



СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



Перспективные технологии  
и материалы

# «ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ»

*МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ  
НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ*

14 – 16 ОКТЯБРЯ 2020  
Г. СЕВАСТОПОЛЬ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**«ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ»**

*Материалы научно–практической конференции с международным участием*

*г. Севастополь, 14–16 октября 2020 г.*

Севастополь, 2020

УДК 620.3

ББК

30.3

30.3 Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Перспективные технологии и материалы»: Материалы научно–практической конференции г. Севастополь, 14-16 октября 2020 г.– Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2020 –222с.

Сборник материалов составлен по итогам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Перспективные технологии и материалы», организованной ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» 14-16 октября 2020 г.

Сборник содержит материалы научных исследований отечественных и зарубежных авторов, посвященные актуальным и перспективным технологиям и материалам в области нанотехнологий, аддитивных технологий, биотехнологий, экологических аспектов применения наноматериалов и нанотехнологий

ISBN 978-5-6044481-4-4

## ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ НИКЕЛЬ- И ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ СТЕКЛООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кузнецова А.С.<sup>1,2</sup>, Ермакова Л.Э.<sup>1</sup>, Волкова А.В.<sup>1</sup>, Анфимова И.Н.<sup>2</sup>, Антропова Т.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет,

<sup>1</sup>Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, 199034 Россия

<sup>2</sup>Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН,

<sup>2</sup>наб. Адмирала Макарова, 2, Санкт-Петербург, 199034 Россия

e-mail: a\_kuznetsova95@mail.ru

**Аннотация.** Проведено измерение и сопоставление электрокинетического потенциала  $\zeta^S$ , найденного методом лазерного доплеровского электрофореза, двухфазных натриевоборосиликатных (НБС) стекол: базового стекла 8В-НТ истекло, модифицированных оксидом железа (Fe 4-6) или оксидом никеля (Ni-1 и Ni-2), в  $10^{-2}$  М растворах индифферентного электролита NaCl при различных значениях pH. Выявлено, что введение 5 мол. %  $Fe_2O_3$  и 14 % NiO в состав базового НБС стекла приводят к смещению изоэлектрической точки в щелочную область, по сравнению с базовым стеклом, причем степень смещения возрастает в ряду Ni-1 < Ni-2 < Fe 4-6. В работе также исследована структура и химический состав двухфазных стекол.

**Ключевые слова:** натриевоборосиликатное стекло, магнитное стекло, никельсодержащее стекло, электрокинетический потенциал.

Разработка новых материалов с практически важными функциональными (магнитными, оптическими, электрическими) свойствами является современным приоритетным направлением развития химии, физики и биологии. Особый интерес представляют высококремнеземные стеклообразные материалы благодаря их низкой стоимости и наличию таких свойств, как химическая, термическая и механическая стабильность, а также невысокая кислотность поверхности, обусловленная силанольными и боранольными группами. В настоящей работе придание НБС стеклам новых функциональных свойств осуществлялось путем введения оксидов железа или никеля в шихту при варке базового щелочноборосиликатного стекла.

Поскольку известно, что функциональные характеристики композиционных материалов в первую очередь связаны с их структурными параметрами и состоянием поверхности, то возникает необходимость изучить как меняются коллоидно - химические свойства синтезируемых композитов при модифицировании исходных материалов. В связи с этим представляло интерес провести исследование электрокинетических характеристик натриевоборосиликатных стекол, модифицированных оксидом железа или никеля, в растворах индифферентного электролита NaCl и сопоставить с характеристиками базового НБС стекла.

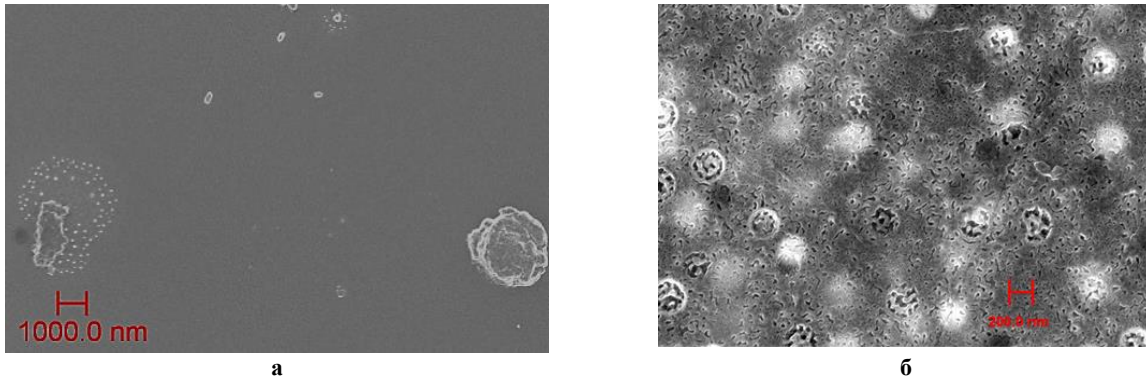
Двухфазные НБС стекла 8В-НТ и стекла, модифицированные оксидом железа Fe 4-6 и оксидом никеля Ni-1 и Ni-2, были синтезированы методом варки из шихты в лаборатории физической химии стекла ИХС РАН. Стекла были сварены в электрической печи при температуре 1550 °С в воздушной атмосфере. Двухкаркасная структура стекол формировалась путем их термической обработки при 550 °С в течение 144 ч. Химический состав синтезированных стекол приведен в таблице 1.

**Таблица 1** – Состав исследованных двухфазных стекол

Стекло	Состав стекла, мол. %						
	Na <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	NiO
8В-НТ	6.73	18.28	74.93	0.06	-	-	-
Fe 4-6	5.19	14.32	70.23	-	5.20	5.06	-
Ni-1	7.40	12.62	65.60	-	-	-	14.38
Ni-2	7.28	19.97	58.14	-	-	-	14.61

По данным элементного анализа стекол Ni-1 и Ni-2, который был проведен на пластинках размером 10×10×1 мм<sup>3</sup> до контакта с растворами NaCl методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС), состав (мас. %) образца Ni-1: 56.21 O, 5.04Na, 14.33 Si, 24.41 Ni; образца Ni-2: 63.40 O, 4.18 Na, 12.42 Si, 20.00 Ni.

На рисунке 1 представлены фотографии полученные методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ, прибор CarlZeissMerlin), фронтальных поверхностей двухфазного никельсодержащего стекла Ni-1 и микропористого (МИП) железосодержащего стекла Fe 4-6 [1]. Образец пористого стекла Fe 4-6 МИП был получен путем выщелачивания двухфазного стекла Fe 4-6 в растворе 3М HCl при 100 °С в течение 6 часов. Видно, что на поверхности образцов наблюдаются светлые участки агломератов частиц оксидов никеля и железа, соответственно.

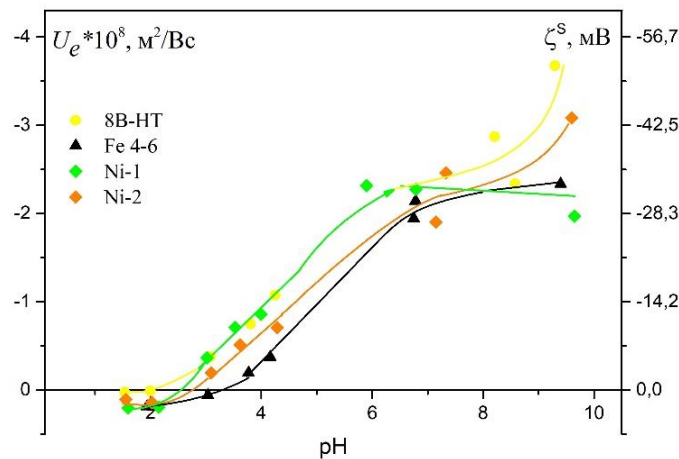


**Рисунок 1** - СЭМ-изображение фронтальной поверхности пластины а) двухфазного стекла Ni-1, б) микропористого стекла Fe 4-6 [1]

Для изучения электрокинетических характеристик, двухфазные стекла перетирались в агатовой ступке до порошкообразного состояния. Измерения электрофоретической подвижности ( $U_e$ ) частиц стёкол были проведены на фоне 0.01 М растворов NaCl в диапазоне pH от 1 до 9 на анализаторе ZetasizerNano ZS «Malvern». Электрокинетический потенциал  $\zeta^S$  рассчитывался из экспериментально найденных величин электрофоретической подвижности частиц по уравнению Смолуховского

$$\zeta^S = \frac{\eta}{\varepsilon \varepsilon_0} U_e$$

где  $\eta$  – вязкость жидкости,  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды;  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная.



**Рисунок 2** – Зависимости электрофоретической подвижности и электрокинетического потенциала двухфазного натриевоборосиликатного стекла 8В-НТ и двухфазных стекол, модифицированных оксидами железа Fe 4-6 и никеля Ni-1 и Ni-2 в растворах 0.01 М NaCl от кислотности среды

На рисунке 2 видно, то зависимости  $\zeta^S$  от pH для исследованных двухфазных стекол различного состава имеют сходный характер. Наблюдаются невысокие положительные значения электрокинетического потенциала в кислой области, затем, при смещении в щелочную область, кривые проходят через изоэлектрическую точку (ИЭТ,  $\zeta^S = 0$  мВ) и электрокинетический потенциал становится отрицательным. Модифицирование базового НБС стекла оксидами никеля и железа приводит к уменьшению величин  $|\zeta^S|$  при фиксированном значении pH и к смещению ИЭТ в щелочную область на 0.7 и 1.2 ед pH, соответственно. Причиной смещения ИЭТ, по-видимому, является мозаичный характер поверхности частиц – на отрицательно заряженном оксиде кремния присутствуют небольшие участки оксидов никеля и железа, которые в кислой области pH заряжены положительно.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 20-03-00544. Авторы выражают благодарность сотрудникам аналитической группы лаборатории физической химии стекла ИХС РАН за проведение химического анализа стекол (тема № 0097-2019-0015). Исследования проведены с использованием оборудования Междисциплинарного Ресурсного Центра по направлению «Нанотехнологии».*

#### Литература:

1. Ermakova L.E., Kuznetsova A.S., Volkova A.V., Antropova T.V. Structural and electro-surface properties of iron-containing nanoporous glasses in  $\text{KNO}_3$  solutions. *Colloids and Surfaces A*, 2019, vol. 576, pp. 91–102.

**ELECTROKINETIC POTENTIAL OF NICKEL- AND IRON-CONTAINING GLASSY MATERIALS**Kuznetsova A.S.<sup>1,2</sup>, Ermakova L.E.<sup>1</sup>, Volkova A.V.<sup>1</sup>, Anfimova I.N.<sup>2</sup>, Antropova T.V.<sup>2</sup><sup>1</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg,<sup>1</sup>*Universitetskaya Emb., 7-9, St. Petersburg, 199034 Russia*<sup>2</sup>Grebenshchikov Institute of Silicate Chemistry, Russian Academy of Sciences,<sup>2</sup>*Emb. Admiral Makarov, 2, St. Petersburg, 199034 Russia**email: a\_kuznetsova95@mail.ru*

**Abstract.** The measurement and comparison of the electrokinetic potential  $\zeta^S$ , obtained by laser Doppler electrophoresis, of two-phase sodium borosilicate (NBS) glasses: basic glass 8V-NT and glasses modified with iron oxide (Fe 4-6) or nickel oxide (Ni-1 and Ni -2) in  $10^{-2}$  M indifferent NaCl electrolyte solutions at various pH values have been carried out. It was revealed that the introduction of 5 mol. %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and 14% mol. NiO in the composition of the basic NBS glass lead to a shift of the isoelectric point to the alkaline region, as compared to the basic glass 8V-NT, and the degree of shift increases in the order Ni-1 < Ni-2 < Fe 4-6. The structure and chemical composition of two-phase glassy materials have been investigated.

**Keywords:** sodium borosilicate glass, magnetic glass, nickel-containing glass, electrokinetic potential.