

УДК 691.5

**Б.С. Баталин, А.И. Хорошавина**

**B.S. Batalin, A.I. Khoroshavina**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Perm National Research Polytechnic University

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НИЗКОМАРОЧНОГО ВЯЖУЩЕГО ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ ГОРНЫХ ПОРОД ШАХТНЫХ ТЕРРИКОНИКОВ**

## **RESEARCH OPPORTUNITIES OF RECEIVING LOW-GRADE BINDERS ON THE BASIS OF THE ROCKS FROM THE MINE REFUSE HEAPS**

Исследована возможность использования дешевого основного сырья (отходов) для получения дефицитной продукции низкой себестоимости, а также утилизации неразлагающихся отходов. Было проведено микроскопическое исследование микропрепаратов и дифференциально-термический анализ, приготовлены смеси на основе горных пород терриконикиков.

The purpose of this work – the use of cheap basic raw materials (waste), obtaining scarce goods low cost, and the disposal of non-degradable waste. Microscopic examination micro preparations and differential thermal analysis were conducted; blends were prepared on the basis of the rocks from waste heaps.

**Ключевые слова:** отходы, отвалы угольных шахт, терриконики, вяжущее вещество, красный сланец, сланцевое вяжущее.

**Keywords:** waste materials, heaps of coal mines, slagheaps, binder, red shale, binder of shale.

Рост мирового потребления минерального сырья (5–6 % в год) достигает таких размеров, что удвоение его физического объема должно происходить через каждые 30 лет, а ископаемого топлива – и того быстрее. Гигантски возросшие масштабы и продолжающийся рост потребления этих ресурсов требуют все больших затрат на их воспроизводство. Непрерывно увеличивающийся объем отходов, образующихся при добыче ископаемого сырья и топ-

лива, их переработке и использовании, представляет собой один из источников все большего загрязнения природной среды. Из года в год растущая масса отходов – один из главных факторов снижения качества окружающей среды и разрушения природных ландшафтов [1].

Так, ежегодно извлекается свыше 1,5 млрд т горной массы, из которой после извлечения полезных компонентов 60–70 % переводится в отвалы. Для размещения отвалов отводится ежегодно до 1,5–2,0 тыс. га сельскохозяйственных земель, что негативно сказывается на экологической обстановке.

Современные исследования отечественных и зарубежных ученых показывают, что проблема использования отходов угледобычи и углеобогащения в производстве строительных материалов и изделий остается актуальной и требует дальнейшей проработки. Так, за все время работы Кизеловского угольного бассейна Пермского края, а это более 200 лет, были накоплены многочисленные отвалы и терриконики, в которых складированы огромные количества шахтных пород. Размещение техногенных массивов требует отторжения значительных территорий. Отходы являются источниками загрязнения окружающей среды, создающими вокруг себя зоны поражения, в сотни раз превышающие площади, которые сами занимают.

Терриконики являются экологически опасными объектами. Их можно сравнивать с небольшими «спящими» вулканами, выбрасывающими в атмосферу примерно тот же спектр веществ – серную кислоту, сероводород, аммиак, метан, двуокись азота, углекислоту и угарный газ. Основным компонентом выбросов является водяной пар. Вместе с парогазовыми выбросами в атмосферу со стороны терриконикиков могут попадать летучие соединения токсичных элементов – ртути, мышьяка, кадмия и др. [2].

Выбросы со стороны терриконикиков могут распространяться на сотни метров, захватывая большие площади, включая селитебные территории. Компоненты выбросов, осаждаясь на земную поверхность, загрязняют почвогрунты. При этом формируются ореолы рассеивания. Наиболее загрязненными являются заболоченные участки долин рек. На строительство отвалов, складирование отходов и природоохранные мероприятия по снижению негативного воздействия терриконикиков тратятся огромные средства.

Решение проблемы утилизации отходов добычи и сжигания углей с последующим получением готового продукта может быть осуществлено с помощью получения низкомарочного вяжущего гидравлического твердения. Данное сланцевое вяжущее имеет следующие преимущества: решает экологическую проблему утилизации крупнотоннажных отходов угледобычи, расширяет сырьевую базу и снижает расходы на производство вяжущих материалов угледобычи.

Горелые породы, имея достаточную, а порой и высокую гидравлическую активность, обладают скрытыми гидравлическими свойствами, выявляющи-

мися в смеси с известью, цементом, доменным шлаком и прочими вяжущими веществами. Составные части этой смеси должны иметь высокую удельную поверхность, т.е. быть тонко измельчены, так как цементирующие новообразования получаются в результате коллоидно-адсорбционных явлений, обусловливающих схватывание и твердение, ускоряемое гидротермальной обработкой [3].

Было проведено микроскопическое исследование микропрепаратов для изучения процесса гидратации красного терриконика с известью и гипсом. Процесс приготовления порошков для препаратов заключался в том, что с точностью до 0,01 г отвешивались компоненты нужных составов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Составы порошков для микропрепаратов

Номер состава	Состав		
	Красный терриконик, г	Известь, %	Гипс, %
1	5	10	–
2	5	–	10
3	5	5	5

Составы растирали в фарфоровой ступке до полного прохождения пробы через сито 0,14. Микропрепараты исследовали с помощью поляризационного микроскопа «ЛабoПол-4» и фотографировали с помощью цифровой фотокамеры Olympus.

Исследования препаратов производили сразу после изготовления, через 3, 7, 14, 21 и 28 сут. На рис. 1 представлены микрофотографии террикоников в воде.

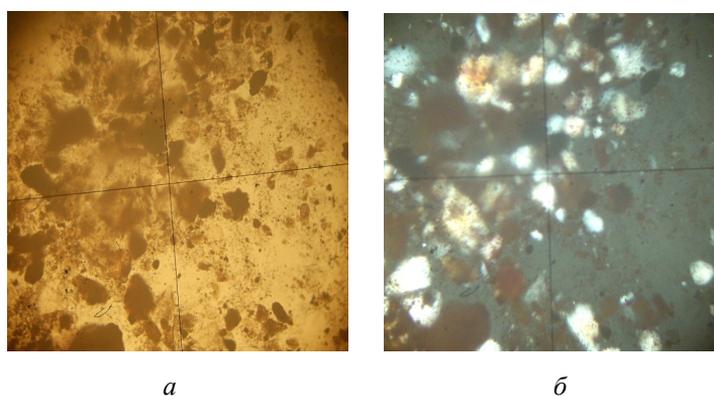


Рис. 1. Терриконик в воде: *а* – в проходящем свете; *б* – в отраженном свете.  $\times 300$

Еще на ранних сроках твердения в иммерсионном препарате, содержащем гипс, были хорошо видны новообразования в виде игольчатых кристаллов. В микропрепарате с известью на 14-е сутки отчетливо прослеживались древовидные образования, что свидетельствует о процессе твердения.

Для изучения угольных пород кизеловских терриконигов с перспективой выявления ценных в практическом отношении компонентов для их последующей утилизации был применен экспериментальный метод исследования – дифференциально-термический анализ [4]. На рис. 2 изображена термограмма пробы с отношением красный сланец/известь 80/20.

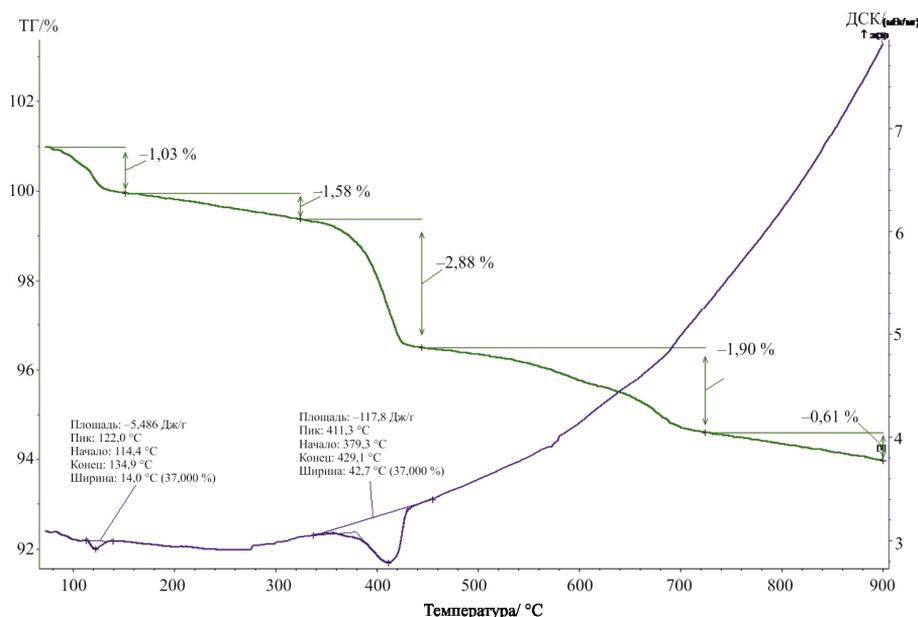


Рис. 2. Дифференциально-термический анализ пробы

При анализе термограммы, полученной со скоростью нагрева 10 °C/мин, зарегистрированы пики, характерные для глинистого минерала типа каолинит,  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ .

Первый эндотермический эффект, обусловленный выделением адсорбционной воды, отмечен при 122 °C. Потеря массы составила 1,03 мас. %. При температуре 379–429 °C наблюдается удаление гидратной воды до образования метакаолинита  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ , протекающее с уменьшением массы на 2,88 мас. %. Это сопровождается резким пиком эндотермического эффекта. С увеличением температуры происходит разрушение кристаллической решетки (925 или 1000 °C [5]). Данный эффект в эксперименте не зафиксирован, так как нагревание проводили до 900 °C. Таким образом, в результате проведения дифференциально-термического анализа подтверждено начальное преобразование минералов породы в терриконики.

В области переработки терриконика в вяжущее вещество уже имеются разработки [6], на их основе были выбраны оптимальные составы. Для приготовления смесей на основе горных пород были использованы:

- горелая горная порода из терриконика (красный сланец), подвергнутая предварительному дроблению в лабораторной фарфоровой мельнице;
- известь негашенная кальциевая;
- гипс быстротвердеющий марки Г-4.

Испытания проводились в такой последовательности: 1) красный сланец смешивали в сухом состоянии с известью, гипсовым вяжущим и комплексно (с известью и гипсом); 2) полученную сухую смесь затворяли водой до образования густого теста; 3) затем формовались образцы – балочки размером 160×40×40 мм. Формование образцов осуществлялось в разъемных формах (на три гнезда), состоящих из поддона, продольных и поперечных стенок; образцы твердели при пропаривании в пропарочной камере в следующем режиме: 2 ч выдержки перед пропариванием – 2 ч повышение температуры – 8 ч изотермической выдержки при 80–85 °С – 2 ч охлаждения.

После пропаривания у образцов определяли предел прочности при изгибе и сжатии по методике ГОСТ 310.4–81. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Определение предела прочности образцов

№ п/п	Состав, мас. %			Предел прочности, кгс/см <sup>2</sup>	
	Сланец	Известь	Гипс	при изгибе	при сжатии
1	90	10	–	11,60	42,7
2	90	–	10	–	–
3	90	5	5	10,63	22,7
4	85	15	–	30,53/18,83	45,8/79,2
5	80	20	–	24,73/19,5	44,6/64,5

*Примечание.* Образцы с 10%-ным содержанием гипса не показали прочности, и было принято решение не использовать гипс в составе вяжущего вещества.

Таким образом, из красного сланца может быть получено малоактивное вяжущее вещество. Мы приходим к выводу, что при определенном соотношении компонентов и гидротермальных условиях твердения из терриконикиков может быть получено сланцевое вяжущее марки 400 (класс 30).

**Список литературы**

1. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности: учеб.-справ. пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 368 с.

2. Силин А.А., Выборов С.Г., Проскурня Ю.А. Экологические последствия структурно-вещественных преобразований отвальных пород терриконов. – Донецк, 2010. – С. 155–160.

3. Книгина Г.И. Строительные материалы из горелых пород. – М.: Стройиздат, 1966. – 207 с.

4. Термогравиметрический метод анализа силикатных материалов [Электронный ресурс]. – URL: <http://portal.tpu.ru/SHARED/k/KULINICH/work/Tab2/TG.pdf>.

5. Хоботова Э.Б., Уханева М.И., Меркулова Н.В. Исследование химического, минералогического и радионуклидного составов отходов угледобычи [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.rusnauka.com/15\\_NPN\\_2009/Chimia/46478.doc.htm](http://www.rusnauka.com/15_NPN_2009/Chimia/46478.doc.htm).

6. Еворенко Г.И., Полевой С.А., Строкач А.А. Местные низкомарочные цементы на основе горных пород шахтных терриконов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2001. – № 9 – С. 16–17.

Получено 6.06.2013

**Баталин Борис Семенович** – доктор технических наук, профессор, ПНИПУ, СТФ, e-mail: bobata@list.ru.

**Хорошавина Анастасия Игоревна** – магистрант, ПНИПУ, СТФ, гр. ПСК-11-1мо, e-mail: horosanas@mail.ru.