

## Список літератури

1. <http://www.aluminiumleader.com/serious/industry/>
  2. <http://ru.exrus.eu/>
  3. <http://ecogreenline.com.ua/articles/>
  4. <http://dozor.kharkov.ua/1000981/zhizn/analytics/1077057.html>
  5. Патент СССР №1615205. Способ переработки красных шламов/ **В.А.Киселев, Л.И.Леонтьев, Г.Н.Кожевников** и др., МКИ С 22 В 7/00, БИ №47, 1990.
  6. Патент США №3295961, Способ производства губчатого железа и восстановления титана и алюминия из бокситовых шламов, **Сирони Джузеппе, Коломбо Умберто**. МКИ С 21 В., 1967.
  7. Патент РФ №2086659. Способ переработки железоглиноземистого сырья. **Буркин С.П., Логинов Ю.Н., Коршунов Е.А.** и др. МКИ С 21 В 11/00, С 22 В 7/00, БИ №22 от 10.08.97.
  8. **Буркин С.П., Логинов Ю.Н., Щипанов А.А.** и др. Переработка железоглиноземистых техногенных отходов. Сталь, 1996, №6. С.77-88.
  9. **Логинов Ю.Н., Буркин С.П., Логинова И.В.** и др. Восстановительная плавка красных шламов глиноземного производства. Сталь, 1998, №8. С.74-77.
  10. **Матяш В.Г., Леонтьев Л.И., Кудинов Б.З.** О восстановлении окислов железа в красных шламах. В кн. "Подготовка и комплексная переработка металлургического сырья". Труды Института металлургии, вып.22, Свердловск, 1970. С.46-49.
  11. **Шморгуненко Н.С., Корнеев В.И.** Комплексная переработка и использование красных шламов глиноземного производства. М.: Металлургия, 1982. 128с.
  12. **Пашенко А.А., Бакланов Г.М., Мясникова Е.А.** Новые цементы. Киев. Будевельник., 1978. - 220 с.
  13. **Шморгуненко Н.С., Корнеев В.И.** Комплексная переработка и использование отвальных шламов глиноземного производства. - М.: Металлургия, 1982. - 129 с.
  14. **Allaire С.** Use of red mud for the produktionof aluminum reduction cell potlining refractories. // Light Metals 1992: Proc. Techn. Sess. TMS Light Metals Conun 121 st. TMS. Annu. Met. San Diego, Calif, March 1-5. 1992. Warrendade(Calif) 1991. С. 401 -406.
- Рукопис подано до редакції 22.03.14

УДК 622.33.002.68: 666.70

С.В. СЕМИРЯГИН, канд.техн.наук.

Донбасский государственный технический университет

Б.Н. ПИЛИПЕНКО, рук. группы, ООО «МАЙНИНГ ИНЖИНИРИНГ ЦЕНТР»

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОГНЕУПОРОВ

Рассмотрены предпосылки использования отходов угледобычи и углеобогащения в качестве сырья для производства огнеупорных составов. На примере породного отвала, образованного после обогащения угля антрацитовой группы, показана возможность проведения агломерации без введения дополнительного топлива. Предложена технологическая схема производства шамотных огнеупоров из зольной части породных отвалов и терриконов.

**Ключевые слова:** агломерация, породный отвал, террикон, огнеупорные составы.

Из недр Украины ежегодно извлекается свыше 1,5 млрд т горной массы, из которой, после извлечения полезных компонентов, 60-70 % переводится в породные отвалы. Для размещения отвалов отводится ежегодно до 1,5-2,0 тыс. га сельскохозяйственных земель. В Украине в отвалах складировано более 20 млрд т горнопромышленных отходов, занимающих более 500 тыс. га земли.

Особенно остро стоит проблема утилизации техногенного сырья в индустриально развитом Донбассе, в структуре хозяйственного комплекса которого угольная промышленность является одной из ведущих отраслей. Специфика подземной добычи угля в Донбассе состоит в том, что на каждые 1000 т добытого угля приходится до 800 т пустой породы.

На территории Донбасса расположено свыше 1200 отвалов шахт (терриконов), площадь которых составляет 5 тыс. га, а с учетом санитарно-защитной зоны около 30 тыс. га. При этом ежегодный объем горной массы, выдаваемой в отвалы, составляет около 30 млн м<sup>3</sup>, а их общий объем в регионе превышает 2 млрд м<sup>3</sup>, что, безусловно, создает существенную экологическую напряженность [1].

Таким образом, проблема переработки породных отвалов обогатительных фабрик (ОФ) и терриконов угольных шахт является актуальной.

Также это связано с тем, что в настоящее время не существует комплексной технологии переработки отходов угледобычи, обладающей высокой полнотой извлечения из них вторичного сырья. Терриконы и породные отвалы ОФ рассматриваются, в основном, как источник извлечения РЗМ и драгоценных металлов [2].

Крупнотоннажная переработка осуществляется только в случае дорожного строительства или производства строительных материалов [3].

Стоит отметить, что такая переработка возможна лишь в случае перегоревшего террикона, а породные отвалы ОФ зачастую не подвергаются утилизации ввиду повышенного содержания влаги и относительно большого содержания углерода (до 15%). Решением данной проблемы может стать активно совершенствующаяся агломерационная технология, позволяющая вовлекать в переработку отвалы ОФ, несмотря на повышенное содержание влаги и большое содержание углерода [4].

В последнее время терриконы угольных шахт, добывающих угли антрацитовой группы, подвергаются переработке на обогатительных комплексах, позволяющих извлекать угольный концентрат с зольностью  $A^d$  до 15%.

В Луганской области действует около 20-ти, а в Донецкой - около 10-ти подобных комплексов с часовой производительностью по исходной горной массе от 50 до 100 т. После такого обогащения формируется породный отвал с повышенным содержанием золы (до 93%), кроме этого, в нем увеличивается содержание оксидов железа ввиду использования магнетитового железорудного концентрата (ЖРК) в качестве утяжелителя [5].

Физико-химические свойства, минералогический состав, минералого-петрографическая характеристика отвальных пород довольно хорошо изучены и описаны в работах [6,7].

Изучение породных антрацитовых отвалов и терриконов показало, что их зольная часть представлена в основном  $SiO_2$  (до 70%)\*,  $Al_2O_3$  (до 30%)\* и  $Fe_2O_3$  (до 25%)\*.

\* приведенное значение – максимально встречающееся.

Содержание основных оксидов, щелочей и прочих элементов не превышает 5%. Эти оксиды не находятся в свободном или чистом виде, в золе они, как правило, представлены комплексными минералами: аргиллит, углистый аргиллит, алевролит, песчаник, карбонаты и т.д.

В металлургической промышленности ограниченно применяются отходы угледобычи и углеобогащения. Это объясняется достаточной сырьевой базой и большими затратами на передел сырых материалов. Однако с уверенностью можно говорить о том, что основными направлениями использования пустой породы в металлургии могут быть технологии приготовления шлакового смеси и огнеупорных составов.

В работе [8] также показана возможность извлечения железа из подобных материалов, однако развитие данного направления требует, прежде всего, экономического обоснования.

Согласно данным работы [9] запасы высококачественного огнеупорного сырья на наиболее крупных месторождениях Украины (Часовярское и Новоселицкое) почти истощены, снижается сортность добываемого сырья, усложняются горно-геологические условия, увеличивается глубина карьеров, и, как следствие, растет себестоимость добычи.

Таким образом, одним из перспективных направлений в сфере переработки породных отвалов для металлургии является использование этих пород в качестве сырья для производства огнеупорных материалов.

Огнеупоры - это фактически строительный материал, обладающий особыми свойствами (огнеупорностью). Поэтому производство огнеупоров можно осуществлять опираясь на опыт изготовления строительных и минеральных материалов.

Одним из основных условий получения огнеупорных свойств является обжиг. Наиболее важным преимуществом породных отвалов и терриконов является их теплотворная способность. Ряд исследований показывают, что теплотворная способность превышает 800 ккал/кг [10]. Этот показатель соответствует низкосортному топливу.

Лабораторные исследования по агломерации неоккомкованой (в отличие от производства аглопорита) пустой породы ОФ «Володарская» были проведены на базе лаборатории кафедры металлургии черных металлов Донбасского государственного технического университета (г.Алчевск). Агломерации подвергалась пустая порода, состав которой приведен в табл. 1.

Таблица 1

Состав компонентов (%) пустой породы ОФ «Володарская»

A <sup>d</sup>	W	S	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
85,56	3,81	0,33	57,93	22,26	9,23	3,43	1,99	1,29	0,79	0,83	0,30	0,21

Также в результате проведенных исследований оценивалось взаимное влияние компонентов пустой породы на их содержание в ней. В качестве исходных были использованы данные по составу пустой породы различных шахт и обогатительных фабрик.

В результате данных исследований не обнаружено взаимное влияние компонентов пустой породы (корреляционная матрица это подтверждает) на их содержание в ней, что говорит о разнообразии минералов, которыми представлена пустая порода.

Перед агломерацией пустая порода дробилась до рациональной с точки зрения агломерационного процесса класса крупности 5-3 мм, увлажнялась до влажности 7% и подвергалась агломерации в чаше высотой 300 мм при вакууме 800 мм. вод. ст.

Общий вид спекательной чаши во время агломерации и полученной агломерированной пустой породы показаны на рис. 1.

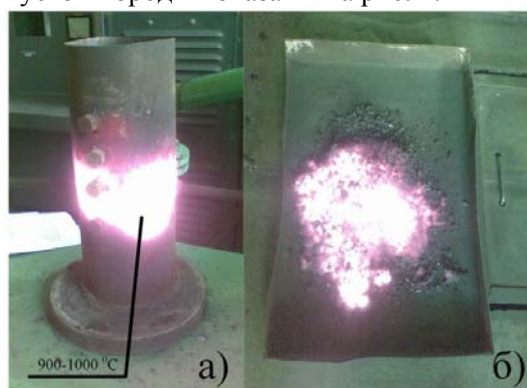


Рис. 1. Общий вид спекательной чаши во время агломерации *a* и полученной агломерированной пустой породы *б*

Измерение температуры на поверхности спекательной чаши в процессе агломерации показало, что она колебалась в пределах 900-1000 °С, что свидетельствует о большом температурном потенциале процесса спекания пустой породы.

Стоит отметить, что при спекании металлургической агломерационной шихты температура поверхности чаши редко превышает 300-400 °С.

Химический состав агломерированной пустой

породы приведен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав агломерированной пустой породы

A <sup>d</sup>	W	Fe <sub>общ</sub>	S	SiO <sub>2</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	MgO	MnO	P
100,00	0,00	4,77	0,48	48,70	21,70	7,06	4,77	0,89	0,81	0,52	0,09	0,084

Полученный продукт спекания имел ошлакованную и оплавленную структуру, что говорит о высоком топливном потенциале шихты, позволяющем реализовывать жидкофазные процессы.

Исследование агломерированной пустой породы показало, что в результате избытка восстановителя (C) в процессе агломерации происходит восстановление гематита до магнетита и вюститита, что позволяет в последующем легко отделить их методом магнитной сепарации.

Избыточное количество тепла дает, также, возможность введения в состав шихты дополнительных компонентов, которые позволят изменить огнеупорность спекаемого материала в заданных пределах.

Предлагаемая технологическая схема производства огнеупорных материалов может выглядеть следующим образом: Грохочение (по кл.кл. -40 +0 мм) → Дробление (по кл.кр. -3 мм) → Формирование и усреднение спекаемой шихты → Обжиг агломерационным способом → Дробление (по кл.кр. -3 +1 мм) → Магнитная сепарация → Измельчение (помол) (до кл.кр. - 0,075 мм).

Полученный молотый порошок имеет огнеупорность, соответствующую классификации шамотных составов. Шихтовый состав, подаваемый на агломерацию, может корректироваться подачей глиноземистых материалов. Подобная технология реализуется при производстве аглопорита без последующего применения в огнеупорном производстве.

В качестве выводов можно отметить следующее:

сформировавшиеся запасы терриконов и породных отвалов в Украине можно рассматривать как подготовленные источники для повторной переработки;

наличие в отходах угледобычи и углеобогащения несвязанного углерода и большого количества оксидов кремния и алюминия в зольной части дает возможность рассматривать эти материалы в качестве сырьевых материалов для производства огнеупорных составов;

проведенные исследования подтверждают возможность корректировки химического состава спекаемой шихты сырыми материалами за счет избыточного тепла, а также проведение процессов, связанных со шлаковой фазой (растворение, спекание).

#### *Список литературы*

1. **Коваленко Л.И.** Перспективы использования горелых пород шахтных отвалов / **Л.И. Коваленко** // Проблемы экологии. – 2009. – № 1-2. – С. 16–19.
2. **Горовой А.Ф.** Отходы добычи и переработки углей – источник загрязнения окружающей среды и минерального сырья / **А.Ф. Горовой** // Геология угольных месторождений. – 2002. – №3 – С. 285-290.
3. **Туманова Е.С.** Техногенные ресурсы минерального строительного сырья / **Е.С. Туманова, А.Н. Цибизов, Н.Т. Блоха.** – М.: Недра, 1991. – 208 С.
4. **Папуна Н.В.** Переработка терриконов методом агломерации / **Н.В. Папуна, В.В. Кочура** // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів. Збірка доповідей VII міжнародної наукової конференції аспірантів і студентів. Т.1. – 2008. – Донецьк, ДонНТУ, ДонНУ. – С. 97–98.
5. **Смирнов В.О.** Проектування збагачувальних фабрик [видання друге] / **В.О. Смирнов, В.С. Білецький.** – Донецьк : Східний видавничий дім, 2008. – 269 с.
6. **Куковский К.Г.** Особенности строения и физико-химические свойства глинистых минералов / **К.Г. Куковский.** – К. : Наукова думка, 1966. – 130 с.
7. Исследование состава и способов промышленного применения отходов углеобогащения шахтных пород [отчет]. – Луганск : УкрНИИУглеобогащение. – 1970.
8. **А.Г. Мнухин** Комплексная переработка породных отвалов шахт Донецкого региона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/fgtu>.
9. Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3268-17/page>.
10. Исследование теплофизических свойств отходов углеобогащения обогатительных фабрик Донбасса [отчет]. – М. : Всесоюзный заочный институт пищевой промышленности. – 1969.

Рукопись поступила в редакцию 22.03.14

УДК 622.23

**И.П. КУШНЕРЕВ, Ю.Ю. КРИВЕНКО**, кандидаты техн. наук, доц.  
Криворожский национальный университет

### **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ С УЧЕТОМ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ**

Выполнен анализ горнотехнических условий залегания и опыта отработки месторождений строительных материалов. Установлено, что при дальнейшем использовании выработанного пространства в хозяйственных целях, конструктивные элементы горных выработок должны быть рассчитаны на длительную устойчивость, особенно для месторождений пильных известняков, характеризующихся рядом специфических особенностей: слоистой текстурой и наличием ослабленных межслоевых контактов, трещиноватостью. Выполнен выбор методики расчета конструктивных параметров системы разработки с определением размеров опорных междукамерных целиков и камер, обеспечивающих безопасное ведение горных работ, а также возможность вторичного использования выработанного пространства. Установлены технологические режимы эксплуатации технологического оборудования, обеспечивающего высокий уровень механизации процесса и технико-экономические показатели отработки залежей строительных материалов.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** В промышленных регионах практически вся земная поверхность распределена по функциональному назначению, поэтому решение задачи введения новых производственных мощностей, строительство складов или подготовка территорий для нового целевого назначения требует значительных материальных и трудовых затрат, величина которых негативно отражается на экономической деятельности предприятий [7].

Одним из решений существующей проблемы является размещение производственных и складских сооружений в подземных полостях, образованных в результате добычи полезных ископаемых, в частности, при добыче пильных известняков. Как показывает практика подземной разработки строительных материалов, выработанное пространство, образованное в результате добычи пильных известняков, характеризуется значительной протяженностью, достаточно