

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov
Center for Strategic Innovations and Informatization
Navoi Mining and Metallurgical Company
“O'ZBEKO'QUV AVTOMATIKA” Republican specialized training and
production center
Committee for Industrial, Radiation and Nuclear Safety under the Cabinet
of Ministers of the Republic of Uzbekistan

**29th International Scientific and Practical
Conference**

«INNOVATION-2025»

Proceedings of the Conference

Tashkent-2025

УДК: 330.341
ББК: 72.5я431
С 56

Сборник научных статей XXIX Международной научно-практической конференции «Инновация-2025»: Сборник научных статей – Т.: “Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи”, 2025, 360 с.

Национальная инновационная система и инновации являются одним из важнейших стратегических ресурсов государств в XXI веке. Успешное решение социально-экономических проблем, внедрение новых промышленных и финансовых технологий, развитие инновационно-инвестиционной инфраструктуры, сохранение и приумножение интеллектуального потенциала, выпуск экспортоориентированной продукции, импортозамещение, накопление валютных резервов в значительной мере обусловлены состоянием инновационной деятельности и инновационных факторов, инновационной культуры в обществе.

На современном этапе и в перспективе наибольшие результаты и открытия могут быть получены на стыке различных наук, на междисциплинарном уровне на основе взаимного проникновения идей, методов, разработок в результате совместной работы ученых и специалистов различного профиля. Именно поэтому проект и сборник научных статей данной конференции вобрали в себя такие важнейшие направления как проблемы молодежи и образования, отраслевые инновации, энерго- и ресурсосбережения, горного дела и металлургии, математики и математического моделирования, систем автоматического управления, информационных технологий и цифровизации.

Материалы сборника могут быть полезны широкому кругу научных работников и специалистов различных отраслей экономики.

УДК: 330.341
ББК: 72.5я431

Ответственный редактор: д.т.н., профессор Кадыров А.А.

ISBN 978-9910-01-662-2

© А.А. Кадыров, 2025

© “Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи”, 2025

ROCKS AS PREDICTORS OF ARTIFICIAL GLASS STRUCTURE: EXPERIENCE IN SYNTHESIS USING A SOLAR FURNACE IN UZBEKISTAN

E.S. Sergienko – Associate Professor, Cand. Phys.-Math. Sci.; **S.Y. Janson** – Acting Director of the Center for Microscopy and Microanalysis, Science Park of St. Petersburg State University, Cand. Geol.-Mineral. Sci. (St. Petersburg State University, Russia); **I.A. Levitskii** – Doctor of Technical Sciences, Professor (Belarusian State Technological University, Belarus); **J.Z. Shermatov** – Senior Researcher, PhD, Head of Laboratory; **O.T. Rajamatov** – Junior Researcher, PhD, 3rd-year Doctoral Student (Institute of Materials Science, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan)

It is shown that the mineralogical and chemical composition of the natural batch determines the phase state and structure of glasses synthesized in a solar furnace. High-silica components stabilize the amorphous structure, while rocks enriched with iron-, calcium-, and titanium-containing minerals promote the crystallization of iron oxide phases. The results open up possibilities for the targeted synthesis of glass ceramics with functional properties, including magnetic ones.

ГОРНЫЕ ПОРОДЫ КАК ПРЕДИКТОРЫ СТРУКТУРЫ ИСКУССТВЕННЫХ СТЕКОЛ: ОПЫТ СИНТЕЗА В СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ В УЗБЕКИСТАНЕ

Сергиенко Е.С. – доцент, к.ф.-м.н.; **Янсон С.Ю.** – и.о. директора РЦ Микроскопии и микроанализа Научного парка СПбГУ; к.геол.-мин. наук, (Санкт-Петербургский университет); **Левицкий И.А.** – д.т.н., профессор (Белорусский государственный технологический университет, Беларусь); **Шерматов Ж.З.** – старший научный сотрудник, PhD заведующий лабораторией, **Ражаматов О.Т.** – Младший научный сотрудник, PhD докторант 3-го курса (Институт материаловедения академии наук Республики Узбекистан)

Введение. Использование природного сырья для синтеза стекол и стеклокерамики представляет собой перспективное направление ресурсосберегающих и экологически ориентированных технологий. Горные породы содержат широкий набор силикатных и оксидных компонентов, способных выполнять функции сеткообразующих и модифицирующих

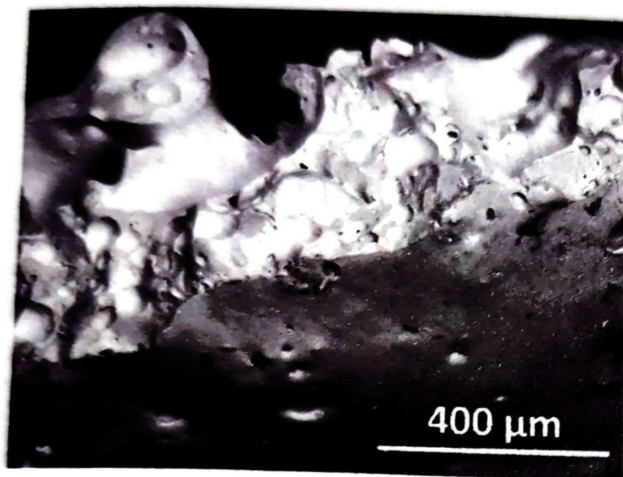
агентов. Применение концентрированной солнечной энергии на солнечных печах позволяет достигать температур до $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$ и обеспечивать энергоэффективную переработку сырья. Однако влияние генезиса и минералого-химического состава пород на фазовое поведение стекол в таких условиях изучено недостаточно.

Методы исследования. Образцы горных пород и синтезированных из этих пород стекол анализировали методами рентгенофазового анализа (XRD, Bruker D2 Phaser), энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии (EDX-8100P, Shimadzu) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ, Quanta 200 3D). Для XRD и EDX использовали порошки (фракция менее $1.5\text{ }\mu\text{m}$), для СЭМ – неполированные фрагменты на сколе и с поверхности образцов стекол.

Образцы. Для синтеза стекол были выбраны три типа пород, различающиеся по минералогическому и химическому составу. Вулканогенно-осадочные породы (**a**) характеризуются преобладанием плагиоклаза и умеренным содержанием железосодержащих минералов (амфибол, биотит, гетит). Кристаллические сланцы (**s**) обогащены железо-, кальций- и титансодержащими фазами (амфибол, хлорит, эпидот, титанит). Псаммит-алеврит-пелитовый комплекс (**c**) представлен кварцем, каолинитом и гейландитом и практически не содержит железосодержащих фаз. Основные различия в химическом составе заключаются в следующем. Образцы (**a**) демонстрируют сбалансированное содержание стеклообразующих оксидов (SiO_2 : 43–54 %) и модифицирующих компонентов (FeO_{tot} : 10–18 %, Al_2O_3 : 18–25 %, CaO : 5–13 %). Образцы **s** характеризуются высокой химической гетерогенностью: от SiO_2 -обогащённых (до 83 %) до Fe-, Ca- и Ti-обогащённых вариантов (FeO_{tot} до 15 %, CaO до 20 %, TiO_2 до 2.5 %). Образцы **c** содержат до 96 % SiO_2 при минимальном содержании FeO_{tot} и CaO , что делает их эффективными стеклообразующими и стабилизирующими компонентами в многокомпонентных шихтах. На основе этих пород были составлены четыре шихты: **ac**, **sc**, **asc** и **s**, что позволяет системно оценить вклад каждого из ее компонентов в формирование фазового состава и свойств стекол. Плавление осуществлялось в малой солнечной печи Института материаловедения Академии наук Республики Узбекистан (г. Ташкент, р-н Паркент). Установка обеспечивает термодинамически мощную высокую скорость нагрева примерно $1000\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$, резкую закалку вплоть до $10^5 - 10^6$

град/с и экологически чистую переработку минерального сырья с достижением температур до 3000 °С.

Результаты. По данным XRD и EDX стекла **ас**, **sc**, **asc** демонстрируют высокую аморфность (до 95 %), содержание кремнезема ~72–73 %. В отличие от них, стекло **с** содержит железистые кристаллические фазы (вюстит, магнетит), аморфность снижена до 73 %. При этом, кремнезема в них содержится лишь 68.4 %, а FeO_{tot} и CaO достигают 11.9 и 10.4 % соответственно. Эти данные подчёркивают буферную роль компонента **с**



как стабилизатора стеклосетки. Компонент **а** обеспечивает сбалансированное соотношение стеклообразующих (Si, Al) и модифицирующих (Fe, Ca) элементов. Порода **с**-типа выступает как источник модификаторов (Fe, Ca, Ti), усиливающих склонность к кристаллизации в расплаве, и в чистом виде демонстрируют ограниченную стеклообразующую

способность. На изображении СЭМ видна поверхность стекла с небольшими кавернами и микротрещинами, а внутреннее пористое строение, указывает на присутствие большого количества газов в расплаве.

Заключение. Минералого-химические особенности природного сырья оказывают решающее влияние на фазовое состояние и морфологию синтезированных стекол. Компоненты с высоким содержанием кремнезема и низкой концентрацией модифицирующих оксидов стабилизируют аморфную структуру расплава. Включение компонентов, обогащённых железом, кальцием и титаном, усиливает склонность к кристаллизации оксидных фаз. Это позволяет управлять структурой и свойствами стекол, в том числе создавать функциональные стеклокерамики с магнитной компонентой. Эксперименты подтвердили эффективность солнечной печи Узбекистана для высокотемпературного синтеза силикатных материалов.

Благодарности. Работы выполнены на оборудовании Ресурсных центров Научного парка СПбГУ: Микроскопии и микроанализа, Методы анализа состава вещества, Рентгенодифракционные методы исследования.