

УДК 622.333'17

ХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ[◊]

© 2010 М. И. Уханёва, Э. Б. Хоботова¹

Исследован минералогический и оксидный состав отвальных пород угольных шахт и их спеченных образцов. Установлена высокая гидравлическая и адсорбционная активность терриконных пород. Показана возможность применения отходов угледобычи в качестве корректирующих или активных добавок при производстве вяжущих.

Ключевые слова: минералы, стеклофаза, гидравлическая активность, сорбция.

В процессе добычи и переработки полезных ископаемых образуется значительное количество различных отходов непосредственного производства, сопоставимое по массе с товарной продукцией. Поэтому их комплексное использование является не только основой безотходного производства, но и служит радикальным способом снижения техногенной нагрузки на природную среду и важным источником экономии ресурсов.

По степени воздействия на биосферу угольная промышленность лидирует среди других отраслей промышленности. Общая масса накопленных отходов угледобычи и углеобогащения на территории Украины, по разным оценкам, составляет до 4 млрд. т. Так, на территории Донбасса сосредоточено 90 % всех действующих в Украине шахт, добыча угля составляет 76,4 млн. т, находится 858 породных отвалов, из которых 140 – горящие. В тоже время использование ресурсного потенциала отходов угольного производства не превышает 7 %. Потребление породы колеблется в пределах 1,5-2,0 млн. т/год. Порода от проведения горных выработок угольных шахт может быть использована в производстве керамики, при строительстве дорог, как заполнители бетона, в производстве вяжущих материалов в качестве корректирующих и активных добавок и т.д. В целом попутно добываемые породы на шахтах и угольных разрезах в настоящее время мало изучены. Накопление банка петрографической и минералогической информации по отвальным шахтным породам может способствовать улучшению качества и совершенствованию технологии производства вяжущих материалов, созданию новых материалов и повышению эффективности их применения в строительстве [1, 2].

Целью работы являлось изучение химического, минералогического состава и гидравлических характеристик отвальных угольных пород шахт "Хмельницкая" и им. Я.М. Свердлова Луганской области и выяснение возможностей их использования в производстве строительных материалов.

Экспериментальные методы исследования. Минералогический состав отвальных пород установлен с помощью рентгенофазового анализа на порошковом дифрактометре Siemens D500 в медном излучении с никелевым фильтром. Первичный поиск фаз выполнен по картотеке PDF-1 [3], после чего был проведен расчет рентгенограмм по методу Ритвельда с использованием программы FullProf [4].

Методом электронно-зондового микроанализа INCA на сканирующем электронном микроскопе JSM-820 определен элементный состав терриконных пород, по которому рассчитан оксидный состав.

Петрографическое исследование образцов проводилось при помощи микроскопа МИН-8 и Nu-2E в проходящем свете в прозрачных шлифах.

Адсорбционная активность измельченных отвальных угольных пород изучена спектрофотометрическим методом на приборе СПЕКОЛ 11 при поглощении метиленового синего (МС) из раствора исходной концентрации 0,01 г/л при $\lambda = 620$ нм. Минимальное время контакта навески адсорбента 0,5 г с раствором МС 15 мин. Образец породы предварительно измельчали до прохода через сито 0,125 мм.

[◊] Материалы статьи были представлены на международной конференции "Современные проблемы физической химии и электрохимии растворов", Харьков - 2009.

¹ Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Гидравлическая активность отвальной породы определена по количеству поглощенной извести СаО. Данный метод целесообразно применять по отношению к кислым породам и шлакам. В насыщенном растворе извести плотностью 0,995 г/см³ выдерживали навеску измельченной породы массой 10 г. Содержание активного СаО в растворе через 1 и 3 суток определяли титриметрическим методом.

Химический и минералогический состав отвальных пород. В результате присутствия в породе значительного количества угля на рентгенограммах терриконной породы заметен волнистый фон (рис. 1а, 2), отсутствующий на рентгенограмме прокаленного шлака (рис. 1б). Отчетливый волнистый фон на рентгенограмме крупной фракции терриконной породы шахты им. Я.М. Свердлова (рис. 2б) может быть связан с присутствием аморфной фазы.

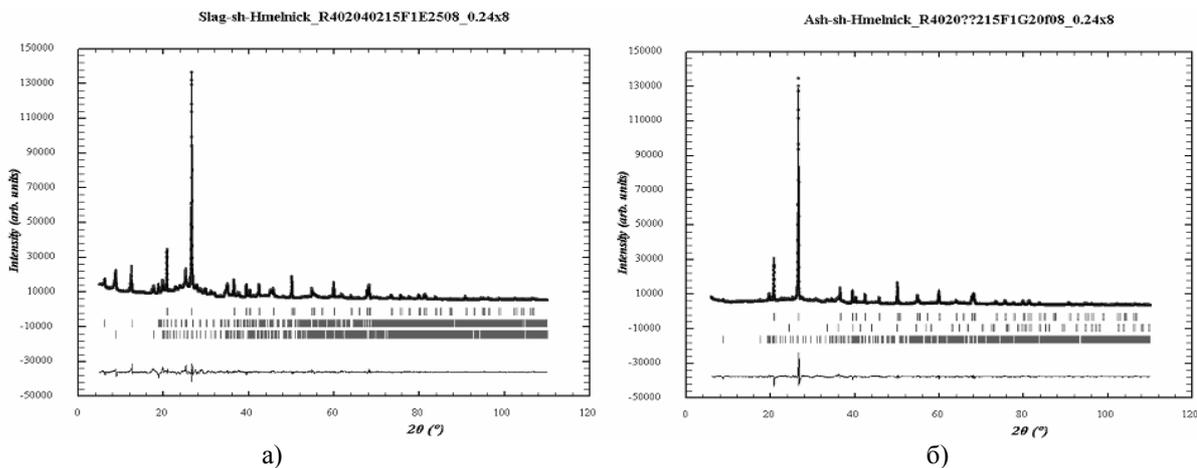


Рис. 1. Дифрактограммы образцов отвальной породы шахты "Хмельницкая": а – терриконный шлак; б – прокаленный шлак

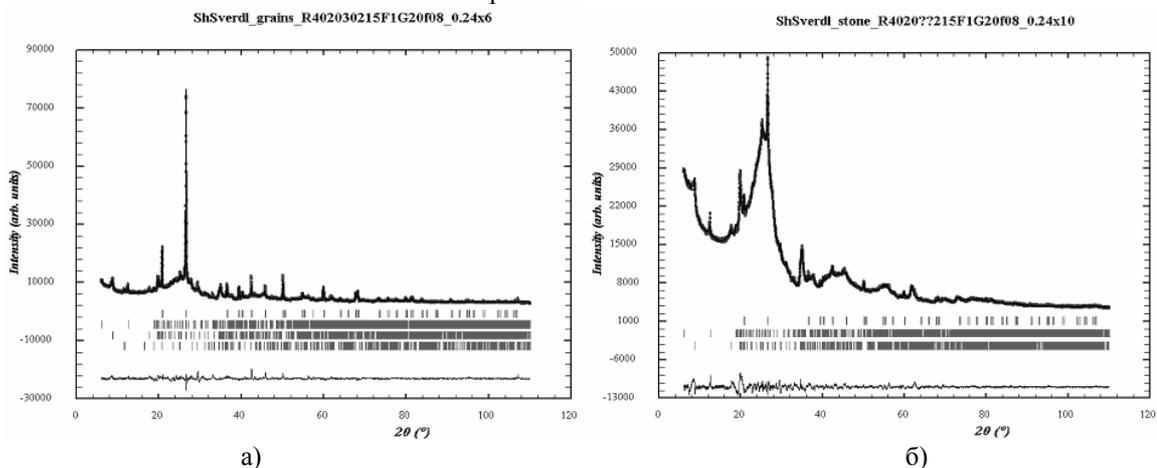


Рис. 2. Дифрактограммы образцов отвальной породы шахты им. Я.М. Свердлова: а – мелкая фракция; б – крупная фракция

Согласно результатам рентгенофазового анализа в кристаллической части отвальных пород присутствует несколько минералов: кварц SiO_2 ; клинохлор $(\text{Mg,Fe})_6(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ (хлорит); мусковит $\text{K}_{0,94}\text{Na}_{0,06}\text{Al}_{1,83}\text{Fe}_{0,17}\text{Mg}_{0,03}(\text{Al}_{0,91}\text{Si}_{3,09}\text{O}_{10})(\text{OH})_{1,65}\text{O}_{0,12}\text{F}_{0,23}$ (слюда), гематит Fe_2O_3 и гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Массовое содержание фаз в образцах и средний размер кристаллитов приведены в табл. 1.

В кристаллической составляющей образцов по массе преобладает мусковит, затем – кварц и меньше всего – клинохлора. Клинохлор и мусковит относятся к глинистым минералам, которые могут использоваться в производстве портландцементного клинкера [5].

Структуры клинохлора и мусковита являются слоистыми сэндвичевого типа. Каждый "сэндвич" состоит из двух плоских слоев силикатных тетраэдров, между которыми расположен слой магниевых или алюминиевых октаэдров. В клинохлоре между двумя соседними сэндвичами находится слой алюминиевых и магниевых октаэдров, в которых лигандами являются

гидроксильные группы, тогда как в мусковите ближайшие сэндвичи разделены слоем ионов калия. Позиции калия частично замещены натрием, кислород в силикатных тетраэдрах частично замещен фтором [6, 7]. Обе эти структуры содержат гидроксид-ионы в разных количествах: в мусковите их немного, а в клинохлоре их содержание сравнимо с содержанием ионов кислорода. Такие соединения являются термически неустойчивыми и при нагревании отщепляют воду. При прокаливании терриконного шлака шахты "Хмельницкая" обе фазы разрушаются – клинохлор исчезает полностью, а мусковит разлагается частично (табл. 1).

Таблица 1. Результаты фазового анализа образцов терриконных пород

Фазы	Шахта "Хмельницкая"				Шахта им. Я.М. Свердлова			
	терриконный шлак		прокаленный шлак (1000 °С)		терриконный шлак			
	массовая доля, %	размер, нм	массовая доля, %	размер, нм	мелкая фракция	крупная фракция		
	массовая доля, %	размер, нм	массовая доля, %	размер, нм	массовая доля, %	размер, нм	массовая доля, %	размер, нм
Кварц	44,1	>200	73,5	140	40,3	140	7,7	120
Клинохлор	10,2	38	–	–	11,1	47	17,4	48
Мусковит	45,7	32	21,2	35	48	45	74,9	25
Гематит	–	–	5,3	–	–	–	–	–
Гипс	–	–	–	–	0,7	–	–	–

Так как гидрослюда характеризуются более высоким содержанием воды по сравнению с обычными слюдами и легче выделяют конституционную воду, то при нагревании породы должны наблюдаться соответствующие эндотермические эффекты. С целью выяснения данного обстоятельства был проведен дериватографический анализ. Термический анализ выполнен на дериватографе "МОМ 1500" со скоростью нагрева 10 °С/мин. образца массой 449 мг до конечной температуры 1000 °С. Проведена изотермическая выдержка при 1000 °С в течение 60 мин. в воздушной среде. Полученная в ходе анализа дериватограмма отвалной породы шахты "Хмельницкая" приведена на рис. 3.

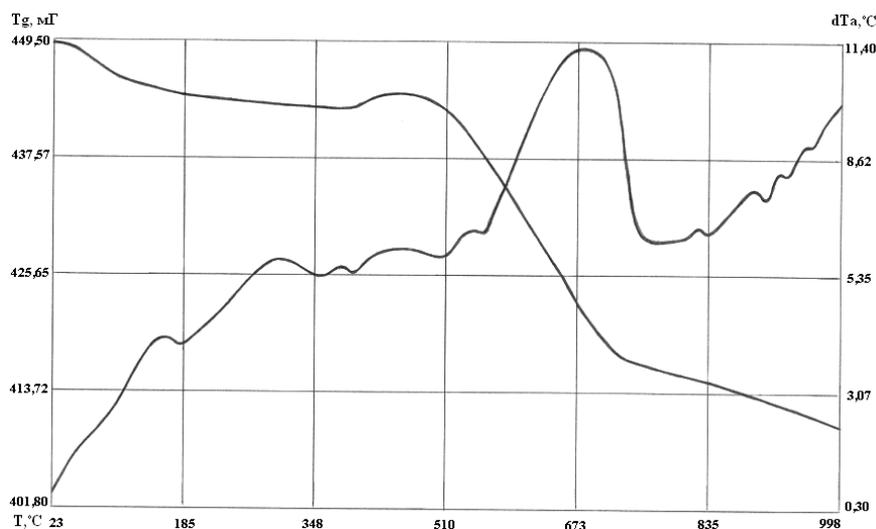


Рис. 3. Дериватограмма отвалной терриконной породы шахты "Хмельницкая": T_g – уменьшение массы; dT_a – тепловые эффекты

На кривой теплового эффекта – dT_a отмечаются пики, характерные для обнаруженных минералов. Для клинохлора при температуре 475 °С отмечен четкий эндотермический эффект, соответствующий выделению всей конституционной воды [8]. Характерная для клинохлора

интенсивная эндотермическая реакция при 550-650 °С [8] несколько стёрта, хотя небольшой минимум теплового эффекта зафиксирован при 560 °С, как и экзотермический эффект при 820 °С ([8] – 810-840 °С). Экзотермический эффект наблюдается в результате взаимодействия в твердом состоянии активных аморфных окислов SiO₂ и MgO с образованием ортосиликата магния.

Таблица 2. Относительное содержание оксидов элементов в неуглеродной части отвальных пород и их классификация по системе модулей

Оксид	Массовая доля, % оксидов элементов			
	Отвальная порода шахты им. Я.М. Свердлова		Порода шахты "Хмельницкая" после прокаливания	
	микрорентгеновский анализ			
	до прокаливания	после прокаливания	микрорентгеновский анализ	химический анализ
Na ₂ O	0,60	1,099	0,670	–
K ₂ O	4,82	3,062	3,553	–
MgO	1,53	1,102	2,544	–
CaO	1,62	2,205	–	0,63
SiO ₂	50,97	42,737	66,877	63,4
Al ₂ O ₃	22,08	39,558	21,775	22,3
SO ₃	4,85	–	–	–
Cl ₂ O	0,06	–	–	–
TiO ₂	1,20	0,603	0,708	–
FeO	10,96	9,634 (Fe ₂ O ₃)	3,867 (Fe ₂ O ₃)	8,1 (Fe ₂ O ₃)
CuO	1,12	–	–	–
MnO	0,19	–	–	–
Модуль	Модульная классификация отвальных пород			
$Ma = \frac{Al_2O_3}{SiO_2}$	0,43	0,93	0,33	0,35
$Mc = \frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	2,31	1,08	3,07	2,84
$Mг = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$	2,01	4,11	5,63	2,75
$Mгж = \frac{Al_2O_3 + Fe_2O_3}{SiO_2}$	0,65	1,15	0,38	0,48

Согласно литературным данным на кривых нагревания мусковита должны наблюдаться два эндотермических эффекта: при температурах 860 °С [8, 9] (800-900 °С [10]) и 1200 °С [8] (или 1100 °С [9]). Первый эффект, обусловленный выделением структурной воды, отмечен на дериватограмме при 897 °С. Второй эффект, связанный с разрушением кристаллической решетки, в зависимости от природы продукта перекристаллизации: лейцит, γ-Al₂O₃, шпинель – может проявляться при разных температурах [9, 10]. Данный эффект в эксперименте не зафиксирован, так как нагревание проводили до 1000 °С. Согласно литературным данным при разложении мусковита путём нагревания на воздухе вплоть до 940-980 °С [5] или 1000 °С [10] не происходит значительных изменений в его структуре. На основе зёрен мусковита при температуре выше 1000 °С образуется гамма-модификация Al₂O₃ и в небольшом количестве шпинель, а при 1200 °С появляется альфа-модификация Al₂O₃ и лейцит.

Экзотермический эффект при 670 °С (рис. 3) связан со сгоранием углистого вещества, содержание которого в породе более 40 %.

Кривая потери массы – Tg отражает данные процессы. При дегидратации регистрируется постепенное уменьшение массы образца вплоть до 500 °С, с дальнейшим резким её падением до 725 °С (процесс горения). При более высоких температурах уменьшение массы образца с ростом температуры замедляется.

Таким образом, в результате проведения дериватографического анализа подтверждено начальное преобразование минералов породы в терриконе и показана способность углистой части породы к горению.

Поскольку терриконные породы шахт в значительном количестве содержат соединения в аморфном состоянии, представляло интерес исследование элементного и оксидного составов образцов отвальных угольных пород в целом. Общая картина содержания элементов в кристаллическом и стеклообразном состояниях получена с помощью микрорентгеновского анализа образцов, результаты которого для неуглеродной части породы представлены в табл. 2. Остаточную часть породы составляет углерод, что свидетельствует о малой степени обжига породы в терриконе.

Сравнение полученных данных с литературными по оксидному составу глин, используемых в качестве сырьевого компонента в производстве портландцементного клинкера показывает, что в исследуемых породах завышено содержание оксида Al_2O_3 ($1,16 \div 20,28$ % [11]) и Fe_2O_3 для шахты им. Я.М. Свердлова ($4,04 \div 9,15$ % [11]). Содержание CaO , MgO и SiO_2 укладывается в рекомендуемые интервалы. Малое содержание основных оксидов кальция и магния и большое – кислотных оксидов кремния и алюминия свидетельствуют о кислой природе отвальных пород. Данная ситуация не меняется и после прокаливании. Согласно модулю кислотности спеченный шлак относится к ультракислому. Согласно данным [12] для шлаков данной классификационной группы содержание SiO_2 должно быть ≥ 60 %. В рассматриваемом случае кислотность шлака в равной мере обуславливает как SiO_2 , так и Al_2O_3 .

Микрофотографии поверхности частиц отвальных пород подтвердили слоистую природу минералов (рис. 4).

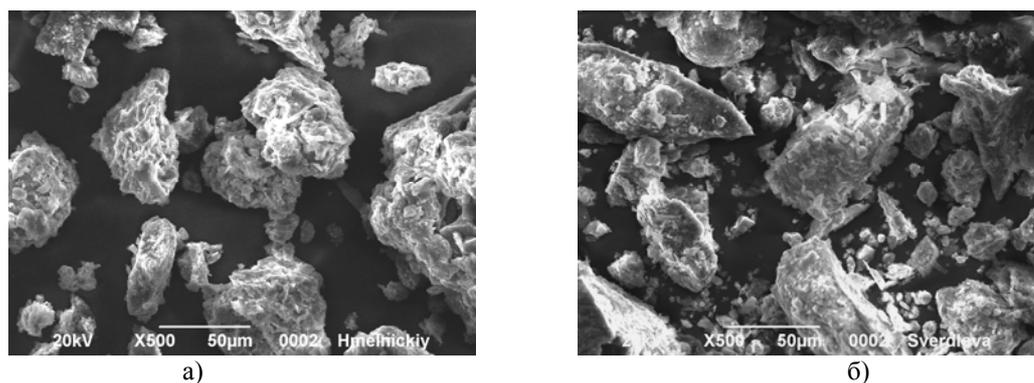


Рис. 4. Микрофотографии поверхности частиц отвальных пород при увеличении в 500 раз: а – шахта "Хмельницкая", б – шахта им. Свердлова

Исследование спеченных образцов отвальной породы. С целью изучения поведения минералов и аморфной фазы отвальных пород при высокой температуре, например, в условиях обжига сырьевой смеси производства цементного клинкера, проведено прокаливание при t_{\max} равной 1580 °С в течение 10 ч в окислительной среде O_2 и CO_2 . Результаты элементного анализа и расчёта оксидного состава спеченных образцов приведены в табл. 2.

Поверхность спеченных образцов теряет свою слоистую структуру. Шлаки после спекания представляют плотные стеклообразные массы с отдельными порами и не полностью однородной структурой (рис. 5), что отмечается присутствием вкраплений и различной окраской.

Проба спеченного шлака шахты им. Я.М. Свердлова представлена шлаком чёрного цвета. Проба неоднородна по микроструктуре и состоит из корунда, железистых шпинелидов (магнетит) и стеклофазы. Корунд присутствует в виде изометричных, неправильной формы зёрен размером до 3,2 мм (преобладающий размер $0,08 \div 0,8$ мм). Некоторые зёрна корродированы и расчленены на более мелкие призматические и изометричные кристаллы. Такие кристаллы корунда в виде призм наблюдаются в стекле, длина их достигает 320 мкм при ширине 32 мкм. Количество корунда варьирует в интервале $15 \div 20$ %.

Стекло бесцветное, желтоватое, участками – буроватое и бурой окраски, средний показатель светопроломления $N_{\text{ср.}} \sim 1,525 \pm 0,005$.

В стекле наблюдаются выделения железистых шпинелидов по составу близких к магнетиту $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ в виде дендритных, скелетных форм и идиоморфных кристаллов размером $10 \div 40$ мкм, максимум 80 мкм. Различаются редкие тонкие игольчатые кристаллы муллита $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ до 150 мкм длиной.

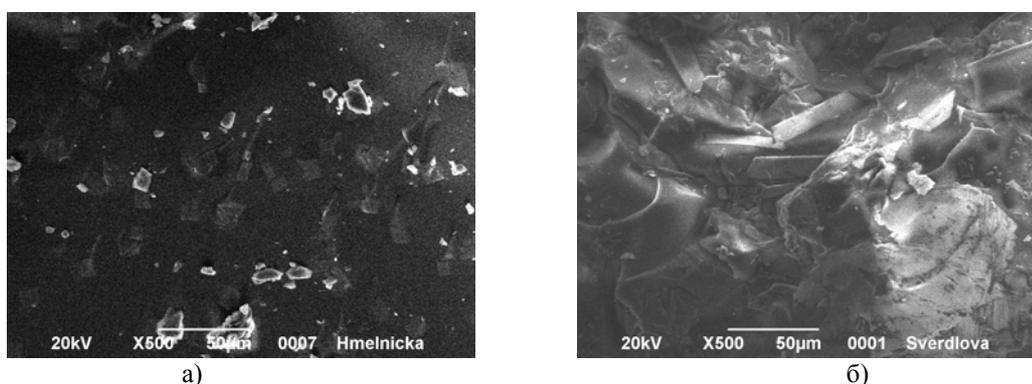


Рис. 5. Микрофотографии поверхности спеченных образцов отвальных пород при увеличении в 500 раз: а – шахта "Хмельницкая", б – шахта им. Свердлова

Проба спеченного шлака шахты "Хмельницкая" характеризуется присутствием обломков чёрного цвета с бурыми полосами, со стеклянным блеском. Основную массу пробы составляет стеклофаза от бесцветной до желтовато-буроватой, желтовато-зеленоватой с $N_{cp} \sim 1,535 \pm 0,005$.

В стекле наблюдаются выделения кристаллов – игольчатые, удлинённо-призматические, перистые, иногда субпараллельные, муллита – $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ до 6 мм в длину (преобладает $0,2 \div 1,3$ мм) при ширине $4 \div 20$ мкм. Муллит имеет показатели преломления: минимальный $N_p \geq 1,658$, максимальный N_g до 1,69. По классификации В.Н. Лодочникова, относительно показателя преломления канадского бальзама, исследованный муллит относится по показателю N_p к пятой, а по N_g – шестой группе минералов вместо 5 группы с показателями $N_p = 1,642$ и $N_g = 1,654$ [8]. Несколько повышенные показатели преломления и среднее двупреломление $N_g - N_p = 0,032$ (вместо низкого 0,012) свидетельствуют о присутствии в твёрдом растворе незначительного количества оксидов железа. Количество муллита в разных участках шлака варьирует от $5 \div 10$ % до $50 \div 60$ %.

В некоторых участках наблюдаются зеленовато-буроватые перистые выделения пироксенов: диопсида $\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ и геденбергита $\text{CaO}\cdot\text{FeO}\cdot 2\text{SiO}_2$. Также присутствуют железистые шпинелиды (от герценита $\text{FeO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ до магнетита $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$). Преобладают шпинелиды по составу близкие к магнетиту, образующие идиоморфные кристаллы до 20 мкм размером, дендритные и скелетные выделения. Встречаются следы (< 1 %) округлых металловидных выделений (Fe), толочней рутила (TiO_2) и зёрен гематита.

Результаты петрографического исследования отвальных шахтных пород после спекания приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты петрографического исследования спеченных образцов отвальных шахтных пород

Минералы, фазы	Массовая доля, %	
	ш. им. Я.М. Свердлова	ш. "Хмельницкая"
Пироксены (диопсид – геденбергит)	–	$3 \div 5$
Железистые шпинелиды (магнетит)	$10 \div 15$	$5 \div 7$
Корунд ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$)	$30 \div 50$	–
Муллит ($3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$)	следы	$30 \div 35$
Стеклофаза	$40 \div 60$	$55 \div 60$

Появление корунда, муллита и пироксенов вызвано протеканием ряда высокотемпературных реакций: термического разложения мусковита и клинохлора, образования оксидов элементов и их модифицирования; реакций между кварцем и образовавшимися оксидами. Однако относи-

тельно состава высокотемпературных фаз смесей глинистых минералов нет надежных данных. Допускается возможность образования в качестве первичных фаз иных соединений, чем при обжиге отдельных минералов [5].

Возможности применения отвальных пород как перспективных полезных ископаемых.

Близость химического и минералогического составов портландцементного клинкера и отвальной породы позволяет рассчитывать на ее использование в производстве цемента. Однако при этом необходимо дополнительно учитывать ряд факторов: способность сырья распадаться на оксиды при относительно низких температурах, отсутствие образования промежуточных трудноразлагаемых соединений, скорость взаимодействия компонентов с СаО, возможности уменьшения энергопотерь.

О наличии гидравлической активности породы можно судить по результатам оценки количества поглощенной извести СаО. Для этого измельченную навеску средней пробы шахтной породы (10 г) выдерживали в растворе СаО с исходной концентрацией 5,625 %. Концентрация СаО контролировалась во времени в процессе взаимодействия с породой. Экспериментальные результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4. Активность терриконных пород по поглощению СаО

Породы шахты	Время контакта шлама с раствором СаО	Содержание СаО в растворе, %	Величина поглощения СаО, %	Величина поглощения СаО, мг/г
"Хмельницкая"	1 сут.	3,0	2,625	261,2
	3 сут.	2,0	3,625	360,7
им. Я.М. Свердлова	1 сут.	3,625	2,0	199,0
	3 сут.	3,0	2,625	261,2

Сравнение полученных данных с имеющимися в литературе показывает, что величина поглощения СаО изученных шахтных пород сравнима с количественными показателями для кислых гидравлических добавок: опаловидных пород (трепелов, диатомитов, опок) – 250 ÷ 400 мг/г [13]. Столь высокая поглотительная способность свидетельствует о значительной гидравлической активности и возможности использования шахтных пород в качестве активных добавок к цементному клинкеру, которые должны поглощать не менее 50 мг/г извести за 30 суток [11].

Высокая гидравлическая активность шахтных пород косвенно подтверждается определенным адсорбционной активностью. Сорбционная ёмкость пород зависит от многих факторов: температуры обжига, содержания углистых примесей, адсорбционной активности глинисто-сланцевых пород и др. На практике прослеживается прямая корреляция между содержанием угля в породе и адсорбционной активностью. В рассматриваемом случае присутствие углистых частиц могло незначительно повышать сорбционную ёмкость породы. Статическую обменную ёмкость (СОЕ) породы при поглощении МС определяли по формуле

$$COE = \frac{(C_1 - C_2) \cdot V}{m}, \text{ мг/г,}$$

где C_1 – начальная концентрация МС, 0,01 г/л; C_2 – концентрация МС после адсорбции, г/л; V – объём раствора МС при адсорбции, 50 мл; m – масса навески отвальной угольной породы, 0,5 г.

Изменение оптической плотности раствора МС по сравнению с исходным значением оптической плотности $D = 1,1$ ($C_{МС} = 0,01$ г/л) лежит в интервале 0,715 ÷ 1,098. За 3 суток оптическая плотность максимально уменьшается на 99,8 %. По величине разности оптических плотностей исследованные породы можно отнести к группе адсорбентов, характеризующихся очень высокой адсорбционной активностью. Полученные в эксперименте значения СОЕ не являются предельными, малая величина СОЕ обусловлена низкой начальной концентрацией МС. О высокой сорбционной ёмкости шахтной породы свидетельствует величина эффективности сорбционной очистки раствора индикатора: в течение 15 мин она достигает 67,5 %, за 3 суток выходит на максимально высокое значение 99 %.

Гидравлическая активность пород определяется не только содержанием оксидов элементов, но и их соотношениями, описываемыми системой модулей. Часть из модулей рассчитана и представлена в табл. 2.

Согласно величине модуля активности M_a порода шахты им. Я.М. Свердлова относится к I сорту кислых шлаков ($M_a \geq 0,4$); порода шахты "Хмельницкая" относится ко II классу кислых шлаков ($M_a \geq 0,33$) [5].

Для реализации отходов в производстве строительных материалов силикатный модуль M_c должен иметь оптимальные значения $1,7 \div 3,5$ [5]. Высвобождение оксида Al_2O_3 после прокаливания породы шахты им. Я.М. Свердлова несколько уменьшает величину M_c (до 1,8).

Глиноземистый модуль M_g пород, используемых в производстве портландцементного клинкера, должен укладываться в интервал $1,0 \div 2,5$ [14]. При прокаливании изучаемых пород его величина превышает границу оптимального интервала, причем более существенно для породы шахты им. Я.М. Свердлова (до 4,11).

Классификация образцов как железистых пород показывает, что все образцы относятся к высокоактивным, при этом глинисто-железистый модуль $M_{гж} > 0,49$ [14]. Предположительно наиболее активной является спеченная порода шахты им. Я.М. Свердлова.

Высокие концентрации стеклофазы, оксидов алюминия и железа (III), большие значения модулей M_g , $M_{гж}$, высокие гидравлические и адсорбционные свойства пород обуславливают возможность их применения в производстве вяжущих материалов.

Выводы. Полученные результаты по определению минералогического и оксидного составов образцов исходных и спеченных отвальных пород угольных шахт, по изучению гидравлической и адсорбционной активности шахтных пород указывают на возможность их применения в производстве глиноземистого цемента, в качестве корректирующих или активных добавок к портландцементному клинкеру или в производстве известково-шлакового вяжущего. Использование отходов угледобычи позволит обеспечить стройиндустрию легкодоступным и дешёвым минеральным сырьём и улучшить экологическую обстановку в регионе.

Авторы выражают благодарность научным сотрудникам НТК "Институт монокристаллов" НАН Украины Баумеру В.Н., к.х.н., за выполнение рентгенофазового анализа и Матейченко П.В. за проведение электронно-зондового микроанализа.

Литература:

1. Майдуков Г.Л., Кислов Б.И., Григорюк М.Е. Эколого-экономический анализ твёрдых отходов угольных предприятий // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2009. – № 1. – С. 42-48.
2. Парфенюк А.С., Антонюк С.И., Топоров А.А. Альтернативное решение проблемы твёрдых отходов в Украине // Экологические технологии и ресурсосбережение. – 2002. – № 4. – С. 36-41.
3. JCPDS PDF-1 File. International Committee for Diffraction Data, release 1994. PA, USA.
4. Rodriguez-Carvajal J., Roisnel T. FullProf.98 and WinPLOTR: New Windows 95/NT Applications for Diffraction. Commission for Powder Diffraction, International Union of Crystallography, Newsletter No. 20 (May-August) Summer 1998.
5. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Портландцементный клинкер. – М.: Стройиздат, 1967. – 303 с.
6. Joswig W., Fuess H. Refinement of a one-layer triclinic chlorite // Clays and Clay Minerals. – 1990. – 38 (2). – P. 216-218.
7. Brigatti M.F.; Frigieri P.; Poppi L. Crystal chemistry of Mg-, Fe-bearing muscovites – 2M1 // American Mineralogist. – 1998. – 83. – P. 775-785.
8. Лазаренко Е.К. Курс минералогии. – К.: Гос. изд-во технич. лит-ры Украины, 1951. – 687 с.
9. Энциклопедия неорганических материалов. – Т. 2. – К.: Гл. ред. Укр. сов. энциклопедии, 1977. – 813 с.
10. Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Д. Пороодообразующие минералы. – М.: Мир, 1966. – 317 с.

11. Справочник по производству цемента / под ред. И.И. Холина. – М.: Госстройиздат, 1963. – 851 с.
12. Перепелицын В.А. Основы технической минералогии и петрографии. – М.: Недра, 1987. – 255 с.
13. Бутт Ю.М., Горбаковская Е.Л., Вайсфельд Л.Д. Шлаковые цементы без добавок – возбудителей твердения // сб. трудов РОСНИИМС № 3. – М.: Промстройиздат, 1953. – С. 112-117.
14. Книгина Г.И. Строительные материалы из горелых пород. – М.: Стройиздат, 1966. – 297 с.

Поступила в редакцию 24 марта 2010 г.

М. І. Уханьова, Е. Б. Хоботова. Хімічна оцінка відходів вуглевидобутку.

Досліджено мінералогічний і оксидний склад відвальних порід вугільних шахт і їх спечених зразків. Встановлена висока гідралічна і адсорбційна активність териконних порід. Показана можливість застосування відходів вугледобування в якості коректуючих або активних добавок при виробництві в'язучих.

Ключові слова: мінерали, склофаза, гідралічна активність, сорбція.

M. I. Ukhanyova, E. B. Khabotova. The chemical estimation of coal extraction wasters.

The mineralogical and oxide composition of heap coal gangue and its tempered examples has been researched. The high hydraulicity of heap gangue has been determined. The possibility of utilization of coal extraction wasters as corrective or active mineral additions in production of building materials has been shown.

Key words: minerals, glassphase, hydraulicity, sorption.

Kharkov University Bulletin. 2010. № 895. Chemical Series. Issue 18(41).