

С. Я. ЛЕВИТ,
Уральский университет
Г. М. ПИКАЛОВА
Институт горного дела МЧМ СССР

Шламохранилища предприятий черной металлургии и проблемы их рекультивации

Среди разнообразных форм нарушений природного ландшафта, возникающих при добыче и переработке металлургического сырья, значительное место занимают отвалы отходов обогатительного производства — шламо- и хвостохранилища. Величина территории под этими объектами в целом по горнорудной подотрасли сопоставима с величиной собственно отвалов, сформированных породами вскрыши. В соответствии с имеющейся классификацией отвалов (Колесников, Пикалова, 1974), образованных минеральными грунтами, они относятся к классу отвалов, сложенных породами, подвергшимися частичной или полной переработке. Особенности принятой на производстве системы обогащения обуславливают не только состав отходов, но и их гранулометрические характеристики, форму и конфигурацию поверхности такого отвала, формируемого средствами гидротранспорта или путем складирования «сухих» отходов обогащения.

Значительные по размерам территории, занимаемые шламо- и хвостохранилищами, а также необходимость сокращения негативного влияния этих отходов на окружающую среду, давно поставили перед исследователями задачу закрепления их поверхности и комплексного использования отходов. Последнему уделяют особое внимание на предприятиях цветной металлургии, где раньше, чем в черной металлургии, начали разрабатывать технологию рекультивации шламохранилищ. При этом в работах советских и зарубежных исследователей отчетливо выделяются два направления: 1) закрепление поверхности от пыли с помощью физических и химических методов стабилизации и 2) разработка биологических методов рекультивации с использованием органических материалов и травянистых видов растений, способных прекратить пыление. Дифференциация разрабатываемых методов идет с учетом свойств отходов по их пригодности для биологической рекультивации (Таужнянская, 1975).

Для предприятий черной металлургии, помимо перечисленных направлений исследований, характерна разработка технологии совместного складирования отходов обогащения и пород

вскрыши, а также использования выработанного пространства для размещения отходов. Цель такой технологии — сокращение изъятия земель и интенсификация использования единицы выделенной площади (Булгаков и др., 1976; Лавриненко и др., 1977; Калишевский, 1981; и др.). Имеющийся опыт секционного складирования пород гидровскрыши и отходов обогащения на горно-обогатительных предприятиях бассейна Курской магнитной аномалии, а также проектирование и строительство хвостохранилищ в отработанных карьерах, оврагах и балках, развитые в основном на предприятиях Украины, не только позволяют снизить затраты на отвалообразование, но и сопровождаются значительной экономией земельных ресурсов.

Из общей площади земель, занятых шламо- и хвостохранилищами предприятий черной металлургии, более половины приходится на предприятия Украины. Следующую группу составляют предприятия Всесоюзного промышленного объединения «Союзруда». Располагаясь в долинах и руслах рек, балках и других естественных понижениях рельефа, шламохранилища имеют высоту от 2 (рудоуправление им. Ильича, Полтавский горно-обогатительный комбинат (ГОК), Орджоникидзеvский ГОК) до 50 м и более (Ингулецкий, Северный ГОКи, Чиатурский горно-рудный комбинат) при таких же значительных колебаниях величины занимаемой площади от 10 (Бакальское рудоуправление) до 1200 га и более (Качканарский, Южный, Марганецкий и другие ГОКи). Отдельные предприятия (Донской, Соколовско-Сарбайский, Михайловский ГОКи) имеют оба типа отходов — шламы и хвосты, что дополнительно осложняет разработку методов их рекультивации.

При решении вопросов рекультивации шламохранилищ необходимо учитывать возможность, хотя бы и в отдаленной перспективе, вторичной переработки отходов. Результаты, достигнутые отечественными и зарубежными исследователями в области комплексного использования отходов обогащения (Алтаев и др., 1979; Пустильник, Алексева, 1974; Коган, Розенберг, 1979), показывают перспективность технологии извлечения дополнительных компонентов. Исходя из этого, технология рекультивации должна быть направлена на минимизацию затрат при достижении максимального экологического эффекта. Последний будет формироваться за счет прекращения водной и ветровой эрозии поверхности, оздоровления условий окружающей среды за счет средообразующей функции растений.

Биологическая рекультивация шламохранилищ лимитируется несколькими факторами:

1. Отсутствием или критическим недостатком элементов минерального питания.
2. Неудовлетворительными водно-физическими свойствами, обусловленными преобладанием в пляжной зоне песчаных фракций, имеющих высокие фильтрационные свойства.

3. Легкой дефляционной способностью частиц, затрудняющей закрепление семян и всходов растений.

В целях улучшения свойств шлама одни авторы (Панов, Задудальский, 1973; Михайлова, 1977) предлагают осуществить гидронамыв шлама с почвой или суглинка и почвы, другие (Чугаева, 1981) — применять полив и внесение удобрений. Существующие способы рекультивации шламохранилищ, предусматривающие намыв потенциально плодородных пород и почвенного слоя общей мощностью до полуметра на нетоксичных отвалах — шламохранилищах, следует признать рациональными лишь в виде исключения. Только при больших площадях этих отвалов и расположении их вблизи к сельскохозяйственным угодьям затраты по нанесению слоя такой мощности могут быть оправданы. При разработке методов временной стабилизации поверхности хвостохранилищ необходимо исходить из принципа «минимального землевания», понимая под этим агротехнические приемы улучшения свойств субстрата, предусматривающие минимальные воздействия. Именно с этих позиций мы подходили к разработке способов рекультивации шламохранилищ, практическое осуществление которых производится на шламохранилище Качканарского ГОКа.

Хвостохранилище Качканарского ГОКа является уникальным гидротехническим сооружением, состоящим из 19 секций (Мельников Т. И. и др., 1979) и 2 отсеков — Выйского и Роголевского — общей площадью более тысячи гектаров.

Для того чтобы изучить возможности создания растительного покрова на шламохранилище, лаборатория промышленной ботаники Уральского университета совместно с лабораторией рекультивации и восстановления земель Института горного дела МЧМ СССР в течение ряда лет ведет исследования по изысканию наиболее экономичных и приемлемых способов рекультивации шламохранилищ биологическими методами.

Работы по данной тематике ведутся в двух направлениях: 1) типизация отходов обогащения на предприятиях Минчермета СССР и 2) разработка способов биологической рекультивации шламохранилища на Качканарском горно-обогатительном комбинате.

Вопрос биологической рекультивации хвостохранилищ, являясь в данный момент остроактуальным, довольно широко обсуждается в отечественной и зарубежной научной литературе. Имеющиеся данные говорят о том, что биологическая рекультивация шламохранилищ, даже лишенных токсичных для растений элементов, не может быть проведена без применения субстратулучшающих материалов. Это связано с тем, что отходы обогащения представляют собой бесструктурный субстрат, обладающий отрицательными водно-физическими свойствами, лишенный основных элементов минерального питания растений и органики.

Опыт биологической рекультивации отвалов у нас и за рубежом заключается в основном в применении способа нанесения на шлам слоя плодородной почвы или потенциально плодородных грунтов с последующим созданием на них растительного покрова. В условиях Урала, Заполярья, Горного Кавказа и других регионов нашей страны, где слой плодородной почвы невелик или совсем отсутствует, не представляется возможным рекультивировать отвалы с помощью нанесения почвенного покрытия. Следовательно, возникает необходимость использования других субстратулучшающих материалов.

С этой целью на территории шламохранилища Качканарского ГОКа был создан стационарный участок по изучению возможности использования некоторых субстратулучшающих материалов и подбору ассортимента растений, способных создать растительный покров в данных условиях. Для проведения эксперимента на поверхность шлама были нанесены субстратулучшающие материалы, являющиеся отходами производства. Мощность слоя наносимого материала 10—15 см. С помощью легкой бороны эти материалы перемешивались со шламом. Далее были внесены минеральные удобрения азот, фосфор, калий из расчета по 90 кг/га действующего начала и проведен посев семян с заделкой их и удобрений легкими боронами. Ассортимент растений, высеянных на стационаре, включал многолетние травы: овсяницы луговая и тростниковидная, тимopheевка луговая, костер безостый, пырей бескорневищный, регнерия волокнистая, полевица белая, бекманния, лядвинец рогатый, люцерна синегибридная, клевера красный и розовый, донники белый и желтый. В качестве покровной культуры использовалась озимая рожь.

На шламохранилище проведены посадки девяти видов ивы и одного вида тополя черенками, а также саженцев сосны, березы, малины, облепихи и ивы в ямки с добавлением 2 кг глины.

В течение пяти лет проводились наблюдения за ростом и развитием растений и формированием растительного покрова. Продукты жизнедеятельности растительных организмов, минеральные удобрения способствуют улучшению агрохимических и агрофизических свойств субстрата. Для того чтобы определить степень изменений свойств шлама, происходящих в процессе жизнедеятельности растительных организмов и внесения минеральных удобрений, ежегодно во всех вариантах опыта отбирались и анализировались образцы субстрата на содержание основных элементов минерального питания растений и углерода.

Регулярно проводились наблюдения за температурой и режимом влажности шлама.

На стационаре Качканарского шламохранилища уже в год посева образовался хороший растительный покров. Озимая рожь во всех вариантах опыта дала обнадеживающие результаты,

выпала она лишь в варианте чистый шлам + удобрения. Из трех вариантов наиболее изреженным был посев на шламе с древесными опилками. На участках с нанесением глины и отходов ТЭЦ средняя высота ржи была 95 см, некоторые растения достигали 1,5 м, что является нормальной высотой для ржи в обычных почвенных условиях. Общее кущение ржи было в пределах 4—5 побегов, продуктивная кустистость чаще всего 1, очень редко — 2 побега. Повторные посевы ржи показали аналогичные результаты. Следовательно, на шламе при проведении субстратулучшающих мероприятий рожь может успешно произрастать и давать семена.

Наилучшие результаты при выращивании многолетних трав получены на третий год. Причем степень их развития зависела как от видовых особенностей трав, так и от варианта опыта.

Так, в одном варианте наилучшего развития достигли пырей бескорневищный и костер безостый, из бобовых культур люцерна синегибридная. Другой вариант оказался наиболее благоприятным для развития овсяницы луговой и тимофеевки луговой. Однако рост многолетних трав в высоту был меньше, чем у тех же видов многолетних трав на сеяных лугах в обычных почвенных условиях.

Для того чтобы создать устойчивый растительный покров, отвечающий поставленной цели, надо чтобы травы в полной мере проявили свою способность к кущению. Интенсивно кустящиеся травы создают плотный травостой. Кущение обуславливает продуктивность и продолжительность жизни злаков, а следовательно, урожай. Кроме того, усиленное кущение, создание большой растительной массы ведут к накоплению органического вещества в субстрате. В свою очередь темп и ритм кущения луговых злаков в значительной степени зависят от физико-химических и фитоценологических условий. Именно вследствие неблагоприятных условий экотопа луговые злаки слабо проявляют способность к кущению.

Так, в течение четырех вегетационных периодов особи всех злаков имели не более 17 побегов, из них 3—4 генеративных. В то же время в обычных почвенных условиях эти растения обладают высокой побегообразовательной способностью. Следовательно, влияние экстремальных условий отвала существенно сказывается на снижении побегообразовательной способности луговых трав. Отсюда возникает необходимость увеличивать норму высева семян для получения более загущенного посева, способного создать плотный травостой. Корневая же система растений развивается достаточно интенсивно, и масса корней немного уступает растениям на почве. Так, по данным П. В. Лебедева и Н. П. Углова (1961), тимофеевка луговая способна накапливать уже в первый год жизни до 21 ц/га корней, в условиях шламохранилища тимофеевка дала 17,2 ц/га.

Как известно, злаки предъявляют высокие требования к вла-

жности почвы и уровню азотного питания. Отсутствие азота и низкая влагообеспеченность шлама являются факторами, ограничивающими кущение злаков. Результаты наблюдений и анализов чистого шлама и шлама с добавлением субстратулучшающего материала показали, что шлам за счет своей бесструктурности, низкой влагоудерживающей способности и сильной степени нагрева частиц практически не содержит влаги в поверхностных слоях. Так, только в день выпадения осадков в шламе отмечается более высокое содержание влаги. В вариантах с применением глины и особенно отходов ТЭЦ влажность субстрата повышается, что способствует улучшению условий произрастания растений.

На стационаре Качканарского шламохранилища получены положительные результаты при выращивании ивы и облепихи. Ива, посаженная черенками в ямы с добавлением отходов ТЭЦ и глины, на четвертый год дала кусты высотой до 2 м с 3—4 побегами. Двухлетние саженцы облепихи через два года имели высоту до 1,5 м и большое количество хорошо облиственных побегов. На некоторых кустах отмечено плодоношение.

Пятилетние итоги работ по изучению возможности биологической рекультивации шламохранилища с внесением минимальных количеств субстратулучшающих материалов, являющихся отходами промышленного производства, и минеральных удобрений дали положительные результаты.

Несмотря на то что многолетние травы по вариантам развивались по-разному, большинство из них оказались перспективными для создания на шламохранилище растительного покрова, способного прекратить дефляцию шлама и эрозийные процессы, являющиеся причиной загрязнения окружающей среды.

В результате испытаний установлен ассортимент растений применительно к виду субстратулучшающего материала. Овсяница луговая, тимофеевка луговая, клевер красный и костер безостый лучше развиваются в варианте шлам + глина. При применении древесных опилок рекомендуется использовать люцерну синегбридную, клевер красный, костер безостый.

Опыт показал, что внесение удобрений целесообразно дробными дозами. Кроме предпосевного удобрения необходимы подкормки. Травостой на шламохранилище оказался исключительно отзывчивым на внесение минеральных удобрений в виде подкормок.

На четвертый год отмечено изреживание травостоя, и наиболее сильно в варианте шлам + глина. Из высеянного ассортимента интенсивное изреживание отмечено у овсяницы луговой.

Для того чтобы травостой на шламохранилище сохранить длительное время, проведен ручной подсев злаково-бобовой травосмеси.

Результаты проведенного исследования позволили определить необходимые агротехнические мероприятия для создания условий, способствующих успешному проведению биологической рекультивации шламохранилища с использованием луговых трав, озимой ржи и древесно-кустарниковых видов.

ЛИТЕРАТУРА

Алтаев Ш. А., Катков Ю. А., Жалгасов Н. Ж. и др., 1979. Комплексное использование хвостов обогащения Джездинской обогатительной фабрики.— В кн.: Комплексное использование минерального сырья. Алма-Ата, № 12, с. 13—18.

Булгаков И. С., Дергилев М. А., Безбородов А. Ф., 1976. Оценка рациональных параметров гидротвалов для условий карьеров КМА.— В кн.: Комплексное развитие КМА. Губкин, вып. 9, с. 66—73.

Калишевский В. Н., 1981. Эффективность совместного складирования отходов обогащения и вскрышных пород.— Горн. журн., № 2, с. 25—27.

Коган И. Л., Розенберг З. М., 1979. О некоторых аспектах экономической эффективности утилизации хвостов обогатительных фабрик.— Колыма (Магадан), № 8, с. 20—22.

Колесников Б. П., Пикалова Г. М., 1974. К вопросу о классификации промышленных отходов как компонентов техногенных ландшафтов.— В кн.: Растения и промышленная среда. Свердловск, вып. 3.

Лавриненко И. К., Середа Г. Л., Колибаба В. Л., 1977. Использование отработанных карьерами земель для размещения хвостохранилищ.— Горн. журн., № 3, с. 29—31.

Лебедев П. В., Углов Н. П., 1961. Биология и агротехника лугопастбищных трав. Свердловск.

Мельников Т. И., Мельников И. Т., Еремин Н. Н. и др., 1979. Опыт эксплуатации хвостового хозяйства Качканарского ГОКа.— Горн. журн., № 1, с. 25—29.

Михайлова З. Н., 1977. Пригодность отходов обогатительных фабрик к биологическому освоению.— В кн.: Комплексное развитие КМА. Разработка и использование минерального сырья. Губкин, вып. 10, с. 115—117.

Панов В. А., Заудальский И. И., 1973. Способ рекультивации хвостохранилищ. А. с. № 380263 (СССР).— Б. И., № 21.

Пустыльник Г. Л., Алексеева Ю. А., 1974. Перспективы комплексной переработки красного шлама за рубежом.— Цветная металлургия, № 16, с. 40.

Таужиянская З. А., 1975. Стабилизация и рекультивация хвостохранилищ за рубежом.— Цветная металлургия, № 11, с. 19—21.

Чугаева Н. А., 1981. Оценка пригодности пород хвостохранилищ для биологической рекультивации на Подмосковном горно-химическом заводе.— Тр. НИИ горно-хим. сырья, № 53, с. 85—90.