

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-86-93

Лавров Р.В., *Рассеко Д.С.

Юго-Западный государственный университет

*E-mail: rasseko.dmitriy@bk.ru

МОДИФИКАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО СЫРЬЕВОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИДА НАТРИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТЕКЛА

Аннотация. Исследование продолжает направление интенсификации процессов стекловарения путём полной замены кальцинированной соды в стекольной шихте на гидроксид натрия с получением хорошо классифицируемого промежуточного двухкомпонентного сырьевого материала. Рассмотрен способ получения модифицированного синтетического сырьевого материала (ССМ^м) для получения натрий-кальций-силикатного стекла на основе кварцсодержащего сырьевого материала и гидроксида натрия. ССМ^м состоит из двух частей, химический состав, одной из которой соответствует легкоплавкой эвтектике на диаграмме $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$, в отличие от прототипа ССМ, химический состав которого соответствует химическому составу силикатного стекла. Продукты синтеза частей кварцевого песка и гидроксида натрия смешиваются с остальными компонентами стекольной шихты щелочно-силикатных стекол с последующей возможной агломерацией известными способами. Результаты сравнительного рентгенофазового анализа экспериментальных шихт, а также термообработанных таблетированных образцов показывают более выраженные процессы стеклообразования в шихте на основе ССМ^м, чем с использованием прототипа. Использование экспериментальных шихт может интенсифицировать физико-химические реакции на стадии варки в стекловаренной печи, снизить максимальную температуру варки стекла, уменьшить унос пылевидных компонентов шихты и техногенную нагрузку на окружающую среду.

Ключевые слова: ССМ для получения натрий-кальций-силикатного стекла, гидроксид натрия, диаграмма фазовых состояний $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ Крачека.

Введение. Одним из путей интенсификации процессов стекловарения является предварительная активация тугоплавких компонентов стекольной шихты с использованием гидроксидов.

Результатом активации кремнийсодержащего кристаллического сырьевого источника стекольной шихты с использованием NaOH , нашедшего отражение в патенте RU 2714415 С1, является получение хорошего классифицируемого синтетического сырьевого материала (ССМ) [1–5].

Общим для технологических схем получения ССМ является полная замена натрийсодержащего компонента стекольной шихты (традиционно – кальцинированной соды) на гидроксид натрия, термообработка реакционной смеси каустика (в виде раствора или твердом виде) и кварцсодержащего сырья в интервале 325–700 °С в течение 1–5 минут [2]. Получаемый рассыпчатый порошкообразный продукт по химическому составу состоит из оксидов Na_2O и SiO_2 в массовых долях, соответствующих составу щелочно-силикатного стекла. Фазовый состав ССМ представлен аморфной и кристаллическими фазами в виде низкотемпературного кварца и силиката натрия [6–8].

Анализ химических составов ССМ для наиболее распространенных видов щелочно-силикатных стекол (тарного, флоат, медицинского)

в части двойной оксидной системы $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ показал, что поле составов (Na_2O ; SiO_2) лежит в области, обогащенной SiO_2 , масс. % (80,85–85,62) и «обедненной» содержанием Na_2O , масс.% (19,15–14,38) (рис. 1).

Это означает, что, несмотря на интенсификацию процессов силикатообразования в ССМ до загрузки в печь, химические составы как натрий-кальций силикатных стекол, так и ССМ не соответствуют эвтектическим составам в системе $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ со значениями эвтектических температур, °С (1022; 846; 793), что может обуславливать более позднее возникновение жидкой фазы, чем это, предположительно, возможно.

Известен способ подготовки шихты для щелочно-силикатных стекол, названный авторами Selective Batching (патент US 2008087044 А1), предусматривающий разделение кремний-, натрий- и кальцийсодержащих шихтных сырьевых материалов на части ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{quartz}$) и ($\text{CaCO}_3 + \text{quartz}$) с массовыми долями, соответствующими эвтектическим составам $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ и $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ в системе $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$, с последующим смешиванием и грануляцией. Предлагаемый способ позволяет сократить время варки щелочно-силикатных стекол и применим для тарного, флоат и боросиликатного вида стекол [9–11].

Так как в качестве натрийсодержащего компонента в описанном выше способе используется кальцинированная сода, активация наиболее тугоплавкого компонента стекольной шихты –

кварца – по предлагаемому способу не выражена [12].

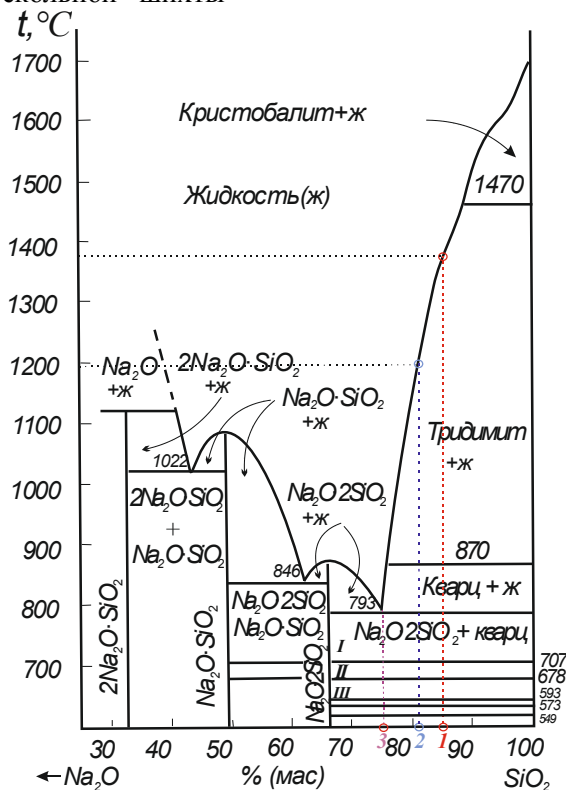


Рис. 1. Двухкомпонентная система Na₂O - SiO₂ Крачека; поле, ограниченное точками 1 и 2, соответствует области химических составов для наиболее распространенных видов натри-кальций-силикатных стекол. Точкой 3 отмечена первая легкоплавкая эвтектика при соотношении масс. %: Na₂O – 26,1; SiO₂ – 73,9

В соответствии с авторским описанием, оставшаяся часть кварцевого песка в свободном виде (порядка 20 % от общего количества) добавляется в шихту, состоящую из двух гранулированных продуктов (Na₂CO₃ + quartz) и (CaCO₃ + quartz), что может способствовать сегрегации шихты, как ввиду разниц в размерах гранул продуктов и зерен кварцевого песка, так и насыпной плотности материалов.

Использование кварцевого песка в шихте в свободном виде создает предпосылки для увеличения времени растворения кварцевых зерен в расплаве и как следствие - общего времени варки стекла.

С учетом недостатков выше описанного метода, был разработан способ подготовки стекольной шихты для получения щелочно-силикатных стекол, в том числе стекловидных щелочных силикатов, включающий активацию кремнийсодержащего компонента стекольной шихты с использованием гидроксида натрия в качестве натрийсодержащего компонента, с получением ССМ^м, имеющим химический состав, соответствующий эвтектическому в оксидной системе Na₂O - SiO₂.

Кварцсодержащий компонент стекольной шихты и гидроксид натрия, используемый в ка-

честве натрийсодержащего компонента, был поделен на исходные смеси для получения ССМ^м, соотношение весовых частей в одной из которых выражается как, в.ч.:

$$(\text{NaOH}_{\text{эвт.}}; \text{Кварц}_{\text{эвт.}}) \quad (1)$$

и соответствует эвтектическому составу в оксидной системе Na₂O - SiO₂, а соотношение массовых частей в другой смеси выражается как, в.ч.:

$$((\text{NaOH}_{\text{общ.}} - \text{NaOH}_{\text{эвт.}}); (\text{Кварц}_{\text{общ.}} - \text{Кварц}_{\text{эвт.}})), \quad (2)$$

где NaOH_{общ.} и Кварц_{общ.} – весовые части общего количества гидроксида натрия и кварцсодержащего сырья для получения щелочно-силикатного стекла заданного состава.

Таким образом, получаемый ССМ^м имеет химический состав, соответствующий эвтектическому составу, а весь кварцсодержащий материал физико-химически активирован в результате взаимодействия с NaOH.

Материалы и методы. В качестве сырья для приготовления экспериментальной стекольной шихты использовали кварцевый песок (ГОСТ 22551-77), гидроксид натрия (NaOH) ГОСТ 2263-79 в чешуйчатом виде, соду кальцинированную техническую марки Б (ГОСТ 5100-85) [13].

Химический состав сырьевых материалов представлен в таблице 1.

Химический состав сырьевых материалов

Сырьевые материалы	Содержание элементов, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃
Гидроксид натрия ГОСТ 2263-79	0,020	0,001		0,005	76,317		0,001
Кварцевый песок ВС-030-В, ГОСТ 22551-77	99,6	0,16					0,014
Сода кальцинированная техническая, марка Б, ГОСТ 5100-85					58,12		0,003

Был выбран состав тарного стекла марки БТ-1 (ГОСТ Р 52022-2003). Из состава были использованы только оксиды кремния и натрия, поэтому состав был приведён к 100 %. Содержание оксида кремния в итоге составило 83,75 %, а содержание оксида натрия - 16,25 %.

С учётом того, что кварцевый песок содержит 99,6 % SiO₂, гидроксид натрия содержит 76,3 % Na₂O, а кальцинированная сода 58,12 % Na₂O, был рассчитан состав шихты на 50 г. Были рассчитаны четыре состава. Первый на основе песка и кальцинированной соды, второй на основе песка и гидроксида натрия, третий эвтектический на основе песка и гидроксида натрия, а также четвёртый, где остаток песка из третьего состава смешан с 3 % от NaOH.

Основная часть. Для получения экспериментальных шихт проводили увлажнение квар-

цевого песка 3 % по массе шихты дистиллированной водой, после чего добавляли натрийсодержащие компоненты с последующим смешиванием в корундовой ступке. Полученные массы помещали в корундовые тигли и ставили в муфельную печь на термообработку при 400 °С, при достижении требуемой температуры печь отключали.

Шихта для ССМ^м была получена из двух частей, первая из которых содержала термообработанную с каустиком часть от общего количества кварцевого песка в шихте в эвтектическом соотношении, а вторая часть содержала остаток кварцевого песка, обработанного 3 % от общего количества NaOH эквивалентного химическому составу оксида натрия в составе стекла.

Из полученных шихт с помощью ручного пуансона были получены таблетки весом 5,5 г (рис. 2), которые были термообработаны в муфельной печи при 600 °С [14].



Рис. 2. Таблетированные образцы шихт:

1 – на основе кварцевого песка и кальцинированной соды; 2 – ССМ^м; 3 – ССМ

Полученные спёки шихт ССМ и ССМ^м не рассыпались в руках в отличие от спёка шихты, где использовалась кальцинированная сода. Образцы спёков подготавливались для проведения рентгено-фазового анализа (РФА).

РФА проводился на приборе GBC ЕММА с пределами допускаемой абсолютной погрешно-

сти измерения угловых положений дифракционных максимумов, градус: $\pm 0,015$. Диапазон измерений углов дифракции 2θ , градус: от 10 до 90 выбирался с целью обнаружения вероятных силикатных соединений [15].

Для идентификации фаз применялась программа Match!3 [16]. Графики были построены при помощи программы DifWin (рис. 3) [17].

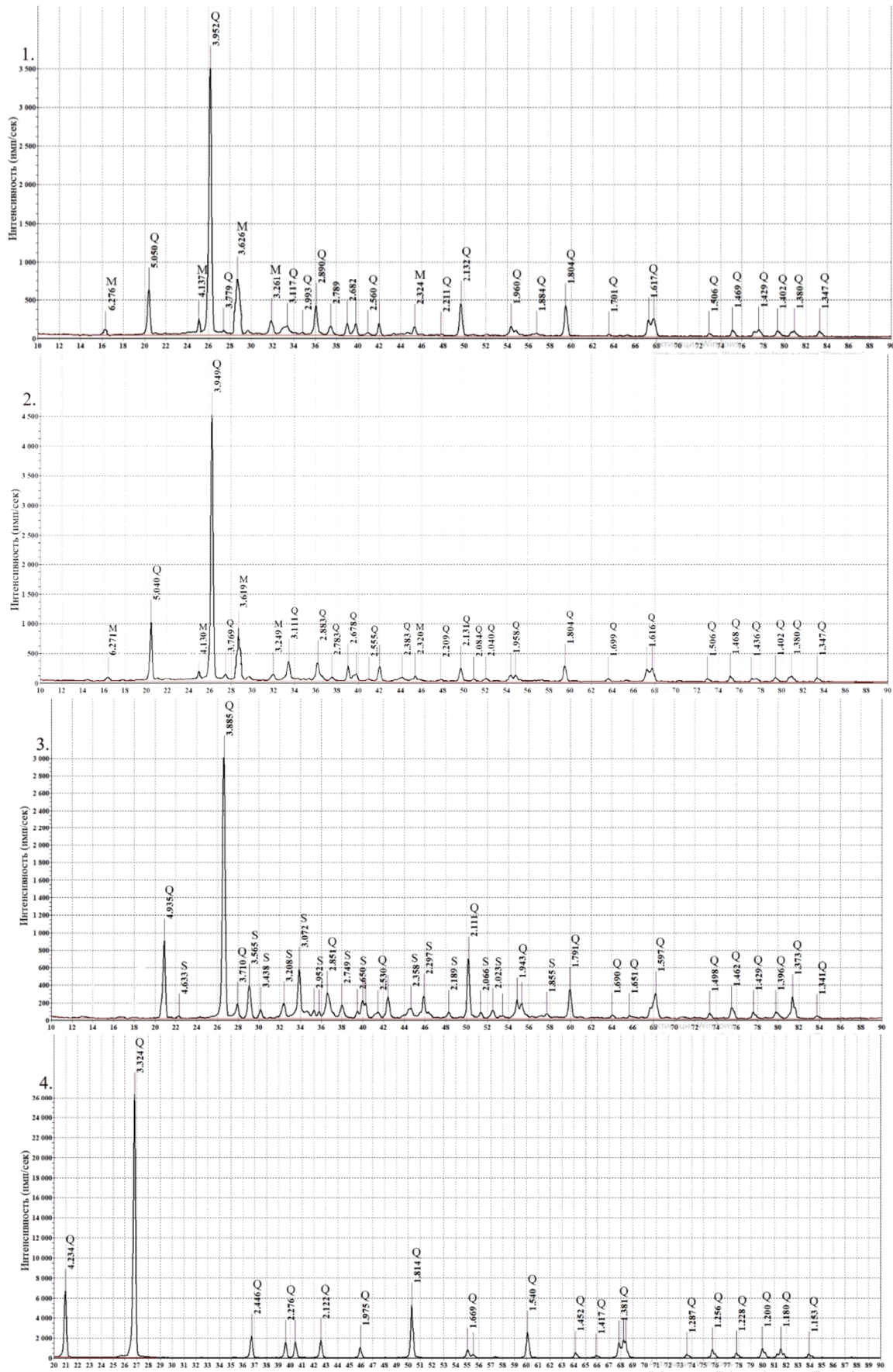


Рис. 3. Дифрактограммы образцов.

Обозначения: кварц – Q; метасиликат натрия – M; кальцинированная сода – S.

Сверху вниз: 1 – ССМ^m; 2 – ССМ; 3 – шихта на основе кальцинированной соды и кварцевого песка; 4 – кварцевый песок

Основными фазами образцов 1 и 2 были аморфная и кристаллическая в виде кварца и метасиликата натрия с более выраженной аморфной в образце 1. Кроме этого, интенсивность дифракционных максимумов, характерных для кварца, в рентгенограмме для образца 1, имела меньшие значения, чем в образце 2, что может

свидетельствовать о деструктивных изменениях в кристаллической структуре.

В образце 3 при выбранной температуре обработки 600 °С возникновения фазы, вероятной для силиката натрия, зафиксировано не было.

Далее, таблетированные образцы экспериментальных шихт были помещены в муфельную печь на термообработку при 900 °С.



Рис. 4. Сравнение плавкости образцов при 900 °С.

Слева сверху – ССМ; справа сверху – образец на основе кварцевого песка и соды; внизу – ССМ^м

Визуальный осмотр расплавленных образцов (рис. 4) показал большее количество стекловидной фазы в образце шихты ССМ^м.

Спеки были распилены алмазным диском, проекции спилов приведены на рис. 5.

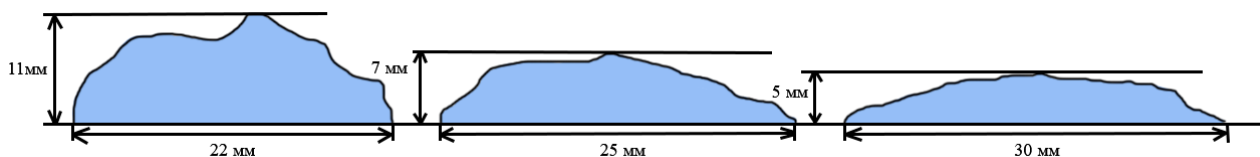


Рис. 5. Рисунок проекции распилов спёков экспериментальных шихт.

Слева направо: образец на основе кварцевого песка и соды, ССМ, ССМ^м

Образец шихты на кальцинированной соде имел больший объем, чем исходный объем таблетки, что можно объяснить процессом газообразования при разложении кальцинированной соды. Образец шихты на основе ССМ^м имел наибольшую площадь расплава, объясняемую более интенсивными процессами стеклообразования.

Выводы. Сравнительный анализ фазовых составов экспериментальных шихт, термообра-

ботанных при 600 °С, установил более выраженную аморфную и силикатную для ССМ^м. Термообработка таблетированных шихт при 900 °С показала большую степень оплавления образца на основе ССМ^м, что в совокупности может свидетельствовать о снижении максимальной температуры или времени варки шихт натрий-кальций-силикатных стёкол при максимальной температуре.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2714415, Российская Федерация, МПК C03B 1/00. Способ подготовки шихты для щелочно-силикатного стекла. /Р.В. Лавров, А.П. Кузьменко, Л.М. Миронович, А.О. Дьяков, М.Т. Мью, В.Л. Родионов; заявитель и патентообладатель ЮЗГУ. № 2019112334; заявл. 23.04.2019; опубл. 14.02.2020. Бюл. №5. 11 с.
2. Пат. 2597008, Российская Федерация, МПК C03B 1/00, C03C 1/02. Сырьевой концентрат и шихта для производства силикатного стекла / Р.В. Лавров. Заявитель и патентообладатель ЮЗГУ. № 2015135608/03; заявл. 24.08. 2015; опубл. 10.09.2016. Бюл. №25. 5 с.
3. Пат. 2638195, Российская Федерация, МПК C03B 1/02, C03C 1/02, C03C 6/08. Способ приготовления шихты / Р.В. Лавров. Заявитель и патентообладатель ЮЗГУ. № 2016126524; заявл. 03.07.2016; опубл. 12.12.2017. Бюл. № 35. 10 с.
4. Пат. 2007131721, Российская Федерация. МПК C03C 1/00. Щелочной концентрат для получения стекла и способ его применения с целью снижения атмосферных выбросов углекислоты и твердых составляющих шихты / С.В. Сретинский, В.Н. Молчанов, Р.В. Лавров, С.Е. Бурханский. Заявитель и патентообладатель ЮЗГУ. № 2007131721/03; заявл. 21.08.2007; опубл. 10.09.2016. 1 с.
5. Минько Н.И., Лавров Р.В. Гидроксид натрия в стекольной технологии // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.2011. №3. С. 53–57.
6. Пат. 2152363, Российская Федерация. МПК C03B1/00, C03C1/02. Сырьевой концентрат для производства стекла и керамики и способ его получения / В.Н. Молчанов, В.Н. Поляков, И.А. Демидов, В.Е. Скрипкин. Заявитель и патентообладатель ЗАО «Инженер». № 99112670/03; заявл. 18.06.1999; опубл. 10.07.2000. Бюл. № 19. 4 с.
7. Пат. GB1411257 США, МПК C03B1/00; C03B3/00; C03C1/00; ПК C03B1/00; C03B3/00; C03C1/00; C03C1/02; C03C6/04. Glass manufacture / Ppg industries inc.; опубл. 22.10.1975, [Электронный ресурс]. URL: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/description?CC=GB&NR=1411257A&KC=A&FT=D&ND=3&date=19751022&DB=&locale=en_EP (дата обращения: 12.04.2021)
8. Пат. US3817776 Франция, МПК C03B1/02; C03C1/02. Granular free-flowing material for use in the manufacture of glass / Gringras Michel; опубл. 18.06.1974, [Электронный ресурс]. URL: <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/description?CC=US&NR=3817776A&KC=A&FT=D&N>D=3&date=19740618&DB=&locale=en_EP (дата обращения 28.04.2021)
9. Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Glass Industry. An ENERGY STAR Guide for Energy and Plant Managers. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/Glass-Guide.pdf> (дата обращения 28.04.2021)
10. Presentation «Selective Glass Batching», William Carty, Christopher Sinton, Hyojin Lee. The Shining Inferno – a Symposium on Glass Raw Materials Glass Manufacturing Industry Council 20 October 2011 Columbus OH, [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://gmic.org/wp-content/uploads/2016/06/11RMS-CSL-Materials-LLC.pdf> (дата обращения 28.04.2021)
11. Пат. US2008087044 (A1) США, МПК C03B1/02; C03B11/00; C03C1/00; C03C1/02; C03C6/00. Selective batching for boron-containing glasses; опубл. 17.04.20082008-04-17, [Электронный ресурс]. URL:<https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2008087044A1&KC=A1&FT=D&ND=4&date=20080417&DB=EPODOC&locale> (дата обращения 28.04.2021)
12. Lavrov R.V., Mironovich L.M. A Novel Method for Preparing a Batch of Silicate Glasses Using Sodium and Potassium Hydroxides // Glass Physics and Chemistry. 2018. Vol. 44. Iss. 2. Pp. 145–151.
13. Пат. 2295503, Российская Федерация, МПК C03B 1/02. Способ приготовления стекольной шихты / Н.С. Крашенинникова, И.В. Фролова, О.В. Казьмина; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский политехнический университет. №2005133162/03; заявл. 27.10.2005; опубл. 20.03.2007. Бюл. № 8. 3 с.
14. Пат. 2571793, Российская Федерация, МПК C03C1/02. Способ подготовки стекольной шихты / А.А. Юдин, В.Н. Болотин, В.С. Бессмертный, Н.И. Бондаренко, А.А. Ляшко, Э.О. Гашенко, Н.М. Здоренко; заявитель и патентообладатель Автономная некоммерческая организация высшего профессионального образования "Белгородский университет кооперации, экономики и права". № 0002571793; опубл. 20.12.2015. 2 с.
15. Лавров Р.В., Климкин Е.Г., Новиков Л.Б. Использование гидроксида натрия для получения стекловидных щелочных силикатов. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.2019. №7. С. 95–101.

16. Порошковый рентгеновский дифрактометр GBCEMMA с камерой для высокотемпературных исследований [Электронный ресурс] / Региональный центр нанотехнологий. URL: <http://www.nano.kursk.ru/features/38-about-center/equipment/136-2012-07-09-05-12-21.html> (дата обращения: 11.04.2021 г.)

Информация об авторах

Лавров Роман Владимирович, кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической технологии. E-mail: kvarcinat@mail.ru. Юго-Западный государственный университет. Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94.

Рассеко Дмитрий Сергеевич, магистр кафедры фундаментальной химии и химической технологии. E-mail: rasseko.dmitriy@bk.ru. Юго-Западный государственный университет. Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94.

Поступила 28.04.2021 г.

© Лавров Р.В., Рассеко Д.С., 2021

Lavrov R.V., *Rasseko D.S.

South-West State University

**E-mail: rasseko.dmitriy@bk.ru*

MODIFICATION OF SYNTHETIC RAW MATERIAL BASED ON SODIUM HYDROXIDE FOR PRODUCING GLASS

Abstract. *The research continues the direction of intensification of glass-making processes by completely replacing soda ash in the glass batch with sodium hydroxide to obtain a well-classified intermediate two-component raw material. A method for obtaining a modified synthetic raw material (SRM^m) for producing sodium-calcium-silicate glass based on quartz-containing raw material and sodium hydroxide is considered. SRM^m consists of two parts, the chemical composition of one of which corresponds to the low-melting eutectic on the Na₂O-SiO₂ diagram, in contrast to the prototype SRM, the chemical composition of which corresponds to the chemical composition of silicate glass. The products of the synthesis of parts of quartz sand and sodium hydroxide are mixed with the rest of the components of the glass batch of alkali-silicate glasses, followed by possible agglomeration by known methods. The results of a comparative X-ray phase analysis of experimental charges, as well as heat-treated pelletized samples, show more pronounced glass formation processes in a charge based on SRM^m than using the prototype. The use of experimental charges can intensify the physico-chemical reactions at the stage of melting in a glass-making furnace, reduce the maximum melting temperature of glass, reduce the carryover of dust-like components of the charge and the technogenic load on the environment.*

Key words: *SRM for the production of sodium-calcium-silicate glass, sodium hydroxide, phase state diagram Na₂O-SiO₂ Krachek.*

REFERENCES

1. Lavrov R.V., Kuzmenko A.P., Mironovich L.M., Diakov A.O., Myo M.T., Rodionov V.L. Method for preparing a charge for alkali silicate glass. Patent RF, no 2019112334, 2020. (rus)
2. Lavrov R.V. Raw material concentrate and charge for silicate glass production. Patent RF, no 2597008, 2016. (rus)
3. Lavrov R.V. Method of batch preparation. Patent RF, no 2638195, 2017. (rus)
4. Sretinskiy S.V., Molchanov V.N., Lavrov R.V., Burhanskiy S.E. Alkaline concentrate for glass production and method of its use in order to reduce atmospheric emissions of carbon dioxide and solid

components of the charge. Patent RF, no 2007131721, 2016. (rus)

5. Minko N.I., Lavrov R.V. Sodium hydroxide in glass technology [Gidroksid natriya v stekol'noy tekhnologii]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2011. No. 3. Pp. 53–57. (rus)

6. Molchanov V.N., Polyakov V.N., Demidov I.A., Scripkin V.E. Raw material concentrate for the production of glass and ceramics and the method for its production. Patent RF, no 2152363, 2000. (rus)

7. Ppg industries inc. Glass manufacture. Pat.GB, no 1411257, 1975.

8. Gringras M. Granular free-flowing material for use in the manufacture of glass. Patent US, no 3817776, 1974.

9. Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Glass Industry. URL: <https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/Glass-Guide.pdf> (date of application: 28.04.2021)

10. Presentation «Selective Glass Batching», William Carty, Christopher Sinton, Hyojin Lee. The Shining Inferno – a Symposium on Glass Raw Materials Glass Manufacturing Industry Council 20 October 2011 Columbus OH. Adobe Acrobat Reader. URL: <http://gmic.org/wp-content/uploads/2016/06/11RMS-CSL-Materials-LLC.pdf> (date of application: 28.04.2021)

11. Selective batching for boron-containing glasses. URL: <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2008087044A1&KC=A1&FT=D&ND=4&date=20080417&DB=EPODOC&locale> (date of application: 28.04.2021)

12. Lavrov R.V., Mironovich L.M. A Glass Method for Preparing and Sodium Hydroxides Glass Physics and Chemistry. 2018. Vol. 44, Iss. 2. Pp. 145–151.

13. Krashennikova N.S., Frolova I.V., Kuzmina O.V. Method for preparing glass batch. Patent RF, no 2295503, 2005. (rus)

14. Yudin A.A., Bolotin V.N., Bessmertniy V.S., Bondarenko N.I., Lyashko A.A., Gasnenko E.O., Zdorenko N.M. Method for preparing glass batch. Patent RF, no 2571793, 2015. (rus)

15. Lavrov R.V., Klimkin E.G., Novikov L.B. The use of sodium hydroxide to obtain glassy alkali silicates [Ispol'zovaniye gidroksida natriya dlya polucheniya steklovidnykh shchelochnykh silikatov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 7. Pp 95–101. (rus)

16. Program for decoding powder diffractograms [Programma dlya rasshifrovki poroshkovykh difraktogramm]. URL: <https://crystalim-pact.com/match/> (date of application: 11.04.2021)

17. Powder X-ray diffractometer GBC EMMA with chamber for high temperature research [Poroshkovyy rentgenovskiy difraktometr GBC EMMA s kameroy dlya vysokotemperaturnykh issledovaniy]. URL: <http://www.nano.kursk.ru/features/38-about-center/equipment/136-2012-07-09-05-12-21.html> (date of application: 28.04.2021)

Information about the authors

Lavrov, Roman V. PhD, Assistant professor. E-mail: kvarcinat@mail.ru. South-West State University. Russia, 305040, Kursk, st. 50 let Oktyabrya, 94.

Rasseko, Dmitry S. Master student. E-mail: rasseko.dmitriy@bk.ru. South-West State University. Russia, 305040, Kursk, st. 50 let Oktyabrya, 94.

Received 28.04.2021

Для цитирования:

Лавров Р.В., Рассеко Д.С. Модификация синтетического сырьевого материала на основе гидроксида натрия для получения стекла // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 86–93. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-86-93

For citation:

Lavrov R.V., Rasseko D.S. Modification of synthetic raw material based on sodium hydroxide for producing glass. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 8. Pp. 86–93. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-86-93