

УДК 622.333:691

М. И. УХАНЕВА (ассистент), **Э. Б. ХОБОТОВА** (д-р хим. наук, проф.)
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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.

отходы угледобычи, строительные материалы, химический и минералогический состав пород

Постановка проблемы.

Большинство химических элементов в природе встречается в связанном состоянии вместе с огромным количеством попутных веществ, что обуславливает экономическую целесообразность комплексного использования сырья для изготовления продукции надлежащего качества. С ростом цен на сырье все в большей степени должна применяться повторная переработка отходов и использованных материалов. Благодаря этому резко увеличивается коэффициент использования природных ресурсов и достигается улучшение технико-экономических показателей производства. В большом количестве накапливаются твердые отходы минерального происхождения металлургии, энергетики, горнорудной, химической и других отраслей. Одним из перспективных направлений использования шлаков является производство строительных материалов. Актуальность этой проблемы в Украине обусловлена нехваткой кондиционного природного сырья для производства вяжущих материалов. Кроме того, использование шлакового сырья позволит добавочно получить дешевые вяжущие вещества и освободить высококачественный известково-силикатный цемент для более ответственных строек.

Одной из разновидностей многотоннажных отходов являются отвалы угледобывающей отрасли, представляющие собой сопутствующие угольным пластам пустые породы. Практическое использование отходов угледобычи в строительной отрасли ограничено по нескольким причинам. Во-первых, разработка терриконов остается технически сложной и небезопасной задачей. Во-вторых, породы терриконов являются неоднородными по составу и степени обжига, поэтому в каждом конкретном случае необходимо их предварительное минералогическое исследование.

В целом попутно добываемые породы на шахтах и угольных разрезах в настоящее время совершенно не 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.

Решение проблемы промышленного использования отвальных шахтных пород означает организацию рентабельного производства строительных материалов, сокращение непроизводительных затрат на содержание шлакового хозяйства, высвобождение значительных земельных угодий, занятых отвалами, и уменьшение их вредного воздействия на окружающую природную среду.

Кужварт М. [1] относит пустые породы угольных месторождений к перспективным полезным ископаемым, которые при ожидаемом прогрессе в технологии могут быть использованы в ближайшие десятилетия. Согласно классификации попутно добываемых пород по степени разведанности и качеству сырья для производства стройматериалов, представленной в виде 4 групп в работе [2], отвальные шахтные породы, чаще всего, относятся ко второй группе. Это отходы, которые по предварительным данным могут быть использованы в стройиндустрии, но по степени изученности их качеств не подготовлены для строительного освоения. Отвальная порода может использоваться в различных качествах в производстве вяжущих материалов: как замена компонентов сырьевой смеси, как компонент

шлакопортландцемент, получаемого путем совместного измельчения цементного клинкера, отходов (шлаков) и гипса, в качестве корректирующих и активных добавок и т. д. Для того, чтобы определить путь использования отвальной породы необходимо определить ее оксидный, минералогический состав, охарактеризовать гидравлические свойства и исследовать поведение минералов при высокотемпературном прокаливании.

Целью работы являлось изучение минералогических, петрографических и гидравлических характеристик отвальных шахтных пород шахт «Хмельницкая» и им. Я.М. Свердлова Луганской области и выяснение возможностей их использования в производстве строительных материалов.

Материалы и обсуждения.

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

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].

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 СРЕКОЛ 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 прохождения через сито 0,125 мм.

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 по ГОСТ 22688-77.

Химический и минералогический состав отвальных пород.

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).

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].

Волнистый характер полученных дифрактограмм свидетельствует о наличии соединений в аморфном состоянии. Общая картина содержания элементов в кристаллическом и стеклообразном состояниях получена с помощью микрорентгеновского анализа образцов, результаты которого для неуглеродной части породы представлены в табл. 1. Остальную 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 (1,16-20,28% [6]) и Fe_2O_3 для шахты им. Я.М. Свердлова (4,04-9,15% [6]). Содержание СаО, MgO и SiO_2 укладывается в рекомендуемые интервалы. Малое содержание основных оксидов кальция и магния и большое – кислых 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 [7] для шлаков данной классификационной группы содержание SiO_2 должно быть $\geq 60\%$. В рассматриваемом случае кислотность шлака в равной мере обуславливает как SiO_2 , так и Al_2O_3 .

Таблица 1 – Относительное содержание оксидов элементов в неуглеродной части отвальных пород и их классификация по системе модулей

Оксид	Массовая доля, % оксидов элементов				
	Отвальная порода ш. им. Я.М. Свердлова			Порода ш. «Хмельницкая» после прокаливания	
	микрорентгеновский анализ			микрорентген. анализ	химический анализ
	до прокаливания		после прокаливания		
	общая	в крупной фракции			
Na ₂ O	0,60	–	1,099	0,670	–
K ₂ O	4,82	2,660	3,062	3,553	–
MgO	1,53	4,663	1,102	2,544	–
CaO	1,62	18,137	2,205	–	0,63
SiO ₂	50,97	40,784	42,737	66,877	63,4
Al ₂ O ₃	22,08	20,265	39,558	21,775	22,3
SO ₃	4,85	0,857	–	–	–
Cl ₂ O	0,06	–	–	–	–
TiO ₂	1,20	–	0,603	0,708	–
FeO	10,96	12,615	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	0,50	0,93	0,33	0,35
$Mc = \frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	2,31	2,01	1,08	3,07	2,84
$M\Gamma = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$	2,01	1,61	4,11	5,63	2,75
$M\Gamma_{ж} = \frac{Al_2O_3 + Fe_2O_3}{SiO_2}$	0,65	0,81	1,15	0,38	0,48

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 O₂ и CO₂. Молярная концентрация SiO₂ определяет структуру кремнекислородных комплексов и кислотно-основные свойства, вязкость и кристаллизационные характеристики расплавов. Исследуемые ультракислые породы образуют кислые расплавы с содержанием SiO₂, превышающим таковое для трисиликата $O/Si+Al+Ti \leq 2,67$ [7]. С увеличением кислотности резко возрастает вязкость и уменьшается кристаллизационная способность силикатных расплавов. Высоковязкие кислые расплавы обычно затвердевают с образованием стекла, что подтверждено исследованием шлифов при петрографическом анализе.

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 (рис. 1). Корунд присутствует в виде изометричных, неправильной формы зёрен размером до 3,2 мм (преобладающий размер 0,08-0,8 мм). Некоторые зёрна корродированны 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 15-20%.

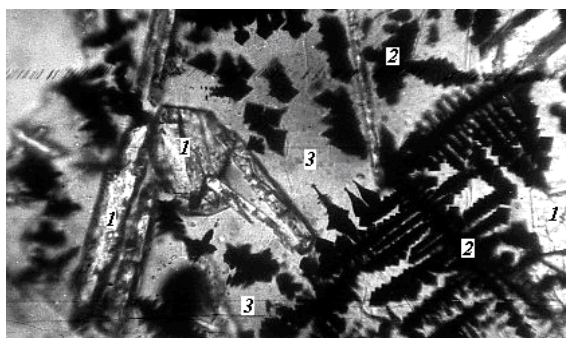


Рисунок 1 – Образец пробы спеченного шлака шахты им. Свердлова:
1 – корунд; 2 – магнетит; 3 – стеклофаза

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

В стекле наблюдаются выделения железистых шпинелидов по составу близких к магнетиту $FeO \cdot Fe_2O_3$ в виде дендритных, скелетных форм и идиоморфных кристаллов размером 10-40 мкм, максимум 80 мкм. Различаются редкие тонкие игольчатые кристаллы муллита $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ до 150 мкм длиной.

Проба спеченного шлака шахты "Хмельницкая" характеризуется присутствием обломков чёрного цвета с бурыми полосами, со стеклянным блеском. Основную массу пробы (рис. 2) составляет стеклофаза от бесцветной до желтовато-буроватой, желтовато-зеленоватой с $N_{cp} \sim 1,535 \pm 0,005$.

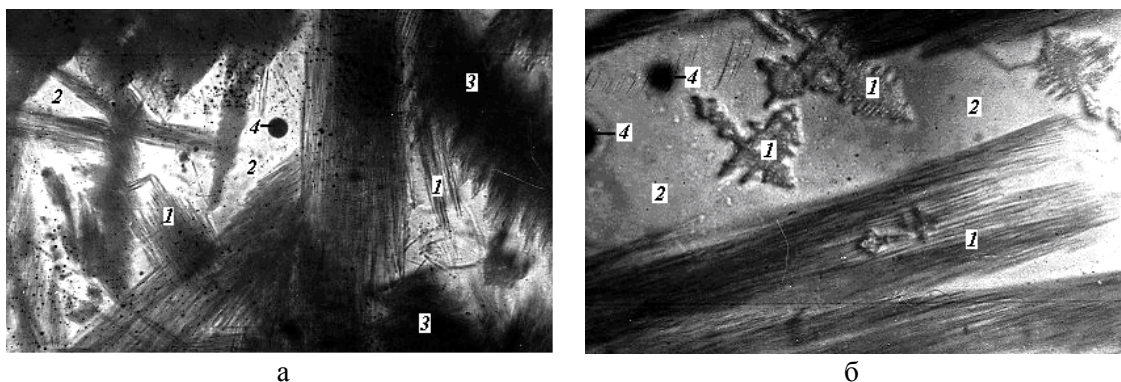


Рисунок 2 – Образец пробы спеченного шлака шахты "Хмельницкая": 1 – муллит (б – дендритные формы); 2 – стеклофаза; 3 – пироксены; 4 – металл

В стекле наблюдаются выделения кристаллов – игольчатые, удлинённо-призматические, перистые, иногда субпараллельные, муллита – $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ до 6 мм в длину (преобладает 0,2-1,3 мм) при ширине 4-20 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 5-10% до 50-60%.

В некоторых участках наблюдаются зеленовато-буроватые перистые выделения пироксенов: диопсида $CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$ и геденбергита $CaO \cdot FeO \cdot 2SiO_2$. Также присутствуют железистые шпинелиды (от герценита $FeO \cdot Al_2O_3$ до магнетита $FeO \cdot Fe_2O_3$). Преобладают шпинелиды по составу близкие к магнетиту, образующие идиоморфные кристаллы до 20 мкм

размером, дендритные и скелетные выделения. Встречаются следы (<1%) округлых металлоидных выделений (Fe), толочней рутила (TiO₂) и зёрен гематита.

Результаты петрографического исследования отвальных шахтных пород после спекания приведены в табл. 2.

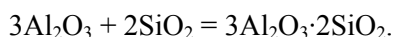
Таблица 2 – Результаты петрографического исследования спеченных образцов отвальных шахтных пород

Минералы, фазы	Массовая доля, %	
	ш. им. Я.М. Свердлова	ш. «Хмельницкая»
Пироксены (диопсид – геденбергит)	–	3-5
Железистые шпинелиды (магнетит)	10-15	5-7
Корунд (α -Al ₂ O ₃)	30-50	–
Муллит (3Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂)	следы	30-35
Стеклофаза	40-60	55-60

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

Мусковит при нагревании до 800 °С медленно теряет воду с одновременным расширением решетки минерала. Структура кристалла разрушается между 940 и 980 °С. На основе зерен мусковита при 1000 °С образуется γ -Al₂O₃ и в небольшом количестве шпинель, при 1200 °С появляется α -Al₂O₃ [5]. Тип и количество полиморфных форм Al₂O₃ зависит от температуры, длительности обжига и наличия модифицирующих примесей, в рассматриваемом случае железа. В присутствии ионов железа (II) и (III) возрастает количество точечных дефектов кристаллической структуры Al₂O₃ и его химическая активность.

Образование вторичного муллита может протекать при обжиге из образовавшихся оксидов [9] в температурном интервале 1100-1410 °С [10]



Магнетит FeO·Fe₂O₃ образуется при 1400-1600 °С в последовательных реакциях: гематит→маггемит→магнетит. При температурах выше 500 °С железистые оксиды подвергаются термической диссоциации с потерей кислорода [5].

Диопсид получается при обжиге и плавлении образовавшейся смеси известково-магнезиальных и кремнеземистых материалов.

Возможности применения отвальных пород как перспективных полезных ископаемых. Сам факт обнаружения в шахтном отвале в высокой концентрации слюдяных и хлоритных минералов является ценным. Мировые ресурсы слюды не известны и точно не определены на будущее. Высокая стоимость слюды и трудности ее поисков и разведки новых месторождений приводят к тому, что слюду заменяют синтетическими материалами. В рассматриваемом случае обильные включения кварца в породе, повышенное содержание железа и измельчение слюдяных пластинок снижают применимость слюды в электро- и радиотехнике в качестве электроизоляционного материала.

Значительное содержание Al₂O₃ (до 40% в прокаленном образце породы шахты им. Я.М. Свердлова) обуславливают возможность применения отвальной породы в качестве сырья для производства огнеупоров. Огнеупорность прокаленных пород, рассчитанная по формуле [1]

$$^{\circ}\text{C} = \frac{360 + \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{RO}}{0,228}, \quad (1)$$

укладывается в интервал от 1660 до 1738 °С, что соответствует требованиям, предъявляемым к огнеупорным материалам (≥ 1580 °С). Отрицательным фактором является присутствие оксидов железа – примесей, нежелательных при производстве огнеупоров. Микроструктура полученного

спеченного образца породы с большим количеством стеклофазы также отличается от таковой для огнеупора, где между хорошо окристаллизованными зёрнами твёрдого раствора корунда в муллите находятся тонкие прослойки стеклофазы [11].

Породы шахтных отвалов различной степени обжига традиционно используют в качестве компонентов строительных растворов, как сырьё для производства клинкерного кирпича, аглопорита и гидравлических вяжущих [2]. Изученные породы невозможно использовать в качестве наполнителя бетона по причине присутствия несгоревшего угля [12].

Близость химического и минералогического составов портландцементного клинкера и отвальной породы позволяет рассчитывать на её использование в производстве цемента. Однако при этом необходимо дополнительно учитывать ряд факторов: способность сырья распадаться на оксиды при относительно низких температурах, отсутствие образования промежуточных труднорастворимых соединений, скорость взаимодействия компонентов с CaO, возможности уменьшения энергопотерь. О некоторых из этих фактов можно судить косвенно. Так, например, низкое содержание оксидов щелочных металлов и магния в исследованных породах не будет предрасполагать к образованию при обжиге неравновесных соединений, затрудняющих образование C_3A и C_3S . Снижение энергопотерь прогнозируется при сгорании в печи углистой части породы.

Предполагается, что скорость взаимодействия CaO с глинистыми материалами породы будет выше, чем с кварцем или иными шлаковыми отходами [5]. Кроме того, высокое содержание Fe_2O_3 способствует появлению значительного количества расплава, в присутствии которого известь лучше усваивается другими минералами. Совместное присутствие оксидов Al_2O_3 и Fe_2O_3 неизбежно приведет к образованию алюмоферритов Ca, причем с повышенным содержанием алюмината. Это, в свою очередь, снизит степень термической диссоциации Fe_2O_3 , уменьшающейся в ряду соединений $C_2F > C_6AF_2 > C_4AF > C_6A_2F > C_8A_3F$ [5] и замедлит распад C_3S , наблюдающийся при растворении FeO в решетке алита.

О наличии гидравлической активности породы можно судить по результатам оценки количества поглощенной извести CaO. Для этого измельченную навеску средней пробы шахтной породы (10 г) выдерживали в растворе CaO с исходной концентрацией 5,625%. Концентрация CaO контролировалась во времени в процессе взаимодействия с породой. Экспериментальные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Активность терриконных пород по поглощению CaO

Породы шахты	Время контакта шлака с раствором CaO	Содержание CaO в растворе, %	Величина поглощения CaO, %	Величина поглощения CaO, мг/г
«Хмельницкая»	1 сут.	3,0	2,625	261,2
	3 сут.	2,0	3,625	360,7
им. Я.М. Свердловва	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 CaO велика и превышает таковые значения для глиежей – 30 мг/г за 30 суток, горелых пород террикоников – 50 мг/г и кремнеземистых, железистых горелых пород Кузбасса – 40-130 мг/г извести [13]. Полученные в настоящей работе величины поглощения извести определены за менее длительный срок – 3 суток, что необходимо учитывать при сравнении с литературными данными. Поглотительная способность изученных шахтных пород сравнима с количественными показателями для кислых гидравлических добавок: опаловидных пород (трепелов, диатомитов, опок) – 250-400 мг/г [14]. 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 [6].

Высокая гидравлическая активность шахтных пород косвенно подтверждается определением адсорбционной активности. Сорбционная емкость 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 емкость породы. Статическую обменную ёмкость (COE) породы при поглощении МС определяли по формуле

$$\text{COE} = \frac{(C_1 - C_2) \cdot V}{m}, \text{ мг/г}, \quad (2)$$

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 $D=1,1$ ($C_{\text{МС}}=0,01$ 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 COE (рис. 3) не являются предельными, малая величина COE обусловлена низкой начальной концентрацией МС. О высокой сорбционной емкости 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%.

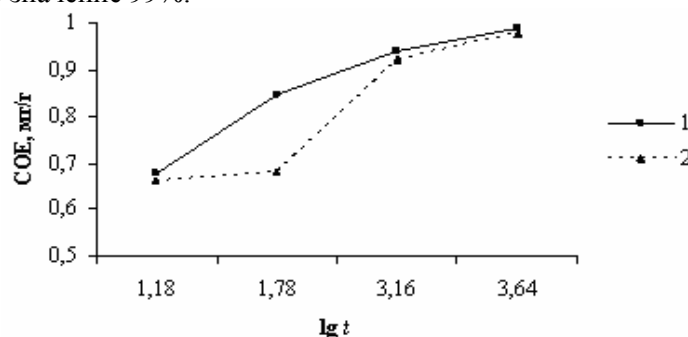


Рисунок 3 – Изменение COE отвальных шахтных пород во времени: 1 – порода шахты «Хмельницкая»; 2 – порода шахты им. Свердлова

Гидравлическая активность пород определяется не только содержанием оксидов элементов, но и их соотношениями, описываемыми системой модулей. Часть из модулей рассчитана и представлена в табл. 1. Некоторые модули не представляется возможным определить из-за малого содержания основных оксидов.

Согласно величине модуля активности Ma порода шахты им. Я.М. Свердлова относится к I сорту кислых шлаков ($Ma \geq 0,4$); порода шахты «Хмельницкая» относится ко II классу кислых шлаков ($Ma \geq 0,33$).

Для реализации отходов в производстве строительных материалов силикатный модуль Mc должен иметь оптимальные значения 1,7-3,5. Высвобождение оксида Al_2O_3 после прокаливания породы ш. им. Я.М. Свердлова несколько уменьшает величину Mc (до 1,8).

Глиноземистый модуль Mg пород, используемых в производстве портландцементного клинкера, должен укладываться в интервал 1,0-2,5. 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 $Mgж > 0,49$. Предположительно наиболее активной является спеченная порода шахты им. Я.М. Свердлова.

Высокие концентрации стеклофазы, оксидов алюминия и железа (III), большие значения модулей Mg , $Mgж$, высокие гидравлические и адсорбционные свойства пород обуславливают возможность их применения в производстве глиноземистого цемента, в качестве корректирующих или активных добавок к портландцементному клинкеру или в производстве известково-шлакового вяжущего. В первом случае отвальные породы могут заменить доменные шлаки, содержащие алюминаты кальция и магния с концентрацией до 45% Al_2O_3 . Подобные доменные шлаки выплавляются в ограниченном объеме, тем более актуальной является их замена.

При втором направлении использования отвальных пород они должны добавляться не на стадии помола клинкера, а на предшествующей стадии к сырьевой смеси до стадии обжига.

Корректирующие добавки вводят для регулирования величин модулей M_s , M_g , M_{g_j} . Добавка необходима, когда сырьевая смесь характеризуется неблагоприятными значениями какого-либо из модулей, либо при изготовлении цементного клинкера определенного минералогического состава. С помощью введения в сырьевую смесь изученных пород можно откорректировать два последних модуля.

Сравнение содержаний оксидов Al и Fe с имеющимися в литературе [5] показало наличие Al_2O_3 в достаточно высокой концентрации и, наоборот, концентрация Fe_2O_3 ниже, чем в обычно используемых железистых добавках. Таким образом, добавки можно рекомендовать как алюминатно-железистые в производстве портландцементного клинкера.

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.

Библиографический список:

1. Кужварт М. Неметаллические полезные ископаемые / М. Кужварт. – М.: Мир, 1986. – 472 с.
2. Эффективность использования промышленных отходов в строительстве / под ред. Я.А. Рекитара. – М.: Стройиздат, 1975. – 184 с.
3. JCPDS PDF-1 File. International Committee for Diffraction Data, release 1994. – PA, USA.
4. Rodriguez-Carvajal J. FullProf.98 and WinPLOTR: New Windows 95/NT Applications for Diffraction / J. Rodriguez-Carvajal, T. Roisnel // Newsletter No. 20 / Commission for Powder Diffraction, International Union of Crystallography. – May-August 1998.
5. Бутт Ю.М. Портландцементный клинкер / Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев. – М.: Стройиздат, 1967. – 303 с.
6. Справочник по производству цемента / под ред. И.И. Холина. – М.: Госстройиздат, 1963. – 851 с.
7. Перепелицын В.А. Основы технической минералогии и петрографии / В.А. Перепелицын. – М.: Недра, 1987. – 255 с.
8. Лазаренко Е.К. Курс минералогии / Е.К. Лазаренко. – К.: Гос. изд-во технич. лит-ры Украины, 1951. – 687 с.
9. Физическая химия силикатов / А.А. Пашенко, А.А. Мясников, Е.А. Мясникова и др.; под ред. А.А. Пашенко. – М.: Высш. шк., 1986. – 368 с.
10. Дир У.А. Породообразующие минералы / У.А. Дир, Р.А. Хауи, Д. Зусман. – М.: Мир, 1966. – 317 с.
11. Брянцев Б.А. Некоторые физико-химические свойства кяанита месторождения Новая Шуурурта и материалов на его основе / Б.А.Брянцев, М.Е. Кононов, О.В. Поваляева // Минеральное сырье и отходы промышленности для производства строительных и технических материалов. – Л.: Наука, 1982. – С. 64-68.
12. Лапин В.В. Петрография металлургических и топливных шлаков / В.В. Лапин. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1956. – 296 с.
13. Книгина Г.И. Строительные материалы из горелых пород / Г.И. Книгина. – М.: Стройиздат, 1966. – 297 с.
14. Бутт Ю.М. Шлаковые цементы без добавок – возбудителей твердения / Ю.М. Бутт, Е.Л. Горбаковская, Л.Д. Вайсфельд // Сб. трудов РОСНИИМС – 1953. – № 3. – С.25-31. – М.: Промстройиздат.

Надійшло до редакції 14.09.09

М. І. Уханєва, Е. Б. Хоботова

ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВУГЛЕВИДОБУТКУ У ВИРОБНИЦТВІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Досліджено мінералогічний і оксидний склад відвальних порід вугільних шахт і їх спечених зразків. Встановлено висока гідралічна і адсорбційна активність териконних порід. Показано можливість використання відходів вуглевидобутку в якості корегуючих або активних домішок при виробництві будівельних матеріалів.

відходи вуглевидобутку, будівельні матеріали, хімічний і мінералогічний склад порід

M. Uchanev, E. Chobotova

THE PROSPECTS OF APPLYING THE WASTES OF COAL INDUSTRY IN THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

The mineralogical structure of waste rock and its sintered samples has been studied. High hydraulic and adsorption activity of rocks in waste banks has been recorded. The possible use of coal industry wastes as corrective or active admixtures in building materials has been shown.

coal waste, building materials, chemical and mineralogical structure of rocks

© *М. І. Уханєва, Е. Б. Хоботова, 2009*