

ГОРНАЯ ЭКОЛОГИЯ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 622.882 + 622.883 (470 + 571)

ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ СКЛАДИРОВАННЫХ ОТХОДОВ ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А. В. Еделев¹, Н. В. Юркевич¹, В. Н. Гуреев^{1,2}, Н. А. Мазов¹

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
E-mail: EdelevAV@ipgg.sbras.ru, просп. акад. Коптюга, 3, 630090, г. Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный технический университет,
ул. Немировича-Данченко, 136, 630087, г. Новосибирск, Россия

Представлен обзор научных публикаций и нормативных актов, связанных с рекультивационными мероприятиями на местах складирования отходов горнорудной промышленности в Российской Федерации. Рассмотрены вызываемые горными работами экологические, экономические и социальные проблемы. Показана роль рекультивации в восстановлении как продуктивности нарушенных земель, так и экосистемы в целом, обозначены методы и этапы проводимых мероприятий. Выявлены основные препятствия для успешной рекультивации. Отмечается, что основное внимание при повышении эффективности восстановительных мероприятий должно быть направлено на совершенствование правовых основ в области рекультивации.

Рекультивация, нарушенные земли, отвал, хвостохранилище, вскрышная порода, вмещающая порода, экология, экологический ущерб, обзор

DOI: 10.15372/FTPRPI20220618

Горнорудная промышленность вносит весомый вклад в развитие мировой экономики, являясь поставщиком ценных материалов в приоритетные отрасли народного хозяйства. Однако разработка месторождений полезных ископаемых оказывает негативное влияние на экосистему территорий, на которых они расположены. В случае экономичного открытого способа добычи, составляющего до 75 % всех горных работ на планете, ущерб наносится земельным ресурсам. В результате 95–97 % перерабатываемой массы — отходы, представленные складированными на поверхности вскрышными породами [1].

Складированные отходы формируют техногенный ландшафт, состоящий из гидроотвалов, насыпных отвалов пустых скальных пород, хвостохранилищ и шламохранилищ. Такими территориями занято 2 млрд га из общей площади почвенной оболочки Земли в 13.4 млрд га, что составляет 15 % [2]. В техногенных ландшафтах вещество находится в неравновесном состоянии

в связи с тем, что оно сформировано в других условиях. Складируемые отходы неустойчивы к ветровой и водной эрозии и нередко существенно отличаются по составу и характеристикам от пород естественных ландшафтов. Негативное влияние складированных отходов, в особенности токсичных, вызывает следующие последствия:

— смену гидрологического режима (образование множества водоемов, понижение уровня грунтовых вод, изменение химического состава вод, приводящего к загрязнению) [3];

— механическое нарушение земель (оврагообразование, термокарсты), которые активизируют оползневые, сейсмические и селевые процессы, а также изменение химического состава земель, выраженное в снижении их продуктивности, что обуславливает вывод их из сельскохозяйственного и лесного фондов [4];

— прекращение биологического оборота органических веществ, сосредоточенного прежде всего в почвах, что приводит к гибели других зависимых структур экосистемы (микроорганизмов, флоры и фауны) [5];

— изменение прежних направлений воздушных потоков и повышение токсичности воздуха [6].

Перечисленные факторы снижают качество жизни и напрямую вызывают ухудшение здоровья населения прилегающих территорий в радиусе до 35 км от места расположения складированных отходов [7]. Негативному влиянию подвергаются органы дыхания из-за пылящих поверхностей, органы нервной, кровеносной и пищеварительной систем в результате загрязненности окружающей среды [8].

Проблема нарушенных горными работами земель в настоящее время весьма актуальна. Возрастает роль рекультивации, без которой отработанные территории могут быть выведены из хозяйственного использования на многие столетия. Самовосстановление природы, иногда называемое естественной рекультивацией, занимает долгое время и часто приводит лишь к произрастанию небольшого числа видов растений. Через 15 лет и более на отходах после складирования наблюдается ограниченное количество низкорослых видов деревьев, отсутствует травянистая растительность. Восстановление нарушенного ландшафта до первоначального состояния неизбежно требует участия человека [9].

РОЛЬ РЕКУЛЬТИВАЦИИ В ВОССТАНОВЛЕНИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Систематическая работа над методами восстановления естественного состояния ландшафта, нарушенного техногенными процессами, началась около ста лет назад, хотя имеются отдельные свидетельства о проведении рекультивации и в более раннее время [10]. Применительно к разработке природных месторождений рекультивация предполагает обязательный к исполнению комплекс работ. Они направлены на предотвращение деградации и повышение качества земель до значений, при которых разрешено их использование или создается возможность реализации их целевого назначения. Основная цель рекультивации включает восстановление продуктивности нарушенных земель и их народно-хозяйственной ценности, а также возможное улучшение условий окружающей среды в соответствии с экономическими и экологическими интересами общества. При этом рекультивация должна охватывать все категории нарушенных земель, в том числе и прилегающие участки [11].

С учетом высокой степени взаимосвязи всех природных компонентов проблема рекультивации оказывается более широкой. К прежним утилитарным задачам возвращения земель в хозяйственное пользование добавляются задачи восстановления экосистемы нарушенной терри-

тории для устойчивого развития биосферы [2]. Проводимые работы могут затрагивать лесное, водное, рыбное и сельское хозяйства, а рекультивированные земли использоваться для строительства и организации мест отдыха населения. При рекультивации, в том числе при самовосстановлении природной среды, предполагается формирование вторичного, или культурного, ландшафта, который должен выполнять социальную и хозяйственную функции, поддерживать устойчивость экосистемы на длительный период и увеличивать биоразнообразие.

Недропользование в России находится на особом положении, составляя значительную часть экономики и являясь ресурсной базой для экспорта части полезных ископаемых в другие страны. На протяжении последних лет площадь нарушенных земель в стране оценивается в 1.1–2.0 млн га при общей площади промышленных земель в 17.6 млн га [12, 13]. На долю горнорудной промышленности приходится от 50 до 83 % нарушенных земель, из которых 40–46 % занято складированными отходами [14, 15]. К началу 2010-х гг. их общий объем достигал 80 млрд т [2]. Наибольшая часть нарушенных земель (65 %) расположена в европейской части России, на локальном уровне проблемы наблюдаются в регионах с развитой горнодобывающей промышленностью — Ямало-Ненецком АО, Кемеровской, Магаданской и Свердловской областях, Ханты-Мансийском АО, Чукотском АО, Республике Коми [13].

Обширные территории и трудности экономического развития определяют характерные особенности реализации рекультивационных мероприятий. Во-первых, следует отметить закрепленный в законодательстве обязательный характер рекультивации при разработке месторождений полезных ископаемых, в том числе при складировании и захоронении промышленных отходов. Во-вторых, в России долгое время наблюдался отрицательный баланс между площадью разрабатываемых и рекультивируемых земель, восстановление шло крайне медленно, а объемы восстановительных работ ежегодно сокращались [16].

В последние годы заметна тенденция к росту рекультивации с общим ежегодным объемом в 100 тыс. га [15]. Однако во многих случаях рекультивация понимается в узком смысле и направлена лишь на устранение поверхностного загрязнения земель. При таком подходе ее качество часто остается неудовлетворительным, что усугубляется дороговизной необходимых мероприятий и законодательными пробелами. На предприятиях, разрабатывающих месторождения в течение нескольких десятков лет, накоплено множество отвалов, которые не подвергались рекультивации [17, 18]. Подобные задержки становятся причиной накопления экологического долга, повышают риски упущенных выгод от возможного хозяйственного использования рекультивированных земель, а также повышают цену и объемы ресурсов, которые в любом случае потребуются для ликвидации негативных последствий [19].

Цель настоящей работы — на примере отечественных разработок рассмотреть проблемы рекультивации складированных отходов горнорудной (горнодобывающей) промышленности, в частности рекультивации отвалов вскрышных и вмещающих пород, а также намывных сооружений горных предприятий — хранилищ с хвостами обогащения и гидроотвалов. Актуальность обзорной работы заключается в комплексном освещении различных сторон рекультивации и связанных с ней проблем. Представлены различные современные подходы к рекультивации складированных отходов, последовательно описаны ее этапы, рассмотрены проблемы государственного регулирования рекультивационных работ, а также приведены методы оценки экономических затрат рекультивации объектов горнорудной промышленности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На основе публикаций за период 2011–2021 гг. изучен современный опыт отечественных специалистов по проведению рекультивации складированных отходов горнорудной промышленности. Использовались следующие источники:

- библиографическая база данных Научной электронной библиотеки (<http://www.elibrary.ru>);
 - реферативные журналы “ВИНИТИ” — разделы “География”, “Геология”, “Геофизика”, “Горное дело” и “Охрана окружающей среды” (<http://www.viniti.ru/products/abstract-journal>);
 - списки литературы отобранных для анализа публикаций.
- Проанализировано более 120 научных статей, наиболее релевантные вошли в текущий обзор.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕКУЛЬТИВАЦИИ СКЛАДИРОВАННЫХ ОТХОДОВ ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

При рекультивации складированных отходов, размещенных в отвалах и хвостохранилищах, решаются задачи самовосстановления природы, а также проводится непосредственное формирование нового ландшафта. В последнем случае применяются горнотехнические, химические и биологические методы, которые представляют собой самостоятельные этапы рекультивации или используются последовательно в различных комбинациях.

Выбор направления и технологии рекультивации должен основываться на совокупности многих факторов [20], в том числе:

- природно-климатических, таких как рельеф, гидрологическая система местности, наличие и состояние почв, растительность;
- экологических, учитывающих близость населенных пунктов;
- санитарно-гигиенических, при разработке рекреационных целей следует иметь в виду перспективы развития региона;
- экономических, при которых рассматривается целесообразность и окупаемость запланированных работ;
- технологических, включая тип используемой техники, расстояние транспортировки отходов и почв, а также разновидность складирования отходов — отвалы, гидроотвалы, хвостохранилища.

Отвалы вскрышных пород, с одной стороны, и гидроотвалы и хвостохранилища — с другой, обладают отличительным набором характеристик, при сравнении которых у каждого типа есть как преимущества, так и недостатки в отношении рекультивации:

- *Вторичная переработка.* Как правило, вскрышные породы отвалов малопригодны к последующему использованию, тогда как содержимое хвостохранилищ при совершенствовании технологий может подвергаться очередной переработке. Хвостохранилища при наличии ценных компонентов целесообразно консервировать, а не подвергать полноценной рекультивации в отличие от отвалов.
- *Токсичность.* Хвостохранилища чаще всего становятся источниками опасных выбросов, однако токсичность присуща и некоторым породам, формирующим отвалы.
- *Приживаемость растений.* На гидроотвалах и хвостохранилищах из-за повышенной токсичности и недостатка важных для роста элементов питания — азота, калия, фосфора — формируются наиболее бедные субстраты с низкой пригодностью для жизни растений.
- *Пыление.* Хвостохранилища в большей мере подвержены ветровой эрозии из-за особенностей гранулометрического состава, в основном представленного массой измельченных частиц. Однако при определенном составе вскрышных пород или при отсутствии скрепляющего

материала пылящими становятся и откосы отвалов. При рекультивации как хвостохранилищ, так и откосов отвалов требуются дополнительные подходы к закреплению их поверхностей, реализуемому на этапах химической и биологической рекультиваций.

- *Стоимость работ.* Формирование геометрии отвалов — наиболее дорогой этап рекультивации в сравнении со стоимостью формирования гидроотвалов и хвостохранилищ.

Естественная рекультивация — наиболее простой подход, при котором проводится предварительная мелиоративная подготовка почв для активации процессов самовосстановления природы и самозаращения. Почва формируется при взаимодействии горной породы, биоты, климата, рельефа и времени [2], активизация достигается созданием сеяного фитоценоза, запускающего процессы формирования гумуса, закрепления почв и последующего воспроизводства фитоценоза. Основная цель такой рекультивации — природоохранная. Этот тип относительно дешев, не предполагает большого объема горнотехнических работ и основан на содействии регенерационным возможностям самой природы [2]. Он применяется в следующих случаях:

- на высоких ярусах отвалов 400–500 м, где проведение рекультивационных работ технически трудновыполнимо и законодательно нерегламентировано [11, 17];

- при благоприятных условиях для самозаращения (сохранившиеся вокруг месторождения естественные ценозы, нетоксичный химический состав вскрышных пород). В данном случае удается высадка лесных культур без нанесения на отвалы плодородных слоев почвы, а также без полива и последующего ухода. Для определенных культур требуется оптимизация в почве содержания солей. Мелиорация кислых грунтов достигается известкованием, которое проводится 2–3 раза в течение первых пяти лет [21]. При выборе культур для посевов в общем подходе отбираются засухоустойчивые высокопродуктивные культуры с низкой требовательностью к почвенному плодородию [22].

В большинстве случаев требуется проведение полного цикла рекультивационных работ. В естественных условиях наиболее долгий процесс почвообразования — незначительные прослой образуются лишь на 5–10 год существования отвалов. Растительность при естественной рекультивации отличается меньшим разнообразием в сравнении с прилегающими территориями. Начальные этапы восстановления затягиваются на десятилетия, формирование коренной растительности без помощи человека часто не может быть реализовано даже в благоприятных южных климатических условиях [18]. В северных широтах России самозаращение отвалов занимает 40–50 лет [9]. Столько же времени на самовосстановление требуется для отвалов скальных пород, особенно их откосов, что связано с их высокой прочностью, малой скоростью разрушения при выветривании и, следовательно, медленным образованием растительного субстрата.

Горнотехнические методы рекультивации складированных отходов горнорудной промышленности направлены на формирование ландшафта техническими средствами, учитывая естественные природные возможности нарушенной территории. Они включают захоронение отходов и создание на отвалах и хвостохранилищах плодородного почвенного слоя, пригодного для восстановления утраченного растительного покрова. Проведение данного этапа может оказаться достаточным для достижения поставленных целей рекультивации, но чаще всего он предваряет последующие химическую и биологическую стадии. Несмотря на наибольшую стоимость горнотехнических работ в общей смете рекультивации, данный этап существенно снижает издержки завершающей биологической стадии и напрямую влияет на ее эффективность. Это связано с тем, что уже на этапе формирования геометрии объектов складированных отходов имеется возможность сформировать продуктивную смесь почвенных слоев, в которые на последующих этапах добавляются удобрения и формируются питательные вещества, доводящие состояние почв до необходимых показателей.

Условия складирования отходов, влияющих на перечень рекультивационных работ, включают множество факторов. Отходы могут складироваться в искусственных или естественных понижениях рельефа, а также формировать отвалы [23]. Заполнение искусственных углублений (карьеров) сопряжено с вторичным перемещением вскрышных пород из уже сформированного отвала. Их транспортировка экономически затратна, наносит вред окружающей среде от работающей техники и требует рекультивации после перемещения вскрышных пород в карьер [17]. В то же время карьеры — удобная емкость для формирования намывных гидроотвалов. Гидроотвалы характеризуются выровненностью и равномерной плотностью субстрата, что снижает стоимость горнотехнического этапа рекультивации. Однако из-за бедности субстрата увеличивается стоимость биорекультивации [7]. При создании гидроотвалов и хвостохранилищ могут использоваться и природные углубления, так называемые неудобные земли, которые непригодны для хозяйственной деятельности. К ним относятся овраги, провалы, балки, котловины и распадки, прилегающие к горному предприятию. Их заполнение улучшает ландшафт, увеличивая площадь пригодных для деятельности человека полезных территорий [24].

Формирование отвалов вскрышных пород — одно из основных направлений горнотехнического этапа рекультивации, при котором рассчитываются пропорции пород для отсыпки и последовательность их укладки, определяется нужное соотношение наклонных и ровных участков для образования устойчивых экосистем вторичных ландшафтов. Имеет значение тип транспортировки вскрышных пород — железнодорожный, конвейерный и автомобильный [25], причем последний предполагает послойную, а не смешанную отсыпку пород и поэтому является наиболее эффективным при рекультивации [26]. Особое внимание уделяется созданию оптимального гидрологического режима, при котором не допускается как излишняя увлажненность грунтов, так и недостаточное количество влаги.

Этапы формирования отвалов включают создание подъездных дорог, изоляцию склонов к самовозгоранию подстилающих и фитотоксичных пород, снятие, хранение и повторное нанесение плодородной почвы на объект рекультивации, захоронение вскрышных пород, планировку (выравнивание) поверхности, выполаживание (формирование откосов отвалов) и террасирование, ликвидацию последствий усадки, формирование гидрологического режима с устройством гидротехнических сооружений, включающих строительство осушительных / оросительных каналов [11, 27]. Сроки разработки месторождения должны быть строго соотнесены с календарным планом размещения вскрышных пород в отвале и со сроками биорекультивационных работ.

Формы отвалов вскрышных пород могут иметь разную геометрию, соответствующую особенностям рельефа, направлению ветров, течению рек, расположению населенных пунктов, а также экономической целесообразности: круглые, квадратные, прямоугольные, грушевидные. Высокие отвалы из-за опасности схода селей и лавин формируются ярусами [17]. Высота ярусов и ширина террас выбираются с учетом используемой техники и целей рекультивации.

Наиболее сложный и дорогой этап — формирование оптимальных откосов отвалов методом выполаживания. В зависимости от длины откоса грунты могут наноситься сухим или мокрым способами. Закрепляют откосы либо механическим путем с использованием свай, анкеров и других строительных конструкций, либо с применением более современных синтетических материалов. Угол выполаживаемого откоса зависит от поставленных целей рекультивации. Как правило, небольшие углы 6–8° формируют при сельскохозяйственной рекультивации; 10–12° — при лесохозяйственной; от 15° и выше — в природоохранных целях [28]. Если вы-

ровненные участки могут обходиться без особой подготовки площади под посадки на этапе биорекультивации, то для небольших откосов до 10° предполагается полосная обработка. С откосов отвалов крутизной 15–45° чаще всего сдувается техногенная пыль, вредная для здоровья человека, поэтому требуется стабилизация поверхности, зачастую на них сложно наносить почву [29]. При возможности естественной рекультивации и активного самозарастания отвала этап выполаживания может не реализовываться.

Основной целью данной стадии является формирование техническими способами пригодного для дальнейшей обработки плодородного слоя на поверхности отвала или хвостохранилища. По отношению к биологическому освоению вскрышные породы можно отнести к трем группам:

— плодородные и потенциально плодородные грунты — чернозем и суглинки соответственно;

— индифферентные (малопригодные для травянистой растительности) грунты, которые могут использоваться для лесонасаждений;

— непригодные для роста растений грунты, что часто обусловлено их токсичностью.

Перед формированием отвала проводится анализ соотношения объемов указанных грунтов. Наибольшую эффективность показывает селективное размещение вскрышных пород, чаще всего реализуемое в автомобильных отвалах. Тело отвалов рекомендуется формировать из непригодных к рекультивации пород, тогда как в периферийных ярусах используются потенциально плодородные и плодородные почвы, наносимые методом землевания [20]. Выбор между потенциально плодородными и плодородными типами почв зависит от целей рекультивации: при сельскохозяйственной используется чернозем, в случае менее требовательной лесохозяйственной рекультивации — суглинки. Из-за воздействия тяжелой техники поверхность отвала часто бывает переуплотнена, что затрудняет проницаемость корней растений, поэтому перед нанесением рекультивационного слоя почв предварительно проводят разрыхление уплотненной поверхности.

Подготовка плодородного слоя почв включает этапы его предварительного снятия (за 3–5 лет до начала работ) при мощности слоя 10–30 см и сохранения во временных буртах. При низкой мощности (до 10 см) снятие проводят без разделения подстилающих пород и самой почвы, что приводит к большому содержанию техногенных включений [30]. В условиях Севера плодородный слой еще меньше и составляет всего 2–3 см, поэтому при рекультивации отвалов может потребоваться завоз почв с других территорий или их замена искусственными материалами [31].

Нанесение плодородных почв на откосы часто сопряжено с трудностями в их равномерном распределении. При сталкивании с бровки отвала они скапливаются в верхней части откоса, образуют форму клина из-за разницы углов естественного откоса отсыпаемых и подстилающих пород и не могут достичь нижних частей склона даже со снеготаянием [17]. Для достижения нижних частей откоса требуются объемы грунта, на порядки превышающие необходимые для рекультивации объемы. Это нецелесообразно и имеет отрицательные последствия — пыление мощных слоев грунта или промоины от осадков, которые уничтожают посевы. Решение проблемы в уменьшении длины откосов ярусов откосов.

Формирование хвостохранилищ и гидроотвалов, в отличие от обычных отвалов, требует намного меньше затрат и горнотехнических работ. В то же время для них характерен более долгий период осадок, что отдалает время финальной планировки [24]. Как и отвалы, хвостохранилища и гидроотвалы нуждаются в предварительных работах по подготовке основания:

снятия и сохранения плодородного слоя почвы. На отдельных этапах удаляется вода и формируются стоки атмосферных осадков. Сначала на периферийную, а позже на центральную зоны наносится предварительно снятый слой почвы, причем для подготовки грунта плодородный слой в целях экономии нередко смешивается с наполнителем — хвостом [32]. Способы нанесения включают сплошное покрытие, покрытие полосами и пятнами, что также обусловлено экономией ресурсов, особенно при бедных почвах северных широт России [33].

Если хвосты обогащения токсичны, то для защиты как грунтовых вод под хвостохранилищем, так и верхнего слоя плодородных почв используются различные противофильтрационные завесы, полимерные экраны и другие подобные технологии [34, 35]. В случае изоляции почвенного покрова они прерывают связь корневой системы растений с токсичными грунтами хвостохранилищ и предотвращают подъем минерализованных вод в плодородный слой. Перед нанесением почвы может применяться предварительная укладка слоя песка или водоупорной прослойки из глиняного влагосорбента. Используются цеолитовые гидросмеси, слой которых совместно с водоупорным глиняным исключает попадание вредных веществ содержимого хвостохранилища в вышележащие плодородные слои, обеспечивает герметизацию хвостохранилища и предотвращает восходящее движение воды.

Несмотря на значительный объем работ на горнотехническом этапе рекультивации, в большинстве случаев их оказывается недостаточно для восстановления ландшафта из-за низкой экологической безопасности нарушенных земель и малопродуктивной растительности, поэтому на завершающих стадиях применяются химические и биологические рекультивационные способы.

Химические методы рекультивации являются промежуточным этапом между горнотехнической и биологической стадиями. Можно выделить основные направления химической рекультивации складированных отходов горнорудной промышленности.

Нейтрализация токсических веществ. В данном случае стадия химической рекультивации предваряет биологический этап, который не может проводиться до устранения токсичности отвальных пород. Химические методы устранения загрязнений делятся на собственно химические — нейтрализация, физико-химические — адсорбция, биохимические — окисление. Для нейтрализации используются разнообразные геосинтетические материалы из искусственного синтетического сырья, создающие изолирующие слои. При помощи сорбентов происходит иммобилизация тяжелых металлов и радионуклидов, регуляция кислотности почвы, обеспечение биологической защиты растений. Обработка отходов может проводиться методом выщелачивания путем подачи специального раствора на складированную породу.

Стабилизация пылящих поверхностей хвостохранилищ и откосов отвалов становится важной задачей химического этапа рекультивации, поскольку сдуваемая с отвалов и хвостохранилищ пыль при попадании в дыхательные пути представляет угрозу здоровью человека [30]. Применяются разнообразные геосинтетические материалы, такие как геотекстиль, геомат, георешетки, геосетки, геоплиты, геомембраны, геооболочки, различные пленкообразующие реагенты, биоактивная влаго- и воздухопроницаемая пена, закрепляющая пылящие поверхности. Выполняя стабилизирующую функцию, они задействованы в структурообразовании почвы. Часто такие материалы производятся в виде жидких полимерных растворов, застывающих на воздухе [28, 30]. Они могут применяться как по отдельности, так и в различных сочетаниях. Сырьем для материалов служат разного рода полимеры, полиэтилен, поливинилхлорид, стекловолокна, битум. В качестве добавок могут использоваться глина и органическое сырье,

например лен или кокосовые отходы. Особенностью данных материалов является их водостойчивость, долгий срок службы, устойчивость к ультрафиолетовому излучению, химическим соединениям и гниению.

По способу производства геосинтетические материалы могут быть: ткаными — с повышенной прочностью, параллельной ориентацией волокон, большой упругостью, но с недостаточной защитой от проницаемости воды; неткаными — с переплетенными волокнами, которые, однако, требуют особого этапа их упрочнения (термического или механического) [28]. Подобные материалы укладываются и скрепляются специальным способом, этапы их укладки включают планирование поверхности, подготовку траншей для закрепления, использование семян трав с добавлением удобрений, гидрогелей для накопления влаги.

Для закрепления откосов отвалов может применяться такая технология химико-биологической рекультивации, как гидропосев. Она предполагает равномерное распределение посевного материала по поверхности откоса струей из эмульсионной смеси и позволяет избежать дорогой в исполнении стадии выполаживания откосов [10]. Гидропосевная смесь включает семена, закрепляющий материал (например, битум) и минеральные удобрения. Эмульсия создает защитный слой, способствует хорошему прорастанию семян, сохранению в почве влаги и тепла и предотвращает ветровую эрозию.

Стабилизация водной эрозии. Перечисленные геосинтетические материалы выполняют стабилизирующую функцию и при водной эрозии. Они служат депрессором влаги, двукратно задерживая испарение, уменьшают жидкие стоки, а также увеличивают газообмен всходов на этапе биологической рекультивации [36].

Удобрение почвенного слоя. Регулирование питания растений макро- и микроэлементами проводится путем внесения в почву удобрений, однако отмечается опасность их быстрой минерализации [37]. При рекультивации хвостохранилищ из-за бедности их почвенного состава применяются азотные удобрения, а также вносятся органические вещества, такие как навоз, компост и торф [11, 32]. Органоминеральные удобрения на основе торфа активизируют биологические процессы, обеспечивают питание растений органическими и минеральными веществами, стимулируя их рост [10, 32]. Торф с его пористой структурой способствует развитию корневой системы растений. Закрепляющим компонентом может стать сапрпель — сложное вещество из минеральных и органических составляющих со дна водоемов, представленное остатками живых организмов, планктона и перегноя [32]. Для получения наиболее эффективной смеси проводят смешение в нужных пропорциях торфа с сапрпелем, добавляя отходы (хвосты) и получая оптимальную плотность, пористость, водопроницаемость и влагоемкость грунта [32]. В качестве удобрений могут использоваться бытовые и производственные отходы, отходы животноводства, которые обладают рядом полезных свойств, ускоряющих почвообразовательные процессы [38].

Биологические методы применяются на завершающем этапе рекультивации складированных отходов горнорудной промышленности. Основные задачи биорекультивации включают восстановление почвенных параметров для продуктивного зарастания растительностью и защиту техногенного ландшафта от эрозии и дефляции (выдувания ветром рыхлых пород) путем насаждения растительности. Выделяют этапы биогеоценоза и агротехнический этап формирования растительного покрова. Функция биологической рекультивации в борьбе с эрозиями выражается в закреплении горных пород корневой системой растений, а также кронами деревьев и кустарников, снижающими воздействие ветра. Показано, что уже через три года лесные насаждения снижают вынос субстрата в 4–5 раз, а через 10 лет полностью останавливают негативный процесс [22].

Для достижения целей биологического этапа рекультивации изучаются почвообразовательные процессы, а также ход физиологических процессов растительности в неблагоприятных условиях техногенных ландшафтов. Предварительные исследования включают лабораторные работы с проверкой выращивания многолетних культур в вегетационных сосудах. Флора, пригодная для рекультивации объектов промышленности, представлена теми же видами растений, что и на прилегающих территориях, поэтому важна ее хорошая изученность с точки зрения биоморфологии и связи с географическим регионом. Это дает возможность эффективно использовать знания о циклах развития растений, их адаптационных способностях к существованию на техногенных территориях в нетипичных средах обитания [18].

Сопутствующими целями являются нейтрализация токсических веществ в складированных отходах, создание благоприятного водно-воздушного и питательного режимов почвы, восстановление фауны и улучшение эстетического вида техногенных массивов [35]. В отдельных случаях биорекультивация способна не только восстановить природную экосистему, но и улучшить санитарно-гигиеническое состояние окружающей среды.

На биологической стадии учитывается множество различных факторов, в том числе:

— природно-климатические особенности. В более благоприятных условиях восстановление происходит быстрее, а растительность на заросших объектах будет наиболее схожей с зональными типами. Напротив, биологическая рекультивация считается нецелесообразной в северных широтах, особенно на высоте рельефа, где не растут деревья, травы и невозможно земледелие [17]. Кроме того, методы, разработанные для южных территорий России, на Севере оказываются неэффективными [5];

— состав складированных отходов, степень их токсичности, доступные для целей рекультивации грунты. К примеру, развитию растительности на отвалах из фосфогипса препятствуют высокая кислотность, содержание стронция, отсутствие органических веществ и переизбыток фосфора [35]. Песчаные и песчано-меловые смеси, в отличие от суглинков, наиболее подвержены ветровой эрозии, отчего непригодны для долгосрочных посадок [25];

— конструктивные особенности сооружений складированных отходов. Например, на откосах хвостохранилищ и гидроотвалов показаны только противоэрозионные лесные насаждения, на поверхности и пологих склонах — сельскохозяйственные культуры, включая систему пылезащитных лесных полос, а при расположении вблизи населенных пунктов возможны лесопарковые насаждения рекреационного назначения [11, 24];

— направление использования. Биологическая рекультивация, например, считается нецелесообразной в случаях возможного последующего технологического использования пород, формирующих отвал или хвостохранилище, поскольку ее применение ухудшит извлечение нужных компонентов и увеличит стоимость добычи [39].

Восстановление почвенных параметров и становление биогеоценозов — начальный и основополагающий этап биорекультивации, на котором формируются необходимые свойства и экологические функции почвы. Особенно важен данный этап для складированных отходов с бедными субстратами, демонстрирующими низкие агрохимические и водно-физические свойства: низкое содержание солей, органических веществ, азота, калия и фосфора одновременно с высоким содержанием токсичных веществ, подлежащих нейтрализации [22]. Недостаток калия приводит к пониженной устойчивости к заморозкам и нестабильным условиям водного режима.

Мелиоративный этап подготовки почв включает ее промывку, известкование, пескование, гипсование, глинование и прочие стадии в зависимости от недостающих компонентов, после чего почва удобряется различными мелиорантами. Данный этап важен для нейтрализации токсических веществ прежде всего на хвостохранилищах, содержащих сульфидные минералы, которые вызывают окислительные процессы и приводят к образованию вредных для биоресурсов соединений серы, мышьяка и др. [14].

Становление биогеоценозов, или накопление в почвогрунте органических веществ, обогащение корнеобитаемого слоя микрофлорой, нормализует обменные процессы. На этой стадии важную роль играют бактерии, грибы, водоросли и простейшие — они поглощают токсичные вещества и вырабатывают полезные. Микробное сообщество разлагает органические вещества, что особенно важно на начальных стадиях становления почв, поскольку именно микробиота связывает почву с растениями и обеспечивает адаптацию растений к новым условиям техногенного ландшафта [40]. Мезофауна, включающая червей, насекомых, мокриц и многоножек, специально добавляется в почву в целях биоремедиации. Используется метаболический потенциал биологических объектов для ускорения переработки веществ. Создание сложных фитоценозов с участием большого разнообразия растений и мезофауны повышает численность зооценозов, способствуя установлению сложных экологических связей компонентов техногенного ландшафта, делая его устойчивым и продуктивным [26].

На последующем агротехническом этапе проводят непосредственную высадку растений в зависимости от выбранного типа рекультивации и назначения техногенного ландшафта.

Посев трав (залужение) — этап рекультивации, предполагающий высадку кустарников и трав для улучшения плодородия почв, остановки их иссушения и разложения органической части грунта. Посев трав на отвалах и хвостохранилищах может использоваться под луговые угодья для заготовки сена. Данный этап важен и для закрепления эродлируемых участков перед лесохозяйственной рекультивацией. Посев многолетних трав создает плотный травостой и прочную дернину [36, 41]. При выборе растений руководствуются их требовательностью к кислотности почвы, влажности, освещенности, элементам минерального питания, содержанию гумуса и пр. В целях экономии посев может осуществляться избирательно на наиболее подверженных эрозии местах. Используются виды растений, способные к дальнейшему самостоятельному расселению на территории складированных отходов. Посев трав позволяет накопить большое количество биомассы и тем самым улучшить свойства грунта, увеличивая содержание азота и органических веществ в верхнем горизонте и усиливая гумификацию [37, 42].

При залужении может решаться задача нейтрализации токсических веществ, для чего применяется фиторемедиация. Она представляет собой очищение почвы при культивировании растений, поглощающих токсические вещества. Подбор травосмесей проводится с учетом способности культур к накоплению токсикантов, возможности роста в загрязненной среде и зависит от климатических условий [43]. Использование растений с большой биомассой уже в первый год рекультивации позволяет выводить из биологического круговорота до 50 % загрязнителей. Бобовые растения, например, значительно снижают уровень радиации почв и нормализуют кислотность.

Лесохозяйственная рекультивация (облесение) — наиболее распространенный из-за простоты и экономичности вид биорекультивации, важный для сохранения экосистем, поскольку леса являются главным средообразующим фактором на Земле. Они стабилизируют техноген-

ный ландшафт, консервируют складированные отходы и прерывают миграцию экотоксикантов в окружающую среду, защищая техногенные объекты от ветров и потери влаги [22]. На долю облесения в России приходится до 70 % от всех рекультивационных работ [15]. Как и залужение, лесохозяйственная рекультивация активно стимулирует процессы почвообразования, задерживая в почве водорастворимые элементы питания — азот, фосфор, калий и микроэлементы, которые сначала высвобождаются из опада, а затем перехватываются корнями деревьев [44].

Лесорекультивация активно применяется на удаленных от населенных пунктов отвалах с потенциально плодородными почвами, а также нетоксичными и незасоленными грунтовыми водами [13]. В верхней части отвала обычно высаживают кустарники с глубокой корневой системой; в средней части — более устойчивые породы с малой требовательностью к почве, с возможным обнажением корней; у подножия — влаголюбивые и малочувствительные к засыпанию корней породы [16].

Технология включает высаживание на начальных стадиях быстрорастущих нетребовательных пород деревьев, которые со временем заменяются более ценными породами. Чаще используются не семена, а саженцы: однолетние для лиственных деревьев и двухлетние для хвойных [16]. Важное значение имеет пространственное размещение и густота посадок с учетом взаимовлияния культур и энергии роста, а также выбор культур для облесения. Обеспечивается оптимальное снабжение насаждаемых культур влагой и снижение конкуренции с травянистой растительностью на ранних стадиях древесных посадок [42]. Растения высаживают по созданным вручную террасам или ямам, как правило, на второй год после залужения или одновременно с ним [26, 41]. Применяется либо сплошная рядовая посадка (массивами) — преимущественно на отвалах, либо посадка полосами в траншеи — в санитарно-защитной зоне, либо посадка биогруппами — на участках с частично сохранившейся растительностью [21].

В зависимости от энергии роста выделяют три группы древесных пород — интенсивную, среднюю и слабую. К породам с высокими показателями относятся сосна, береза, акация, облепиха, тополи. Культуры со средним ростом включают клены, яблоню, грушу, рябину, жимолость, вязы. В группе слабого роста — ель, лиственница, ясени, ирга, сирень [22, 24]. Хвойные породы менее требовательны к плодородию почв, но они не образуют устойчивую экосистему без других растений. Поскольку рост деревьев занимает длительные сроки, выделяют несколько фаз лесохозяйственной рекультивации: приживаемость, индивидуальный рост, смыкание полога посадок, формирование чащи, внутривидовую борьбу за пространство и распад.

Сельскохозяйственная рекультивация, составляющая в России 22 % от всех рекультивационных работ [15], предполагает возвращение в пользование пахотных земель, число которых в большинстве стран начало сокращаться с 1960-х гг. [10], и использование земель под сенокосы и пастбища. Особая значимость сельскохозяйственной рекультивации вызвана фактическим отсутствием на современном этапе новых земельных участков и их ежегодным сокращением из-за отвода пашен под несельскохозяйственные нужды, в том числе разработку месторождений полезных ископаемых.

Сельскохозяйственная рекультивация проводится только на выровненных участках большой площади (от 2 га), расположенных рядом с населенными пунктами на территориях с незасоленными и нетоксичными грунтовыми водами [13]. Данный вид рекультивации предполагает не только восстановление почвенного покрова, но и коренное улучшение земель с нанесением чернозема глубиной до 80 см [26].

ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ РАБОТ

Основная роль государства в отношении рекультивации складированных отходов горнорудной промышленности заключается в гарантии соблюдения интересов общества. Создаются как регламентирующие проведение рекультивационных мероприятий постановления, так и различные механизмы контроля над выполнением работ. В России, подобно опыту ряда других стран, основной этап государственного регулирования пришелся на вторую половину XX в., что тесно связано с ростом площадей открытых разработок полезных ископаемых. С 1960-х гг. начали появляться первые требования и указания по рекультивации; в 1970–1980-х гг. принят земельный кодекс и ряд постановлений, регламентирующих этапы производственного процесса рекультивации. Систематическое и разностороннее регулирование рекультивации складированных отходов горнорудной промышленности получила в ряде законодательных актов 1980–1990-х гг.

Текущие нормы проведения рекультивации складированных отходов отражены в природоохранном, земельном, лесном законодательствах и законодательстве о недрах:

— Постановление Правительства РФ № 800 от 10.07.2018 г. (ред. от 07.03.2019 г.). Оно пришло на смену долго действовавшему Постановлению Правительства РФ № 140 от 23.02.1994 г. и базирующимся на данном постановлении “Основным положениям о рекультивации земель...” № 525/67 от 22.12.1995 г. Постановление 2018 г. устанавливает требования к проекту рекультивации, определяет ответственное за разработку проекта лицо, формулирует цели и результаты проведения рекультивации, очерчивает круг рекультивируемых территорий, регламентирует сроки рекультивационных работ. Важным является уточнение терминологии — в документе разводятся понятия “рекультивация” и “консервация” земель. Если рекультивация призвана обеспечить восстановление земель до состояния, при котором возможно их использование по целевому назначению, то консервация используется при невозможности устранить экологические последствия, деградацию и нарушение почвенного слоя в 15-летний период, в связи с чем реализуется природоохранный подход;

— Федеральные законы № 2395-1 от 21.02.1992 г., № 89-ФЗ от 24.06.1998 г.; № 7-ФЗ от 10.01.2002 г.; № 172-ФЗ от 21.12.2004 г.;

— Постановления Правительства РФ № 1715 от 20.10.2020 г. (ред. от 30.11.2021 г.) и № 1081 от 30.06.2021 г. (ред. от 07.02.2022 г.);

— Распоряжение Правительства РФ № 1724-р от 26.09.2013 г.;

— Земельный кодекс РФ № 136-ФЗ от 25.10.2001 г. (ред. от 01.05.2022 г.);

— Лесной кодекс РФ № 200-ФЗ от 04.12.2006 г. (ред. от 30.12.2021 г.).

Современное законодательство России предусматривает обязательную процедуру восстановления нарушенных земель, в том числе складированных отходов, по окончании добычи полезных ископаемых [15]. Согласно постановлению № 800 от 10.07.2018 г., к рекультивации необходимо приступать в семимесячный срок с момента окончания производственной деятельности, а общий срок рекультивации не должен превышать 15 лет.

Рекультивационные мероприятия зачастую осложняются проблемами, лежащими в области их государственного регулирования. Как видно из приведенных государственных законов и постановлений, определенная их часть не пересматривалась долгие годы, отчего имеются несоответствия отдельных положений действующему законодательству.

На законодательном уровне требуется унификация использования понятийного аппарата из-за вариаций основных терминов и определений в различных законодательных актах, их усеченности либо, наоборот, расплывчатости, что приводит к смешению понятий и создает пред-

посылки для разночтений. Даже в отношении основного понятия в различных документах речь может идти о “рекультивации земель”, “рекультивации нарушенных земель”, “рекультивации земель и земельных участков”, “рекультивации использованных земель”, “рекультивации земель и благоустройстве территорий”, “рекультивации земель и почвенного покрова” [45].

Необходимо согласование в подходах к рекультивации в различных нормативных актах. В частности, технология рекультивационных работ напрямую зависит от того, куда ее законодательно относить — к природоохранной, хозяйственной деятельности или к способам обращения с отходами производства [46]. Например, в рамках природоохранной деятельности при рекультивации разрешается использовать отходы (такие как сточные воды), тогда как в сельскохозяйственной — запрещается из-за потенциального экологического вреда [47]. Дискуссионным остается вопрос об отнесении к отходам вскрышных пород, которые при их рассмотрении в качестве вторичных материальных ресурсов оказываются менее требовательными в отношении защиты и восстановления нарушенных территорий.

В [2, 48] отмечается необходимость более широкого подхода к рекультивации, поскольку набор рекультивационных мероприятий может быть недостаточным даже для ликвидации вреда, причиненного почвам, или экосистеме в целом. Рекомендуется разделять рекультивацию нарушенных земель и восстановление окружающей среды, которое обходится существенно дороже. Перечень определенных законодательством работ по восстановлению нарушенных земель не является исчерпывающим. Непроработанным остается объект применения законодательных актов — земли всех видов собственности, только государственные или муниципальные земли, сданные в аренду земли — из-за чего нет однозначности в том, какими именно документами следует руководствоваться при рекультивации. Сюда же можно отнести необходимость в учете региональных особенностей объектов рекультивации. Например, предписания ГОСТов о нанесении плодородных слоев почвы не учитывают, что в ряде регионов это нецелесообразно, поскольку на данных территориях ничего не растет.

Следует более четко определять субъекта, проводящего рекультивацию, уточнять отношения между собственниками и арендаторами, механизмы приемки и сдачи земель. Обязанность по рекультивации нарушенных земель может лежать на арендаторе, который уведомляет собственника о начале и завершении рекультивационных работ. Проведение работ может выполнить подрядчик, нанятый либо арендатором земли, либо некоммерческой организацией, управляющей целевым фондом на рекультивацию, отчего могут возникать коллизии в сфере ответственности за результаты рекультивации. При этом механизмы сдачи земель часто носят формальный характер, а использование земель может выходить за рамки прописанных в лицензии положений. В особых случаях обязанность рекультивации может переходить на собственника, а также третьих лиц [45]. Для эффективной рекультивации рекомендуется рабочее взаимодействие различных участников на этапе составления плана рекультивационных работ, обоснования их стоимости и финальном утверждении проектов, включая руководителей предприятий и целевых фондов по рекультивации, местных органов власти, а также общественности [14].

Целесообразно определение порядка взаимодействия различных ведомств, вовлеченных в процессы регулирования и контроля рекультивационных работ. Так, проведение конкурсов и выдачу лицензий проводит Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра). Последствия планируемого производства на этом этапе не оцениваются. Последующий контроль проведения рекультивации осуществляет Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор), а контроль безопасности проведения работ проводится Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Такое распределение оценивается как неэффективное и приводит к дублированию функций со-

ответствующих органов [49]. В случае денежной компенсации арендатора собственнику контроль над компенсационными средствами и эффективность рекультивации затруднены, отчето рекультивация проводится формально, а отчетные документы нередко оказываются противоречивыми. Усугубляют положение дел штрафы, не покрывающие требуемые затраты на рекультивацию, и неэффективность судебных исков при неудовлетворительном результате рекультивационных работ.

Перечисленные проблемы ограничивают эффективность правоприменения в области рекультивации, в связи с чем необходимо создание нового нормативного правового акта, устанавливающего общие правила проектирования и проведения рекультивации нарушенных земель. Это вызвано несовершенством принятых законов, в том числе последнего постановления правительства Российской Федерации № 800 от 10.07.2018 г. [47].

Оценка качества рекультивации должна согласовываться с действующими межгосударственными и национальными российскими стандартами: ГОСТ Р 59057-2020, ГОСТ Р 59060-2020, ГОСТ 57446-2017, ГОСТ 17.5.1.03-86, ГОСТ 17.4.2.03-86, ГОСТ 17.4.3.06-2020, ГОСТ 17.4.3.03-85, ГОСТ Р 58595-2019, ГОСТ 17.4.3.01-2017, ГОСТ 17.4.4.02-2017.

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА РЕКУЛЬТИВАЦИЮ

Рекультивация складированных отходов горнорудной промышленности экономически затратна. Во многих случаях она не входит в число приоритетных направлений деятельности добывающих предприятий, нацеленных на максимизацию прибыли. На практике проекты предприятий предусматривают наименьшие затраты, что приводит к невысокому качеству рекультивации. Особую актуальность экономическая составляющая рекультивации приобретает из-за все более популярной широкой трактовки рекультивации, предполагающей восстановление ландшафта до его первоначального состояния, при котором стоимость работ будет наиболее высокой. Требуются эффективные меры по созданию экономических гарантий для проведения рекультивации.

Механизмы финансовых гарантий включают демонстрацию предприятием средств на рекультивацию или подтверждение их наличия в будущем уже на этапе получения лицензии на разработку недр (что снижает риск невыполнения работ при банкротстве предприятия). В плане предприятия должны указываться все необходимые меры по рекультивации [49]. Выбор источника ее финансирования определяется до окончания промышленного освоения месторождений. При долгосрочном пользовании недрами (от 10 лет) ранние проекты рекультивации считаются нецелесообразными из-за быстрого прогресса в технологиях и их быстрого устаревания [46]. В подобных случаях план рекультивации надлежит создавать либо после разработки месторождения при возникновении необходимости в ликвидации горных выработок, либо использовать двухэтапный подход, включающий предварительную стадию до начала работ, и финальную — на завершающих этапах разработки недр.

Независимо от плана рекультивации и его стадий предприятие должно гарантировать финансовые возможности ее проведения, для чего используются методы страхования, банковских и самостоятельных гарантий, безотзывные аккредитивы (кредитные письма), облигации с гарантиями и целевые так называемые ликвидационные фонды. У каждого подхода есть свои достоинства и недостатки, которые в общем виде сводятся к тому, что наиболее надежные подходы в обеспечении рекультивации оказываются наименее выгодными для предприятий, поскольку средства на ее проведение выводятся из оборота и перестают быть ликвидными. И наоборот, выгодные предприятиям подходы не защищены от форс-мажорных обстоятельств и связаны с повышенными рисками в возможностях проведения рекультивации [19].

Используются разные механизмы определения средств целевых фондов. При оценке затрат государственными органами на рекультивационные работы стоимость часто оказывается завышенной. Возможен подход, при котором объем средств фонда может устанавливаться самими предприятиями и подрядными организациями, выполняющими рекультивацию на основе нормативных документов. На этапе создания фонда определяется источник финансирования, при этом следует решить, включать ли траты на рекультивацию в материальные расходы (тогда проводится единовременная оплата работ) или в расходы на освоение природных ресурсов (предполагающее равномерное списание средств в определенные промежутки времени).

При определении затрат на рекультивацию учитываются различные обстоятельства. В затраты обычно включают сумму ущерба от изъятия участка из сельскохозяйственного производства (в случае такового) и затраты на различные этапы рекультивации с учетом площади территории и затраченного на рекультивацию времени. Наиболее дорогим является горнотехнический этап, включающий до 80 % всех трат на экскавацию вскрышных пород, планировку участка, снятие, транспортировку и хранение плодородного слоя, строительство почвозащитных сооружений, консервацию прудковых зон [7, 28]. Биологический этап предусматривает затраты на восстановление продуктивного потенциала участка, биологическое улучшение земли. При сельскохозяйственной рекультивации отдельно учитывают потенциальное понижение урожайности на рекультивируемом участке. Затраты на рекультивацию напрямую зависят от типа сооружений складированных отходов. Наиболее высокие затраты отмечаются при формировании отвалов, ниже — в случаях хвостохранилищ и гидроотвалов (однако необходимо дополнительное нанесение почвенного слоя). На стоимость рекультивации влияет и ее направление: наиболее затратна сельскохозяйственная, предполагающая создание пахотных земель, тогда как наиболее экономичной является лесохозяйственная рекультивация.

Расчет затрат на рекультивацию можно рассматривать с позиций возмещения вреда в натуральной и денежной формах. Однако четкого определения того, относится ли рекультивация к способам возмещения вреда, пока не выработано. Затраты на ее проведение (возмещение в натуре) включаются в счет компенсации вреда в денежном выражении, и такой подход более предпочтительный. В отдельных случаях затраты на рекультивацию не считаются расходами по возмещению экологического вреда, а относятся к основанным на законе обязанностям [48]. Таким образом, вопрос о правомерности требований о рекультивации в случае денежной компенсации возмещения вреда вызывает дискуссии. В одних случаях одновременное возложение обеих обязанностей считается неправомочным [45, 48], тогда как в других практикуется преимущественно ввиду того, что причиненный природе ущерб не покрывается работами по рекультивации [47]. Иногда проводится перенаправление целевых средств на возмещение произведенного ущерба на другой территории. Например, в северных широтах выгоднее провести более простую рекультивацию с восстановлением поврежденного леса на другой территории.

ВЫВОДЫ

Рекультивация — сложное, комплексное мероприятие, при котором учитывается множество факторов, обусловленных особенностями местности, климата и рельефа, технологическим происхождением вещества (хвосты обогащения или вскрышная порода), минеральным и элементным составом, планируемым характером использования восстановленных земель (сельское хозяйство, строительство, рекреационные земли и т. д.), экономическими возможностями предприятия. В России обширные территории и экономические условия определяют характерные особенности реализации рекультивационных мероприятий. Во-первых, суще-

ствуется закрепленный в законодательстве обязательный характер рекультивации при разработке месторождений полезных ископаемых. Во-вторых, восстановление земель идет крайне медленно, зачастую рекультивационные мероприятия выполняются формально и качество их остается неудовлетворительным.

Основные проблемы рекультивации лежат не в технологической плоскости, где предлагаются новые перспективные решения, а в области существующего законодательства, ограничивающего эффективность правоприменения в области рекультивации: накопленный экологический долг; несовершенство механизмов финансовых гарантий; терминологическая размытость в определении рекультивации и ее объекта; противоречия между отдельными законами и постановлениями; нечеткий порядок взаимодействия различных ведомств, ответственных за рекультивацию; необходимость законодательного учета региональных особенностей. Необходима разработка новых нормативных актов, устанавливающих общие правила проектирования и проведения рекультивации нарушенных земель и способных снять накопленные противоречия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Фролова Ю. К.** Причины возникновения и перспективы использования техногенных месторождений // ГИАБ. — 2007. — № 7. — С. 24–32.
2. **Месяц С. П., Волкова Е. Ю.** Современный взгляд на рекультивацию породных отвалов горнодобывающей отрасли // ГИАБ. — 2015. — № S56. — С. 467–478.
3. **Максимович Н. Г., Черемных Н. В., Хайрулина Е. А.** Экологические последствия ликвидации Кизеловского угольного бассейна // Географ. вестн. — 2006. — № 2. — С. 128–134.
4. **Хрисанов В. А., Бахаева Е. А.** Современные геоморфологические процессы на территории Белгородской области и их антропогенная активизация // Региональные геосистемы. — 2011. — Т. 16. — № 15. — С. 209–216.
5. **Арчгова И. Б., Лиханова И. А.** Проблема биологической рекультивации и ее решение на европейском северо-востоке на примере Республики Коми // Изв. Коми НЦ УрО РАН. — 2012. — № 1. — С. 29–34.
6. **Бортникова С. Б., Девятова А. Ю., Шевко Е. П., Гаськова О. Л., Еделев А. В., Огулов А. С.** Перенос элементов в газоаэрозольной фазе из отвалов Комсомольского золотоизвлекательного завода (Кемеровская обл.) // Химия в интересах устойчивого развития. — 2016. — Т. 24. — № 1. — С. 11–22.
7. **Бессонова Е. А.** Экономическая оценка различных видов биологической рекультивации нарушенных земель // Вестн. ОГАУ. — 2011. — № 1. — С. 97–99.
8. **Рафиков С. Ш., Сулейманов Р. А., Валеев Т. К., Рахматуллин Н. Р., Бактыбаева З. Б., Рахматуллина Л. Р.** Влияние предприятий горнорудной промышленности на состояние окружающей среды и здоровье населения (обзор литературы) // Медицина труда и экология человека. — 2021. — № 3. — С. 62–75.
9. **Капелькина Л. П.** О естественном зарастании и рекультивации нарушенных земель Севера // Успехи современного естествознания. — 2012. — № 11. — С. 98–102.
10. **Кожевников Н. В., Заушинцева А. В.** Отечественный и зарубежный опыт биологической рекультивации нарушенных земель // Вестн. КемГУ. Биологические, технические науки и науки о Земле. — 2017. — № 1. — С. 43–47.
11. **Тимофеева Ю. Р., Степанова Е. А., Богданов В. Л.** Биологическая рекультивация нарушенных земель горно-промышленным комплексом (на примере ОАО “Апатит”) // Изв. СПбГАУ. — 2016. — № 42. — С. 294–299.
12. **Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в РФ в 2020 г.** — М.: Росреестр, 2021. — 197 с.

13. **Пыталев И. А., Гапонова И. В.** Анализ способов формирования и рекультивации горнотехнических сооружений, обеспечивающих эффективность их реализации в краткосрочной перспективе // ГИАБ. — 2015. — № S4–2. — С. 39–47.
14. **Мансурова М. С., Старостина Н. Н.** Анализ существующих способов переработки и рекультивации отвалов горного производства // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. — 2015. — Т. 1. — С. 219–225.
15. **Липски С. А.** Нарушение и рекультивация земель, отражение соответствующих сведений в государственных информационных системах // Никоновские чтения. — 2019. — № 24. — С. 95–97.
16. **Михайлова А. И.** Анализ современной ситуации в области лесохозяйственной рекультивации отвалов горных пород // ГИАБ. — 2008. — № S3. — С. 291–298.
17. **Архипов А. В., Земцовская Е. В.** Возможность рекультивации породных отвалов в условиях Заполярья и влияние рекультивации на отвалообразование // ГИАБ. — 2016. — № 4. — С. 110–121.
18. **Кобечинская В. Г., Ярош О. Б.** Рекультивация на карьерно-отвальных комплексах техногенных территорий в предгорном Крыму // Экономика строительства и природопользования. — 2021. — № 1. — С. 43–52.
19. **Петрова Т. В., Корабель Л. Я.** Анализ возможности использования механизмов финансовых гарантий для финансирования работ по рекультивации // ГИАБ. — 2015. — № 7. — С. 250–254.
20. **Калыбеков Т., Байгуринов Ж. Л., Рысбеков К. Б., Толеуов Б. Т.** Разработка технологических схем селективного формирования внешних отвалов с учетом рекультивации // ГИАБ. — 2014. — № 10. — С. 87–81.
21. **Назаренко Е. Б., Гамсахурдия О. В.** Биологическая рекультивация техногенных ландшафтов // Вестн. МГУЛ. Лесной вестн. — 2013. — № 4. — С. 183–187.
22. **Малинина Т. А., Дюков А. Н.** Противозерозионная и санитарно-гигиеническая роль лесных насаждений при биологической рекультивации техногенных ландшафтов Курской магнитной аномалии // Изв. Самарского НЦ РАН. — 2012. — Т. 14. — № 1–8. — С. 1979–1982.
23. **Рыбникова Л. С., Рыбников П. А., Тарасова И. В.** Геоэкологические проблемы использования выработанных карьерных пространств на Урале // ФТПРПИ. — 2017. — № 1. — С. 171–182.
24. **Егорова И. В., Астапова В. А.** Геоэкологические аспекты рекультивации гидроотвалов и хвостохранилищ горных предприятий // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. — 2013. — № 3. — С. 216–223.
25. **Панков Я. В., Трещевская Э. И., Трещевская С. В.** Опыт использования сосны обыкновенной при рекультивации промышленных отвалов Курской магнитной аномалии // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. — 2012. — № 76. — С. 787–798.
26. **Капитонов Д. Ю.** Биологическая рекультивация отвалов вскрышных пород в районе КМА // Политематический сетевой эл. науч. журн. КубГАУ. — 2012. — № 75. — С. 784–793.
27. **Кисляков В. Е., Бобров С. А., Гузеев А. А.** Обоснование параметров работ по террасированию и выполаживанию ярусов отвалов на горнотехническом этапе рекультивации // Горн. журн. — 2014. — № 8. — С. 14–21.
28. **Опрышко Д. С., Облицов А. Ю.** Современные подходы к горно-технической рекультивации // Зап. Ги. — 2013. — Т. 203. — С. 142–145.
29. **Зеньков И. В., Жукова В. В., Гильц Н. Е., Юрковская Г. И., Миронова Ж. В., Смирнова Т. А., Горячева О. Е.** Разработка технологий отсыпки отвалов угольных разрезов на основе прогнозирования результатов лесной рекультивации // Экология и промышленность России. — 2019. — Т. 23. — № 6. — С. 46–51.
30. **Алексеев А. В., Дребенштетт К.** Оценка воздействия на окружающую среду и рекультивация отвалов карьера по добыче мергеля // Научн. ведомости БелГУ. Естественные науки. — 2018. — Т. 42. — № 3. — С. 467–477.
31. **Миронова С. И., Поисеева С. И., Васильев Н. Ф., Кудинова З. А.** Опыты биологической рекультивации на отвале № 6 карьера “Мир” // Успехи современного естествознания. — 2012. — № 11. — С. 120–121.

32. **Тяботов И. А., Гревцев Н. В., Олейникова Л. Н., Горбунов А. В.** Рекультивация хвостохранилища обогатительной фабрики с использованием торфа и сапропеля // *Агропродовольственная политика России*. — 2018. — № 5. — С. 41–46.
33. **Тихменев Е. А., Тихменев П. Е.** Технологические аспекты противоэрозионной рекультивации золоторудных месторождений криолитозоны // *Известия Самарского НЦ РАН*. — 2012. — Т. 14. — № 1–3. — С. 817–821.
34. **Юркевич Н. В., Юркевич Н. В., Гуреев В. Н., Мазов Н. А.** Проблемы контроля фильтрации вод через гидротехнические сооружения в условиях вечной мерзлоты // *Изв. ТПУ. Инжиниринг георесурсов*. — 2020. — Т. 331. — № 4. — С. 126–138.
35. **Белобров В. П., Гребенников А. М., Куленкамп А. Ю., Ряшко А. И., Торочков Е. Л.** Особенности биологической рекультивации отвала фосфогипса балаковского филиала АО “Апатит” // *Экологический вестн. Северного Кавказа*. — 2015. — Т. 11. — № 1. — С. 20–25.
36. **Малинина Т. А., Дюков А. Н., Голядкина И. В.** Применение полимеров для закрепления эродируемых субстратов при рекультивации техногенных ландшафтов Курской магнитной аномалии // *Лесотехнический журн.* — 2012. — № 3. — С. 50–54.
37. **Дмитракова Я. А., Абакумов Е. В.** Восстановление почвенно-растительного покрова на участках рекультивации кингисеппского месторождения фосфоритов // *Почвоведение*. — 2018. — № 5. — С. 630–640.
38. **Ермаков А. Ю., Сенкус В. В., Потокина М. В., Сенкус В. В.** Рекультивация открытых горных выработок с использованием твердых бытовых и промышленных отходов, необработанных и переработанных остатков сточных вод // *ГИАБ*. — 2017. — № 4. — С. 409–414.
39. **Архипов А. В., Решетняк С. П.** Особенности рекультивации породных отвалов на территориях Севера и Заполярья России // *Вестн. КНЦ РАН*. — 2016. — № 2. — С. 39–43.
40. **Дмитракова Я. А., Абакумов Е. В., Першина Е. В., Иванова Е. А., Андронов Е. Е.** Динамика растительного сообщества и микробиома хроносерий посттехногенных почв в известняковом карьере в условиях рекультивации // *Сельскохозяйственная биология*. — 2018. — Т. 53. — № 3. — С. 557–569.
41. **Тохтарь В. К., Мартынова Н. А., Корнилов А. Г., Петин А. Н.** Опыт разработки эффективных способов биологической рекультивации отвалов ГОКов на юге среднерусской возвышенности // *Проблемы региональной экологии*. — 2012. — № 2. — С. 83–86.
42. **Нуреева Т. В., Куклина Н. А., Чефранова М. Н., Мухортов Д. И.** Особенности роста и формирования культур сосны обыкновенной при рекультивации карьеров // *Вестн. ПГТУ. Лес. Экология. Природопользование*. — 2016. — № 1. — С. 57–68.
43. **Бекузарова С. А., Бурдзиева О. Г., Качмазов Д. Г., Майсурадзе М. В.** Экологические проблемы на территориях с горнодобывающей промышленностью и активная рекультивация токсических почв // *Геология и геофизика Юга России*. — 2018. — № 4. — С. 7–17.
44. **Уфимцев В. И.** Опыт и современное состояние лесной рекультивации в Кузбассе // *Сибирский лесной журн.* — 2017. — № 4. — С. 12–27.
45. **Кожокарь И. П.** Правовые проблемы рекультивации земель // *Тр. ИГП РАН*. — 2021. — Т. 16. — № 3. — С. 69–88.
46. **Шамордин Р. О.** Вопросы правового регулирования проведения рекультивации земель при недропользовании // *Журн. рос. права*. — 2018. — № 5. — С. 148–155.
47. **Мисник Г. А.** Организационно-правовое обеспечение рекультивации земель // *Экологическое право*. — 2019. — № 4. — С. 13–16.
48. **Кодолова А. В.** Рекультивация как способ возмещения вреда, причиненного почвам, в натуральной форме: обзор судебной практики // *Региональная экология*. — 2017. — № 2. — С. 77–84.
49. **Борзенкова А. В., Синьков Л. С.** Механизм финансовых гарантий рекультивации земель при открытых горных работах // *Управление экономическими системами*. — 2013. — № 10. — С. 1–12.

Поступила в редакцию 11/X 2022

После доработки 18/X 2022

Принята к публикации 24/XI 2022