

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.

*Левицкий 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	Аланит
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

прокаливании составляют от 1,0 до 2,5 %.

С целью определения возможных путей утилизации продуктов обогащения природных железистых кварцитов проведены комплексные исследования по использованию амфиболовых концентратов и «хвостов» от магнитной сепарации железных руд в наиболее материалоемких производствах силикатной промышленности.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Керамические образцы готовились методом пластического и полусухого формования, а также шликерного литья. Обжиг и термическая обработка образцов осуществлялись в электрической печи.

Синтез опытных стекол производился путем сплавления шихт, для составления которых в качестве сырьевых материалов использовали амфиболовые концентраты и «хвосты» от магнитного обогащения железных руд, кварцевый песок, мел, соду кальцинированную. В качестве стимулятора кристаллизации применяли оксид хрома. Стекла и расплавы синтезировались в газовой печи периодического действия в фарфоровых тиглях емкостью 0,05 л с выдержкой при температуре 1430–1450 °С в течение 1 ч. Температура выработки составляла 1200–1300 °С. Стекла отливались на металлическую плиту в виде дисков произвольной формы.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При использовании амфиболовых концентратов и «хвостов» от магнитной сепарации железных руд улучшается технологичность формовочных масс для керамического кирпича: снижается воздушная и огневая усадка, уменьшается чувствительность к сушке и обжигу. В сопоставлении с традиционно используемыми гранитоидными отсевами данные материалы способствуют формированию в процессе обжига более прочного керамического черепка. Установлено положительное влияние на физико-механические характеристики обожженных образцов при введении в состав керамических масс отходов обогащения в количестве 20–25 %. Достигаемый уровень свойств характеризуется пределом прочности при сжатии 40–60 МПа, водопоглощением 7,7–13,3 %, кажущейся плотностью 2130–2190 кг/м<sup>3</sup>.

При изучении поведения исследуемого сырья в составах керамических масс для майо-

ликовых и плотноспекшихся изделий бытового назначения, плиток для внутренней облицовки стен установлено флюсующее действие амфиболовых концентратов и «хвостов» от магнитного обогащения. Их оптимальное содержание в керамических массах составляет 8–15 %. Уровень свойств, достигаемый при обжиге керамических масс, предназначенных для получения плотноспекшихся изделий бытового назначения, характеризуется водопоглощением 2,23–4,90 %, кажущейся плотностью 2025–2510 кг/м<sup>3</sup>, ТКЛР (61–67)10<sup>-7</sup> К<sup>-1</sup>. При получении плиток для внутренней облицовки стен показатели составляют: водопоглощение 14–16 %, прочность при изгибе 17–23 МПа, ТКЛР (59–63)10<sup>-7</sup> К<sup>-1</sup>.

Стекла, синтезированные с использованием амфиболовых концентратов, имеют интенсивную окраску, в связи с чем интегральное светопропускание в видимой области спектра составляет 50–65%. Высокий уровень поглощения обусловлен наличием в составе амфиболов 3d-элементов (железа, титана, марганца). Сине-зеленая окраска стекол связана главным образом с присутствием ионов железа, соответственно регулирование спектральных характеристик стекол возможно изменением соотношения Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>. При окислительном потенциале газовой среды, обеспеченном введением окислителей в шихтовой состав стекол, максимум пропускания в их спектрах находится в области длин волн 560–570 нм, что отвечает зеленому цвету. При восстановительном потенциале газовой среды максимум пропускания сдвигается в коротковолновую область спектра (490–500 нм), что отвечает голубым тонам. В этом случае усиливается поглощение в ближней инфракрасной области спектра, что связано с увеличением соотношения Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>. Возможно расширение цветовой гаммы железосодержащих стекол при использовании комбинаций красителей, например Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(FeO)–Se–CoO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(FeO)–NiO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(FeO)–Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. При этом получены образцы спектрально сложных цветовых тонов (шоколадного, коричневого, зеленовато-желтого, серо-зеленого).

Физико-химические свойства опытных стекол находятся на уровне показателей промышленных составов и воспроизводятся при использовании различных проб минерального сырья.



Использование амфиболовых концентратов и «хвостов» от магнитной сепарации железных руд для получения стеклокристаллических материалов обусловлено содержанием в указанном сырье оксидов, необходимых для получения технологичного расплава как основы петроситаллов и каменного литья с ведущей кристаллической фазой – диопсидо-подобным пироксеновым твердым раствором.

Установлено, что благодаря повышенному содержанию оксидов железа, расплавы, полученные на основе исследуемого сырья, имеют достаточно хорошие реологические свойства, значительную склонность к кристаллизации при выработке и легко ситаллизируются при термической обработке.

Важным фактором с точки зрения ресурсосбережения является отсутствие необходимости подшихтовки исходного сырья для оптимального состава, а использование в качестве стимулятора кристаллизации  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  эффективно как для петроситаллов, так и для каменного литья. За счет образования первичных центров кристаллизации (магнетит, хромшпинелиды) интенсивно формируются пироксеновые твердые растворы.

Петроситаллы (кристаллизация «снизу») и каменное литье (кристаллизация «сверху») характеризуются сравнительно низкой температурой термообработки (800 и 770–790 °С соответственно). Фазовый состав этих материалов представлен пижонитом и авгитом, что обеспечивает высокие показатели физико-химических свойств и абразивоустойчивости.

Синтезированные на основе вышеуказанных отходов материалы могут быть использованы для изготовления кислотостойких фруте-ровочных элементов, мелющих тел и других изделий, работающих в условиях повышенного трения различной природы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований подтверждена перспективность многофункционального использования амфиболовых концентратов и «хвостов» от магнитной сепарации железных руд при получении керамических изделий строительного назначения, цветных стекол и стеклокристаллических материалов. Организация рециклинга позволит использовать образуемые при разработке месторождения железных кварцитов отходы, и решить некоторые вопросы ресурсосбережения и экологии.

*Макаревич В.Н., Искрицкая Н.И., Савенкова О.Е.*

### ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫЕ ЗАПАСЫ – РЕЗЕРВ ВОСПОЛНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УГЛЕВОДОРОДОВ

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт»,  
Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: nii@vnigri.ru; ins@vnigri.ru

*АННОТАЦИЯ. В статье дана характеристика видов ТИЗ, их содержание в структуре запасов. Приведены результаты исследования фактического статистического материала по освоению сырьевой базы тяжелых нефтей в федеральных округах. Отмечены трудности и положительные тенденции освоения ТИЗ, проанализирована система государственной поддержки и намечены меры ускоренного освоения ТИЗ.*

Доля трудноизвлекаемых запасов в нефтяном балансе страны неуклонно растет и на данный момент составляет практически две трети общего объема извлекаемых запасов. По видам, структура ТИЗ выглядит следующим образом: более 16 % относится к категории тяжелой нефти; 41,7 % приходится на нефть, сосредоточенную в малопроницаемых коллекторах; доля высокосернистой нефти

составляет более 2 %; высоковязкой – 11 % и в подгазовых залежах – около 8 %. Нередко эти виды ТИЗ сочетаются.

Прирост трудноизвлекаемых запасов осуществляется ускоренными темпами. Только за один год разведанные извлекаемые запасы нефти в целом по Российской Федерации увеличились лишь на 1,25 %, а за этот же период запасы тяжелой нефти возросли на