

УДК 622.822:622.271.45

Э.М. Соколов, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, (4872) 33-22-70, [ecology@tsu.tula.ru](mailto:ecology@tsu.tula.ru) (Россия, Тула, ТулГУ),

Н.М. Качурин, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, проректор, (4872) 33-22-70, [ecology@tsu.tula.ru](mailto:ecology@tsu.tula.ru) (Россия, Тула, ТулГУ),

Н.И. Мелехова, д-р техн. наук, проф., (4872) 33-22-70, [ecology@tsu.tula.ru](mailto:ecology@tsu.tula.ru) (Россия, Тула, ТулГУ)

## РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТВАЛОВ ОТРАБОТАННЫХ ШАХТ ПОДМОСКОВНОГО БАССЕЙНА

*Рассмотрены отвалы горнодобывающих производств. Проанализированы отличия отвалов горных разработок открытого типа и отвалов глубинных выемочных работ.*

*Ключевые слова: отвалы горных разработок открытого типа, и отвалы глубинных выемочных работ.*

Отвалы горнодобывающих производств подразделяются на две основные группы - отвалы открытых разработок и отвалы глубинных выемочных работ.

Природа образующихся отвалов по вышеуказанным схемам добычи полезного продукта (руды) значительно отличаются. Отличия сформированы по происхождению осадочных пород, включающих горную руду, а также естественной временной дифференциацией сопутствующих руде микрокомпонентов.

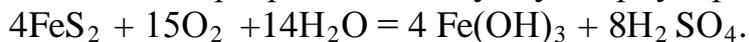
Например, отвалы горных разработок открытого типа, сформированные вблизи дневной поверхности земной коры, будут мало отличаться от состава вмещающих осадочных пород. В этой связи такие отвалы, как и материнские породы близлежащего ландшафтного окружения, будут служить основой почвообразовательных процессов. На таких отвалах почвенный слой мощностью в 1,5...2,0 см будет сформирован за период в 15-30 лет. Такого почвенного покрова вполне будет достаточно для дальнейшего развития высшей растительности.

Отвалы второй группы, извлеченные из больших глубин, будут обогащены породами и элементами в восстановленной форме –  $Fe^{2+}$ ,  $S^{2-}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{+}$  и другими элементами и соединениями.

Такие отвалы в адсорбированной и связанной форме (соединения внедрения) содержат рудничные газы – метан, окись углерода, аммиак, сероводород. Причинами отличий таких отвалов явились анаэробные условия залегания горной руды. После выхода на дневную поверхность такие отвалы начинают быстро вступать в химическое взаимодействие с кислотом атмосферной. Так включения пиритов ( $FeS_2$ ) в итоге после химического выщелачивания превратятся в гидроксиды  $Fe^{3+}$ , серную кислоту, согласно схемам превращений:



В итоге все стадии превращений дадут суммарную реакцию:



Таким образом, в ареоле таких отвалов формируются кислые (сернокислотные) потоки и железо- и марганцевосодержащие и другие скопления. Во избежание образования «лунных» ландшафтов вокруг отвалов, их необходимо рекультивировать или использовать в качестве вторичных минерально-сырьевых ресурсов.

Например, пириты могут быть использованы в качестве эффективных восстановителей кислых хромсодержащих стоков, а также в производстве комплексных железо- и серосодержащих препаратов (или удобрений).

Кроме того, золошлаковые отходы (ЗШО) от сжигания углей Подмосковского бассейна содержат 28...40 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 45...58 %  $\text{SiO}_2$ , 6...11 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , а также скандий, цирконий, титан, иттрий, галлий и др. цветные металлы. Получение алюминиевых и других продуктов - алюминиево-кремниевого сплава для раскисления сталей вместо алюминия, алюмохлоридных и алюмофосфатных коагулянтов и квасцов из минеральной части ЗШО углей Подмосковского бассейна может возродить его добычу. Во всех перечисленных продуктах наблюдается острый дефицит.

Отходы углеобогащения образуются в количестве 3 т на 1 т угля с постоянным ростом соотношения в сторону образования отхода к добываемому углю. Дисперсность отвалов составляет 1,9 – 3,0 мм в верхних ярусах и более 50 мм в нижних ярусах отвалов. Химсостав терриконов шахт Подмосковского угольного бассейна примерно следующий:

$\text{SiO}_2$  53,7 - 83 % ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  9,6 – 16,4 % ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 0,4 -5,0 %;

$\text{TiO}_2$  0,3 - 1,1 % ;  $\text{MgO}$  0,15 - 0,25 % ;  $\text{CaO}$  0,3 - 2,5 %;

$\text{MnO}_2$  0,01 - 0,02 % ;  $\text{K}_2\text{O}$  0,2 - 0,8 % ;  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,02 – 0,5 %.

Возможные области применения отвалов углеобогащения – это для засыпки твердых бытовых отходов. Имеется международный опыт такого использования отходов углеобогащения.

В угольной промышленности важной проблемой является также восстановление и возвращение для использования в народном хозяйстве земель, нарушенных горными, геологоразведочными и другими работами.

Первый положительный опыт рекультивации отвалов в угольной промышленности был получен на площади 103 га гидроотвалов отработанного угольного разреза «Байдаковский» производственного объединения «Александрияуголь». Здесь были произведены посадки сосны, акации белой, бузины, тополя, которые хорошо прижились.

В местах, где на поверхности имелись токсичные углистые породы, покрыли лессовидными суглинками и плодородным слоем почвы, в результате чего они были превращены в высокоплодородные угодья.

Первый опыт рекультивации гидроотвалов был положен в основу горнотехнической рекультивации отвалов открытых разработок отрасли.

Заслуживает внимания положительный опыт рекультивации земель бурогольных разрезов, расположенных в Кировоградской и Черкасской областях. При рекультивации отвалов и при восстановлении нарушенных земель выровненные отвалы покрывают лессом или лессовидными суглинками, затем плодородной почвой. В этом плане наибольшую ценность представляют лессы и лессовидные четвертичные суглинки, которые являются потенциально плодородным субстратом для с.-х. культур и лесных насаждений. Они содержат 0,03...0,50 % гумуса, ряд питательных веществ в минеральной форме и 10...18 % кальция. Наличие кальция особенно ценно для нейтрализации фитотоксичных пород отвалов при покрытии их слоем толщиной 2...3 м. Свойства лессовидных суглинков позволяют полностью исключить другие способы химической мелиорации.

Породные отвалы шахт Донбасса состоят преимущественно из глинистых (60...90 %), песчаных (10...30 %) сланцев, песчаников (4...10%) и известняков (до 6 %). Отвалы также содержат пирит (до 10 %), уголь (6...20 %), древесину и серу. При свободном доступе кислорода воздуха уголь в отвалах самовозгорается. Поэтому значительное количество породных отвалов горит. При горении угля в отвале порода подвергается воздействию высокой температуры (до 1500 °С), в результате чего физические и химические свойства ее изменяются. Одновременно от горящих терриконов выделяются вредные газы (сероводород, угарный и сернистый газ), которые распространяются на 1500 м от интенсивно горящих и на 1000 м от слабогорящих отвалов. В Донбассе зафиксировано более 50 % горящих терриконов. Пирит под действием высокой температуры и при ограниченном доступе воздуха разлагается, образуя сернистый газ. Часто отлагается сера, Из сернистого газа и воды образуется серная кислота, а из нее - ряд солей, в первую очередь калия и натрия.

Таким образом, химическое выветривание горной породы дополняет и усиливает термическое. Наиболее интенсивно процессы выветривания протекают в верхней части отвала, где вскоре после окончания эксплуатации преобладают пылевидные частички. Кислотность пород резко возрастает (рН = 1,5...2,0). Поверхностный слой породы заплывает, образуется плотная водонепроницаемая корка, препятствующая проникновению сточных вод вглубь отвала. Высокая кислотность и плотная корка препятствуют появлению растительности на поверхности отвала.

После затухания очагов горения и вымывания атмосферными осадками солей и остатков серной кислоты начинается естественное зараста-

ние породных отвалов сорняками. Зарастание наблюдается также на горящих овалах и в местах, где породу отсыпают послойно.

По скорости естественного зарастания шахтные породные отвалы подразделяются на три основные группы.

1. Отвалы, образованные из неметаморфизированных и слабо метаморфизированных осадочных пород, содержащих в незначительном количестве уголь. Такие отвалы образуются их пород, выдаваемых на поверхность при проходке стволов, полевых штреков и других горных выработок, проводимых на небольших глубинах. Такие отвалы образуются редко, они, как правило, небольшие. Горение их если и происходит, то небольшими очагами и в течение короткого промежутка времени. Естественное их зарастание происходит в первые 10 лет после окончания эксплуатации.

2. Наиболее распространенные отвалы. В зависимости от их размеров естественное зарастание начинается через 15 - 30 лет после окончания эксплуатации. Такие отвалы разделяют на две подгруппы: а) отвалы угольных (неантрацитовых) шахт, в этих отвалах содержится много летучих частичек, горение их слабое, но продолжительное, до 30 лет; б) отвалы антрацитовых шахт. Они состоят из сильно метаморфизированных сланцев, которые при разработке измельчаются незначительно. Возгорание пород происходит не быстро, но они горят весьма интенсивно с более высокими температурами. Продукты горения легко вымываются. Естественное зарастание таких отвалов задерживается из-за отсутствия мелкой фракции породы. Выветривание протекает очень медленно.

3. Отвалы обогатительных фабрик. Особенность таких отвалов состоит в том, что при дроблении угля и породы дробится до размеров, не превышающих 150 мм, с преобладающим количеством измельченного материала. Порода укладывается в отвал при влажности 40 %, и сегрегация частичек не происходит. Количество горючих частичек и пирита примерно на 30 % больше, чем в отвалах шахт. Кислотность таких отвалов высокая. Зарастание породных отвалов этой группы начинается через 30-50 лет после эксплуатации.

### Список литературы

1. Соколов Э.М., Мелехова Н.И., Качурин Н.М. Экологическая направленность в высшей школе//Изв. ТулГУ. Сер. Экономические и социально-экологические проблемы природопользования. М. – Тула, 2000. С. 80-82.

*E. Sokolov, N. Kachurin, N. Melehova  
Revegetation waste dumps of mines by using efficiency arrangements.  
The waste dumps of mines were studied. Differences of waste dumps for open pits and mines were analyzed.*

*Key words: waste dump, open pit, mine, landscape.*

Получено 17.03.2010