

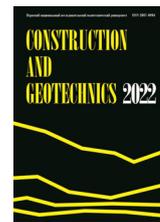


**пермский  
политех**

**CONSTRUCTION AND GEOTECHNICS**

**Т. 14, № 2, 2023**

<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2023.2.08

УДК 691.3

## **МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА КАЗАХСТАНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОКОННОГО СТЕКЛА**

**Ж.Т. Сулейменов, А.А. Сагындыков, Е.А. Абуталипов**

Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан

### **О СТАТЬЕ**

Получена: 28 декабря 2022

Одобрена: 22 марта 2023

Принята к публикации:

03 июля 2023

#### *Ключевые слова:*

листовое оконное стекло, кварцевый песок, полевого шпата, известняк, доломит, сода, химический состав, вязкость, варка, отжиг.

### **АННОТАЦИЯ**

Исследованы химические составы природного и техногенного сырья Казахстана: кварцевых песков, кварцитов, алюминия, кальция и щелочесодержащих компонентов, используемых в производстве оконного стекла. По химическому составу все месторождения кварцевых песков удовлетворяют требованиям ГОСТ за исключением содержания оксида железа. Для использования кварцевых песков в производстве листового стекла необходимо их обогащение. Исследованы химические составы полевого шпата, кварц-полевого шпата, пегматита, каолина.

Высококачественное полевошпатовое сырье обнаружено в Хантауском, Майкульском месторождениях (Жамбылская обл.), в Костанайской (Бисембаевское и Маринское пегматитовые месторождения) и Акмолинской областях (Зерендинское месторождение). Представляет интерес каолин Алексеевский с высоким содержанием оксида алюминия (38,2 %) и низким содержанием оксида железа. В Казахстане имеются достаточно большие запасы известняков и доломитов, среди которых месторождения «Каратау», «Талгар» и «Шиели». Запасы мела с карбонатом кальция 94–98 % и незначительным содержанием оксида железа имеются в Мангистауской области. В Казахстане имеются месторождения природного сульфата натрия в виде твердых отложений и рапы многочисленных озер. Методом рентгенофазового анализа исследованы фазовый состав местных кварцевых песков и полевого шпата. Разработаны составы и проведены опытные варки стекол. Содержание оксида кремния как главного компонента в исходном кварцевом песке составляет 99,1 %, а красящего стекла оксида железа 0,08 %. Поэтому для снижения содержания в песке оксида железа применяли метод обогащения. Как показали исследования, магнитная сепарация позволяет снизить содержание  $Fe_2O_3$  с 0,08 до 0,06 % – промывкой с 0,08 до 0,05 %, флотоотиркой до 0,03 %. Крупность кварцевого песка находится в пределах, не затрудняющих процесс варки стекла: содержание крупных зерен размером более 0,8 мм составляет 0,3 %, мелких зерен размером менее 0,1 мм – 3 %. Массовая доля тяжелой фракции плотностью более 2900 кг/м<sup>3</sup> составляет – 0,2 %. По комплексным показателям песок соответствует марке ВС-030-1 по ГОСТ 22551-90.

Определены характеристические интервалы изменения вязкости варки, выработки, формования, отжига и соответствующие им температуры. Расчетным методом получены значения физико-химических и технологических свойств стекол. Разработан график отжига листового стекла.

© ПНИПУ

© Сулейменов Жусупбек Таширбаевич – академик Национальной академии наук Республики Казахстан, доктор технических наук, e-mail: zhsuleimenov2020@mail.ru.

Сагындыков Аймахамбет Абуталипович – доктор технических наук, профессор, e-mail: ernur.abutalipov98@mail.ru.

Абуталипов Ернур Аймахамбетович – магистр, инженер ТОО «Тараз-Ісмер», e-mail: ernur.abutalipov98@mail.ru.

Zhusupbek T. Suleimenov – Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: zhsuleimenov2020@mail.ru.

Aimakhambet A. Sagyndykov – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: ernur.abutalipov98@mail.ru.

Ernur A. Abutalipov – Master, Engineer of Taraz-Ismer LLP, e-mail: ernur.abutalipov98@mail.ru.



Эта статья доступна в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## **MINERAL RESOURCE BASE OF KAZAKHSTAN FOR THE PRODUCTION OF WINDOW GLASS**

**Zh.T. Suleimenov, A.A. Sagyndykov, E.A. Abutalipov**

M.H. Dulati Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

---

### ARTICLE INFO

Received: 28 December 2022  
Approved: 22 March 2023  
Accepted for publication:  
03 July 2023

#### *Keywords:*

sheet window glass, quartz sand, feldspar, limestone, dolomite, soda, chemical composition, viscosity, cooking, annealing.

### ABSTRACT

The chemical compositions of natural and man-made raw materials of Kazakhstan: quartz sand, quartzite, aluminum, calcium and alkali-containing components used in the production of window glass are investigated. According to the chemical composition, all quartz sand deposits meet the requirements of GOST, except for the content of iron oxide. To use quartz sands in the production of flat glass, it is necessary to enrich them. Chemical compositions of feldspar, quartz-feldspar, pegmatite, kaolin have been studied.

Deposits of high-quality feldspar raw materials have been found in the Khantau, Maikul deposits (Zhambyl region), in Kostanay (Bisembaevskoye and Marinskoye pegmatite deposits) and Akmola regions (Zerendinskoye field). Alekseyevsky kaolin is of interest, with a high content of aluminum oxide (38.2 %) and a low content of iron oxide. There are quite large reserves of limestones and dolomites in the Republic of Kazakhstan, including the Karatau, Talgar and Shieli deposits. Reserves of chalk with a calcium carbonate content of 94-98 % and insignificant iron oxide are available in the Mangistau region. Kazakhstan has deposits of natural sodium sulfate in the form of solid deposits and brine of numerous lakes. The phase composition of local quartz sands and feldspar has been studied by X-ray phase analysis. Compositions have been developed and experimental glass cooking has been carried out. The content of silicon oxide as the main component in the initial quartz sand is 99.1 %, and the coloring glass of iron oxide is 0.08 %. Therefore, the enrichment method was used to reduce the content of iron oxide in the sand. Studies have shown that magnetic separation can reduce the Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content from 0.08 to 0.06 %, by washing from 0.08 to 0.05 %, by flotation to 0.03 %. The size of quartz sand is within the limits that do not complicate the glass cooking process: the content of large grains larger than 0.8 mm is 0.3 %, small grains smaller than 0.1 mm - 3 %.

The mass fraction of the heavy fraction with a density of more than 2900 kg/m<sup>3</sup> is - 0.2%. According to complex indicators, the sand corresponds to the VS-030-1 по GOST 22551-90 brand. The characteristic intervals of changes in the viscosity of cooking, production, molding, annealing and the corresponding temperatures are determined. The values of the physico-chemical and technological properties of the glasses were obtained by the calculation method. A schedule of annealing of flat glass has been developed.

© PNRPU

---

## **Введение**

Объем рынка термополированного и строительного стекла в Казахстане составляет около 35 млн м<sup>2</sup> в год. Для удовлетворения спроса на эти изделия в г. Кызылорде завершается строительство стекольного завода мощностью 197 000 т в год [1].

Бюджет проекта составляет 42,1 млрд тенге, завод будет производить 197 тыс. т стекла в год, что позволит полностью покрывать внутренние потребности в 180 тыс. т в год. На заводе будет производиться промышленное листовое стекло толщиной от 2 до 12 мм, используемое в жилищном и гражданском строительстве.

К преимуществам полированного листового стекла можно отнести [2–5]:

- прочность;
- не требуется осуществление качественного и регулярного ухода за поверхностью;
- свойства не меняются со временем;
- поверхность получается гладкой, глянцевой. Это позволяет сделать остекление привлекательным;
- высокая светопропускная способность;
- выбор различных вариантов толщины (от 3 до 18 мм).

## Экспериментальная часть

### Кварцевые пески и высококремнеземистые отходы

В производстве листового стекла основным сырьем являются кварцевые пески [6–16]. В табл. 1 приведены химические составы кварцевых песков и высококремнеземистого сырья.

Таблица 1

Химический состав кварцевых песков и высококремнеземистого сырья

Table 1

Chemical composition of quartz sands and high-silica raw materials

Сырьё	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Прочие
Кварцевый песок, «Сарышоқы»	99,1	0,04	–	–	–	0,08	0,78
Кварцевый песок, «Мугоджар»	97,6	0,8	–	–	–	0,12	1,48
Кварцевый песок, «Талдыкорган»	96,4	0,6	–	–	0,2	0,1	2,7
Карасорский	95,8	1,2	0,2	0,1	0,1	0,15	2,45
Айсаринский, Северо-Казахстанская область	97,6	0,9	–	–	–	0,08	1,42
ТОО «Тәу-Кен Темір», г. Караганда	97,2	0,2	0,36	–	–	0,09	С 1,5–2,15
Кварцевая фракция обогащения каолина	97,5	1,6	–	–	0,2	0,1	0,6
Кварциты	95,5	1,2	0,3	0,2	0,1	0,15	2,55

По химическому составу все указанные месторождения кварцевых песков удовлетворяют требованиям ГОСТ, за исключением содержания оксида железа. Для использования кварцевых песков в производстве листового стекла необходимо их обогащение. Обогащение кварцевого песка производится тремя способами: магнитное обогащение, промывка, флотооттирка [9–11]. Так, например, обогащением песка можно снизить содержание оксида железа с 0,12 до 0,05 %.

### Сырьё, содержащее оксид алюминия и калия

Имеются значительные запасы природного глиноземсодержащего сырья – полевого шпата, кварц-полевого шпата, пегматита и каолина.

Кварц-полевошпатовый песок Белогорского горно-обогатительного комбината по ГОСТ 13451 марки КПШС-0,2-11,5 и КПШС-0,2-14,0 с содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 11,5–15 % и щелочных оксидов натрия и калия 7–11 %.

Высококачественное полевошпатовое сырьё обнаружено в Хантауском, Майкульском месторождениях (Жамбылская обл.), в Костанайской (Бисембаевское и Маринское пегматитовые месторождения) и Акмолинской (Зерендинское месторождение) областях [17].

Представляет интерес каолин Алексеевский с высоким содержанием оксида алюминия (38,2 %) и низким содержанием оксида железа. Химический состав алюминийсодержащего сырья приведен в табл. 2.

### Сырьё, содержащее оксиды кальция и магния

CaO и MgO вводят в состав стекла посредством известняка, мела, мрамора и доломита (табл. 3). В Казахстане имеются достаточно большие запасы известняков и доломитов, среди которых месторождения «Каратау», «Талгар» и «Шиели».

Таблица 2

Химический состав алюминийсодержащего сырья

Table 2

Chemical composition of aluminum containing raw materials

Сырье	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Полевой шпат Хантау	61,4	20,8	0,21	0,14	5,94	4,81	0,46
Полевой шпат Бисембаево	62,0	21,1	0,14	0,02	6,42	4,5	0,41
Полевой шпат Кокшетау	62,1	21,4	0,12	0,06	6,52	4,2	0,52
Пегматит Костанайский	71,1	14,3	1,1	0,31	2,43	3,45	0,21
Кварц-полевошпатовый песок, Белогорск	73,5	14,2	0,81	0,41	3,56	5,42	0,24
Каолин Алексевский	48,1	38,2	0,3	0,1	0,15	1,9	0,41

Таблица 3

Химический состав известняков и доломитов

Table 3

Chemical composition of limestones and dolomites

Материал	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Прочие
Известняк кусковой CaCO <sub>3</sub> ГОСТ 23671-79						
Известняк «Каратау»	54,6	0,58	1,4	0,9	0,2	0,3
Известняк «Талгар»	54,1	0,56	1,0	0,6	0,2	0,4
Известняк «Шиели»	54,1	0,56	1,0	0,6	0,24	0,5
Доломит кусковой CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ГОСТ 23672-79						
Доломит «Каратау»	31,4	19,8	0,9	0,45	0,3	0,2
Доломит «Шиели»	31,2	19,6	0,8	0,42	0,3	0,3
Кавдоломит, Россия	30,6	21,4	0,9	0,41	0,2	0,4

Запасы мела с содержанием карбоната кальция 94–98 % и незначительным оксида железа имеются в Мангистауской области.

### **Сырье, содержащее оксиды натрия**

Кальцинированную соду планируют доставлять на завод из Стерлитамакского содового завода Республики Башкортостан. Поэтому с целью снижения импортозависимости в Казахстане запланировано строительство заводов в г. Павлодаре и в Жамбылской области по производству кальцинированной соды.

В Казахстане имеются месторождения природного сульфата натрия в виде твердых отложений и рапы многочисленных озер. Основными отечественными месторождениями являются озера Аральской группы. Значительное количество сульфата натрия содержится в рапе озер Анж-Булат, Эбейты, Тениз и др.

В качестве сырьевых материалов для изготовления листового стекла были использованы: кварцевый песок месторождения «Сарышоқы» (Кызылординская обл., г. Казалинск), прошедший все стадии механического и химического обогащения, доломит, известняк ТОО «Казфосфат», кальцинированная сода (г. Стерлитамак, Россия), полевой шпат («Бисембаево»), сульфат натрия (г. Аральск, Кызылординская обл.) (табл. 4).

Содержание оксида кремния как главного компонента в исходном кварцевом песке составляет 99,1 %, а красящего стекла оксида железа 0,08 %. Поэтому для снижения содержания в песке оксида железа применяли метод обогащения. Как показали исследования

магнитная сепарация позволяет снизить содержание  $Fe_2O_3$  с 0,08 до 0,06 %, промывкой с 0,08 до 0,05 %, флотоотиркой до 0,03 %.

Таблица 4

Химический состав сырьевых материалов, применяемых при варке стекол

Table 4

Chemical composition of the raw materials used in glass cooking

Сырье	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O
Кварцевый песок	99,8	0,04	–	–	–	0,05	–
Доломит	0,9	0,4	31,4	19,7	–	0,15	–
Известняк	2,0	0,8	53,18	0,4	–	0,1	–
Кальцинированная сода	–	–	–	–	57,5	–	–
Сульфат натрия	–	–	–	–	41,3	–	–
Полевой шпат	62,0	21,1	0,14	0,02	6,42	0,41	4,5

Крупность кварцевого песка находится в пределах, не затрудняющих процесс варки стекла: содержание крупных зерен размером более 0,8 мм составляет 0,3 %, мелких зерен размером менее 0,1 мм – 3 %.

Массовая доля тяжелой фракции плотностью более 2900 кг/м<sup>3</sup> составляет – 0,2 %. По комплексным показателям песок соответствует марке ВС-030-1 по ГОСТ 22551-90.

Массовый и молекулярный состав оконного стекла представлен в табл. 5.

Таблица 5

Массовый и молекулярный состав оконного стекла

Table 5

Mass and molecular composition of window glass

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
72,63	1,48	0,04	0,02	8,42	3,9	12,96	0,29
71,90	0,86	0,04	0,02	8,92	5,76	12,37	0,18

Расчетный состав шихты на 100 кг стекломассы, кг: кварцевый песок, «Сарышоқы» – 68,8; полевой шпат, «Бисембаево» – 7,05; доломит, ТОО «Казфосфат» – 19,85; известняк, ТОО «Казфосфат» – 3,65; кальцинированная сода, АО «БСК», Россия – 19,85; сульфат натрия, Аральск – 3,3. На рентгенограмме необогащенного кварцевого песка месторождения «Сарышоқы» (рис. 1) четко фиксируется кварц ( $d/n = 1,5347; 1,8144; 1,9618; 2,1188; 2,2273; 3,1375; 3,3456; 4,2636$ ). Кроме того, присутствует небольшое количество ортоклаза и микроклина с линиями  $d/n = 1,6183; 2,1846; 2,4512$ .

Судя по рентгенограмме, в составе исследуемых полевошпатовых пород (рис. 2) присутствуют альбит, олигоклаз ( $d/n = 6,407; 4,421; 3,6717; 3,1814; 1,7189$ ), анортит ( $d/n = 3,1375; 3,1814; 2,1188; 1,8009; 1,5727$ ), ортоклаз ( $d/n = 3,9978; 3,7954; 3,1814; 2,9167; 2,1188; 1,7189$ ).

Экспериментальная варка стекла производилась в лаборатории ТОО «САФ» в г. Алматы. Температура варки стекла в газовой печи составляла – 1550–1570 °С.

Газовая среда печи – аналогична стекловарению листового стекла, коэффициент избытка воздуха 1,1–1,2. Соотношение шихты и стеклобоя составляет 80 : 20. Было получено стекло белого цвета.

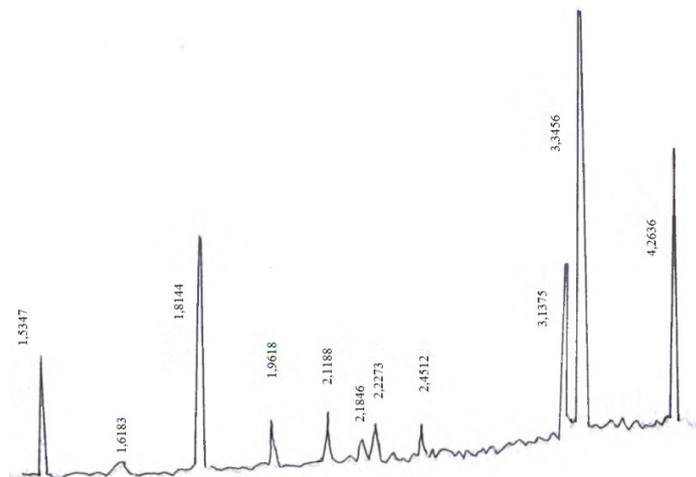


Рис. 1. Рентгенограмма необогащенного кварцевого песка месторождения «Сарышоки»  
Fig. 1. Radiograph of the unenforced quartz sand of the Saryshoky deposit

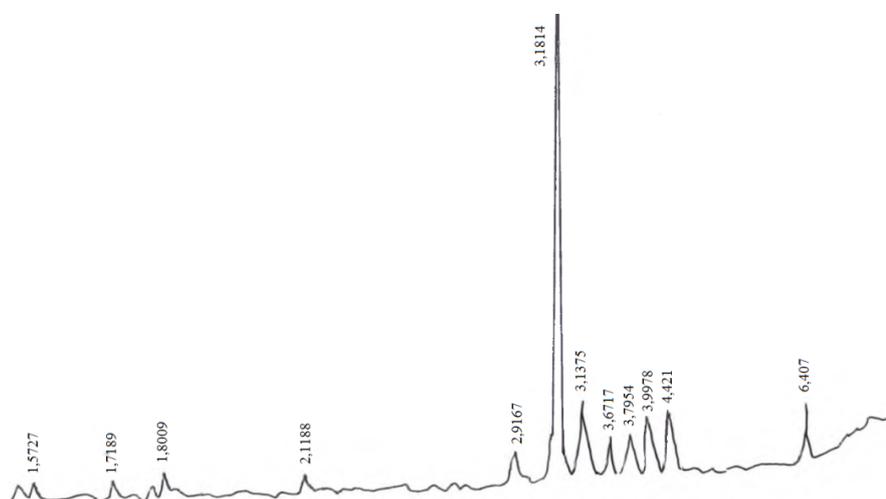


Рис. 2. Рентгенограмма полевого шпата Бисембаевского месторождения  
Fig. 2. Radiograph of feldspar of Bisembayevsky deposit

Варку стекол для листового стекла также производили в высокочастотной электрической печи Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова в корундиновом тигле емкостью 90 мл.

Режим варки стекла – подъем температуры со скоростью 300°C / ч. Выдержка – 1 ч. Максимальная температура варки стекла 1550–1570 °С. Температура выработки стекла 1200–1250 °С.

По результатам варки стекла установлено, что стекло белого цвета, без пузырей, свищей и других пороков.

## Обсуждение результатов

Для определения свойств листового стекла были применены расчетные методы [18–20]. Был использован метод А.А. Аппена, позволивший определить: плотность ( $\rho$ ), ТКЛР ( $\alpha$ ), модуль упругости ( $E$ ), поверхностное натяжение ( $\sigma$ ). Результаты расчета свойств листового стекла были применены при расчете веса стекломассы, режима отжига, термической устойчивости.

Плотность стекла ( $\rho$ ) находили по уравнению

$$\rho = \sum P_i / \sum (m_i \cdot \bar{V}_i), \quad (1)$$

где  $\sum P_i$  – сумма содержания в стекле оксидов, мас. %;  $m_i$  – содержание в стекле каждого оксида в мольных долях;  $V_i$  – усредненный парциальный коэффициент удельного объема соответствующего оксида.

Для расчета остальных свойств использовали уравнение

$$g = \sum (m_i \cdot g_i) / \sum m_i, \quad (2)$$

где  $g$  – расчетная величина свойства;  $g_i$  – усредненный парциальный коэффициент этого свойства для каждого оксида.

Парциальные величины оксидов приведены в табл. 6.

Результаты расчета плотности, температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР), модуля упругости, поверхностного натяжения стекол приведены в табл. 7.

Таблица 6

Парциальные коэффициенты оксидов

Table 6

Partial coefficients of oxides

Оксид	Молярная масса $M_i$ , кг/моль	Молярный объем $V_i$ , м <sup>3</sup> /моль	Показатель преломления	Средний ТКЛР $\alpha \cdot 10^{-7}$ , К	Модуль упругости $E_i \cdot 10^{10}$ , Н/м <sup>3</sup>	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Поверхностное натяжение $\sigma \cdot 10^{-3}$ , Н/м
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	101,9	40,4	1,520	-30	11,4	40,40	580
CaO	56,1	14,4	1,730	130	10,9	14,40	510
MgO	40,3	12,5	1,610	60	9,2	12,50	520
Na <sub>2</sub> O	62,0	20,2	1,590	395	5,95	20,20	295

Таблица 7

Результаты расчета физико-химических и механических свойств листового стекла

Table 7

Results of calculation of physical, chemical and mechanical properties of flat glass

Состав стекла			Плотность, г/см <sup>3</sup>		ТКЛР, $\alpha \cdot 10^{-7}$ , °С		Модуль упругости, МПа		Поверхностное натяжение, Н/м	
Оксиды	$P_i$	$n_i$	$V_i$	$n_i V_i$	$\alpha_i$	$n_i \alpha$	$E \cdot 10^{-3}$	$n_i E$	$\sigma_i$	$n_i \sigma$
SiO <sub>2</sub>	72,63	1,2093	26,25	31,74	33,6	40,63	6,59	7969	290	350,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,48	0,0145	40,40	0,59	-30	-0,44	11,40	165	580	8,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,1	0,0006	–	–	55	0,03	5,2	0,3	490	0,3
TiO <sub>2</sub>	0,02	0,0003	20,5	0,06	10	0,003	17,1	0,3	250	0,1
CaO	8,42	0,1501	14,4	2,160	130	19,51	11,15	1674	510	76,6
MgO	3,9	0,0968	12,50	1,21	60	5,81	9,20	890	520	50,3
Na <sub>2</sub> O	12,96	0,2081	20,20	4,20	395	82,20	5,95	1238	295	61,4
K <sub>2</sub> O	0,29	0,0031	34,1	0,11	465	1,44	4,1	0,2	–	–
$\Sigma$	100	1,6828	–	40,07	–	149,18	–	11936	–	547,8
N <sub>SiO2</sub> = 71,86 %			2,496		88,65		7093		325,5	

Вязкость стекол является важнейшим свойством, определяющим ход варки, выработки, формования и отжига. Расчет вязкости стекла выбранного состава проводили по формуле

$$t = A P_{\text{Na}_2\text{O}} + B (P_{\text{MgO}} + P_{\text{CaO}}) + C P_{\text{Al}_2\text{O}_3} + D, \quad (3)$$

где  $P_{\text{Na}_2\text{O}}$ ,  $P_{\text{MgO}} + P_{\text{CaO}}$ ,  $P_{\text{Al}_2\text{O}_3}$  – содержание соответствующих оксидов, мас. %;  $A, B, C, D$  – константы для расчета температур, соответствующих определенной вязкости.

На основании полученных данных построена кривая зависимости логарифма вязкости стекол от температуры,  $\lg \eta = f(t)$ . Определены характеристические интервалы варки, выработки, формования, отжига и соответствующие им температуры. Интервал варки при изменении вязкости  $\eta = 10^2\text{--}10^2$  Па·с, составляет  $\Delta t = 1520\text{--}1220 = 300$  °С. По этому показателю составы стекол относятся к «длинным стеклам». Интервал формования при вязкости  $\eta = 10^2\text{--}10^7$  Па·с составляет  $\Delta t = 1220\text{--}712 = 508$  °С. Интервал стеклования при вязкости  $\eta = 10^8\text{--}10^{12}$  Па·с составляет  $\Delta t = 662\text{--}530$  °С.

Верхняя температура отжига (ВТО)  $\eta = 10^{12}$  Па·с, ВТО = 530 °С. Нижняя температура отжига (НТО) на 100–150 °С ниже ВТО, тогда НТО = 430 °С.

График отжига стекла приведен на рис. 3. Согласно графику выдержка при температуре отжига 520 °С составляет 4 мин, постепенное охлаждение с 520 до 40 °С за 88 мин.

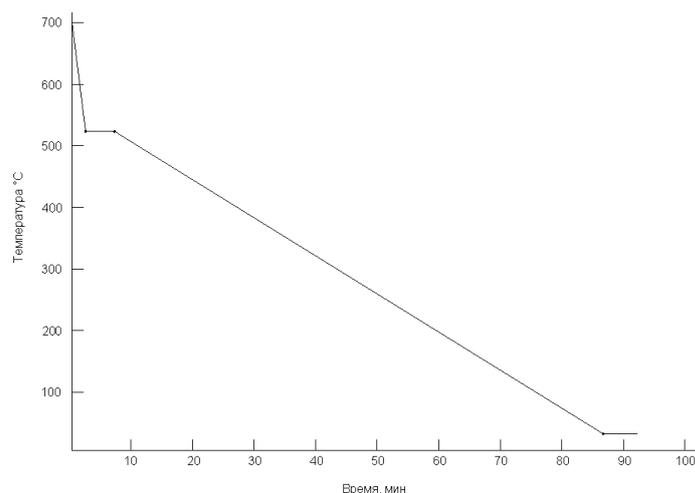


Рис. 3. График отжига стекла  
Fig. 3. Glass annealing schedule

## Выводы

В Казахстане имеется сырьевая база пригодная для производства листового стекла: кварцевых песков, кварцитов, отходов промышленности высококремнеземистого сырья, известняков, доломита, каолинов, полевошпатового сырья, сульфата натрия. Для использования в производстве стекла необходимо обогащение кварцевых песков и кварцитов.

Также рекомендуется при варке стекла применять методы физического и химического обесцвечивания, позволяющие повысить степень белизны и светопропускание стекол.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Вклад авторов.** Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации.

## Библиографический список

1. Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020–2025 гг: постановление Правительства Республики Казахстан от 31 декабря 2019 г. № 1050.
2. Кутовая А.С. Тенденции развития стекольной промышленности // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2013. – № 2. – С. 54–57.
3. Гулюян Ю.А. Формование стеклоизделий (обзор) // Стекло и керамика. – 2017. – № 9. – С. 3–14.
4. Пчелинцева Л.В., Пантюхов Н.А., Тихомирнов С.И. К вопросу о прочностных характеристиках листового архитектурного стекла и стеклопакетов. Требования и методы испытаний // Строительные науки. – 2010. – № 3. – С. 589–593.
5. Зубарева Г.И. Загородный дом в стиле «стеклянный фахверк» // *Construction and Geotechnics*. – 2020. – Т. 11, № 1. – С. 115–124. DOI: 10.15593/2224-9826/2020.1.11
6. Jelle V.P., Kalnaes S.E., Tan Gao. Low-emissivity materials for building applications: a state of the art review and future research perspectives // *Energy and Buildings*. – 2015. – № 3. – P. 96–106.
7. Shelby J.E. *Introduction to Glass Science and Technology: Edition 2*. – Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2005. – 291 p.
8. Магай А.А., Дубинин Н.М. Современное стекло светопрозрачных фасадов многофункциональных высотных зданий // Вестник Московского государственного строительного университета. – 2010. – № 3. – С. 36–41.
9. Ефимов А.В. Инвестиционная привлекательность месторождений кварцевых песков Центрального Федерального округа России: автореф. дис. ... канд. экон. наук. – М., 2013. – 16 с.
10. Маневич В.Е., Субботин К.Ю., Ефременков В.В. Сырьевые материалы, шихта и стекловарение. – М.: РИФ «Стройматериалы», 2008. – 224 с.
11. Матвеев А.И., Еремеева Н.Г., Слепцова Е.С. Исследование кварцевых песков Западно-Хомустанского месторождения на обогатимость // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 1. – С. 121–126.
12. Арипова М.Х., Йулдошева Д.Ш. Разработка технологии обогащения кварцевого песка джейройского месторождения в Республике Узбекистан // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – 2019. – № 5 (62). – С. 5–61.
13. Шагиев И.И., Дресвянников А.Ф. Комплексная оценка качества песка для стекольной промышленности // Вестник технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 10. – С. 86–90.
14. Семейных Н.С, Сопегин Г.В Анализ использования различных сырьевых компонентов в производстве гранулированного пеностекла // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 1. – С. 60–74. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.05
15. Евдокимов С.И., Евдокимов В.С. Новая технология извлечения оксида железа из стекольного кварцевого песка // Вестник Владикавказского научного центра. – 2015. – № 1. – С. 65–72.
16. Минько Н.И., Ячъя М.Я., Гридякин К.Н. Генезис песка, пригодного в технологии стекла // Вестник Белгород. гос. технолог. ун-та им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 2. – С. 127–131.
17. Жумагалиева А.К., Адырбаева Т.А. Отечественный полевой шпат в производстве листового стекла // Научные труды Южно-Казахстан. гос. ун-та. – 2019. – № 1. – С. 64–70.

18. Гулоян Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий. – Владимир: Транзит-ИКС, 2015. – 712 с.

19. Химическая технология стекла и ситаллов / под общ. ред. Н.М. Павлушкина. – М.: Стройиздат, 1983. – 427 с.

20. Технология стекла: справочные материалы / под ред. П.Д. Саркисова [и др.]. – М.: Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, 2012. – 647 с.

## References

1. The State program of industrial and innovative development of the Republic of Kazakhstan for 2020 – 2025. Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated December 31, 2019, no. 1050.

2. Kutovaya A. S. Trends in the development of the glass industry. *Bulletin of the Saratov State Socio-Economic University*, 2013, no. 2, pp. 54-57.

3. Guloyan Yu.A. Molding of glass products (review). *Glass and ceramics*, 2017, no. 9, pp.3-14.

4. Pchelintseva L.V., Pantyukhov N.A., Tikhomirnov S.I. On the question of strength characteristics of architectural glass sheets and double-glazed windows. Requirements and test methods. *Construction sciences*, 2010, no. 3, pp. 589-593.

5. Zubareva G.I. Country house in the style of "glass half-timbered". *Construction and Geotechnics*, 2020, vol.11, iss. 1, pp. 115-124. DOI: 10.15593/2224-9826/2020.1.11.

6. Jelle B.P., Kalnaes S.E., Tan Gao. Low-emissivity materials for building applications: a state of the art review and future research perspectives. *Energy and Buildings*, 2015, no. 3, pp. 96–106.

7. Shelby J. E. Introduction to Glass Science and Technology. 2<sup>nd</sup> Ed. Cambridge, Royal Society of Chemistry, 2005, 291 p.

8. Magai A.A., Dubinin N.M. Modern glass of translucent facades of multifunctional high-rise buildings. *Bulletin of MGSU*, 2010, no. 3, pp. 36-41.

9. Efimov A.V. Investment attractiveness of quartz sand deposits of the Central Federal District of Russia. Abstract of Ph. D. thesis. Moscow, 2013, 16 p.

10. Manevich V.E., Subbotin K.Yu., Efremenkov V.V. Raw materials, charge and glassmaking. Moscow, RIF "Building Materials", 2008, 224 p.

11. Matveev A.I., Ereemeeva N.G., Sleptsova E.S. Investigation of quartz sands of the Zapadno-Khomustakhskeye deposit for enrichment. *Mining information and analytical bulletin*, 2009, no. 1, pp. 121-126.

12. Aripova M.H., Yuldosheva D. S. Development of technology for the enrichment of quartz sand jarasch deposits in Uzbekistan. *Eurasian Union of Scientists (ESU)*, 2019, no. 5(62), pp. 58-61.

13. Shagiyev I.I., Dresvyannikov A.F. Comprehensive assessment of quality of sand for the glass industry. *Bulletin of the Technological University*, 2016, vol. 19, no. 10, pp. 86-90.

14. Semeynyh N.S., Sopegin G.V. Analysis of the use of various raw materials in the production of granular foam glass. *Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arhitektura*, 2017, vol. 8, no. 1, pp. 60-74. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.05.

15. Evdokimov S.I., V.S. Evdokimov V.S. A new technology for extracting iron oxide from glass quartz sand. *Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center*, 2015, no. 1, pp.65-72.

16. Minko N.I., Yachya M.Ya., Gridiakin K.N. Genesis of sand suitable in glass technology. *Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov*, 2014, no. 2, pp. 127-131.
17. Zhumagalieva A.K., Adyrbaeva T.A. Domestic feldspar in the production of flat glass. *Scientific Works of SKSU*, 2019, no.1, pp.64-70.
18. Guloyan Yu.A. Technology of glass and glass products. Vladimir, Transit-X, 2015, 712 p.
19. Chemical technology of glass and crystals / under the general ed. of N. M. Pavlushkin. Moscow, Stroyizdat, 1983, 427 p.
20. Glass technology: reference materials / edited by P. D. Sarkisov [et al.] Moscow, D.I. Mendeleev Russian Technical University, 2012, 647 p.