



А. Д. ПОЛУЛЯХ,
доктор техн. наук
(ОП «УкрНИИУглеобогащение»
ГП «НТЦ «Углеинновация»)



А. Н. КОРЧЕВСКИЙ,
канд. техн. наук
(ГВУЗ «ДонНТУ»)



И. В. ЕРЕМЕЕВ,
инж.
(ЦОФ «Гуковская»)

При разработке проектов углеобогащительных фабрик предусматривается решение важнейших технико-экономических задач, в частности складирование жидких отходов и создание породных отвалов, не склонных к самовозгоранию. Первую задачу решают в основном с помощью илонакопителей, вторую – применив

УДК 622.7

Складирование жидких отходов углеобогащения в породных отвалах

Установлены причины вяжущих свойств жидких отходов углеобогащения и возможность их взаимодействия с поверхностью отходов, складированных в породные отвалы. Предложен новый способ складирования жидких отходов углеобогащения в породных отвалах, позволяющий исключить их самовозгорание.

Ключевые слова: углеобогащение, жидкие отходы, вяжущие свойства, породный отвал, технология складирования.

Контактная информация: tehotdel.ukrnii@gmail.com

специальную технологию отсыпки породных отвалов, включающую уплотнение материала, создание противопожарных слоев, орошения и т. д.

На данный момент сложности при решении *первой задачи* заключаются в том, что в большинстве случаев на государственном уровне запрещен отвод земель под складирование жидких отходов. Кроме того, требуются значительные затраты на проектирование, строительство, эксплуатацию (в том числе в зимний период), рекультивацию и др.

В последнее время замыкание водно-шламовых схем углеобогащительных фабрик осуществляется с помощью фильтр-прессов и прежде всего камерных. Опыт работы таких технологий на ЦОФ «Чумаковская», «Киевская» и УПЦ № 2 Авдеевского коксохимического завода показал, что полученный в виде коржей осадок влажностью до 22 % можно транспортировать автотранспортом на породный отвал и складировать совместно с породой, получая чистую техническую воду с содержанием твердого до 5 г/л.

При использовании для этой операции ленточных фильтр-прессов влажность осадка нестабильна и колеблется в пределах 30–40 % (ЦОФ «Свято-Варваринская», «Октябрьская», «Павлоградская», ООО «Моспинское УПП»), что предопределяет необходимость его транспортирования на породный отвал только совместно с породой гравитации. При этом получают грязную техническую воду с содержанием твердого 20 г/л и более.

Вторую задачу решают, совершенствуя способы складирования отходов гравитации. Известен способ складирования флотохвостов совместно с дробленой крупной породой, который применен на обогатительной фабрике шахты «Йоркшир Мэйн» (Великобритания) [1]. Во время дробления крупной породы активизируется вновь образованная поверхность зерен, играющая роль поглотителя влаги за счет пуццолановой активности. При определенном соотношении дробленой породы и сгущенных до 350 г/л флотохвостов (на 1 т дробленой породы добавляется 74 кг флотохвостов) получаемая механическая смесь вполне удовлетворяла

нормам по влажности при совместном складировании. Также на ЦОФ «Углегорская» с дробленой породой смешивали отходы концентрационных столов, на которых обогащались шламы [2]. На 10 т дробленой породы крупностью +25 мм и влажностью 7–8 % предусматривалось 0,6–0,7 м³ воды, 1 м³ тонкого ила, сгущенного до 450 г/л, или 1,4 м³ ила, сгущенного до 900 г/л. Влажность смеси в этом случае составляла 14–16 %.

В настоящее время в Украине нет достаточно опыта складирования и захоронения отходов, образующихся в результате обогащения углей, по указанной технологии. В Российской Федерации по этой технологии работают ОФ «Распадская» и ОФ «Северная». Технологические и конструктивные особенности формирования породных отвалов на этих предприятиях состоят в том, что они представляют собой многоярусные шламонакопители, конусообразно наращиваемые в высоту. В каждом ярусе, сложенном и уплотненным из крупно- и мелкозернистых шахтных пород, устраиваются дамбы, окружающие сотовые шламонакопители. По дамбам в шламонакопители завозят и складировуют кек.

Складирование жидких отходов в породных отвалах зависит от вяжущих свойств, обусловленных вещественным составом и химическими свойствами отходов углеобогащения.

Наиболее характерные составляющие пустых шахтных пород – аргиллиты и алевролиты и в меньшей мере песчаники, известняки и глинистые сланцы [3]. Метаморфизированные аргиллиты, алевролиты и песчаники обладают высокой плотностью и, как правило, трудно размокают в воде; их можно отнести к малопластичному или непластичному глинистому сырью. По сравнению с глинами аргиллиты более прочны – 2–4 МПа при естественном залегании. Алевролиты по сравнению с аргиллитами имеют более крупнозернистое строение.

В отличие от отвальных пород шахт отходы обогащения характеризуются высоким содержанием угля, стабильным вещественным составом, меньшим содержанием песчаников и большим аргиллитов, увеличенным содержанием серы и уменьшенным значением механической прочности.

Продукты пустых пород, сопутствующие месторождениям каменных углей, – глиежи – глинистые и глинисто-песчаные породы.

Таблица 1

Соединения	Содержание, % среднее значение, %, атмосферно-сухое состояние	
	объединенной гравитационной породы зольностью 85 %	кека (вязкая масса) зольностью 65 %
SiO ₂	40–50 (45,6)	30–45 (39,3)
Al ₂ O ₃	8–20 (17,3)	5–17 (12,6)
Fe ₂ O ₃	4–12 (8,5)	2–10 (5,6)
MgO	1,5–3 (2,4)	1,5–3 (2,6)
CaO	0,5–2 (1,4)	0,5–2 (2,2)
K ₂ O	1–3 (1,4)	1–3 (1,8)
Na ₂ O	<1	<1
TiO ₂	<1	<1
Углеродистые	>21,4	>33,9

Анализ компонентов складированной шихты определяет наличие следующих основных пород: в крупной породе представлены преимущественно алевролиты при малом содержании углистых веществ; основные породы в мелкозернистой – алевролиты и алевролиты, частично углистые сланцы; в кеке как правило присутствуют углистые сланцы с алевролитами.

Для оценки качества отходов углеобогащения на основании данных химического анализа используют следующие показатели [4]: модуль основности $M_o = CaO + MgO + K_2O + Na_2O / (SiO_2 + Al_2O_3)$; глиноземный модуль $M_r = Al_2O_3 / Fe_2O_3$; силикатный модуль $M_c = SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$; коэффициент качества $K_k = CaO + MgO + Al_2O_3 / (SiO_2 + TiO_2)$.

Типичный химический состав пустой породы (атмосферно-сухое состояние) приведен в табл. 1.

Химико-минералогический состав пород разнообразен, однако общим для них является наличие активного глинозема в виде радикалов дегидратированных глинистых минералов или в виде активных глинозема, кремнезема и железистых соединений, которые характеризуются высокой сорбционной способностью.

Рентгенофазовый анализ породы углеобогатительной фабрики подтверждает утверждение о многофазности соединений. В большом количестве присутствуют SiO₂ в виде α-кварца и гидроксиды алюмосиликатов железа и алюминия переменного состава семейства хлори-

Таблица 2

Соединение	Содержание кристаллических фаз, % (атмосферно-сухое состояние)	
	объединенной гравитационной породы	кека (вязкая масса)
α-кварц	~40	~40
Каолинит $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ с примесями TiO_2 , Fe_2O_3 , K_2O	~25	~25
Бейделлит $(Al, Fe)_2(OH)_2(Si, Al)_4O_{10} \cdot mH_2O$	~10	~5
Мусковит $KAl_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$	~10	~15
Магнезиальный шамозит $(Fe, Mg)_5(Fe, Al)(OH)_8(Si_3(Si, Al)O_{10})$	~15	~5
Пирит FeS_2	~1	~5
Сера	0,53	2,7

Таблица 3

Отходы углеобогащения	Показатели качества			
	M_o	M_Γ	M_c	K_k
Объединенная гравитационная порода	0,10	2,04	1,77	0,45
Кек (вязкая масса)	0,15	2,25	2,16	0,43
Среднее значение	0,14	2,22	2,10	0,43

тов – $(Mg, Fe, Al)_x(Al, Si)_yO_z(OH)_w$, каолинитов – $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ с примесями TiO_2 , магнезиальный шамозит $(Fe, Mg)_5(Fe, Al)(OH)_8(Si_3(Si, Al)O_{10})$ с примесями Fe_2O_3 и K_2O . В значительно меньших количествах присутствует одна из разновидностей мусковита – $KAl_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$, также в малых количествах – пирит FeS_2 и в очень

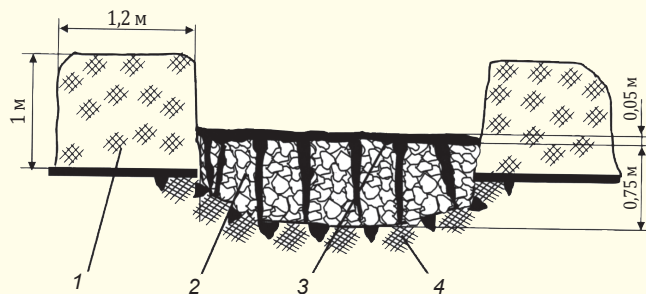


Рис. 1. Разрез породного отвала (формирование складированного слоя): 1 – глина; 2 – порода; 3 – ил; 4 – грунт естественный.

малых – Fe_2SiO_4 и Mg_2SiO_4 . Результаты рентгенофазового анализа приведены в табл. 2.

Один из основных показателей цементирующей активности – значения силикатного и глиноземного модулей (табл. 3). Для исследуемых пород они находятся в пределах $M_c = 1,77...2,16$ и $M_\Gamma > 2$, что указывает на вяжущие свойства.

Гидравлическая активность шахтных пород оценивается коэффициентом качества и имеет среднее значение, поэтому данные материалы обладают средними вяжущими свойствами. В этой связи интересен опыт ЦОФ «Гуковская» с одновременным решением изложенных задач. Получение жидких отходов в виде, позволяющем транспортирование на породный отвал, состоит из двух основных этапов: сгущения жидких отходов и обезвоживания сгущенных жидких отходов на фильтр-прессах. Основные затраты фабрики по подготовке жидких отходов к складированию – на втором этапе (более 80 %). На ЦОФ «Гуковская» обезвоживание сгущенных жидких отходов на фильтр-прессах заменены на обезвоживание путем дренажа через слой породы гравитации с последующей естественной просушкой до цементации материала.

Рассмотрим технологию складирования жидких отходов. Жидкие отходы сгущают в гравитационном сгустителе объемом 500 м^3 , сливной продукт которого – техническая вода с содержанием твердого до 10 г/л. Сгущенный продукт гравитационного сгустителя (крупность 0–0,05 мм, зольность 55–65 %, содержание твердого около 600 г/л) насосами ШН-270 и К40-250 закачивают в автоцистерны и перевозят на породный отвал для совместного складирования с породой гравитации.

До начала отсыпки породной массы (рис. 1) по всему периметру породного отвала формируется воздухопроницаемый вал из глины шириной 1,2 м и высотой до 1 м с последующим опережающим наращиванием до проектной высоты, вследствие чего формируется закрытый от ветра внешний откос. Способ складирования породы включает подготовку основания отвала, доставку породы автомобильным транспортом, отсыпку породы, склонной к самовозгоранию в слой 0,75 м, который планируют и уплотняют бульдозером.

Складированную породу сверху заливают слоем (0,05 м) сгущенного продукта гравитационного сгустителя в целях предотвращения

поступления кислорода в межфракционные пустотности породы, тем самым получают не склонную к самовозгоранию породную массу, из которой формируют породный отвал.

Последующие слои породной массы на породном отвале формируют по этому же принципу послойно – ярусами до момента окончательного формирования породного отвала. Сформированную поверхность породного отвала рекультивируют в два этапа (технический и биологический).

При проведении *технического этапа* рекультивации земель выполняются следующие основные работы: грубая и чистовая планировка поверхности породной массы; покрытие ее слоем потенциально плодородных пород (глина); планировка слоя потенциально плодородных пород; покрытие поверхности плодородным слоем.

Грубая и чистовая планировка поверхности породной массы осуществляется бульдозером. Для предотвращения отрицательных последствий вертикальную планировку подготовленной для рекультивации поверхности необходимо выполнять многократно с разрывом во времени от одного до трех месяцев. Для покрытия поверхности породной массы служит глина, где ее планируют бульдозером слоем 0,5 м, после покрытия начинают покрывать глину плодородным слоем мощностью 0,3 м.

Перед озеленением проводят глубокое безотвальное рыхление уплотненного грунта для создания благоприятных условий развития корневой системы растений.

Биологический этап рекультивации земель осуществляется после завершения технического этапа в благоприятные для посева многолетних трав сроки.

Данные меры исключают горение породного отвала, так как пустоты между кусками породы заполнены илом. После высыхания ил цементирует куски породы, что не дает отвалу деформироваться – он становится единой уплотненной массой.

Выводы. Выполненные исследования подтверждают возможность совместного складирования жидких отходов углеобогащения с породой гравитационного обогащения, что позволяет осуществить замыкание водно-шламовой схемы фабрики без использования шламонакопителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хилл Н. В. Обработка, использование и размещение флотохвостов / Н. В. Хилл, П. Л. Хьюджес, Х. Ридер, А. Э. Уиттл // Материалы IV Международ. конгресса по обогащению углей. – М.: Недра, 1964. – 452 с.
2. Фоменко Т. Г. Шламы, их улавливание и обезвоживание / Т. Г. Фоменко, И. С. Благов, А. М. Коткин, В. С. Бутовецкий. – М.: Недра, 1968. – 203 с.
3. Кадастр угольных шахтопластов, предусмотренных к отработке шахтами и разрезами Госуглепрома Украины с характеристикой горно-геологических, горно-технических условий качества углей / [В. Я. Долгий, Н. Э. Капланец, П. П. Шведик и др.]. – Донецк: ДонУГИ, ЗАО «Ана-Темс», 2001. – 125 с.
4. Карпачева А. А. Активизация отходов углеобогащения для производства строительных материалов и изделий / А. А. Карпачева, В. Ф. Панова. – Новокузнецк: Изд-во Сибирского гос. индустр. ун-та, 2004. – 218 с.

ПО МАТЕРИАЛАМ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ УКРАИНЫ» ПРОШЛЫХ ЛЕТ

Год 1974

В журнале № 5 в статье М. А. Патрушева, В. С. Беды, А. Ю. Блакберна, В. С. Пономарева «Совершенствование технологических схем выемки угля механизированными комплексами на шахтах Львовско-Волынского бассейна» говорится о том, что существующие технологические схемы имеют ряд недостатков, сдерживающих дальнейший рост производительности труда: работа комплексов в спаренных лавах; подготовка ниш; передвижка забойного конвейера; возвратно-точная схема проветривания очистных забоев. Более высокие технико-экономические показатели применения механизированных комплексов достигаются при следующих условиях: одиночные лавы без ниш; фронтальная передвижка забойного конвейера по всей длине лавы; применение в условиях газовых шахт схемы проветривания выемочных участков с обособленным разбавлением метана по источникам поступления в рудничную атмосферу.