

**СИНТЕЗ И СВОЙСТВА СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ УЗБЕКИСТАНА.**

**М.Ю.Юнусов**

**Ташкентский химико -технологический институт**

**Ш.М.Матчанов**

**Ургенчский Государственный университет**

**И.Саидназарова**

**Ташкентский химико-технологический институт**

**А.Ш.Зиёев**

**Ташкентский химико-технологический институт**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20620742>

**АННОТАЦИЯ:** В статье исследованы возможности получения силикатных материалов на основе местного минерального сырья и промышленных отходов Республики Узбекистан. В качестве основных компонентов использованы кварцевый песок Ходжакульского месторождения, доломит, мирабилитовое сырье и глиноземсодержащие отходы Шуртанского газохимического комплекса. Проведены исследования химического и минералогического состава исходного сырья методами рентгенофазового анализа. Разработаны составы стекольной шихты для получения прозрачного стекла с использованием местных сырьевых ресурсов и техногенных отходов. Изучены процессы фазовых превращений кварцевого сырья при термической обработке, а также физико-химические и эксплуатационные свойства полученных стекол. Установлено, что наиболее высокими показателями характеризуются составы ШИ-7 и ШИ-8, обладающие плотностью 2550–2551 кг/м<sup>3</sup>, светопропусканием 82–84 % и высокой водостойкостью. Полученные результаты подтверждают перспективность комплексного использования минерального сырья и промышленных отходов для производства качественных стекольных материалов, снижения себестоимости продукции и рационального использования природных ресурсов.

**Ключевые слова:** силикатные материалы, стекло, кварцевый песок, промышленные отходы, стекольная шихта, рентгенофазовый анализ, прозрачное стекло, минеральное сырье.

**ВВЕДЕНИЕ**

Одним из актуальных направлений развития современной стекольной промышленности является расширение сырьевой базы за счет использования местных минеральных ресурсов и промышленных отходов. Применение вторичных ресурсов позволяет не только снизить себестоимость продукции, но и уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду. Республика Узбекистан располагает значительными запасами кварцевых песков, карбонатного сырья и техногенных отходов, пригодных для использования в производстве силикатных материалов.

### **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Разработка оптимальных составов стекла на основе кварцевого песка Ходжакульского месторождения и промышленных отходов Узбекистана, а также изучение их физико-химических, структурных и эксплуатационных свойств.

Производство изделий из стекла, сырьевыми источниками которого является неорганические природные и техногенные ресурсы, во всем мире становится одной из важнейших отраслей, определяющих развитие ряда производств. В связи с чем особая актуальность приобретает разработка технологии обогащения неорганического сырья, а также использование их в производстве стеклоизделий [1-4]. Для разработки оптимальных составов стеклообразных материалов были исследованы - химико-минералогические и гранулометрические составы каолинизированных и полевошпатовых кварцевых песков Ходжакульского, изучены некоторые вторичные отходы промышленности в частности химические и физико-механические свойства глиноземсодержащего (Шуртанский и Устюртский ГКМ). Разработаны оптимальные составы для производства стекла с использованием неорганических минеральных ресурсов региона Приаралья, изучены их физико-химические, механические свойства и структура.

При исследовании исходных образцов кварцевого песка Ходжакульского месторождения методом рентгенофазового анализа установлено, что выявленные дифракционные пики: 0,443; 0,342; 0,255; 0,230; 0,222; 0,205; 0,185; 0,171; 0,157; 0,142 нм подтвердили присутствие в нем -кварца (рис. 1.а). Кроме того, дифракционные линии в диапазоне 0,320; 0,285; 0,248 нм указывали на присутствие полевого шпата. Рентгеновская фаза анализировалась после обжига кварцевого песка на Ходжакульского месторождении при температуре 900 °С. Согласно полученным результатам (рис. 1.б), повышение температуры в кварцевом песке незначительно менялось в зависимости от интенсивности межплоскостных расстояний, соответствующих  $\alpha$ -кварцу, и в данном случае . показали, что существуют дифракционные пики, соответствующие длинам волн 0,620; 0,531; 0,511; 0,440; 0,422; 0,415; 0,311; 0,263; 0,222; ва 0,211 нм которые указывает на то, что образец кварцевого песка изменился с  $\alpha$ -кварцевой формы на  $\alpha$ -кристобалитовую форму при 900 ° С. Кроме того, рентгенофазовый анализ образца (рис.1.в) показал небольшую интенсивность измельчения дифракционных пиков, когда этот кварцевый песок термообработан при 1350 °С. Это указывает на то, что образец аморфный. В данном случае -0,406, 0,285; 0,252; 0,213 0,170 нм который принадлежит  $\alpha$ -кристобалиту; Дифракционные линии с длиной волны и пониженной интенсивностью 0,334; 0,245; 0,225; 0,223; 0,197; 0,181 нм – принадлежит кварцу.

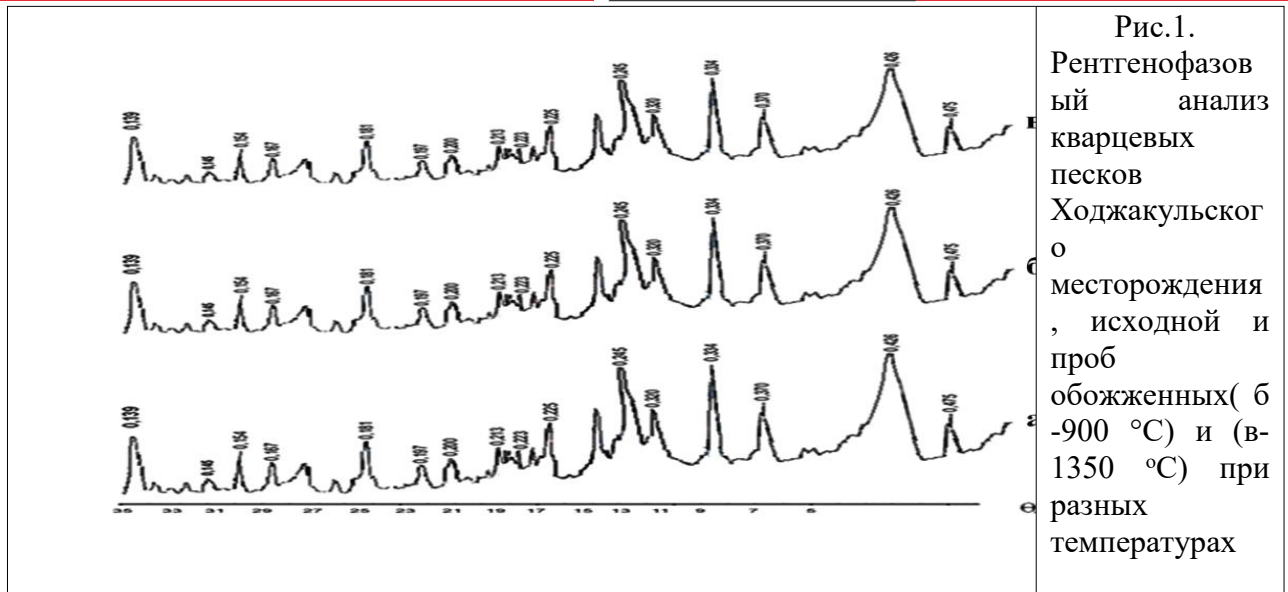


Таблица № 1  
Химический состав минеральных сырьевых и техногенных ресурсов применяемые в исследованиях

Наименование сырья и его источника	Содержание оксидов, масс. %									
	iO <sub>2</sub>	S l <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A e <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F aO	C gO	N zO	F a <sub>2</sub> O	N O <sub>3</sub>	S .п.п	П Σ
Кварцевый песок*, Ходжакульское	9 8,57	0 ,82	0 ,03	0 ,27	0 ,05	0 ,07	0 ,14	-	0 ,5	1 00,00
Доломит, Курдана	1 ,30	0 ,23	0 ,02	3 1,30	1 9,40		0 ,17		4 8,1	1 00,00
Сода кальцинированная (КСЗ)	-	-	0 ,03	-			5 8,50	0 ,04	4 1,5	1 00,00
Мирабилит, Тюмрукское	1 ,01	0 ,38	0 ,02	0 ,60	0 ,15		4 1,26	5 4,42	2 ,16	1 00,00
Гл	0	98	0	-	-	-	-	-	0	1

инозем содерж ащий отход (Шурта нское ГХК)	,14	,50	,01						.45	00,00
По левой шпат, Кызылс ай	6 8,91	16 ,81	0 ,17	0 ,55	0 ,30	9 ,98	2 ,92		0 ,36	1 00,00
Из вестняк , Джаман сайское	0 ,11	0 ,17	0 ,10	5 4,13	0 ,80		0 ,17		4 4,52	1 00,00

С целью уменьшения себестоимости стекольной шихты технический глинозем, входящий в его состав, был заменен глиноземсодержащим отходом, образующихся при переработке природного газа. Изучением его физико-механических и химических свойств, были установлены что его прямое использование в стеклоделие не приемливо из за его химического и гранулометрического состава. Предполагалось что существующие органические примеси в составе отхода приводит к “холмозу” в процессе варки, а гранулы с большим размером усложняет процесс варки. В связи с чем нами разработаны технология подготовки глиноземсодержащего отхода включающие следующие циклы: обжиг-механоактивация (помол)-сортировка-электромагнитное разделение-упаковка. В результате получен концентрат с содержанием Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- 0,16 % соответствующий к марке ГСМ по ГОСТ 3559-98, пригодные для получения огнеупорных и керамических изделий, катализаторов и стекол.

В процессе работы на основе выбранных сырьевых материалов и отходов промышленности составы которых приведены в табл.1, разработаны составы стеклянной тары для производства прозрачного стекла на основе кварцевого песка Ходжакульского месторождения. Были разработаны 8 составов стекол и исследованы их свойства с применением традиционных методов использующейся в стеклоделия..

В смесь для стекла были введены сырьевый компоненты - доломит, отходы оксида алюминия и сухие смешанные соли Тумрюкского месторождения, и в смеси соотношение: стеклянный отход было установлено 60:40 для различных составов стекла. В качестве основной массы для прозрачной стеклянной посуды, предназначенной для синтеза, был выбран традиционный состав стекла ( масс.%): SiO<sub>2</sub> - 73,0; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 2,3; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 0,1; CaO - 6,6; MgO - 3,4; R<sub>2</sub>O - 14,4; SO<sub>3</sub> - 0,2.

При разработке состава стекла смесь считалась соответствующей традиционному составу. Согласно результатам расчетов, теоретически такой состав дает следующую смесь (в долях по весу):

- Кварцевый песок Ходжакульского месторождения - 62,50
- Доломит Курданинского месторождения - 14,77
- Кальцинированная сода - 19,93
- Глиноземный отход (Шуртанское ГХК) - 1,94

- Сухая смесь солей месторождения Тумрюк - 0,84

При проектировании состава стекол с учетом химического состава сырья были разработаны составы стеклянной смеси. При проектировании составов стеклянной смеси количество кварцевого песка варьировалось до 71,5 (в частях по весу) с шагом изменения 0,5, количество доломита — от 14,30 до 17,06 вес. ч., количество алюминатсодержащих отходов — от 1,09 до 3,37 вес. ч., общие количества гашеной соды и сульфатов натрия — от 19,16 до 21,10 вес. ч., при этом соотношение сульфата к соде варьировалось. В качестве сульфата натрия использовано природное миробилитовое сырьё Тумрюкского месторождения и переработанный натрий сульфат. Информация о составах стеклянной смеси представлена в таблице 1.

1-Таблица

Составы доломитовых смесей на основе кварцевого песка Хўжақўл для получения прозрачного стекла

№	Кварцевый песок	Доломит	Кальцинированная сода	Глинозём содержащий отход	Сульфат натрия	Σ
ШИ-АТ	62,49	14,78	19,93	1,94	0,80	100,0
ШИ-1	63,51	14,30	20,26	1,09	0,84	100,0
ШИ-2	63,20	14,32	20,14	1,50	0,84	100,0
ШИ-3	62,92	14,53	20,01	1,67	0,84	100,0
ШИ-4	62,07	15,38	19,59	2,11	0,84	100,0
ШИ-5	61,65	16,01	18,75	2,32	1,26	100,0
ШИ-6	61,22	16,64	18,32	2,53	1,26	100,0
ШИ-7	60,83	17,06	17,90	2,95	1,26	100,0
ШИ-8	60,33	16,45	18,56	3,37	1,26	100,0

Теоретический состав стекла, полученного с использованием этих компонентов, был определён расчётным путём, и информация о них приведена в таблице 2. Масса стекла подвергалась механической обработке, в установленном порядке на основе традиционных методов. При этом кварцевый песок сушили в лабораторной сушильной печи при температуре 200°С до постоянного веса. Доломитовое сырьё измельчалось до прохождения через сито с размером ячеек 0,2 мм и использовалось после этого. Измельчение проводилось в фарфоровой ступке. Доломит сушили до постоянного веса при температуре 400°С. В процессе плавления стекла для использования компонента ВаО в качестве разьединителя его количество изменяли от 0,1 до 0,8 %. Сырьёная смесь была взята в соответствии с установленными рецептурами, помещена в шаровые мельницы и измельчалась и перемешивалась в течение 2 часов.

2-Таблица

Химический состав опытных проб на основе обогащённого кварцевого песка  
Ходжакульского месторождения, доломитовых смесей, рассчитанный для получения  
прозрачных стеклянных сосудов

С остав ы	Содержание оксидов, масс.%									
	Si O <sub>2</sub>	A l <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F e <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C aO	M gO	K <sub>2</sub> O	N a <sub>2</sub> O	B aO	S O <sub>3</sub>	Σ
Ш И-АТ	7 4,5	0, 5	0, 10	6 ,5	2, 0	-	1 6,4			1 00,0
Ш И-1	7 5,18	1, 43	0, 14	5 ,16	2, 80	0 ,45	1 4,17	0 ,1	0 ,65	1 00,0
Ш И-2	7 5,20	1, 43	0, 14	5 ,58	1, 96	0 ,40	1 4,51	0 ,2	0 ,60	1 00,0
Ш И-3	7 4,60	1, 42	0, 13	5 ,80	2, 37	0 ,43	1 4,45	0 ,3	0 ,50	1 00,0
Ш И-4	7 4,20	1, 40	0, 13	5 ,90	3, 30	0 ,43	1 3,83	0 ,4	0 ,40	1 00,0
Ш И-5	7 3,70	1, 40	0, 12	5 ,70	2, 40	0 ,42	1 5,26	0 ,5	0 ,50	1 00,0
Ш И-6	7 3,10	1, 39	0, 12	6 ,00	4, 10	0 ,42	1 4,07	0 ,6	0 ,20	1 00,0
Ш И-7	7 2,63	1, 38	0, 11	6 ,08	4, 20	0 ,42	1 4,10	0 ,7	0 ,30	1 00,0
Ш И-8	7 1,90	1, 36	0, 11	6 ,14	3, 70	0 ,41	1 5,33	0 ,8	0 ,25	1 00,0

Сырьённые материалы были измельчены при остаточной влажности 1,0-0,5 % при температурах 100-200 °С и смешаны в пластиковых контейнерах. В процессе смешивания массу увлажняли до влажности 4 %. Процесс получения стеклянных образцов проводился в электрических печах с силикатным нагревателем. Для этого стеклянная смесь помещалась в корундовые тигли объёмом 50 мл и ставилась в печь. Скорость нагрева составляла 10 °С/мин. Максимальная температура — 1400-1430 °С, время выдержки при максимальной температуре 30-40 минут. Проверка того, что образцы стекла полностью отожжены, проводилась методом вытягивания «нити» из него.

Согласно этому методу, металлическая палочка нагревается в кипящем тигле и опускается в стекло, которое затем вытягивается. Если в нитях присутствуют узлы, стекло считается не до конца отожженным. В нашем случае все образцы стекла показали полное отжигание после 40 минут. В процессе кипячения стекла резкого увеличения объема не наблюдалось. После установленного времени каждый образец извлекали из печи и выливали на металлическую поверхность, предварительно разогретую до 300 °С, а затем умеренно охлаждали в муфельной печи с электрическим нагревом при температуре 600-700 °С. Визуальная классификация полученных образцов стекла приведена в таблице 3. Согласно полученным результатам, степень набухания составов ШИ-1, ШИ-2, ШИ-3, ШИ-4 недостаточна, что показывает, что образцы этих образований в основном состоят из масс различной плотности, а их прозрачность также недостаточна.

Основной причиной этого является недостаточная температура и время выдержки, а также высокое содержание труднорастворимых компонентов в составе. Кроме того, в составе этих образцов присутствуют нерастворившиеся частицы и пузырьки. Это указывает на то, что скорость образования силикатов была высокой и эта скорость не

соответствует данным стёклам. Анализ показателей образцов ШИ-5 и ШИ-6 также показывает, что они немного не соответствуют требуемому уровню. Стёкла состава ШИ-7 и ШИ-8 сильно вспенены, образуют однородную массу и отличаются прозрачностью.

В результате изучения физико-химических и механических свойств прозрачного, полученного из неорганического сырья и промышленных отходов стекла приведены в таблице 4. Оптимальные составы марки ШИ-7 и ШИ-8 характеризуются: плотностью от 2550 до 2551 кг/м<sup>3</sup>, ТКЛР 93-96·10<sup>-7</sup> град<sup>-1</sup>, светопропускание в диапазоне 400-700 нм равняется 82-84 %, водостойкость равна 0,38-0,40 см<sup>3</sup>.

Таким образом в работе приведены данные по разработке оптимальных составов для производства стекла с использованием обогащённого кварцевого песка Ходжакульского месторождения, доломитовых смесей, отходов промышленности и изучения их физико-химических, механических свойства и структурных особенностей. Составы с оптимальными характеристиками рекомендованы для внедрения в промышленных масштабах и оценка эффективности разработанных технологий.

#### **Использованная литература.**

1. F.Stadler, J.Backhausen. Saving energy by preheating gas. // Glass International. – 2015. – N 2. – P.44.
2. Минько Н. И., Добринская О. А., Гридякин К. Н., Булгаков А. С. Системный подход к использованию вторичных продуктов в технологии стекломатериалов. // Журн. Стекло и керамика. 2017. -№5. -С.3-6.
3. Nora Wintour The glass industry: Recent trends and changes in working conditions and employment relations International Labour Office, Sectoral Policies Department. - Geneva: ILO, 2015-63 p.
4. M.Kovaces., A.Pilipovic., N.Stefanic. Improving the quality of glass containers production with plunger process control Journal of Manufacturing Science and Technology. 2010. № 3. С. 304–310.
5. 4 . Юнусов М.Ю., Бабаев З.К., Мингулова Ф.А. Ходжикульский кварцевый песок новый сырьевой материал. // Журн. Стекло и керамика. 2002. - № 8 -С.26-27.
6. Юнусов М.Ю., Бабаев З.К., Хакимова Г.Н. Особенности кварц-поле-вошпатовых песков Янгиарыкского месторождения и стекло для сортовой посуды на его основе. // international scientific journal «global science and innovations 2020: central asia» nur-sultan, kazakhstan, june-july 2020 с.51-53.
7. 8. Бабаев З.К., Казаков У.А., Сабуров О.Р. и др. Замена глинозёма в составе шихты тарного стекла на глинозёмсодержащие отходы газохимического комплекса. // Научный журнал UNIVERSUM: технические науки. Май, 2018 г. №5 (50) Москва.