими процессами, дает возможность проследить начальные стадии формирования всех компонентов биогеоценоза.

³⁸² Колесников Б.П., Моторина Л.В. Методы изучения биогеоценозов в техногенных ландшафтах // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М.: Наука, 1978. С. 5–21.

Исследования процессов самозарастания в различных видах карьерно-отвальных ландшафтов проводятся в разных физико-географических районах страны³⁸³. Все исследователи отмечают, что формирование растительного покрова на отвалах идет замедленными темпами в связи с обедненностью горных пород питательными веществами, с неблагоприятными водно-физическими и химическими свойствами. Существенное влияние оказывает большая неоднородность мезо- и микрорельефа, резкие колебания температур на поверхности, неустойчивость водного режима. Роль рельефа в формировании посттехногенных комплексов очень велика и в значительной мере определяет возможность и направления последующего их хозяйственного использования³⁸⁴. При этом растительность может использоваться в качестве чуткого реагента на изменения факторов среды обитания.

Характер развития и состав растительного покрова сравнительно легко поддаются изучению и являются достаточно четкими показателями состояния экологических условий техногенных комплексов.

На примере Подмосковского угольного бассейна в однородных климатических условиях можно проследить большие различия в формировании растительного покрова на отвалах разного типа. В результате «техногенной дивер-

³⁸³ Бондарь Г.А. Растительный покров пород надугольной толщи Алксандрийского бурoughольного месторождения и вопросы фиторекультивации: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Днепропетровск, 1974; Масюк Н.Т. Особенности формирования естественных и культурных фитоценозов на вскрышных горных породах в местах произведенной добычи полезных ископаемых // Рекультивация земель. Тр. ДСХИ, т. 2. Днепропетровск, 1974. С. 62–105; Моторина Л.В., Ижевская Т.И. К динамике естественной растительности на отвалах угольных карьеров в Подмосковном бассейне // Научные основы охраны природы. М., 1973. Вып. 2. С. 119–129; Щербатенко В.И., Кандрашин Е.П. Естественная растительность отвально-карьерных ландшафтов Сибири // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. С. 149–154; Рева Л.М., Бакланов В.И. Динамика естественного зарастания терриконов Донбасса // Растения и промышленная среда, 1974. Вып. 3. С. 109–115; Махонина Г.И., Чибрик Т.С. К характеристике начальных этапов почвообразования при естественном зарастании отвалов Веселовского бурoughольного месторождения // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1978. С. 72–84; Левит С.Я. О Формировании древесных насаждений на железорудных отвалах Урала // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1978. С. 14–25; Пасынкова М.В. Формирование растительности на отвалах Бусульского месторождения огнеупорных глин // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1978. С. 26–32; Шилова И.И. Влияние загрязнения нефтью на формирование растительности в условиях техногенных песков нефтегазодобывающих районов Среднего Приобья // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1978. С. 44–52.

³⁸⁴ Звонкова Т.В. Прикладная геоморфология. М.: Высш. шк., 1970.

генции» возникают совершенно различные виды ландшафтных образований в ранге от урочища до местности³⁸⁵.

На отвалах бурогольных карьеров с большой ролью сульфидсодержащих пород в поверхностном слое с неблагоприятными условиями рельефа (грядобразные и конусовидные отвалы высотой до 30 м) и водного режима естественное формирование растительного покрова очень замедлено (рис. 5). Значительная часть их (до 30–50 %) остается полностью лишенной растительного покрова. На сравнительно невысоких (5–10 м) отвалах железорудных карьеров, сложенных лёссовидными суглинками и супесями, процессы самозарастания протекают более интенсивно.

Большинство исследователей на первых этапах формирования природно-техногенных комплексов в различных зонах отмечают три основные стадии сингенетических сукцессий, имеющие место и в благоприятных условиях на отвалах в Подмосковном бассейне. В первые 5–6 лет образуется мозаичный несомкнутый растительный покров, состоящий из неприхотливых растений с широкой экологической амплитудой и высокой воспроизводительной способностью. Это преимущественно представители рудеральной флоры из семейства Compositae и Chenopodiaceae. Зональные черты при естественном зарастании начинают проявляться уже на 3-й, 4-й год.

Следующая стадия определяется в возрасте от 5–6 до 10–12 лет. В этот период формируются сложные многовидовые сообщества (30–50 видов) с более четко выраженными зональными чертами. Усложняется структура: одно-, двухъярусные ценозы сменяются многоярусными. В лесной и лесостепной зонах формируются древесно-кустарниковые ценозы. Уменьшается число рудеральных однолетников, увеличивается обилие многолетников. В Подмосковье это преимущественно виды семейств Leguminosae и Gramineae. Интересно, что в Кузбассе³⁸⁶ на этих стадиях отмечается почти полное отсутствие бобовых.

³⁸⁵ Моторина Л.В., Федотов В.И., Ижевская Т.И. Природно-техногенные комплексы угольных и железорудных месторождений Тульской области и возможности их рекультивации // Изменение природной среды в связи с деятельностью человека. М., 1978. С. 24–48.

³⁸⁶ См. Щербатенко В.И., Кандрашин Е.П., 1977.

Пионерные группировки с несомкнутым травостоем дольше сохраняются на вершинах и верхних частях склонов отвалов.

На третьей стадии – более 10–12 лет – усиливается экологическая дифференциация видового состава, господство переходит к многолетникам. Четко проявляются зональные черты, хорошо прослеживается сезонная динамика.

В сложных экологических условиях, какие имеют место, например, в техногенных комплексах на буроугольных месторождениях Подмосковского бассейна, сроки прохождения этих стадий удлиняются, и в ряде случаев на протяжении 15–20 лет развитие ограничивается второй или даже первой стадией.

Сопоставление флористических списков растений на отвалах буроугольных разработок первой и третьей стадий сингенетических сукцессий показало определенную динамику растительного покрова. Сравнение состава доминирующих видов растений (табл. 9) помогло установить четкое постоянство одних видов, почти полное исчезновение других и появление новых, характерных для более устойчивых ценозов естественных местообитаний.

В числе доминирующих растений на первой стадии часто отмечались *Matricaria inodora*; *Agropyron repens*, *Ahillea nobilis*, *Convolvulus arvensis*, *Poa compressa*, *Equisetum arvense*, *Lappula myosotis*. На третьей стадии уже господствуют *Ahillea nobilis*, *Artemisia absinthium*, *Melilotus officinalis*, *Equisetum arvense*, *Tanacetum vulgare*, *Tussilago farfara*, *Chamaenerion angustifolium*. Только роль *Ahillea nobilis*, *Artemisia absinthium* осталась без изменений в растительном покрове.

Таблица 9

Динамика доминирующих видов по стадиям зарастания

Частота встречаемости, %

Доминанты	I стадия зарастания (до 5 лет)	III стадия зарастания (более 10–12 лет)
<i>Ahillea nobilis</i> L.	20	20
<i>Agropyron repens</i> (L.) Beauv.	32	16
<i>Artemisia absinthium</i> L.	8	8
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Skop.	–	16
<i>Chenopodium album</i> L.	8	–
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	20	8

<i>Delphinium consolida</i> L.	8	—
<i>Equisetum arvense</i> L.	12	40
<i>Euphorbia virgata</i> W. et K.	4	8
<i>Lappula myosotis</i> Moench.	20	—
<i>Matricaria inodora</i> L.	24	—
<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam.	4	20
<i>Poa compressa</i> L.	16	8
<i>Poa pratensis</i> L.	—	4
<i>Polygonum aviculare</i> L.	16	—
<i>Polygonum scabrum</i> Moench.	4	—
<i>Silene cucubalus</i> Wib.	—	8
<i>Sonchus arvensis</i> L.	8	—
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	12	24
<i>Trifolium repens</i> L.	8	—
<i>Trifolium hybridum</i> L.	8	8
<i>Tussilago farfara</i> L.	—	20
<i>Vicia cracca</i> L.	12	8

Совершенно исчезли среди доминантов по сравнению с первой стадией *Matricaria inodora* (ранее наиболее часто встречающаяся), *Lappula myosotis*, *Polygonum scabrum*, *Sonchus arvensis*, *Chenopodium album*, *Delphinium consolida*. Несколько уменьшилась частота встречаемости в качестве доминирующих растений *Agropyron repens*, *Convolvulus arvensis*, *Poa compressa*. Значительно место в растительном покрове отвалов приобрели *Tussilago farfara*, *Tanacetum vulgare*, *Chamaenerion angustifolium*, *Equisetum arvense*, *Melilotus officinalis*, ранее отмечавшиеся в значительно меньшем обилии.

В табл. 10 приведен более полный флористический список, с указанием частоты встречаемости видов по основным категориям обилия. Некоторые из доминантов первой стадии, оставшиеся к третьей стадии без изменения или частично утерявшие господствующее положение, продолжают оставаться постоянными компонентами в большинстве сообществ, хотя иногда и в несколько меньшем обилии. Общая встречаемость их возрастает. Это *Agropyron repens*, *Achillea nobilis*, *Convolvulus arvensis*, *Artemisia absinthium*, *Poa compressa*, *Trifolium hybridum*.

Такие доминанты первых лет, как *Chenopodium album*, *Lappula myosotis*, *Polygonum aviculare*, *P. scabrum*, *Sonchus arvensis*, *Delphinium consolida*, не толь-

ко перестают доминировать в растительном покрове, но значительно снижают свою общую встречаемость или полностью исчезают из травостоя.

Кроме перечисленных растений, почти полностью исчезают *Centaurea cyanus*, *Viola tricolor*, *Rhaphanus raphanistrum*, *Fumaria officinalis*, *Capsella bursa pastoris*. Наоборот, значительно возрастает роль наряду с указанными выше доминантами таких видов, как *Achillea millefolium*, *Vicia sepium*, *Crepis tectorum*, *Knautia arvensis*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium pratense*, *Artemisia campestris*, *Glechoma hederacea*, *Leontodon autumnalis*, *Erigeron canadensis*, *Tragopogon major* и т. д.

Если провести биоэкологический анализ указанных видов, становится очевидным, что значительно уменьшаются в обилии или полностью исчезают преимущественно типичные рудеральные однолетники и двулетники. Эти растения обычно самыми первыми заселяют оголенные пространства вследствие неприхотливости и большой воспроизводительной способности, образуя так называемые пионерные группировки. В дальнейшем, по мере формирования биоценотической среды, они вытесняются более сильными средообразующими видами.

Таблица 10

Частота встречаемости основных растений по категориям обилия

Виды растений	I стадия зарастания				II стадия зарастания			
	>cop1	sp	sol	общая встречаемость, %	>cop1	sp	sol	общая встречаемость, %
<i>Achillea millefolium</i> L.	4	—	4	8	—	16	16	32
<i>Achillea nobilis</i> L.	20	12	4	36	20	12	28	60
<i>Agropyron repens</i> (L.) Beauv.	32	4	8	44	16	20	28	64
<i>Artemisia absinthium</i> L.	8	12	32	52	8	8	76	92
<i>Artemisia campestris</i> L.	—	—	—	—	—	4	16	20
<i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Med	—	4	8	12	—	—	—	—
<i>Centaurea cyanus</i> L.	—	—	24	24	—	—	—	—
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	—	—	—	—	16	—	36	52
<i>Chenopodium album</i> L.	8	16	32	56	—	—	28	28
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	4	4	24	32	—	—	60	60
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	20	16	28	64	8	12	64	84

<i>Crepis tectorum</i> L.	–	–	12	12	–	12	28	40
<i>Delphinium consolida</i> L.	8	8	32	48	–	–	–	–
<i>Erigeron canadensis</i> L.	–	–	–	–	–	–	20	20
<i>Equisetum arvense</i> L.	12	24	24	60	40	20	20	80
<i>Euphorbia virgata</i> W. et K.	4	4	16	24	8	16	56	80
<i>Galeopsis ladanum</i> L.	–	8	24	32	4	20	28	52
<i>Glechoma hederaceae</i> L.	–	–	–	–	–	4	4	8
<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult.	–	–	12	12	–	4	28	32
<i>Lappula myosotis</i> Moench.	20	12	24	56	–	–	28	28
<i>Leonthodon autumnalis</i> L.	–	–	–	–	–	–	16	16
<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	–	8	44	52	–	–	40	40
<i>Lotus corniculatus</i> L.	–	–	–	–	–	–	16	16
<i>Matricaria inodora</i> L.	28	28	24	76	–	4	80	84
<i>Medicago falcate</i> L.	4	–	12	16	–	–	–	–
<i>Medicago lupulina</i> L.	4	4	32	40	–	4	16	20
<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam.	4	–	16	20	20	12	16	48
<i>Mulgedium tataricum</i> D.C.	–	–	–	–	–	–	24	24
<i>Poa compressa</i> L.	16	8	–	24	8	8	24	40
<i>Polygonum aviculare</i> L.	16	16	28	60	–	–	12	12
<i>Polygonum convolvulus</i> L.	–	4	8	12	–	–	20	20
<i>Polygonum scabrum</i> Moench.	4	–	24	28	–	–	–	–
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	–	4	16	20	–	–	–	–
<i>Rumex acetosella</i> L.	–	8	12	20	4	4	8	16
<i>Silene cucubalus</i> Wib.	–	12	28	40	8	–	44	52
<i>Sonchus arvensis</i> L.	8	12	40	60	–	–	–	–
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	12	8	24	44	24	16	44	84
<i>Taraxacum officinale</i> Web.	–	12	28	40	–	8	48	56
<i>Tragopogon major</i> Jacq.	–	–	–	–	–	–	12	12
<i>Trifolium hybridum</i> L.	8	8	4	20	8	16	44	68
<i>Trifolium pratense</i> L.	–	–	8	8	4	8	24	36
<i>Trifolium repens</i> L.	8	4	4	16	–	–	–	–
<i>Tussilago farfara</i> L.	–	4	12	16	20	20	28	60
<i>Vicia cracca</i> L.	12	–	4	16	8	8	32	52
<i>Vicia sepium</i> L.	–	–	4	4	–	–	20	28
<i>Viola tricolor</i> L.	–	4	12	16	–	–	–	–

Увеличивается роль многолетних корневищных и корнеотпрысковых растений, а также растений с глубоко проникающей корневой системой, что позволяет использовать влагу глубоких, менее пересыхающих слоев.

Таким образом, основная часть неразровненных отвалов через 12–15 лет после отсыпки оказывается занятой сообществами с преобладанием многолетних растений, характеризующихся высокой интенсивностью семенного или вегетативного размножения.

На ряде участков появляются и увеличиваются в обилии луговые сорняки. В целом происходит как бы «олугование» некоторых вначале чисто рудеральных сообществ. Это подчеркивается и увеличивающейся ролью луговых злаков и бобовых *Poa pratensis*, *Phleum pratense*, *Trifolium pratense*, *Trifolium hybridum*, *Lotus corniculatus*, *Vicia cracca*, *Vicia sepium* и т. д. Последнее относится главным образом к нижним частям склонов северных экспозиций и к днищам ложбин между отвалами, в которых процесс зарастания из-за лучших условий увлажнения ускорен.

Более интенсивно подобное «олугование» сорных растительных группировок проходит на спланированных отвалах (имеются в виду участки без насыпания почвенного слоя). Обычно уже через 2–3 года после разравнивания отвала с преобладанием песчаных пород покрываются травостоем с доминированием *Crepis tectorum*, *Erygeron canadensis*, *Lappula myosotis*, *Artemisia absinthium*, *Matricaria inodora*, *Anthemis tinctoria*, *Euphorbia virgata*, *Rumex acetosella*, *Leucanthemum vulgare*. Значительна роль бобовых в травостое. Обычно это *Lotus corniculatus*, *Medicago falcata*, *Medicago lupulina*, *Trifolium hybridum*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Vicia cracca*, *Lathyrus pratensis*. Лядвенец и люцерна образуют иногда мощные куртины до 1,0–1,5 м в диаметре.

На отдельных участках сплошной покров образуют *Melilotus officinalis*, *Melilotus albus*, достигающие в наиболее благоприятные по увлажнению годы высоты 1,5–2,0 м, с проективным покрытием 90–100 %.

На более тяжелых грунтах часто господствуют мать-и-мачеха при значительном участии пырея, тимофеевки, ромашки непахучей, клеверов лугового и гибридного, люцерны хмелевидной. Встречается *Deschampsia caespitosa*.

В зависимости от экспозиции склонов наблюдается определенная дифференциация растительного покрова, что выражается в некоторых различиях флористического состава и в степени проективного покрытия, с годами проявляющихся более четко. Происходит смена фитоценозов, обусловленная не только изменением состава видов в результате внедрения наиболее приспособленных к

данным условиям, но и изменениями среды, вызванными влиянием самих растений.

Особенно заметно увеличение мощности травостоя на склонах северных экспозиций, что связано со значительно лучшими здесь условиями увлажнения. Этот экологический фактор в условиях отвалов играет большую роль. Проектное покрытие на северных склонах возрастает с 40–50 до 80–90 %. Одноярусные ценозы сменяются двух- и трехъярусными.

При общем увеличении с годами степени задернения отвалов более интенсивно происходит зарастание склонов северных, северо-восточных и северо-западных экспозиций, появляется определенное различие и во флористическом составе, особенно в степени доминирования отдельных видов.

При одинаковых почвенно-грунтовых условиях на склонах южных экспозиций наибольшим обилием отличаются *Euphorbia virgata*, *Artemisia absinthium*, *Tussilago farfara*, на склонах северных экспозиций – *Tanacetum vulgare*, *Chamaenerion angustifolium*. Такие виды, как *Melilotus officinalis*, *Achillea nobilis*, *Equisetum vulgare*, достаточно широко представлены на склонах всех экспозиций, хотя встречаются в большем обилии и более мощно развиты они на северных склонах. Здесь же часто встречаются *Vicia cracca*, *Taraxacum officinale*, *Knautia arvensis*, *Tragopogon major*, *Plantago lanceolata*.

Изучение процессов естественного зарастания на спланированных песчаных отвалах Кимовского углеразреза показало, что формирование растительного покрова здесь идет значительно более быстрыми темпами, чем на неразровненных территориях.

Одним из основных факторов, ограничивающих развитие растительности на отвалах, является недостаток влаги. Поэтому продуктивность ценозов сильно зависит от погодных условий. Поскольку засушливые годы истощают запас влаги, ее недостаток сказывается как в год засухи, так и в год, следующий после засухи³⁸⁷. Например, фитомасса в овсяницево-ежово-разнотравной ассоциации после засушливых 1972 и 1975 гг. (324–328 мм осадков), 1973 и 1976 гг.,

³⁸⁷ Дружинина Н.П. Фитомасса степных сообществ юго-восточного Забайкалья. М.: Наука, 1973.

составила соответственно 12,9 и 26,1 ц/га, в то время как в 1974 г. она составила 42,1 ц/га (с августа 1973 по июль 1974 г. выпало 714 мм осадков).

В развитии корневых систем наблюдалась следующая основная закономерность: в посевах многолетних травосмесей на отвалах буроугольных разработок в верхнем 10-сантиметровом слое отмечалась наибольшая насыщенность корнями растений при общей глубине их развития 60 см. В слое 0–25 см количество корней в 7–8 раз, а объем в 3–8 раз превышал те же показатели для нижележащего слоя той же мощности; количественные показатели массы корней превышали надземную массу в 3–8 раз в зависимости от погодных условий.

При естественном зарастании отвалов, при отсутствии или ослаблении конкуренции растений корни усиленно ветвятся в верхнем 20-сантиметровом слое, проникая на незначительную глубину (до 60–80 см). При этом распространение корней по горизонтали превышает проекцию надземной части растения на 20–25 %.

На отвалах Киреевского железорудного месторождения, где высота отвалов составляет в среднем 5–10 м, создаются более благоприятные условия для развития растений (преобладание четвертичных суглинков и супесей, благоприятный водный режим, отсутствие токсичных пород). Формирование растительного покрова начинается с первого года образования отвалов, и к концу первой стадии (1–5 лет) общее проективное покрытие достигает в среднем 80 %. На большинстве участков еще в конце I-й – начале 2-й стадии начинается естественное лесовозобновление, к 15 годам образуются сомкнутые лесонасаждения из *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Salix caprea*, *S. aurita*.

На открытых задерненных участках отвалов (на опесчаненных породах с менее благоприятными водным режимом и условиями питания) наибольшее распространение имеют ассоциации с доминированием *Tussilago farfara*, *Chamaenerion angustifolium*, *Achillea nobilis*, *Agropyron repens*, *Trifolium hybridum*. Следует отметить, что состав видов из семейства Leguminosae здесь беднее, чем на отвалах угольных разрезов. Подавляющее господство принадлежит *Trifolium hybridum*, который в благоприятные по увлажнению годы образу-

ет в ложбинах и на нижних частях склонов сплошные заросли и отличается чрезвычайно пышным развитием.

Ход зарастания отвалов обусловлен регулирующим действием комплекса тесно связанных биотических и абиотических факторов, так что рассмотреть какой-либо из них в чистом виде практически невозможно. Степень воздействия многих факторов (режим увлажнения, температурные условия и т. п.) обусловлена довольно сложным техногенным рельефом, что является в конечном счете причиной изменения количественных показателей высоты растений, степени проективного покрытия, фитомассы и т. д. в различных повторяющихся звеньях экологического ряда. Наиболее благоприятными местообитаниями для заселения и развития растений служат понижения в рельефе.

Растительность ложбин и понижений, занимающая на отвалах более молодого возраста небольшую площадь, в следующей категории возраста становится доминирующей. Так, приуроченная к межотвальным понижениям 5–7-летних отвалов ассоциация *Trifolium hybridum*–*Trifolium pratense*–*Tussilago farfara*–*Poa trivialis* на отвалах 10–12-летнего возраста отмечалась более чем на половине площади отвалов в несколько трансформированном виде (*Trifolium hybridum* с участием мать-и-мачехи и мятлика). При этом она занимала уже не только ложбины, но и большую часть склонов высоких (до 15 м) отвалов и целиком внутренние отвалы (средняя высота до 7 м). Так, «частная», нетипичная ассоциация понижений отвалов молодого возраста становится фоновой – с увеличением их возраста происходит распространение травянистой растительности от отрицательных форм рельефа вверх по склонам. Распространение деревьев идет также от мелких ложбин и понижений к склонам и вершинам часто за счет порослевого возобновления.

Таким образом, в более влажных звеньях экологического ряда на техногенных территориях темпы зарастания ускорены³⁸⁸, четко прослеживается вертикальная дифференциация растительного покрова, обусловленная сложным рельефом.

³⁸⁸ См. Бондарь Г.А., 1974

Существенную роль в формировании растительного покрова здесь, так же как и на отвалах бурогольных карьеров, играет экспозиция склонов. Анализ данных фитомассы склонов северной и южной экспозиции на отвалах разного возраста позволил выявить ряд их отличительных особенностей. Так, при сходных доминантах ассоциаций показатели фитомассы травостоя на южных склонах были ниже (12,3–10,7 ц/га), чем на соответствующих северных (14,4–16,3 ц/га). В соотношении участия различных групп растений тоже имеют место различия: на северных склонах злаки и бобовые соответственно составляют 55 и 17 %, доля разнотравья всего 28 %; растительный покров на южных склонах почти целиком (на 80–100 %) представлен разнотравьем. На склонах восточных и северных экспозиций распространены густые насаждения из осины и ивы, тогда как для более теплых южных склонов характерны березняки с примесью осины.

Необходимым условием для роста и развития растений являются достаточные запасы почвенной влаги. В условиях отвалов вследствие сильно пониженного уровня грунтовых вод атмосферные осадки – единственный источник увлажнения верхних корнеобитаемых горизонтов. В связи с чем очень остро проявляется дефицит влаги, который ощущается практически на всех элементах рельефа, особенно в верхних частях склонов. Погодные условия усиливают дифференциацию в распределении растительного покрова, обусловленную рельефом. Фитомасса разнотравно-клеверной и разнотравной ассоциаций на одной и той же пробной площади составила: в 1974 г. – 50,5 ц/га; в 1975 г. – 14,9 ц/га; в 1976 г. – 22,9 ц/га; в 1977 г. – 50,5 ц/га. Во влажные годы (1974 и 1977) фитомасса значительно возросла за счет очень пышного развития клевера гибридного. При этом она превышала фитомассу естественного луга, расположенного рядом с нарушенной территорией (50,5 и 43 ц/га соответственно).

Таким образом, на неразровненных отвалах железорудных разработок, отличающихся благоприятными экологическими условиями, процессы естественного зарастания имеют свои характерные черты. В процессе зарастания развитие растительного покрова идет от несомкнутых группировок к фитоценозам

с постоянно усложняющимися флористическим составом и структурой, увеличивающейся общей фитомассой. Первоначально возникающий временный ценоз, относящийся к пионерной группировке со случайным набором видов, к 20-летнему возрасту превращается в сложный лесной фитоценоз.

Подводя итог сказанному, следует отметить, что существует очень большое разнообразие типов техногенных комплексов (по рельефу, условиям увлажнения, составу пород, растительному покрову). Общей для всех чертой является развитие растительного покрова от рудеральных пионерных группировок к сообществам с более устойчивыми ценоотическими связями и господством многолетних растений. Начиная с первых лет формирования техногенных биогеоценозов, особенно в лесостепной и степной зонах, под воздействием развивающейся растительности идет интенсивное накопление гумуса и дифференциация почвенного профиля.

Как видно из исследований в Подмосковном бассейне и других регионах страны, в верхних горизонтах формирующегося почвенного профиля может накапливаться от 3–5 до 7 и даже 11 % гумуса³⁸⁹. Однако в различных физико-географических зонах на различных типах отвалов сингенетические сукцессии растений будут иметь неодинаковую направленность и скорость прохождения отдельных стадий. Поэтому изучение процессов естественного зарастания в различных зонах имеет очень большое значение для правильного определения наиболее рациональных и эффективных направлений и методов рекультивации.

³⁸⁹ *Таранов С.А., Трофимов С.С., Рагим-заде Ф.К.* Почвообразование в техногенных ландшафтах Сибири // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель. М., 1975. С. 274–279; *Фаткулин Ф.А.* Гумусонакопление и качественный состав гумуса молодых почв, формирующихся на последражных формах рельефа в речных долинах Кузбасского Алатау // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. С. 106–112; *Махонина Г.И.* Начальные процессы почвообразования на отвалах Баженовского месторождения асбеста при их самозарастании // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1979 а. С. 82–101; *Махонина Г.И.* Начальные процессы почвообразования на породных отвалах Липовского месторождения никеля // Почвообразование в техногенных ландшафтах. Новосибирск: Наука, 1979 б. С. 123–139.