

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ «ЗЕЛЁНОЙ» ЭКОНОМИКИ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

© 2017 Колпаков А.В.^{1,2}, Абдрахимов В.З.², Ревенко А.А.²

¹Самарский университет государственного управления
«Международный институт рынка», г. Самара, Россия

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный экономический университет», г. Самара, Россия

Статья посвящена проблеме развития энерго- и ресурсосберегающих технологий в области производства керамических материалов как перспективному направлению «зелёной» экономики. В частности, предложена возможность использования отходов горючих сланцев Кашпирского рудника в производстве теплоизоляционных керамических материалов.

Ключевые слова: энерго- и ресурсосберегающие технологии, «зелёная» экономика, керамические материалы, теплоизоляционные материалы, техногенные отходы

С наступлением постиндустриальной эпохи начали разрабатываться подходы к гармоничному сосуществованию общества с природой. В частности, один из таких подходов – концепция устойчивого развития – заключается в принципе экологического гуманизма.

Одна из важнейших задач современности – это энергоэффективное поведение [6], защита и сохранение окружающей среды, так как в настоящее время выбросы транспорта и промышленных предприятий, а также сбросы отходов в водоемы и рост полигонов под отходы достигли высоких размеров, из-за чего уровни загрязнений в ряде районов превышают допустимые санитарные нормы [5]. Вместе с этим возникают и проблемы, связанные с размещением техногенных отходов [4].

По словам премьер-министра РФ Дмитрия Медведева в ходе дискуссии «Зеленая экономика как вектор развития» на Российском инвестиционном форуме в Сочи, развитие энерго-сберегающих технологий выгодно предпринимателям, и запланированные в этой сфере инициативы

правительства идут в режиме «прямой коммуникации» с бизнес-сообществом [2].

В современных условиях Российская Федерация нуждается в активном внедрении принципов «зелёной» экономики. Используемая модель сырьевой экономики является тупиковой: истощение ресурсов повлечет коллапс и потребует резких изменений парадигмы управления. В этих условиях рациональным является постепенный переход к «зелёной» экономике в русле разработки, производства и эксплуатации оборудования и технологий для уменьшения и контроля выбросов загрязняющих веществ, прогнозирования и мониторинга климатических изменений, использования альтернативных источников энергии и разработки энерго- и ресурсосберегающих технологий [7].

По данным Министерства природных ресурсов, в России накоплено больше 31 млрд тонн отходов, связанных с прошлой экономической деятельностью [1]. В таблице 1 представлен процент выбросов вредных веществ в атмосферу по отраслям [5].

Таблица 1 – Выбросы вредных веществ в атмосферу

| Отрасль | Выбросы, % |
|--|------------|
| Топливо-энергетическая промышленность | 27,0 |
| Черная металлургия | 24,3 |
| Нефтедобыча и нефтехимия | 15,5 |
| Цветная металлургия | 10,5 |
| Автотранспорт | 13,3 |
| Промышленность строительных материалов | 8,1 |

Как видно из таблицы, на первом месте по количеству выбросов находится топливно-энергетическая промышленность. Несмотря на то, что технологии топливно-энергетического комплекса постоянно совершенствуются, они пока не достигли уровня безотходного производства. Так как количество отходов, образующихся на предприятиях топливно-энергетического комплекса очень важно, и они негативно влияют на биосферу, разработка новых методов утилизации отходов является актуальной задачей. Большие возможности утилизации отходов имеются у предприятий по производству керамических теплоизоляционных материалов.

Проведенные авторами исследования показали принципиальную возможность использования отходов горючих сланцев Кашпирского рудника (г. Сызрань) в производстве теплоизоляционных материалов. Кроме того, одним из основных свойств отходов топливно-энергетической промышленности является теплотворная способность, позволяющая использовать их не только как основное сырье, но и в качестве топливосодержащего исходного мате-

риала, позволяющего отказаться от ввода топлива в шихту.

Основным исследуемым отходом сланцеперерабатывающего производства является межсланцевая глина, образуемая при добыче горючих сланцев. В настоящее время на территории Самарской области сланцепереработкой занимается АО «Медхим» в г. Сызрань, специализирующееся на производстве ихтиола и белых минеральных масел. По своему составу межсланцевая глина относится к группе монтмориллонитовых глин, основным минералом которых является монтмориллонит $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,33}(\text{Al}, \text{Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ с примесью гидрослюда. Строение монтмориллонита обуславливается слабой связью между пакетами кремнекислородных тетраэдров, что способствует проникновению в межпакетное пространство воды, приводящей к набуханию глины. По числу пластичности межсланцевая глина относится к высокопластичным (число пластичности 27-32), что позволяет использовать ее в производстве пористых керамических заполнителей для бетона, а также керамического кирпича методом пластического прессования.

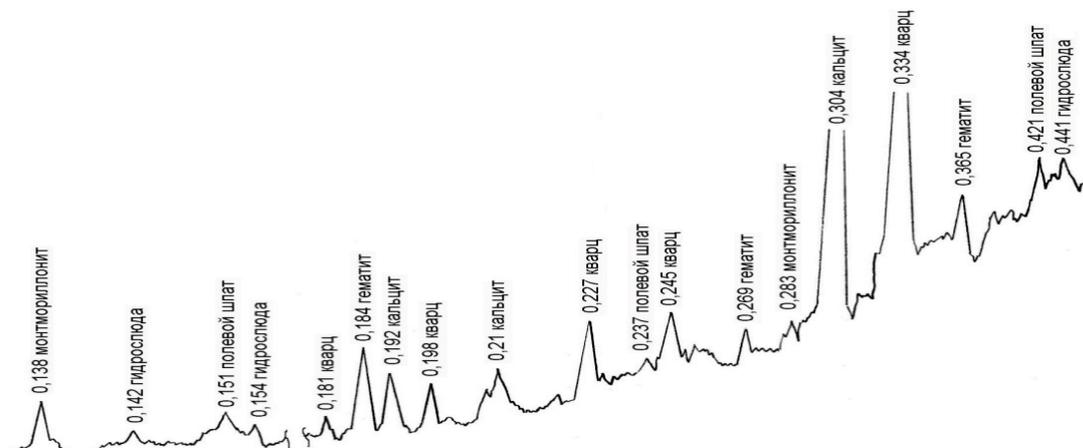


Рисунок 1 – Рентгенограмма межсланцевой глины

При определении качества пригодности межсланцевой глины для производства керамических материалов методом вдавливания ртути было выявлено, что в обожженной при 1250 °С межсланцевой глине образуются достаточно однородные по размерам поры с невысоким содержанием «опасных пор» размером 10^{-6} - 10^{-7} м (рис. 2) [3, 9]. Неопасными являются поры размером менее 10^{-7} м,

так как в них вода уже не замерзает. Поры размером 10^{-4} - 10^{-5} м являются «резервными» и дают воде расширяться при замерзании. В «опасных» же порах замерзшая вода будет оказывать нагрузку на стенки пор, вызывая внутреннее напряжение материала и микротрещины, что может привести к потере прочности.

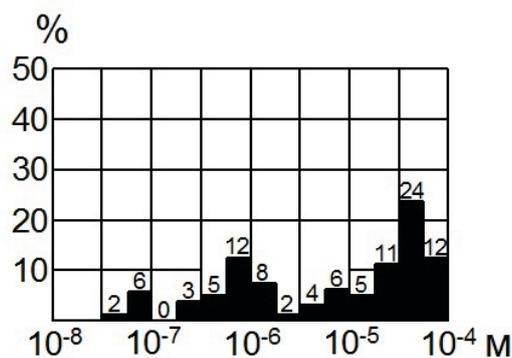


Рисунок 2 – Гистограмма распределения пор в образцах из межсланцевой глины

Характер микроструктуры и свойства теплоизоляционных керамических материалов также определяются более мелкими порами размером $40-400 \cdot 10^{-10}$ м. При помощи метода диффузного малоуглового рассеяния рентгеновских лучей установлено, что при температуре 1250°C микропористая структура становится однороднее. Реализовать межсланцевую глину может, например, расположенный наиболее близко, завод керамзитового гравия в г. Октябрьск.

Так как межсланцевая глина обладает высокой пластичностью, то для производства стеновых теплоизоляционных материалов типа керамического кирпича для пластического прессования необходимо вводить отощающие добавки, снижающие пластичность формовочной массы. В качестве такой добавки предлагается использовать горелые породы и золошлаковую смесь от сжигания горючих сланцев. Химический состав межсланцевой глины и отощающих добавок представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Оксидный химический состав исследуемых материалов

| Отход | Содержание оксидов, мас. % | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|-------|------------------|--------|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | R ₂ O | П.п.п. |
| 1. Межсланцевая глина | 45-47 | 13-14 | 5-6 | 11-13 | 2-3 | 3-4 | 9-20 |
| 2. Горелые породы | 41-42 | 7-9 | 7-8 | 19-19,5 | 2-3,5 | 0,5-1 | 14-15 |
| 3. Золошлаковая смесь | 35-37 | 10-11 | 7,5-10 | 20-23 | 2-2,5 | 2-3 | 14-19 |

Горелые породы – это результат температурного преобразования первичной породы в окислительной среде. При добыче горючих сланцев не всегда удаётся отделить сланец от пустой породы, в связи с чем он направляется в терриконы (отвалы), где происходит самовозгорание из-за повышенного содержания органических соединений в смешанных отвальных массах. Несмотря на то, что образование горелых пород характерно в основном для техногенных отвалов при добыче горючих сланцев, иногда горелые породы возникают и в результате природных процессов. Величина отвалов горелых пород на Кашпирском месторождении составляет более 4 млн м³.

В строительной индустрии горелые породы используются в качестве минерального

сырья минеральной ваты, вяжущих материалов и керамзита. По основным физическим и химическим свойствам они близки к глинам, обожженным при $800-1000^\circ\text{C}$. Минеральный состав горелых пород представлен гидрослюдой без конституционной (высокотемпературной) воды, которая уже не обладает пластичными свойствами глины, а также волластонитом CaSiO₃, влияющим на прочность изделий (рис. 3). Кроме того, при обжиге волластонит создает плотный каркас, препятствующий изменению прежнего объема, т.е. заметно снижает напряжения и усадку керамических изделий. Особенность горелых пород – высокая микропористость, появление микрощелей с достаточно высокой адсорбционной активностью.

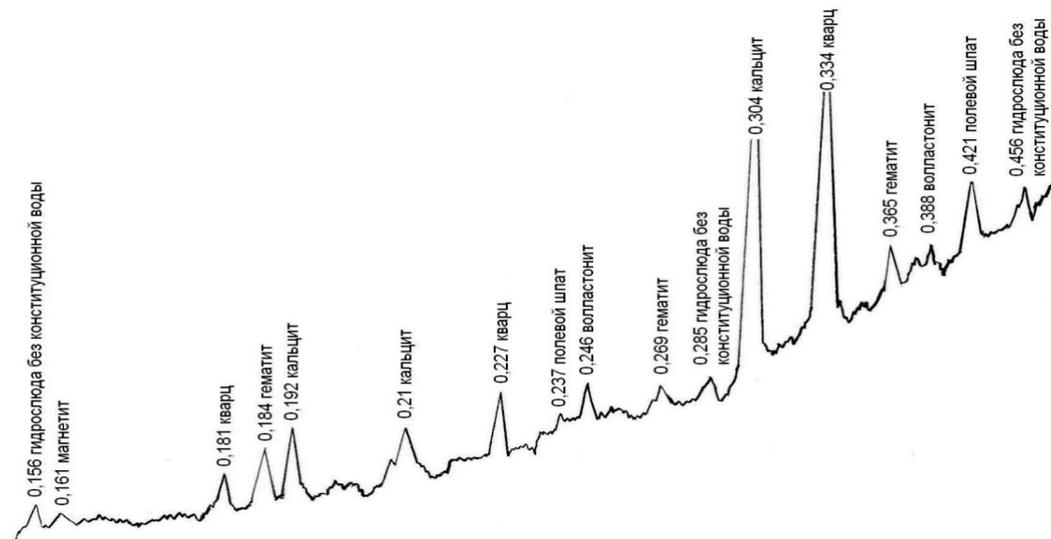


Рисунок 3 – Рентгенограмма горелых пород

При сжигании горючих сланцев на тепловой электростанции образуется золошлаковая смесь (тонкодисперсный материал, состоящий из минеральной части сланцев и улавливаемый из дымовых газов ТЭС, и сплавившиеся частицы золы). Размер тонкодисперсной фракции (золы) колеблется в пределах 5-150 мкм, а размер более крупной (шлака) – 0,15-30 мм. В золошлаковой смеси – повышенное содержание Fe_2O_3 , CaO и R_2O , что позволит интенсифицировать процессы обжига. Минеральный состав золошлаковой

смеси представлен анортитом $Ca[Al_2Si_2O_8]$ и незначительным количеством муллита $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ (рис. 4), влияющими на прочность изделий, как и волластонит. Гематит Fe_2O_3 является самым низкотемпературным оксидом железа, и поэтому при обжиге изделий он может образовываться в области низких температур (ниже $500^\circ C$). Гематит в керамических материалах способствует образованию железистого стекла, которое инициирует образование муллита.

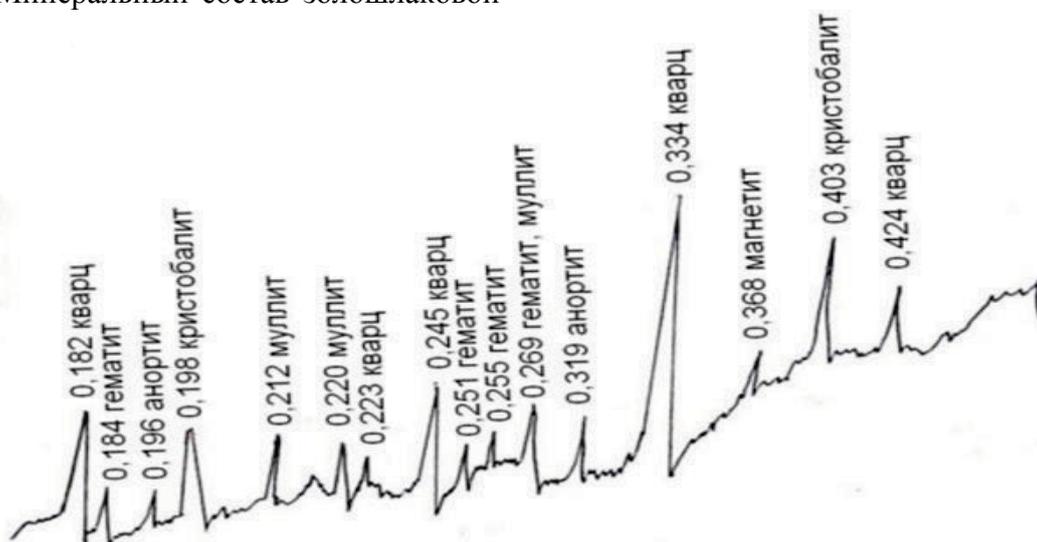


Рисунок 4 – Рентгенограмма золошлаковой смеси

Горелые породы и золошлаковая смесь от сжигания горючих сланцев использовались в соотношении, массовой доли: глина – 60%, отощитель – 40% [8]. Физико-механические

свойства обожженных при $1050^\circ C$ керамических кирпичей представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические показатели керамических материалов

| Показатель | Отощитель | |
|--|----------------|--------------------|
| | Горелые породы | Золошлаковая смесь |
| Механическая прочность при сжатии, МПа | 15-18 | 14-16 |
| Плотность, кг/м ³ | 1340-1420 | 1380-1410 |
| Теплопроводность, Вт/(м·°С) | 0,17-0,21 | 0,18-0,21 |

Рентгенофазовый анализ обожженных образцов показал, что использование углеродосодержащих отходов топливно-энергетической промышленности с повышенным содержанием оксида СаО в керами-

ческих массах для получения теплоизоляционных материалов способствует образованию муллита, анортита и волластонита, которые повышают физико-механические свойства изделий (рисунок 5).

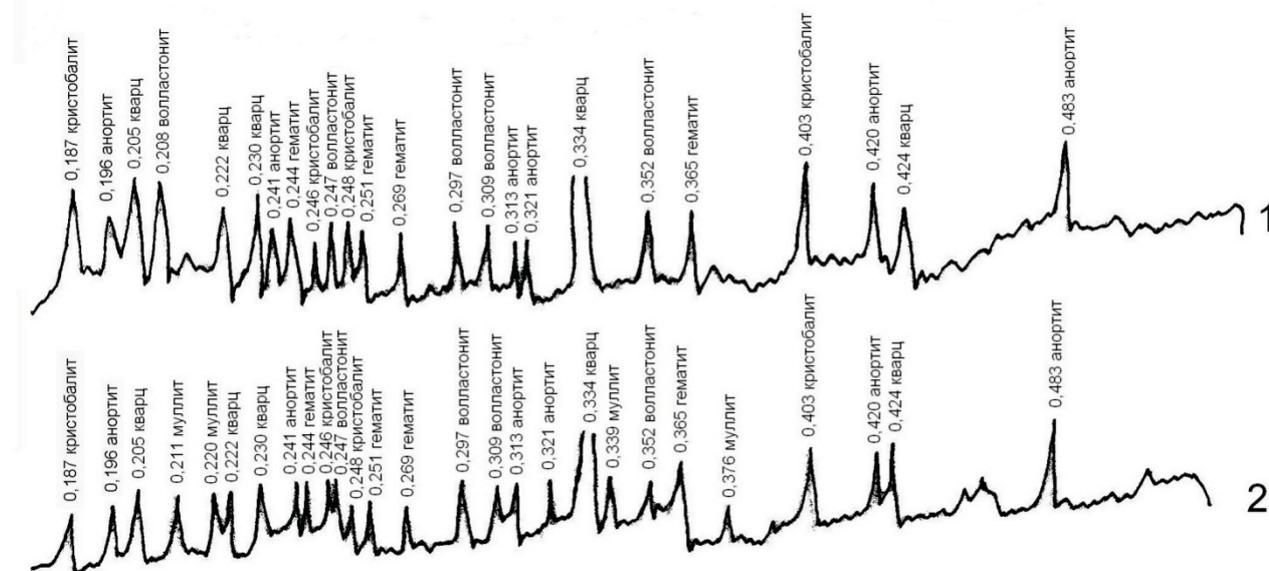


Рисунок 5 – Рентгенограммы обожженных образцов, в качестве отощителя: 1 – горелые породы, 2 – золошлаковая смесь

Реализовать производство керамического кирпича с использованием отходов горючих сланцев может, например, Тольяттинский кирпичный завод, который в качестве отощителя может использовать также золошлаковый материал Тольяттинской ТЭС.

Таким образом, разработка рациональной и экономически выгодной технологической схемы реализации отходов топливно-энергетического комплекса в производстве теплоизоляционных керамических материалов будет способствовать:

а) рациональному природопользованию за счет вовлечения отходов в производство керамических материалов;

б) созданию энерго- и ресурсосберегающих технологий по производству строительных материалов;

в) рациональной структуре потребления строительных материалов в строительстве путем замены природных традиционных материалов на отходы производства;

г) сохранению и рациональному использованию имеющихся природных сырьевых ресурсов;

д) использованию накопленных и вырабатываемых отходов производства;

е) снижению экологической напряженности в регионе;

ж) утилизации промышленных отходов, охране окружающей среды, расширению сырьевой базы для получения строительных материалов;

з) снижению себестоимости продукции;

и) возможности решения федерального закона №89-ФЗ (от 24.06.1998 г.) «Об отходах производства и потребления», который

ориентирован на упорядочение сбора, хранения, транспортировки, размещения отходов и увеличение доли использования отходов промышленности в строительной отрасли в качестве вторичных ресурсов в максимально возможных объемах.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Донской С.Е. О механизмах ликвидации экологического ущерба, связанного с прошлой деятельностью / С.Е. Донской // Экология производства. – 2013. – № 3. – С. 3-11.
2. Карасев И. Медведев: «Зеленая экономика» выгодна российскому бизнесу / И. Карасев // Российская газета. – 2017. – 27 февраля. URL: <https://rg.ru/2017/02/27/reg-ufo/medvedev-zelenaia-ekonomika-vygodna-biznesu.html>
3. Колпаков А.В. Исследование структуры пористости керамзита из глинистых материалов различного химико-минералогического состава / А.В. Колпаков, В.З. Абдрахимов // Известия вузов. Строительство. – 2012. – № 1. – С. 33-40.
4. Ламихова М. Превышение нормативов образования отходов: каковы последствия? / М. Ламихова // Справочник эколога. – 2016. – № 6. URL: http://www.profiz.ru/eco/6_2013/prevyshenie_normativov/
5. Лобачев Д.А. Использование золошлакового материала и отходов золоторудного месторождения в производстве керамического кирпича / Д.А. Лобачев, В.З. Абдрахимов, Е.С. Абдрахимова, С.Н. Пичкуров // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2016. – № 4. – С. 31-37.
6. Рамзаев М.В., Горбунова О.А., Мавляева Ю.О. Формирование энергоэффективного поведения как современный фактор развития региональной промышленности // Вестник Орловского государственного университета. Серия: Новые гуманитарные исследования. – 2012. – № 6. – С. 181-184.
7. Щепелин Н.В. Целесообразность перехода к модели «зеленой» экономики с позиций эволюции человечества // Актуальные вопросы экономики и современного менеджмента. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, г. Самара. – 2016. № 3. – С. 104-106. URL: <http://izron.ru/articles/aktualnye-voprosy-ekonomiki-i-sovremennogo-menedzhmenta-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezhdunar/sektsiya-2-ekonomika-i-upravlenie-narodnym-khozyaystvom-spetsialnost-08-00-05/tselesoobraznost-perekhoda-k-modeli-zelenoy-ekonomiki-s-pozitsiy-evolyutsii-chelovechestva/>
8. Патент РФ № 2011151156/03, 14.12.2011. Колпаков А.В., Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Керамическая композиция для изготовления легковесного кирпича // Патент России № 2483042. 2013. Бюл. №5.
9. Патент РФ № 2012111012/03, 22.03.2012. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З., Колпаков А.В. Керамическая композиция для производства пористого заполнителя // Патент России № 2493119. 2013. Бюл. №26.

PERSPECTIVE DIRECTIONS OF "GREEN" ECONOMY IN THE FIELD OF PRODUCTION OF CERAMIC MATERIALS WITH THE USE OF MAN-MADE WASTES

© 2017 Aleksandr V. Kolpakov, Vladimir Z. Abdrakhimov, Anatoly A. Revenko

Samara University of Public Administration “International Market Institute”, Samara, Russia
Samara State University of Economics, Samara, Russia

The article is devoted to the problem of development of energy and resource-saving technologies in the field of production of ceramic materials as a promising direction of the "green" economy. In particular, the authors suggest the opportunity to use combustible shale waste from the Kashpira mine in the production of heat-insulating ceramic materials.

Keywords: Energy and resource-saving technologies, green economy, ceramic materials, heat insulation materials, man-made waste, intershale clay, burnt rocks, ash and slag mixture, ash and slag material of TPP.