

УДК 666.198

## ОТХОДЫ ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН В ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ

Г.Г. Волокитин<sup>1</sup>, О.Г. Волокитин<sup>2</sup>, В.В. Шеховцов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>доктор технических наук, профессор кафедры прикладная механика и материаловедение, Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия, e-mail: [vgg-tomsk@mail.ru](mailto:vgg-tomsk@mail.ru)

<sup>2</sup>кандидат технических наук, доцент кафедры прикладная механика и материаловедение, Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия, e-mail: [volokitin\\_oleg@mail.ru](mailto:volokitin_oleg@mail.ru)

<sup>3</sup>студент механико-технологического факультета, Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия, e-mail: [shehovcov2010@yandex.ru](mailto:shehovcov2010@yandex.ru)

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию возможности получения и выработки высокотемпературного силикатного расплава из отходов обогащения молибденовых руд Сорского ГОКа (Хакасия) с использованием энергии низкотемпературной плазмы.

*Ключевые слова:* силикатный расплав, электроплазменная установка, утилизация отходов.

## WASTE OF ORE MINING INDUSTRY – PERSPECTIVE RAW MATERIALS FOR PRODUCING MINERAL FIBRES IN THE PLASMOCHEMICAL REACTOR

Gennady Volokitin<sup>1</sup>, Oleg Volokitin<sup>2</sup>, Valentin Shekhovtsov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doctor of technical Sciences, Professor of Applied mechanics and materials science, Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia, e-mail: [vgg-tomsk@mail.ru](mailto:vgg-tomsk@mail.ru)

<sup>2</sup>Ph.D., Associate professor of Applied mechanics and materials science, Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia, e-mail: [volokitin\\_oleg@mail.ru](mailto:volokitin_oleg@mail.ru)

<sup>3</sup>Student, Mechanics - Technology Faculty, Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia, e-mail: [shehovcov2010@yandex.ru](mailto:shehovcov2010@yandex.ru)

**Abstract.** In the article the ash waste recycling technology in the production of mineral fibers with electroplasma Installations for melting silicate materials. The research electroplasma installation, raw materials and produced on the basis of their melting products.

*Keywords:* silicate melt, electrical plasmatic installation, disposal.

**Введение.** Существующие производства не позволяют получать качественный расплав из отходов обогащения молибденовых руд вследствие высоких температур плавления исходных сырьевых материалов, при этом невозможно добиться требуемой для получения качественных минераль-

ных волокон вязкости расплава и не обеспечивается однородность расплава по химическому составу. Кроме того, исследуемые материалы мелкодисперсны, что исключает их использование в традиционных агрегатах, где применяется кусковой материал. Решением указанных проблем является использование в качестве источника тепловой энергии высококонцентрированные потоки низкотемпературной плазмы, которые за счет высоких температур (3000-5000°C) позволяют добиться необходимых для выработки качественных минеральных волокон характеристик силикатного расплава.

**Цель работы.** Проведение исследований по получению расплава из тугоплавкого силикатсодержащего сырья, представляющего собой отходы обогащения молибденовых руд и оценить возможность получения на его основе минеральных волокон.

**Материал и результаты исследований.** Химический состав исследуемого сырья (табл. 1) характеризуются содержанием SiO<sub>2</sub> (66–68 %)[1], которое характерно для технических стекол и м.б. использовано для получения силикатных расплавов в том числе при производстве минеральных волокон.

Таблица 1. Химический состав исходных сырьевых материалов

Материал	Содержание оксидов, % мас.						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Отходы обогащения молибденовых руд	66,2	13,1	2,07	3,35	1,02	2,5	4,43
	-	-	-	-	-	-	-
	68,8	13,7	5,71	5,67	2,89	3,9	5,98

Отходы обогащения Сорского ГОКа (кварц полевошпатовый сорский песок) поступает в хвостохранилище в виде песка. Зерновой состав песка, в зависимости от места его отбора в хвостохранилище, меняется от очень тонкого с содержанием пылевидных и глинистых частиц 34,5 % до мелкого с содержанием таких частиц 13 %. Модуль крупности кварц полевошпатовых песков находится в пределах 0,6-1,5, что исключает возможность их использования для получения минеральных волокон по традиционным технологиям, где используется кусковой материал. По составу сорский песок ближе к ортофиру. Зерна песка имеют плотную стекловидную структуру, отличаются по цвету. Зерна полевого шпата розового, светло-серого и белого цветов. Зерна кварца белого цвета или бесцветны.

Начало плавления сырьевых материалов соответствует температуре 1150 °С. Полностью отходы обогащения молибденовых руд расплавятся при температуре 1400 °С. При этом количество первичной жидкой фазы соответствует 18% (рис. 1).

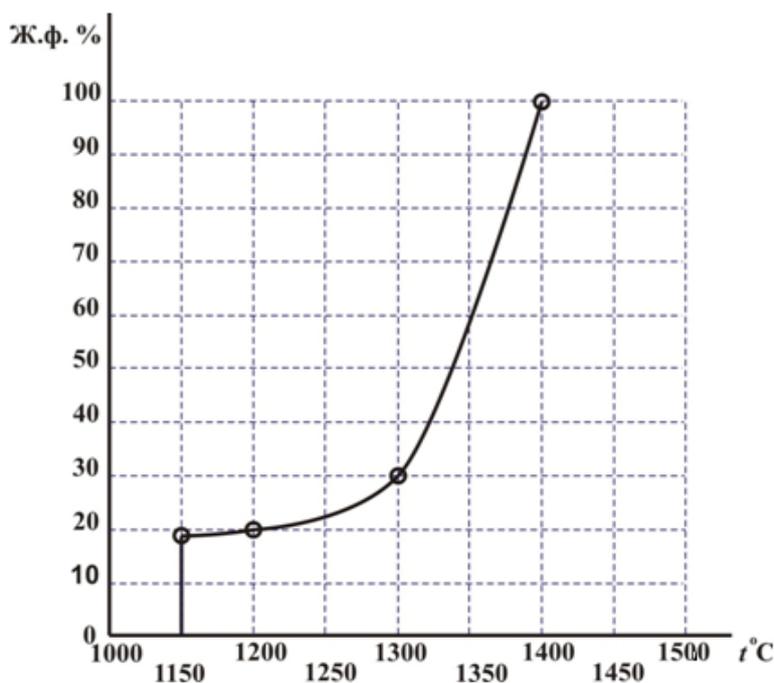


Рисунок 1 – Зависимость содержания жидкой фазы в отходах обогащения молибденовых руд

Анализ полученных кривых плавкости позволяет предположить, что для исследуемых отходов 1400 °С – область формирования химически однородного расплава пригодного для выработки минеральных волокон и других строительных материалов. Чем выше текучесть расплава, тем меньше необходимо времени для его образования. Интервал плавления составляет 250 °С.

Эксперименты по получению высокотемпературного силикатного расплава из отходов обогащения молибденовых руд, производились на экспериментальной установке [2,3], предназначенной для получения минерального волокна из расплава тугоплавких силикатсодержащих материалов.

После проведения экспериментов по получению высокотемпературных силикатных расплавов с помощью энергии низкотемпературной плазмы был проведен рентгенофазовый анализ сырья и продуктов плавления.

На рентгенограмме исследуемого сырьевого материала (рис. 2, а) выраженными являются дифракционные максимумы кварца и полевого шпата, что подтверждается результатами химического анализа. Исследования продукта плавления отходов обогащения руд (рис. 2, б) показали, что полученный продукт находится в стекловидном состоянии и характеризуется отсутствием кристаллических фаз. Для выяснения наличия фаз в про-

дуктах плавления, была произведена термическая обработка стекловидного продукта охлажденного расплава в течение 1 часа при температуре 950 °С. Данный продукт (стекло) характеризуется низкой кристаллизационной способностью. На рентгенограмме (рис. 2 в) присутствуют незначительные пики кристаллических фаз крестобалита, кристаллического кремнезема и полевошпатных соединений.

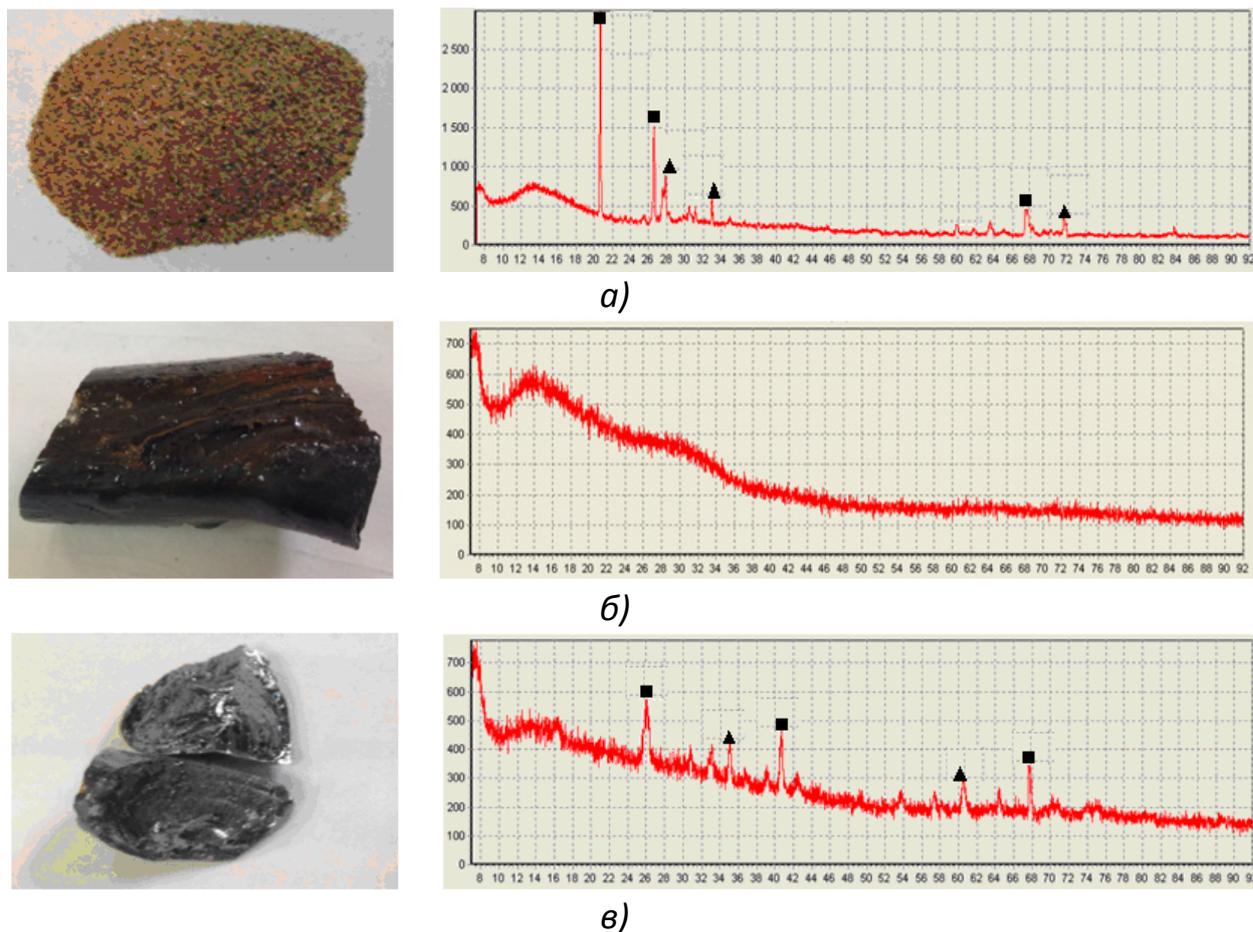


Рисунок 2. Рентгенограммы исходного сырья и продуктов плавления  
 а – сырьевой материал; б – продукт плавления;  
 в – продукт плавления после термической выдержки (950 °С, 1 час)  
 (■ - кварц; ▲ - полево шпат).

На следующем этапе был проведен ИК–спектроскопический анализ сырьевых материалов до и после плазменного плавления. ИК–спектры поглощения снимались на ИК Фурье спектрометре Nicolet 6700 фирмы Thermo Nicolet. Результаты спектров поглощения алюмосиликатных сырьевых материалов и алюмосиликатных стекол приставлены на рисунки 3.

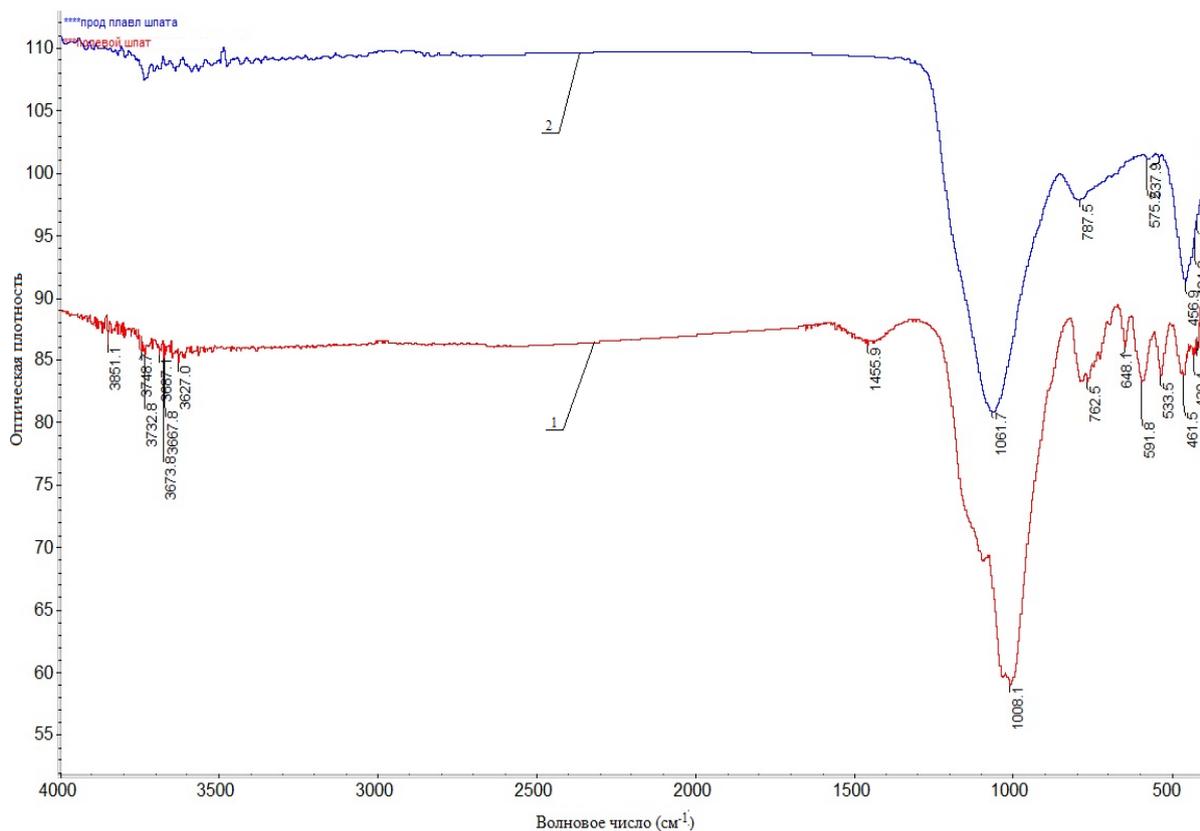


Рисунок 3. ИК–спектры пропускания:

1 – отходов обогащения молибденовых руд; 2 – продукта плавки шпата

Основной структурной единицей в полевых шпатах является алюмокремнекислородный каркас, состоящий из  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  и  $[\text{AlO}_4]^{5-}$  - тетраэдров. Данные тетраэдры соединяются в цепочки, образуя таким образом полиэдры, полости между которыми заполняются катионами металлов (K, Na, Ca и др.), а также молекулами  $\text{H}_2\text{O}$ , для нейтрализации отрицательного заряда каркаса, возникающего при замене  $\text{Si}^{+4}$  на  $\text{Al}^{+3}$ . Характерный для полевых шпатов ИК-спектр (рис.3, кривая 1) резко меняется после плазменного воздействия. Наблюдается смещение максимумов структурно-чувствительных полос в сторону упорядочения кремнекислородного каркаса. Полоса поглощения антисимметричного валентного колебания  $1008,1 \text{ см}^{-1}$  смещается в длинноволновую область  $1061,7 \text{ см}^{-1}$ , а полоса поглощения симметричного валентного колебания с максимумом  $762,5 \text{ см}^{-1}$  в коротковолновую область  $787,5 \text{ см}^{-1}$ . Появляется четко выраженная полоса деформационного колебания с максимумом  $456,9 \text{ см}^{-1}$ . Дискретные полосы поглощения в области  $400 \text{ до } 700 \text{ см}^{-1}$  почти полностью исчезают вследствие интенсивного испарения легкоплавких компонентов и алюмосиликатов. Вследствие чего, концентрация оксида кремния в расплаве частично увеличивается, что в свою очередь приводит к структурному упорядочению кремнекислородного каркаса (рис. 3, кривая 2).

**Вывод.** По результатам исследований установлена возможность получения высокотемпературного силикатного расплава из отходов обогащения молибденовых руд с использованием энергии низкотемпературной плазмы. Отходы характеризуются содержанием  $\text{SiO}_2$  (62 %), которое аналогично содержанию кремнезема в технических стеклах и может быть использовано для получения силикатных расплавов, в том числе при производстве минеральных волокон. Полученный охлажденный расплав из отходов обогащения молибденовых руд находится в стекловидном состоянии и характеризуется отсутствием кристаллических фаз. Характеризуется низкой кристаллизационной способностью и высоким модулем кислотности, что предполагает высокую термическую и химическую устойчивость минерального волокна на его основе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шильцина А.Д. Применение полевошпатового сырья Хакасии для получения керамических плиток / А.Д. Шильцина, В.И. Верещагин // Стекло и керамика. – 1999. - № 2. – С. 7-9.
2. Пат. 2355651 Российская Федерация Установка для получения минерального расплава плазменным нагревом / О.Г. Волокитин, Е.В. Гайслер, А.А. Никифоров, Н.К. Скрипникова.
3. Скрипникова Н. К. Электроплазменная установка получения минерального волокна из тугоплавких силикатсодержащих материалов / Н. К. Скрипникова, А. А. Никифоров, О. Г. Волокитин // Стекло и керамика. – 2008. – №11. – С. 14-16.

УДК 622.236.232

## ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКТИВАТОРОВ ТВЕРДЕНИЯ И ОТХОДОВ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО МАРГАНЦА

А.Г. Недельский<sup>1</sup>, А.Ю. Журавель<sup>2</sup>

<sup>1</sup>кандидат технических наук, старший научный сотрудник

<sup>2</sup>студент группы ИМмм-11-1, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [goralex007@rambler.ru](mailto:goralex007@rambler.ru)

**Аннотация.** В работе на основании анализа информационных источников выбран исходный материал для приготовления закладочных смесей, удовлетворяющим технологии отработки месторождений подземным способом.

*Ключевые слова:* закладочная смесь, месторождения, электролитический.

