

главным образом, увеличением содержания карбонатов кальция, вносимых глиной. Это приводит к росту значений водопоглощения и снижению показателей механической прочности готовых изделий.

Рентгенофазовым анализом установлено, что опытные образцы керамического гранита содержат в качестве основных кристаллических фаз муллит и  $\alpha$ -кварц при значительном содержании стекловидной фазы, подтверждаемым довольно интенсивным гало на рентгенограммах. По сравнению с образцами клинкерных плиток гематит не диагностируется, что связано с незначительным содержанием оксидов железа в сырьевых композициях для

получения керамогранита и их полным растворением в образующемся при обжиге расплаве.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе комплексного анализа физико-химических свойств, структуры и фазового состава синтезированных материалов с использованием полиминерального глинистого сырья Республики Беларусь установлена и подтверждена экспериментально возможность его использования в сырьевых композициях для получения качественных клинкерных керамических плиток и керамического гранита. Это является критерием расширения минерально-сырьевой базы керамической промышленности Республики Беларусь.

*Левцкий И.А., Павлюкевич Ю.Г., Баранцева С.Е.*

### КЕРАМИЧЕСКИЕ И СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛАУКОНИТОВ БЕЛАРУСИ

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»  
г. Минск, Беларусь  
E-mail:keramika@belstu.by

*АННОТАЦИЯ. Установлена возможность использования глауконитсодержащих осадочных пород Беларуси – глауконитовых песков и обогащенного глауконита в качестве алюмосиликатного сырья при получении керамических облицовочных и стеклокристаллических материалов. Изучены особенности формирования структуры и фазового состава синтезированных материалов. Определены их основные физико-химические свойства.*

### ВВЕДЕНИЕ

Промышленность строительных материалов, как материалоемкая отрасль, нуждается в отечественном алюмосиликатном минеральном сырье. К широко распространенному и перспективному сырью относятся глаукониты – плотные, обладающие низкой твердостью, по минеральному типу принадлежащие к группе железистых гидрослюд, осадочные породы темно-зеленого, иногда зеленовато-черного цвета.

В Беларуси глаукониты встречаются в полимиктовых глауконитовых песках в виде мелких округлых зерен (диаметром от одного до нескольких миллиметров) или зернистых агрегатов с долей кварцевого песка в них около 76–82 % (здесь и далее по тексту массовое содержание). Распространены глаукониты в центральной и южных частях территории республики, залегают на небольших глубинах

и относятся к отложениям верхнемелового и палеогенового возраста. По данным [1, 2] наиболее перспективными являются южные и юго-восточные месторождения глауконитов (Добруш, Лоев, Столин) [1, 2].

В данной работе представлены исследования, посвященные изучению возможности использования глауконитовых пород в производстве керамических облицовочных и стеклокристаллических материалов.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В работе исследованы глауконитсодержащие породы месторождений «Добруш» и «Карповцы».

Керамические массы плитки для внутренней облицовки стен получали на основе керамических масс, включающих следующие компоненты, %: глина тугоплавкая 30–50, глауконитсодержащая порода 40–70, нефелиновый сиенит 0–10, доломит 0–5. В качестве

исходной глинистой составляющей была выбрана глина «Веско-Гранитик» (Украина).

Приготовление масс осуществлялось по стандартным методикам. Раздельный мокрый помол компонентов проводили в шаровой мельнице до остатка на сетке №0063К не более 1,5–2,0%, формовали образцы полусухим прессованием (влажность 7–8%) с удельным давлением 28–35 МПа, обжигали при температурах 1000–1100 °С с выдержкой в 15 мин.

Синтез пироксеновых петроситаллов и каменного литья на основе глауконитсодержащего сырья проводился в области составов стекол, включающих, %: SiO<sub>2</sub> 49,42–81,05; TiO<sub>2</sub> 0,26–0,74; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3,44–9,52; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3,47–21,29; CaO 1,91–9,72; MgO 2,0–9,72; R<sub>2</sub>O 1,51–7,38. При использовании обогащенного глауконита шихтовые композиции стекол содержали 60–100 % концентрата, глауконитовый песок вводился в количестве от 10–100 %. В качестве стимулятора кристаллизации применяли оксид хрома.

Стекла варили в газопламенной печи при температуре 1450 °С. Петроситаллы получали обработкой стекол при температурах 850–900 °С по специальному режиму.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Керамические массы для производства плиток для полов получены при температурах обжига 1080–1100 °С при содержании 40–45 % глауконитсодержащей породы, 10–15 % нефелинового сиенита и характеризуются следующими физико-техническими показателями: водопоглощение 2,75–4,09 %; кажущаяся плотность 2336–2283 кг/м<sup>3</sup>; огневая усадка 5,2–5,82 %; механическая прочность при изгибе 28–33 МПа, истираемость 0,06–0,07 г/см<sup>2</sup>.

Синтезированные составы керамических масс для плиток внутренней облицовки стен содержат 50–60 % глауконитсодержащей породы и характеризуются температурой обжига 1000–1040 °С, водопоглощением 14–18 %.

Сочетание в установленных соотношениях глауконитсодержащей породы, нефелинового сиенита и доломита позволяет значительно интенсифицировать спекание и снизить водопоглощение масс дополнительно на 1,5–3,0 %, повысить механическую прочность на 5–7 МПа. При использовании глауконитов улучшение показателей обеспечивается интенсификацией процессов жидкофазного спекания. В соответствии с современной теорией строения

жидких фаз оксиды железа в алюмосиликатных расплавах переводят AlO<sub>4</sub> в AlO<sub>6</sub>, что обуславливает дробление комплексов, увеличивает подвижность расплава и его реакционную способность.

Согласно данным рентгенофазового анализа минеральный состав образцов синтезированных представлен, главным образом, муллитом, кварцем, гематитом и анортитом.

Анализ химического состава оптимальных масс показал, что для них характерно следующее соотношения основных оксидов, наиболее существенно влияющих на процессы спекания: для плиток для пола сумма (RO+R<sub>2</sub>O+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(FeO)), (где RO=CaO+MgO, R<sub>2</sub>O=Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) равна 22,17–25,29 %, RO/R<sub>2</sub>O – 2,10–3,09 %; для плиток внутренней облицовки стен соответственно – 23,13–25,10 и 3,84–4,05 %; при содержании Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> для плиток внутренней облицовки стен не менее 16,53–18,0 %, плиток для пола – 18,25–19,26 %.

Анализ результатов синтеза расплавов и стекол показал, что высокое содержание SiO<sub>2</sub> в глауконитовых песках делает их использование для получения технологичных расплавов стекол практически невозможным, а обогащенный глауконит является наиболее приемлемым компонентом. Оптимальный состав шихтовой композиции, включающий обогащенный глауконит 85 %, доломит 15 %, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1%, позволил получить расплав, пригодный как для получения петроситалла, так и каменного литья. Стекло имеет высокую склонность к объемной кристаллизации, обусловленную содержанием значительного (19,21 %) количества Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, способного вызывать уже при охлаждении расплава формирование шпинелидов. Магнезиоферрит MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> образуется в том случае, когда не используется Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а также хромит FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – в случае применения Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Эти фазы служат центрами кристаллизации основных минеральных фаз – авгита ((Ca,Mg,Fe<sup>2+</sup>,Fe<sup>3+</sup>,Ti,Al) [(Si,Al)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>]), геденбергита (Ca(Fe<sup>3+</sup>,Mg)[Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>]) и эссенента (CaFe<sub>3</sub>AlSiO<sub>6</sub>).

Из стекла оптимального состава получены образцы петроситалла и каменного литья, причем температура термообработки при синтезе петроситалла составляла 850 °С, а каменного литья – 810–820 °С с выдержкой 1 ч и 0,5 ч соответственно.

Изучение микроструктуры образцов стекла и стеклокристаллического материала,

показало, что уже в охлажденном образце формируются кристаллические фазы, представленные пироксенами – авгитом, геденбергитом и эссенеитом, которые морфологически не оформлены. Это является отличительной особенностью структуры синтезированных образцов, обусловленной присутствием вышеуказанных кристаллических фаз. Завершение кристаллизационного процесса и окончательное оформление кристаллической структуры происходит при 850 °С. Кристаллические образования характерного гексаэдрического габитуса могут быть отнесены к образованиям шпинелидного типа.

Исследование возможности синтеза стеклокристаллических материалов показало, что с использованием глауконитсодержащего сырья могут быть получены петроситаллы и каменное литье со следующими показателями физико-химических и механических свойств: плот-

ность 3005–3014 кг/м<sup>3</sup>; микротвердость 9260–9580 МПа; химическая устойчивость в 1 н НСl 99,74–99,82 %.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали принципиальную возможность использования глауконитсодержащего сырья для получения керамических облицовочных материалов различного назначения: плитки для внутренней облицовки стен облицовки стен, плитки для полов, а также стеклокристаллических материалов типа петроситаллов и каменного литья.

### Список литературы

1. Полезные ископаемые Беларуси: К 75-летию БелНИГРИ / Редкол.: П.Э. Хомич [и др.]. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.
2. Основы геологии Беларуси / Под общ. ред. А.С. Махнач, Р.Г. Гарецкого, А.В. Матвеева, Я.И. Аношко. – Минск: Ин-т геол. Наук НАН Беларуси, 2002. – 392 с.

*Левцкий И.А., Павлюкевич Ю.Г., Климош Ю.А., Баранцева С.Е.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ «ХВОСТОВ» ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»  
г. Минск, Беларусь  
E-mail: keramika@belstu.by

*АННОТАЦИЯ. Исследована возможность использования амфиболового концентрата и «хвостов» магнитной сепарации железных руд в составах керамических масс для производства кирпича, плитки облицовочной, майоликовых изделий, а также стекол и стеклокристаллических материалов (петроситаллов и каменного литья).*

### ВВЕДЕНИЕ

В Беларуси разведано Околовское месторождение железных руд, расположенное в Столбцовском районе. Основная рудная порода представлена амфибол-магнетитовыми кварцитами и требует обогащения. По оценкам геологов выход железорудного сырья составляет 16–25 % (здесь и далее массовое содержание). Остальная порода представлена после технологической обработки амфиболовыми концентратами и «хвостами» от магнитной сепарации железных руд, минеральный состав которых приведен в таблице.

Химический состав продуктов обогащения железных руд включает, %: SiO<sub>2</sub> 50–61; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5,8–6,8; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO 15,1–28,9; CaO 6,4–7,4;

MgO 4,0–5,1; K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O 1,1–1,7. Присутствуют примеси TiO<sub>2</sub>, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Потери при

**Таблица – Минеральный состав железных руд и продуктов их обогащения**

Порода	Минеральный состав пород, %					
	Магнетит	Гематит	Силикаты	Карбонаты	Кварц	Апатит
Железные руды	15,2–23,3	0,61–2,81	46,03–55,9	1,27–1,56	20,2–25,0	0,36–0,40
Амфиболовый концентрат	1,37–2,02	–	73,78–80,3	1,11–1,32	16,5–22,8	0,21–0,25
«Хвосты» от магнитной сепарации	1,05–1,20	0,66–2,39	53,86–58,74	1,92–2,27	34,6–41,4	0,57–0,74