

Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки  
Южно-Уральский федеральный научный  
центр минералогии и геоэкологии  
Уральского отделения  
Российской академии наук  
(ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН)  
тер. Ильменский заповедник, г. Миасс,  
Челябинская область, Россия, 456317  
Телефон: (3513)298098  
E-mail: info@mineralogy.ru  
URL: https://chelscience.ru  
ОКПО 12579653, ОГРН 1027403877270  
ИНН/КПП 7453042467/741501001

16.11.2021 № 426

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН

*В.Н. Удачин*  
В.Н. Удачин

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

На диссертационную работу Жабоедова Александра Петровича на тему: «Научное обоснование и разработка технологии переработки природных кварцитов Восточного Саяна на основе химического обогащения» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 «Обогащение полезных ископаемых».

**Актуальность темы.** В последнее время резко возросли требования, предъявляемые к сырью для наплава кварцевого стекла. При объемах, достаточных для рентабельной отработки, сырье для наплава должно содержать не более  $n \cdot 10^{-4} \%$  примесей и минимальное количество воды в форме ОН – групп. Единственным в России месторождением кварца, удовлетворяющим этим требованиям, является жила №175, на Южном Урале, которая отрабатывается Кыштымским ГОКом. В связи с ограниченностью имеющихся запасов работы по расширению сырьевой базы и вовлечение в производство новых видов сырья являются чрезвычайно актуальными.

**Научная новизна.** Автором впервые предложена технология получения кварцевых концентратов для производства кварцевого стекла и термостойкой кварцевой керамики из кварцитов Восточного Саяна – принципиально нового для этого производства вида кварцевого сырья.

Впервые на основе изучения структурно-текстурных особенностей, минеральных и флюидных включений, индекса кристалличности в кварцитах Восточного Саяна выделены продуктивные разновидности кварцитов.

При разработке технологии показано, что для повышения степени очистки кварцитов необходимо использовать этап термодробления, при температуре полиморфного перехода  $\alpha \leftrightarrow (573) \beta$ -кварц.

**Научная и практическая значимость** диссертационной работы А.П.Жабоедова состоит в следующем. Разработана технология получения кварцевых концентратов из кварцитов Восточного Саяна на основе химического метода обогащения. Разработаны и утверждены технические условия ТУ 5726-001-03533702-2014 «Кварцевые концентраты из природных кварцитов» и технологическая инструкция ТИ-003-2014ИГХ «Изготовление образцов кварцевых концентратов из природного кварцита» для производства высокотемпературной кварцевой керамики.

Достоверность и обоснованность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается точностью использованных методов и сравнением полученных результатов с результатами, полученными для других кварценосных районов.

Результаты по теме диссертации представлены в 26 работах, в том числе 10 статей из списка журналов, индексируемых в Web of Science и Scopus, рекомендованных ВАК.

**Общая характеристика диссертационной работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, общим объемом 159 страниц, включая 46 рисунков, 25 таблиц и список литературы из 152 наименований.

**В введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследований, изложены основные положения, определяющие научную новизну и практическую значимость работы.

**Глава I** состоит из 4 разделов. В первом разделе подробно изложены физико-химические свойства диоксида кремния. Во втором разделе рассмотрены технологические требования к кварцевому концентрату. В третьем разделе главы приведены характеристики основных способов очистки кварцевого сырья. В четвертом разделе определены цели и задачи исследования.

**В главе II** приведено описание геологического строения объектов, из которых получено сырье для обогащения и получения кварцевых концентратов. Этим сырьем

являются кварциты Гарганского кварцитоносного района. Наиболее детально изучен Северный участок, который получил название «месторождение Бурал-Сардык». Вторым объектом являются кварциты Урда-Гарганского блока. Для сравнения изучены образцы гранулированного кварца жилы 2821 Анахчи-Чипикетского жильного поля Патомского нагорья.

Во втором разделе главы изложены использованные в работе методы исследования.

В главе III дано описание петрографии и физико-химических свойств кварцитов Восточного Саяна и гранулированного кварца. Используемый в работе комплекс методов позволяет получить достаточно полную информацию о составе и физико-химических свойствах изучаемых кварцитов. Детально изучен состав газожидких включений и кинетика удаления воды, а также процесс кристабалитизации кварца.

Глава IV является основным разделом диссертационной работы. В ней приведены результаты химического обогащения кварца из кварцитов Восточного Саяна и технология получения кварцевого стекла. Диссертант считает, что высокое содержание  $\text{SiO}_2$  в кварцитах позволяет исключить флотационный метод и ограничиться химическим обогащением кварца. Процесс обогащения включал следующие этапы: 1 – дробление и отмывка дробленного материала 10%  $\text{HCl}$ ; термодробление в воде; 2 – истирание до фракции 0.17 – 0.45 мм; 3 – промывка полученной крупки в деионизированной воде; 4 - сушка в вакуумном сушильном шкафу; 5 - химическое обогащение рабочей фракции в растворах кислот при температуре 60–70 °С, продолжительность 2 часа. Установлено, что для эффективного удаления примесных элементов, реакционные смеси кислот должны содержать плавиковую кислоту. После химического обогащения получен концентрат, содержащий 5.1– 3.9 ppm Al, 0.9-1.0 ppm Fe, 3.9-6.3 ppm Na, 2.3-3.1 ppm K. Содержания этих элементов значительно выше чем в концентратах Кыштымского ГОКа. Для проверки качества полученного концентрата произведен наплав стекла и приведен спектр поглощения полученного стекла.

Глава 5. В главе 5 дана оценка ресурсного потенциала кварцитов Восточного Саяна. Основной объем главы занимает обсуждение предлагаемой диссертантом пилотной линии кислотного обогащения. В пилотной линии производится 37 операций в которых задействовано более 30 единиц оборудования. Третий раздел

главы посвящен расчету себестоимости конечного продукта. По данным диссертанта она должна составлять не более 250 руб/кг.

### **Замечания по диссертации**

**Глава 1.** Подробное описание структуры и физико-химических свойств диоксида кремния является излишним. Его можно найти в учебных пособиях и в монографиях, посвященных кремнезему. Автор решает задачу получения высокочистого кварцевого стекла и кварцитов Восточного Саяна, поэтому описание технологических требований к кварцевому стеклу низкого качества является излишним.

Цели и задачи исследований уместно было определить в введении к работе.

**Глава 2.** На основе проведенных технологических испытаний, проведенных Институтом Геолнеруд (Казань), установлено, что выявленные на месторождении Бурал-Сардык кварцевые метасоматиты из-за высокого содержания остаточной флюидной фазы и минеральных примесей не соответствуют требованиям ТУ для получения кварцевых концентратов ОЧК для плавки.

**Глава 4.** При использовании в работе термодробления автор отмечает переход примесей в труднорастворимую форму и при этом не использует описанные в первой главе альтернативные способы вскрытия флюидных включений.

При разработке технологии обогащения должны отбираться и обогащаться технологические пробы. Насколько нам известно, такие пробы отобраны только на месторождении Бурал-Сардык. Масса проб, использованных при обогащении кварцевого сырья других объектов в работе не указана.

Главным критерием качества кварцевого концентрата является качество наплавленного стекла. Используемая в работе технология наплава из за низкого давления компрессии не позволяет получать качественные стекла. Анализ светопропускания выплавленных стекол проведен на пластинках толщиной не более 3,5 мм, что не соответствует методике проведения анализа по ГОСТ 15130-86 с регламентированной толщиной образца  $10(\pm 0,1)$  мм, Показатель поглощения света во всем измеряемом диапазоне для образца толщиной 3,5 мм достаточно велик, что никак не может соответствовать стеклу марки КИ.

**Глава 5.** Общий объем мирового рынка ВЧК (по цене более 3 долл/кг) можно оценивать 40-45 тыс. тонн. Средняя цена, принимая во внимание Японию и Китай, 5,4 долл/кг, причем в расчет средней цены включаются сорта ВЧК наивысшего

качества, с которыми предлагаемый продукт не может быть конкурентным по химической чистоте.

Не указана химическая чистота предполагаемого продукта «Сорт 2», поэтому нет возможности оценить его цену в сравнении с прямыми аналогами на рынке. При этом, исходя из приведенных данных различных режимов обогащения, можно предположить, что по ряду ключевых примесей (Fe, Cu, суммарное содержание щелочей) кварцевые концентраты из кварцитов Восточного Саяна не достигают современных требований ВЧК по химической чистоте. Кроме того, не приведены данные по содержанию других значимых элементов-примесей (B, Ni, Sr), критически важных для полупроводниковой промышленности и фотовольтаики.

На текущий момент сопоставимым по качеству и используемым в этих отраслях является концентрат RQ-3K (Кыштымское месторождение). Цена его реализации на 2022 год на российском рынке составит 150 руб/кг (на мировых рынках - 1,8-2,0 доллара за кг). Прямые производственные затраты (руда, электроэнергия, расходные материалы и заработная плата) на производство RQ-3K не превышают 100 руб/кг.

**Заключение.** Не смотря на высказанные замечания, диссертационная работа Жабоедова Александра Петровича на тему «Научное обоснование и разработка технологии переработки природных кварцитов Восточного Саяна на основе химического обогащения», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 «Обогащение полезных ископаемых» является законченным научно-квалификационным исследованием, в котором предложена новая технология обогащения кварцевого сырья. Технология может быть рекомендована для обогащения кварца, не содержащего изоморфные минеральные примеси. Диссертационная работа выполнена с применением современных физическо-химических и аналитических методов, по содержанию соответствует специальности 25.00.13 « Обогащение полезных ископаемых », а также соответствует критериям п. II, п.п. 9.14 « Положения о порядке присуждения ученых степеней », утвержденных Правительством РФ от 24.09.2013 842 (ред. От 01.10. 2018), 2018), а ее автор Жабоедов А. П. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 «Обогащение полезных ископаемых».

Отзыв рассмотрен на семинаре лаборатории минералогии и технологии кварцевого сырья Обособленного подразделения - Институт минералогии

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Южно-Уральского федерального научного центра минералогии и геоэкологии Уральского отделения Российской академии наук.

Отзыв подготовил главный научный сотрудник ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, доктор геолого-минералогических наук, член-корр. РАН

  
В.Н. Анфилогов.

456317, Челябинская область г. Миасс, территория Ильменский заповедник  
ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН. Тел. +7(3513)298098 доб. 294.

*Подпись Андриголова В.Н. заверено.*

*Главный специалист  
по кадрам*



*Handwritten signature*

*Т. А. Кофоткова*