

УДК 622.271.45

ТЕХНОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ
ВСКРЫШНЫХ ПОРОД НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА

В. И. Ческидов, А. С. Бобыльский

*Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН,
E-mail: cheskid@misd.ru, Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия*

Представлен анализ способов и средств отвалообразования вскрышных пород на угольных разрезах Кузнецкого бассейна. Отмечены особенности формирования породных отвалов, определены зависимости их устойчивости от горно-геологических условий и физико-механических свойств складированных пород. Выделены приоритетные направления дальнейшего развития отвалообразования, ориентированные на рациональное использование выработанных карьерных пространств и площадей законсервированных гидроотвалов вскрышных пород. Рассмотрены проблемы экологической безопасности отвалообразования.

Разрезы, отвалообразование, вскрышные породы, внутренние и внешние отвалы, гидроотвалы, технологические схемы, экологическая безопасность

DOI: 10.15372/FTPRPI20170511

В настоящее время в мире горнодобывающими отраслями промышленности извлекается из недр более 200 наименований полезных ископаемых, из них открытым способом добывается ежегодно около 90 % горной массы. Общее количество перемещенной из недр горной массы превышает 100 млрд т [1]. Уже сейчас в России при открытой добыче минерального сырья свыше 30 карьеров имеют глубину более 150 м (железородных более 300, цветных металлов — 400–600 м, асбестовых — 400–600, угольных в Кузбассе и Экибастузе — 300–600 м). В ближайшей перспективе около 70 % угольных и рудных карьеров достигнут глубины 700 м. Результатом такого воздействия является образование техногенных массивов — искусственно сформированных тел, представленных горными породами, отходами обогащения, золами, шлаками, шламами, оказывающими большую экологическую нагрузку на среду обитания человека, животного и растительного мира.

В России ежегодно предприятиями минерально-сырьевого комплекса нарушается около 150 тыс. га земель, а добыча 1 млн т угля приводит к нарушению от 2,6 до 43 га земельных угодий. Наибольшие изменения земной поверхности и загрязнение окружающей среды происходят при открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых, на долю которого приходится свыше 75 % угледобычи. В России и других промышленно развитых странах из общей площади земельного отвода 20–45 % занимают внешние отвалы вскрышных пород, около 13 % — хвостохранилища обогатительных фабрик. Для этих целей ежегодно требуется изъятие под отвалы 10–15 тыс. га земель. Расходы на отвалообразование на угольных разрезах составляют 12–25 % от себестоимости 1 м³ вскрыши.

Негативные последствия горного производства особенно проявляются в ведущем угледобывающем регионе страны — Кузбассе, обеспечивающем более половины общероссийской добычи угля, в том числе более 63 % открытым способом [2]. Самое большое воздействие оказывают внешние отвалы пустых пород, которые занимают 50–70 % нарушаемой разрезами (карьерами) земной поверхности. Кроме того, прилегающие к отвалам площади подвергаются загрязнению и обезвоживанию (депрессионные воронки). Использование в условиях Кузбасса традиционных технологий открытой разработки приведет в будущем к еще большей техногенной нагрузке на окружающую среду. По оценке специалистов ожидается, что площадь отчуждаемых земель превысит площадь нарушенных всеми отработанными и действующими разрезами Кузбасса за весь период развития открытой угледобычи в бассейне; под нарушение попадают районы с относительно высокоразвитым сельским хозяйством [3, 4].

Все это подчеркивает актуальность проблем совершенствования способов и средств добычи, экологической безопасности горных работ на разрезах (карьерах) и, в частности, отвалообразования вскрышных пород. Исходя из условий размещения, отвалы вскрышных пород подразделяют на внешние и внутренние, формируемые за границами и внутри поля разреза (рис. 1).



Рис. 1. Классификация отвалов вскрышных пород

На разрезах бассейна, разрабатывающих угольные месторождения с различными горногеологическими условиями, вскрышные породы складировались как во внешних, так и во внутренних отвалах. Внешнее отвалообразование приурочено к месторождениям с крутым и наклонным залеганием пластов, внутреннее применяется на пологопадающих месторождениях, обрабатываемых по бестранспортной технологии с непосредственной перевалкой вскрыши экскаваторами-драглайнами [5]. Там же практикуется комбинированное отвалообразование с размещением пород вскрыши с транспортных горизонтов поверх внутренних бестранспортных отвалов.

В работе рассмотрены способы и особенности отвалообразования вскрышных пород при открытой угледобыче в бассейне. Выбор местоположения и конструктивных параметров отвалов осуществляется с использованием основных данных: геологоразведочных (об отсутствии полезных ископаемых в пределах площади, намечаемой под отвал); физико-механических свойств пород, размещаемых в отвал и залегающих в его основании; гидрогеологических условий; технологических. Отвалы вскрышных пород должны иметь достаточную емкость, находиться на минимальном расстоянии от мест разработки породного массива, не препятствовать развитию горных работ в разрезе, формироваться с учетом требований промышленной и экологической безопасности, обеспечивать возможность проведения высокоэффективной рекульти-

вазии. Особое внимание уделено внутреннему отвалообразованию как наиболее ресурсосберегающему и экологически более щадящему в сравнении со складированием вскрышных пород на внешних отвалах.

Как показывает опыт эксплуатации разрезов, бестранспортная технология обеспечивает лучшие показатели горных работ: устойчивый режим и высокую производительность ведения вскрышных работ; низкую в сравнении с транспортными технологиями себестоимость выемки и перемещения горной массы; возможность отработки массивов горных пород в сложных горно-технических условиях; наиболее экологичный способ складирования вскрышных пород. В бассейне она повсеместно применялась при освоении открытым способом практически всех месторождений, включая крутопадающие, для вскрытия выходов угольных пластов под наносы, проходки разрезных и въездных траншей, экскавации вскрышных пород и перевалки их в выработанное пространство или во временные отвалы, устройства нагорных канав и других выработок.

Как правило, внутреннее отвалообразование вскрышных пород по бестранспортной технологии проводится при углах падения пластов до 12° , что обусловлено устойчивостью отвалов. К настоящему времени эта технология, используемая преимущественно на пологопадающих месторождениях Южного и Центрального Кузбасса, достигла определенного экономически оправданного предела по мощности обрабатываемой вскрыши (50–65 м). Как показывают исследования, эти показатели могут быть существенно улучшены за счет совершенствования технологических схем экскавации и переэкскавации вскрышных пород, в том числе с высокими уступами; оснащения разрезов экскаваторами-драглайнами с увеличенными линейными параметрами; повышения устойчивости и вместимости внутренних отвалов; использования драглайнов для перемещения горной массы на вышележащие горизонты и погрузки в средства транспорта.

Возможные схемы устойчивых отвалов с примерами противооползневых мероприятий представлены на рис. 2, технологические особенности их формирования — в табл. 1 [1].

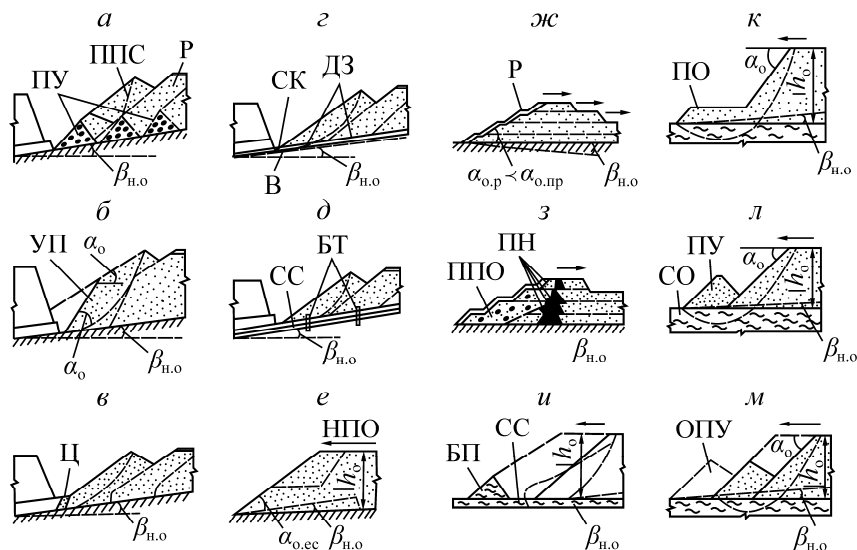


Рис. 2. Схемы устойчивых отвалов вскрышных пород: ППС — потенциальная поверхность скольжения; СК — слабый контакт; ДЗ — дренирующая засыпка; УП — уплотненная порода; Ц — целик; СС — слабый слой; ПУ — призма упора; БТ — барьер торможения; НПО — направление подвигания отвального фронта; Р — рекультивация; ПО — передовой отвал; ППО — потенциальная призма оползания; ПН — пионерная насыпь; БП — барьерная призма; ОПУ — опережающая призма упора; В — выемка; СО — слабое основание; $\beta_{н.о}$ — угол наклона основания; α_o, h_o — угол и высота отвала; $\alpha_{o,п}$ — предельный угол; $\alpha_{o,п}$ — угол откоса рекультивируемого отвала; $\alpha_{o,ec}$ — угол естественного откоса

ТАБЛИЦА 1. Технологические схемы формирования устойчивых отвалов

Схема отвала на рис. 2	Технологическая схема вскрышных и отвальных работ	Особенности формирования отвала
<i>a</i>	Раздельная выемка вскрышных пород и перевалка их во внутренний отвал	Отсыпка призмы упора из твердых пород и покрытие площади отвала рыхлыми, с последующей рекультивацией
<i>б</i>	Валовая выемка и перевалка пород во внутренний отвал с подвалкой нижней части рабочего борта	Формирование призмы упора из уплотненных пород
<i>в</i>	То же с подвалкой угольного уступа и сохранением целика	Оставление временного угольного целика с последующей его выемкой
<i>г</i>	Валовая выемка и складирование пород с отсыпкой дренирующего слоя на слабом основании	Рыхление основания отвала взрывами или устройство выемок
<i>д</i>	То же с формированием барьеров торможения	Устройство барьеров торможения
<i>e</i>	Валовая выемка пород с размещением их на внешнем отвале	Объединение ярусов после уплотнения пород (на предельном контуре)
<i>ж</i>	Раздельная выемка пород с размещением их на внешнем отвале	Одновременная отсыпка ярусов от периферии к центру с рекультивацией откоса отвала
<i>з</i>	То же	То же с отсыпкой прочных пород в призму упора и рекультивацией откоса отвала
<i>и</i>	Валовая выемка и отсыпка пород на внешнем отвале (на слабом слое)	Отсыпка пород одним ярусом с формированием барьерной призмы
<i>к</i>	То же	Отсыпка пород одним ярусом от центра к периферии и формированием передового отвала
<i>л</i>	То же (на слабом основании)	То же с формированием призмы упора
<i>м</i>	То же	То же с формированием опережающей призмы упора

На разрезе “Красногорский” экспериментальными исследованиями [6] доказана возможность применения бестранспортной технологии при углах падения нижнего пласта свиты до 15–18° путем выполнения различных противооползневых мероприятий, включающих устройство призм упора из скальных пород, оставление целика угля, сооружение барьеров торможения из рельсов или других материалов (рис. 2*a, в, д*). Ряд подобных мероприятий целесообразен также на неустойчивых внешних отвалах (рис. 2*з, и, к, л, м*). Их реализация связана с дополнительными трудовыми и финансовыми расходами, но позволяет существенно увеличить вместимость внутренних отвалов. Большинство приведенных схем формирования отвалов прошли производственную апробацию и с некоторыми изменениями с учетом конкретных горно-геологических и горнотехнических условий разрабатываемых залежей применяются на разрезах бассейна.

Определяющим условием производительного и безопасного отвалообразования вскрышных пород является их устойчивость, зависящая от физико-механических свойств пород основания отвалов, рельефа подстилающей поверхности, влажности отвальных пород, мощности и объема складированной отвальной массы, климатических особенностей района и других факторов. Наиболее распространенные виды деформаций отвальных уступов — оползневые, пластические и осадочные. Их причиной может служить недостаточная несущая способность пород основания отвала и самих складированных пород, закладка пород с различными физико-механическими свойствами, а также наличие снега и льда. Степень уплотнения тела внешнего отвала обусловлена не только скоростью продвижения фронта яруса, но и гранулометрическим составом и физико-механическими свойствами размещаемых пород. Решение проблемы увели-

чения вместимости подотвальных площадей с одновременным обеспечением устойчивости откосов — важное условие повышения эффективности и безопасности отвалообразования. Опыт возведения отвалов свидетельствует о том, что существует ряд методов, инженерных способов, технологических схем отвалообразования, направленных на повышение устойчивости и вместимости отвалов (табл. 1).

В начальный период разработки месторождений, когда вскрышные породы представлены преимущественно слабосцементированными породами (суглинки, глины), увеличение параметров отвалов может быть достигнуто за счет упорных призм их крепких литологических разностей. В качестве примера подобного инженерного решения на рис. 3 приведена схема размещения призм упора на таком отвале. Форма и размеры упорных призм выбираются в зависимости от типа складированных пород и строения основания отвала: насыпные контрфорсы, заглубленные призмы (рис. 3а) и т. д. Увеличение параметров отвала достигается путем замещения части слабых глинистых пород в призме упора на более прочные скальные породы, обладающие большей сопротивляемостью сдвигу. Возникающая при этом дополнительная удерживающая сила и коэффициент запаса устойчивости K_y зависят от ширины упорной призмы B , ее высоты h и местоположения относительно нижней бровки отвала M (рис. 3б). Как показывают расчеты, применение упорных призм позволяет в 1.3–1.5 раза увеличить вместимость отвала.

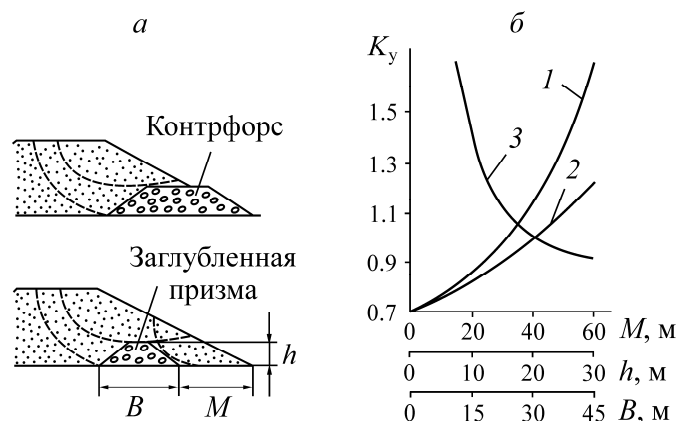


Рис. 3. Профили отвалов с контрфорсом и заглубленной призмой (а) и зависимости коэффициента запаса устойчивости отвала K_y от основных параметров призмы (б): высоты h (1), ширины B (2) и расположения относительно нижней бровки отвала M (3)

Установлено, что вместимость отвалов является функцией площади и формы отвала, а также прочностных характеристик складированных пород. Определенным устойчивым значениям высоты и угла откоса отвала (H_0, α) соответствует коэффициент формы отвала n , при котором достигается максимальная вместимость. Чем больше устойчивая высота откоса, тем меньше оптимальный коэффициент формы отвала и больше его максимальная вместимость. С повышением прочности пород соответственно растут оптимальные значения угла, высоты откоса и вместимости отвала. Отсюда следует, что при достижении оптимального соотношения между устойчивыми параметрами отвала за счет упрочнения отвальных пород или формирования прочностной структуры массива можно добиться значительного увеличения вместимости отвала. Наиболее вместительными считаются отвалы на горизонтальном основании круглой или квадратной конфигурации, т. е. с коэффициентом формы (отношение длины отвала к его ши-

рине) $n_0 = 1$. В случаях размещения отвала на наклонном основании коэффициент формы зависит от всех геометрических параметров отвала — высоты, угла откоса, площади и угла наклона основания. Анализ влияния формы и параметров отвала на его вместимость выявил следующее. Отвал высотой 100 м на наклонном основании (угол 5°) площадью 100 га имеет вместимость порядка 56 млн м^3 при коэффициенте формы $n_0 = 4$. При квадратной форме отвала вместимость снижается на 25–27%. Сравнение отвалов с квадратной формой, расположенных на горизонтальном и наклонном основаниях, показало, что вместимость первого отвала на 40% выше, чем отвала с углом наклона основания 5° . С изменением высоты отвала и угла его откоса меняется значение оптимального коэффициента формы n_0 , соответствующее максимальной вместимости отвала. Увеличение высоты отвала приводит к уменьшению n_0 , а увеличение угла откоса — к росту его значения, равно как и увеличение площади отвала (рис. 4).

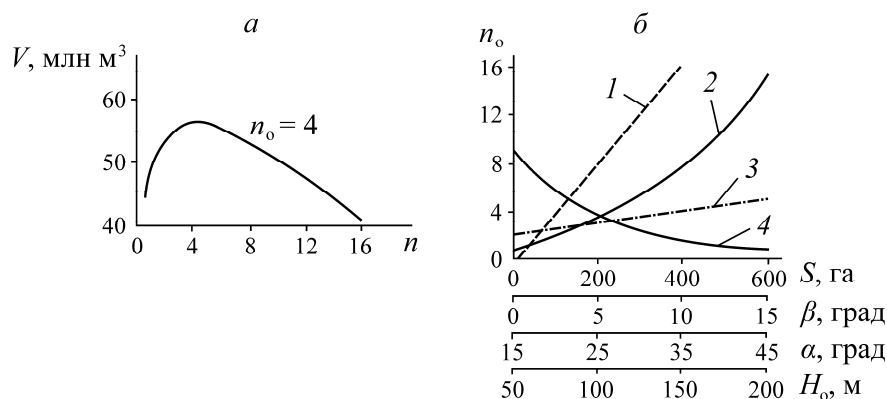


Рис. 4. Зависимость вместимости отвала V от коэффициента формы отвала n_0 (а) и оптимального коэффициента формы отвала n_0 от его параметров (б): площади S (1) и угла наклона β (2) основания, угла откоса α (3) и высоты отвала H_0 (4)

Увеличение вместимости отвала может быть также достигнуто путем установления оптимального соотношения его высоты и угла откоса. Выявлено, что между устойчивыми значениями высоты отвала H_0 и угла откоса α существует эмпирической взаимосвязь: $H_0 = p(\text{ctg } \alpha)^t$, где p, t — коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения и сцепления отвальных пород. Формула для определения вместимости отвала после включения в нее данного выражения принимает следующий вид:

$$V = S_p (\text{ctg } \alpha)^t - \frac{\sqrt{Sn}(1+n)}{n} p^2 (\text{ctg } \alpha)^{2t+1} + 1.333 p^3 (\text{ctg } \alpha)^{3t+2}.$$

После дифференцирования зависимости по α (при постоянном значении S и n) и приравнивания полученного выражения нулю получим общее выражение для расчета оптимального угла откоса, соответствующего максимальной вместимости отвала:

$$Spt(\text{ctg } \alpha)^{t-1} - \frac{1+n}{n} \sqrt{Sn} p^2 (2t+1)(\text{ctg } \alpha)^{2t} + 1.333 p^3 (3t+2)(\text{ctg } \alpha)^{3t+1} = 0.$$

Вскрышная толща на месторождениях бассейна обычно представлена различными типами пород, различающихся по своим прочностным характеристикам. Наибольшее значение имеет влажность пород в отвале, которая изменяется в широких пределах. Самые влажные — породы

у основания отвала. Выявлена тенденция к снижению влажности горных пород при увеличении высоты отвала. При валовой отсыпке всех типов скальных и полускальных пород деформация отвала может наблюдаться при высоте откоса более 25 м. При совместной отсыпке этих пород с глинами устойчивая высота откоса снизится до 12–15 м. Раздельное складирование по специально разработанным схемам отвалообразования различных по прочностным свойствам пород позволяет увеличить параметры отвалов. При горизонтальном (послойном) селективном отвалообразовании требуется согласованная отсыпка пород на всех ярусах отвала. Скорость подвигания фронта отвальных работ (ФОР) нижнего слоя должна опережать или быть равной скорости подвигания фронта вышележащего слоя: $w_1 \geq w_2 \geq w_3 \dots \geq w_n$, где $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ — скорости подвигания фронта отвальных работ соответственно на 1-м (нижнем), 2, 3, ... n слоях, м/мес (год).

Скорость подвигания ФОР одиночного отвала находится в тесной взаимосвязи с производительностью карьера по выемке того или иного типа пород V_i , мощностью слоя m_i и длиной фронта его отсыпки L_i : $w_i = V_i(m_i L_i)$.

Мощность слоя определяется как разность значений между устойчивой высотой откоса пород нижележащего слоя и устойчивой высотой откоса пород налегающего слоя: мощность 1-го (нижнего) слоя $m_1 = h_1 - h_2$, мощность 2-го слоя — $m_2 = h_2 - h_3$ (h_1, h_2, h_3 — соответственно устойчивая высота откоса отвала пород 1, 2, 3-го слоев, м).

Длина фронта отсыпки 1, 2, 3-го слоев рассчитывается следующим образом:

$$L_1 = L - 2m_1 \operatorname{ctg} \alpha_1, \quad L_2 = L - 2(m_1 \operatorname{ctg} l_1 + b_1) - 2m_2 \operatorname{ctg} \alpha_2,$$

$$L_3 = L - 2(m_1 \operatorname{ctg} \alpha_1 + b_1 + m_2 \operatorname{ctg} \alpha_2 + b_2) - 2m_3 \operatorname{ctg} \alpha_3,$$

здесь L — длина отсыпаемого отвала, м; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ — соответственно углы откосов пород 1, 2, 3-го слоев, град; b_1, b_2 — допустимая ширина берм безопасности соответственно 1-го и 2-го слоев, м.

Для послойного селективного складирования разнопрочных пород требуется выполнение следующего условия: соотношение объемов пород нижележащего и вышележащего слоев должно быть больше, чем соотношение мощности слоев $V_n / V_{n-1} > m_n / m_{n-1}$. В противном случае необходимо уменьшить высоту отвала, что приведет к снижению его вместимости, или же сократить объем тех пород, скорость отсыпки которых приводит к нарушению условия $w_1 \geq w_2 \geq w_3 \dots \geq w_n$.

Для повышения экологической безопасности процессов отвалообразования на разрезах бассейна представляется целесообразным акцентировать внимание на следующих направлениях снижения землеемкости открытой угледобычи:

— повышение степени использования выработанных карьерных пространств для складирования вскрышных пород и отходов производства (внутреннее отвалообразование);

— использование площадей законсервированных гидроотвалов для размещения отвалов “сухих” пород.

Увеличение объемов внутреннего отвалообразования — одно из наиболее эффективных направлений сокращения площадей, изымаемых под внешние породные отвалы. Это возможно за счет расширения области применения бестранспортной технологии отработки массивов вскрышных пород, что может быть обеспечено путем совершенствования технологических схем экскавации и переэкскавации вскрышных пород с помощью драглайнов с увеличенными линейными параметрами, адаптированными под горно-геологические и горнотехнические условия разрабатываемых залежей; увеличения высоты и углов откосов вскрышных уступов

в бестранспортной зоне; использования в схемах экскавации вскрышных пород драглайнами взрывов на сброс на основе совершенствования схем взрывания и использования экономичных ВВ с повышенными метательными свойствами; изыскания способов повышения устойчивости и приемной способности внутренних отвалов вскрышных пород.

Заслуживает внимания вопрос складирования части вскрышных пород с транспортных горизонтов поверх бестранспортных отвалов. Существенный экономический и экологический эффект при освоении протяженных пластовых месторождений может обеспечить внедрение систем разработки с разнонаправленным подвиганием фронта горных работ, обеспечивающих максимальное размещение вскрышных пород во внутренних отвалах [7].

Несомненные экологические преимущества дает использование для размещения “сухих” отвалов вскрышных пород на площадях законсервированных гидроотвалов [8, 9]. Возможность реализации такого варианта подтверждается практикой горных работ на ряде разрезов (Кедровский, Бачатский, Краснобродский, Красногорский, Талдинский). Экспериментальными исследованиями, проведенными на отвале Сагарлыкский для выявления характера сдвижения пород отсыпаемого массива и его наиболее рациональной высоты, установлено, что основным сдерживающим фактором служат деформации, которые зависят от состояния гидроотвала, интенсивности отвалообразования и высоты отсыпаемого слоя [10]. Несмотря на возникновение прогибов и просадок при отсыпке пород на слабое основание, отвалообразование “сухих” вскрышных пород на площади законсервированного гидроотвала вполне возможно, в том числе с использованием большегрузного автотранспорта.

Для обеспечения безопасности отвальных работ необходимо соблюдение определенного порядка отвалообразования во времени и пространстве на основе постоянного мониторинга состояния тела отвала и его основания. Выполненное сотрудниками кафедры маркшейдерского дела КузГТУ моделирование отвала разреза “Кедровский” на слабом основании из намывных глинистых пород подтверждает необходимость постоянного и всестороннего анализа его состояния [11]. Полученная ими модель позволяет выявить зоны возможного выдавливания пород основания и поля перемещений отвала, выполнить прогноз его смещения при увеличении объемов складирования горных пород. Установлено также, что использование гидроотвалов для укладки вскрышных пород возможно спустя некоторое время после того, как на его поверхности образуется плотный просохший слой. В этом случае отсыпку сухих отвалов проводят путем возведения по контуру гидроотвала и по площади последнего во взаимно пересекающихся направлениях опорных полос из дренирующих пород, вытесняющих текучие породы гидроотвала до его основания, и последующей укладки сухих пород на поверхности.

С учетом изложенного необходимо усилить внимание недропользователей и надзорных органов на проблемах повышения эффективности горных работ на разрезах бассейна, в том числе экологически опасных процессов отвалообразования вскрышных пород. При проектировании и планировании горных работ с обязательным участием научно-исследовательских организаций в числе приоритетных должны рассматриваться вопросы увеличения удельного веса внутреннего отвалообразования и использования законсервированных гидроотвалов для размещения отвалов “сухих” пород, своевременной рекультивации нарушенных земель, рационального и экологически безопасного использования объектов разрезов после завершения их эксплуатации.

ВЫВОДЫ

Отвалообразование вскрышных пород на разрезах — ресурсоемкая и экологически несбалансированная составляющая открытой угледобычи: расходы достигают 25 % от себестоимости 1 м³ вскрыши, требует изъятия до 42 га земельных угодий на 1 млн т добычи угля, является

постоянным источником загрязнения природной среды. Наибольшее негативное воздействие вызывает складирование пород на внешних отвалах разрезов.

В числе приоритетных направлений снижения негативных последствий открытой угледобычи и, в частности, землеемкости отвалообразования вскрышных пород следует отметить целенаправленное формирование и рациональное использование выработанных карьерных пространств для складирования вскрышных пород и отходов производства; размещение, при соответствующем геомеханическом обосновании, отвалов “сухих” пород на площадях законсервированных гидроотвалов.

Развитие внутреннего отвалообразования позволит сократить расходы на транспортирование и складирование горной массы, снизить изъятие земельных площадей под отвалы, уменьшить загрязнение территорий, прилегающих к полю разреза. Расширение объемов внутренних отвалов возможно путем совершенствования технологических схем экскавации и переэкскавации вскрышных пород с применением драглайнов с увеличенными линейными параметрами, адаптированными под горно-геологические и горнотехнические условия разрабатываемых залежей; увеличения высоты и углов откосов вскрышных уступов в бестранспортной зоне; изыскания способов повышения устойчивости и приемной способности внутренних отвалов вскрышных пород. Использование площадей гидроотвалов для складирования вскрыши предполагает тщательный анализ и постоянный мониторинг состояния основания и тел отвалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кортелев О. Б., Ческидов В. И., Молотилов С. Г., Норри В. К.** Внешнее отвалообразование на карьерах // РИЦ “Золотые слова”. — Новосибирск, 2009. — 158 с.
2. tass.ru/tek/3935523/12.01.2017.
3. **Перфилова У. В.** Оценка накопленного экологического ущерба в Кемеровской области. — Новокузнецк: ИнЭКА, 2006. — 49 с.
4. **Анферов Б. А., Кузнецова Л. В.** Снижение негативного воздействия на окружающую природную среду при разработке крутонаклонных угольных пластов // Изв. УГГУ. — 2016. — Вып. 3 (43). — С. 91–94.
5. **Ческидов В. И., Норри В. К.** Бестранспортная технология на разрезах Кузбасса: состояние и перспективы // ФТПРПИ. — 2016. — № 4. — С. 109–116.
6. **Фазалов Г. Т., Ческидов В. И.** Использование драглайнов на Красногорском угольном разрезе. Добыча угля открытым способом // Научно-техн. реферат. сб. — М.: ЦНИИИУголь. — 1968. — № 8. — С. 17–20.
7. **Меньшинок П. П., Ческидов В. И.** Выбор схемы отработки пологопадающих месторождений, обеспечивающих максимальное размещение вскрышных пород в выработанном пространстве // Сб. докл. II Междунар. конф. по открытым горным работам. — М., 1996. — С. 52–61.
8. **Могилин А. В.** Инженерно-геологическое обоснование технологии формирования отвальных насыпей на гидроотвалах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 2002. — 181 с.
9. **Ермошкин В. В.** Опыт и проблемы гидроотвалообразования на разрезах Кузбасса // ГИАБ. — 2006. — № 1. — Т. 1. — С. 281–286.
10. **Жариков В. П., Ермошкин В. В., Клейменов Р. Г.** Рациональное землепользование при формировании отвалов и гидроотвалов на разрезах Кузбасса // Вестн. КузГТУ. — 2011. — № 1. — С. 34–36.
11. **Бахаева С. П., Гоголин В. А., Ермакова И. А.** Расчеты на прочность отвалов вскрышных пород на слабом основании // ФТПРПИ. — 2016. — № 3. — С. 46–54.

Поступила в редакцию 1/IX 2017