



Роль стекла и стекломатериалов в дизайне окружающей среды

Лазарева Е.А.

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Дизайн»
ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический
университет (НПИ) имени М.И. Платова», Почётный работник высшего
профессионального образования РФ

Лазарева Г.Ю.

ассистент кафедры «Дизайн», кандидат социологических наук,
ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»

Тышлангян Ю.С.

старший преподаватель кафедры «Дизайн», аспирант
ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»

г. Гусь-Хрустальный

2024 г.

Главные задачи экодизайна:

- создание комфортной среды для гармоничной жизнедеятельности человека;
- защита окружающей среды

Наиболее распространенные материалы в экодизайне:

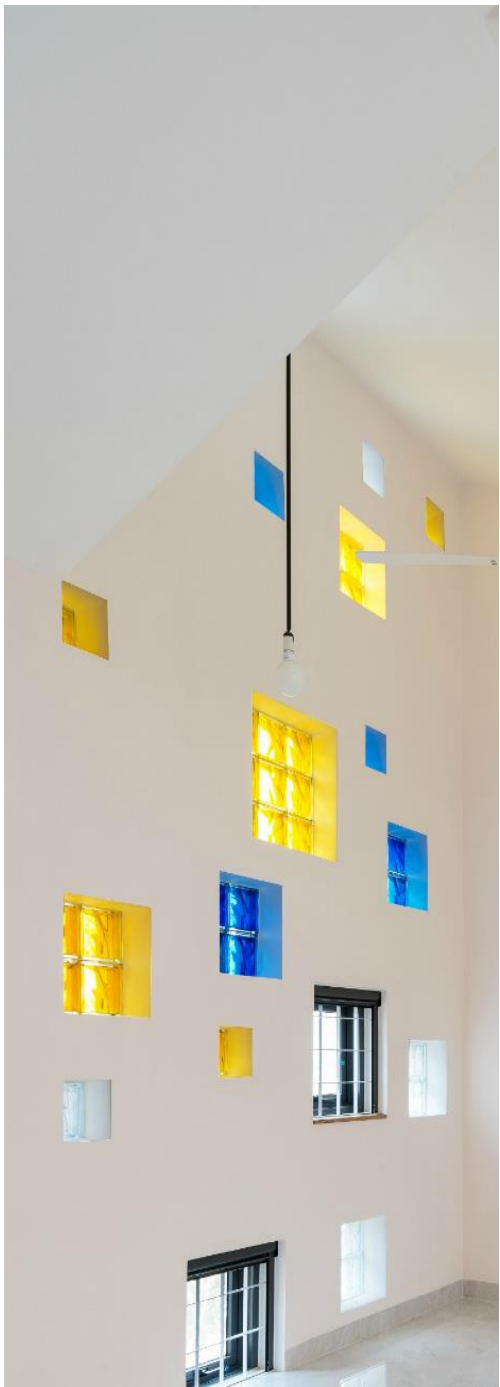
- стекло;
- стекломатериалы



Объекты окружающей дизайна среды с применением стекла и стекломатериалов



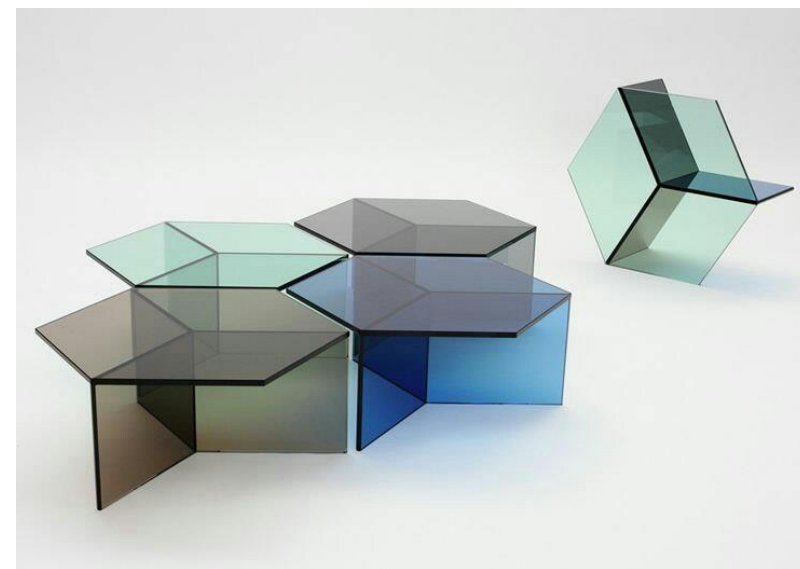




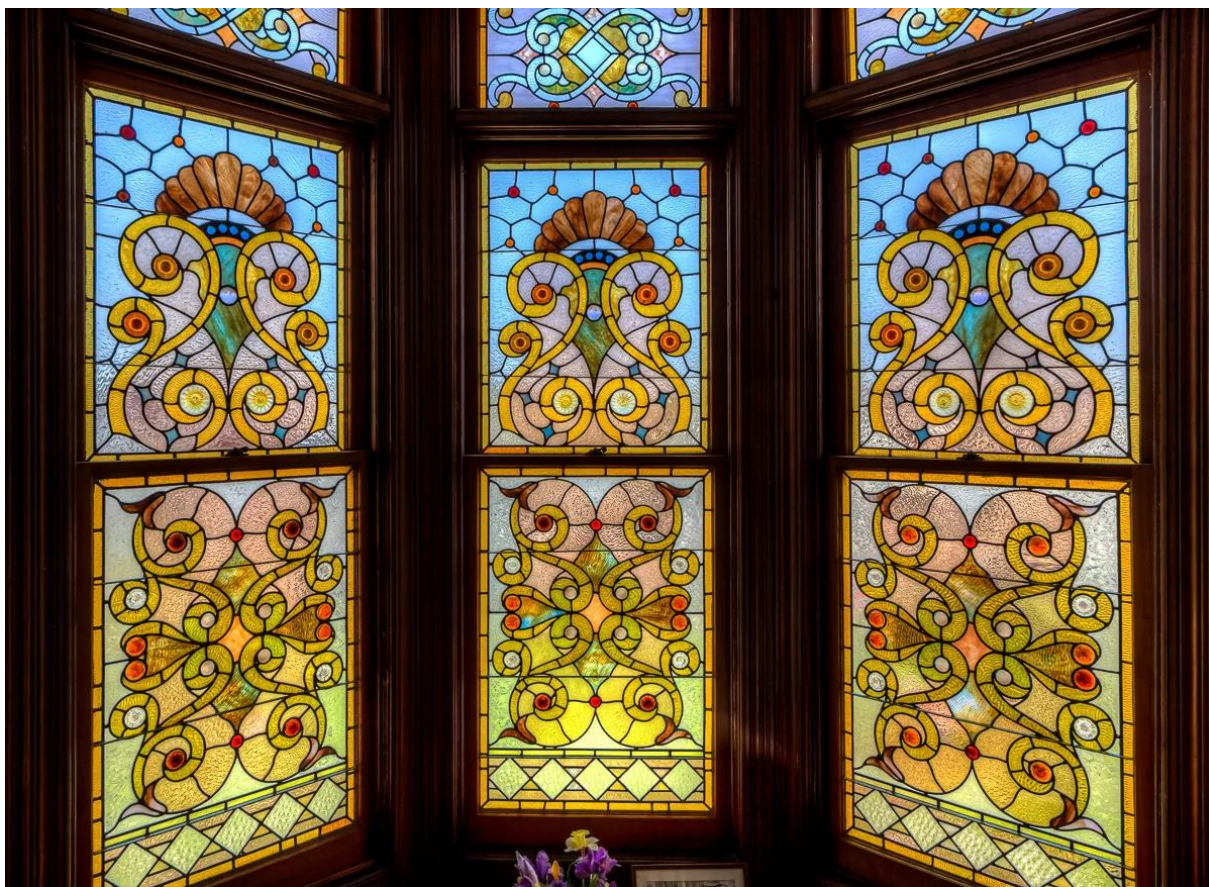


Художественное стекло

- художественная столовая посуда;
- монументальные стеклянные изделия;
- цветные стеклянные витражи;
- мозаичная живопись;
- стеклянная скульптура;
- малые архитектурные формы.



Витраж — прозрачная картина, представляющая собой рисунок, узор, выполняемый из стекла или на стекле, который устанавливают, как правило, в световых проемах, окнах, дверях, фонарях.





Галереи Лафайет
Автор стеклянного купола этой парижской достопримечательности – французский художник по стеклу Жак Грюбер, один из ярчайших представителей модернизма



Саграда

Работа над этими окнами началась еще в 1882 г., но Гауди так и не увидел их установленными в своем знаменитом творении.



Фьюзинг (спекание) - термическое сплавление кусочков цветного и бесцветного стекла по заданному рисунку в специальной печи для фьюзинга в интервале температур 800 – 850 °С. В результате чего получается красочное полотно, напоминающее витраж.



Стеклянная сказка
Натальи Рябенко



Алла Горбат

Художественное стекло, изготовленное методом пескоструйной гравировки

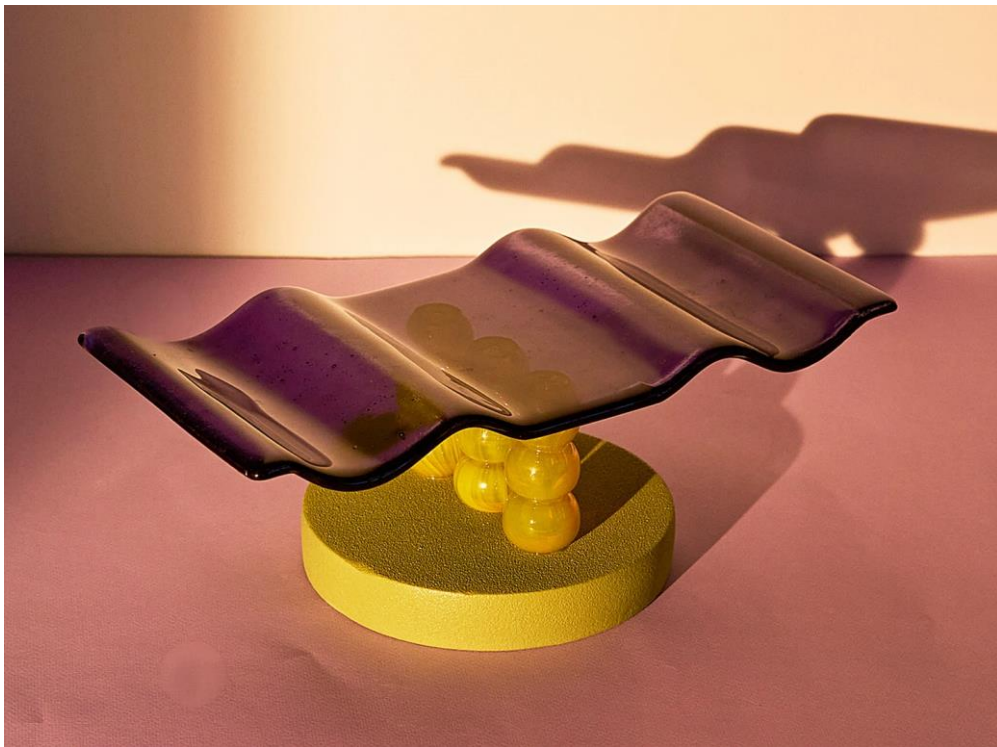
Нанесение рисунка осуществляется с помощью абразивного материала, который под давлением сжатого воздуха подается на поверхность обрабатываемого стекла.



Художники по стеклу

Павел Аделев

Павел — выпускник кафедры стекла и керамики Академии Штиглица. Играя с формой и цветом, он создает запоминающиеся объекты, в которых исследует взаимоотношения человека и природы.



Павел Аделев. «Букашки».

Ольга Трейвас, основательница бюро Treivas, создала коллекцию совместно с Гусевским хрустальным заводом. «Мы предлагаем обратиться к детским воспоминаниям, в которых хрусталь был символом праздника и волшебства», — говорит она о коллекции.



Ольга Трейвас. Вазы «Времена года».

Художники по стеклу

Анастасия Прибельская

«Я ищу ответы в подробном повторении природных форм, созерцании дикорастущих растений. Здесь мне близка японская философия югэн — красота в быстротечности, недолговечности, недосказанности. И тут не может быть материала более деликатного и подходящего, чем стекло», — говорит художница.



Анастасия Прибельская. Композиция «Август».


Светлана Евдокимова

Художница создает хрупкие композиции из металла и муранского стекла, находя вдохновение в образах природы.


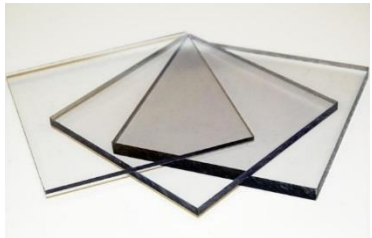
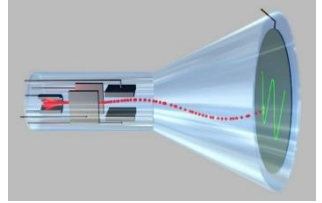




Светлана Евдокимова. «В небе вдвоем».



Способы формования, их характеристика и виды стеклоизделий

№	Способ	Описание	Виды получаемых изделий	
1	2	3	4	
1	Отливка	Вероятно, один из первых методов (2 тыс. лет до н. э.).	Крупногабаритные массивные изделия, пластинки, заготовки для оптического стекла, скульптура	
2	Прессование	Метод возник во 2 тысячелетии до н. э. Заключается в деформировании в форме порции стекломассы, которая занимает доступное пространство между формой и пуансоном.	Сплошные массивные изделия, стаканы, экраны для электронно-лучевых трубок, стеклянные изоляторы, плитки, стеклоблоки, декоративные изделия и др.	
3	Прокат	Периодический появился в то же время, а непрерывный только в 1919-1930 гг. Под действием одно- или двусторонних сжимающе-раскатывающих усилий от вращающихся валков стекломасса формируется в лист.	Узорчатое, армированное, профильное, коврово-мозаичная плитка, облицовочная плитка, утолщенные стекла, марблит, мебельные стекла.	
4	Выдувание	Ручное выдувание вошло в практику примерно в I веке до н. э., механическое – в конце XIX века. В порцию стекломассы через трубку подается воздух, раздувающийся пузырь при этом принимает конфигурацию формы.	тонкостенные стаканы, банки, бутылки, посуда, тара для медицинских препаратов, химико-лабораторная посуда. Аппараты и приборы для химической отрасли, художественные изделия и тд.	

Способы формования, их характеристика и виды стеклоизделий

5	Прессовыдувание	Появился в XIX веке. Прессованием формируется заготовка, из которой затем выдувается изделие.	бутылки, банки, бутылки для пищевой и химической промышленности, медицины, парфюмерии.	
6	Вытягивание	Механизированное вытягивание – начало XX в. Под действием одностороннего усилия стекломасса, в зависимости от конфигурации погруженных в нее тел, приобретает форму листа, трубы, волокна.	Бесцветное и цветное листовое стекло, тонкое листовое стекло, светофильтры, стеклянные трубы, стеклянные трубки непрерывное стеклянное волокно.	
7	Центробежное формование	С середины XX в. Порция стекломассы в быстровращающейся форме под действием центробежных сил приобретает конфигурацию формы или образует волокно.	Линзы для маяков, конусы электронно-лучевых трубок, бытовая посуда больших диаметров, заготовки из стекла плоской формы,	
8	Флоат	Метод используется с 1954 года. Стекломасса растекается на несмешивающемся с ней расплаве металла. Затем образовавшийся лист вытягивается.	Листовое стекло.	
9	Раздув	Метод развит в 30-х годах XX века. Струя стекломассы расщепляется под действием мощного потока газа (воздух, пар и другие газы).	Штапельное стеклянное волокно.	

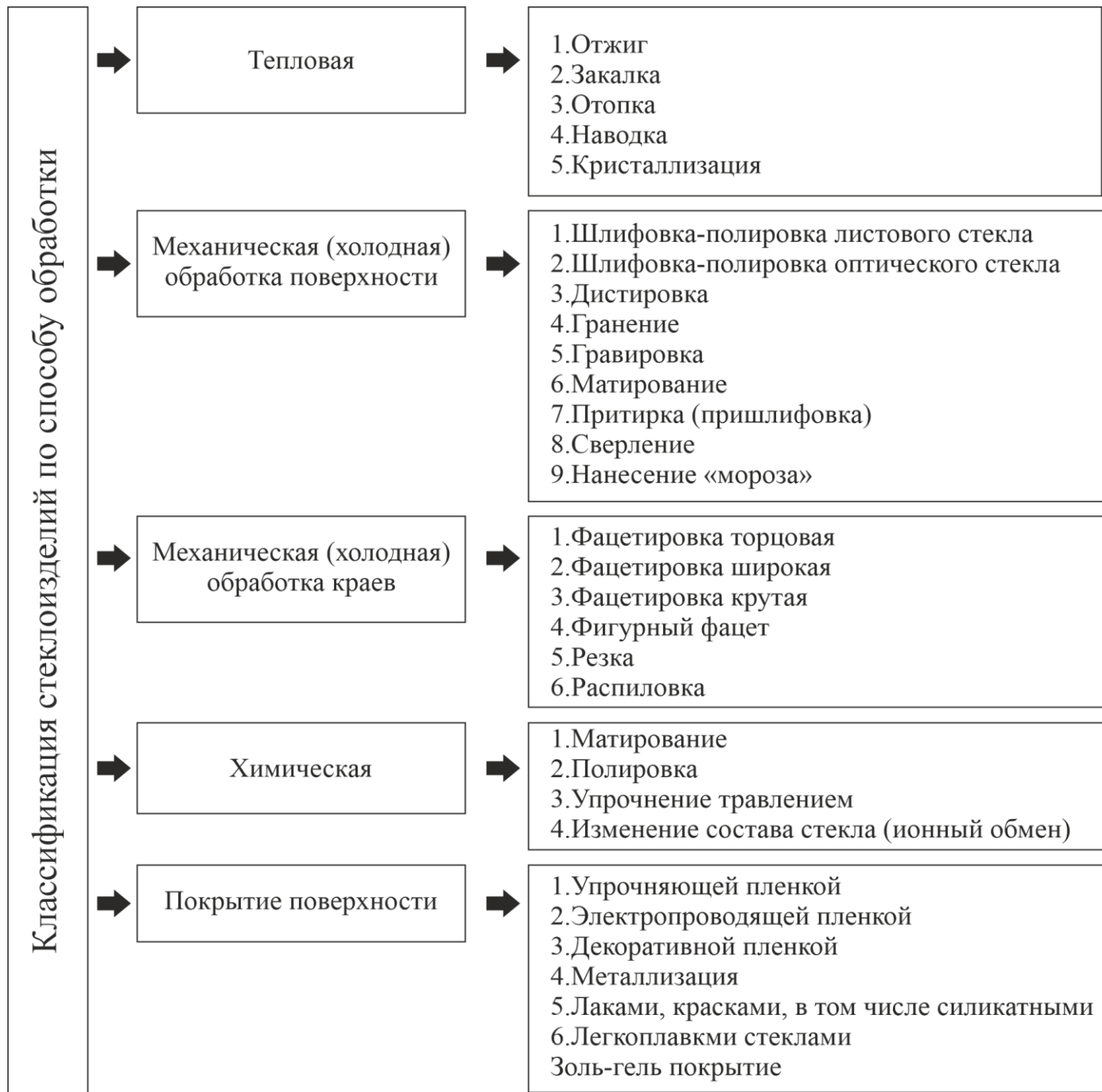
Способы формования, их характеристика и виды стеклоизделий

10	Ручное (гутное) формование (раскатка, рифление, налеты, вырезание, выдувание, вытягивание, прессование и т. д.).	Придание заготовке (сплошной, выдувной) или трубке трубуемой формы с помощью различных приспособлений и горелок.	Декоративные художественные изделия, химико-лабораторная посуда, сувениры, елочные украшения.	
11	Экструдирование	Придавливание стекломассы через профильное отверстие.	Профилированные изделия различных сечений и длины.	
12	Вспенивание	Наиболее часто проводят путем нагрева смеси порошков стекла и газообразователя.	Блоки пеностекла и гранулированное пеностекло для тепло- и звукоизоляции.	
13	Моллирование	Изгибание плоского стекла при нагреве под действием сил тяжести или внешних усилий.	Заготовки оптического стекла, мебельное стекло, декоративные изделия, лобовые автостекла, панорамные стекла, сферические отражатели,	
14	Свободное формование под действием поверхностного натяжения	Оплавление частиц стеклянного порошка при термообработке в газовом потоке или на подложке.	Микрошарики, полые микросеры – наполнители в композиционных материалах, основа светоотражающих красок, бисер.	

Классификация стекол и стеклоизделий по характеру поверхности



Классификация стекол и стеклоизделий по способу обработки

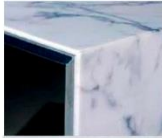


Цветные стеклокристаллические материалы различного назначения

Стеклокристаллические строительные материалы

С преобладанием стекловидной фазы

Стеклорамор



Авантюриновое стекло



Стеклокристаллит



Коврово-мозаичное стекло



Стеклокрошка



Цветная смальта

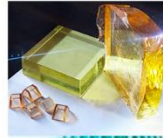


Стемаллит



С преобладанием кристаллической фазы

Строительный ситалл



Шлакоситалл



Золоситалл



Петроситалл



Сигран



Neoparies



Стеклокристаллические покрытия

Эмали

Глазури

Ситалловые покрытия



Отделочные стеклокристаллические материалы

Характеристика цветных стёкол

№ стекла	Краситель			Температура варки стекла, °С	Качество стекла	
	Шифр	Температура применения, °С	Количество, % по массе		Прозрачность	Цвет
11-0	-	-	-	1350	прозрачное	бесцветное
11-2-1	30 ВК-44	700-1250	0,5	1380-1400	прозрачное	сине-голубой
11-3-2	30 ВК-41	700-1250	1,0	1380	прозрачное	сине-голубой
11-3-4	30 ВК-41	700-1100	2,0	1380	прозрачное	синий
11-4-4	40 ВК-57	700-1000	2,0	1350	глушёное	салатный
11-5-4	30 ВК-60	700-1100	2,0	1380	прозрачное	зелёный
11-6-4	40 ВК-52	700-1250	2,0	1380-1400	прозрачное	светло-бирюзовый
11-7-3	40 ВК-23	700-1300	1,5	1380-1400	прозрачное	светло-жёлтый
11-8-7	40 ВК-24	700-1250	3,5	1400	глушёное	жёлтый
11-9-4	40 ВК-13	700-1050	2,0	1350-1370	прозрачное	светло-розовый
11-9-7	40 ВК-15	700-1050	3,5	1350-1370	прозрачное	розовый
11-12-4	40 ВК-95	700-1150	2,0	1360-1370	прозрачное	светло-красно-коричневое
11-12-7	40 ВК-95	700-1150	3,5	1370-1380	прозрачное	красно-коричневый
11-13-2	30 ВК-113	700-1250	1,0	1380	прозрачное	светло-серый
11-13-10	30 ВК-113	700-1250	5,0	1420-1430	глушёное	чёрный

ЗАВИСИМОСТЬ ВЯЗКОСТИ СТЕКЛОБОЯ И СТЕКЛОМАСС ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

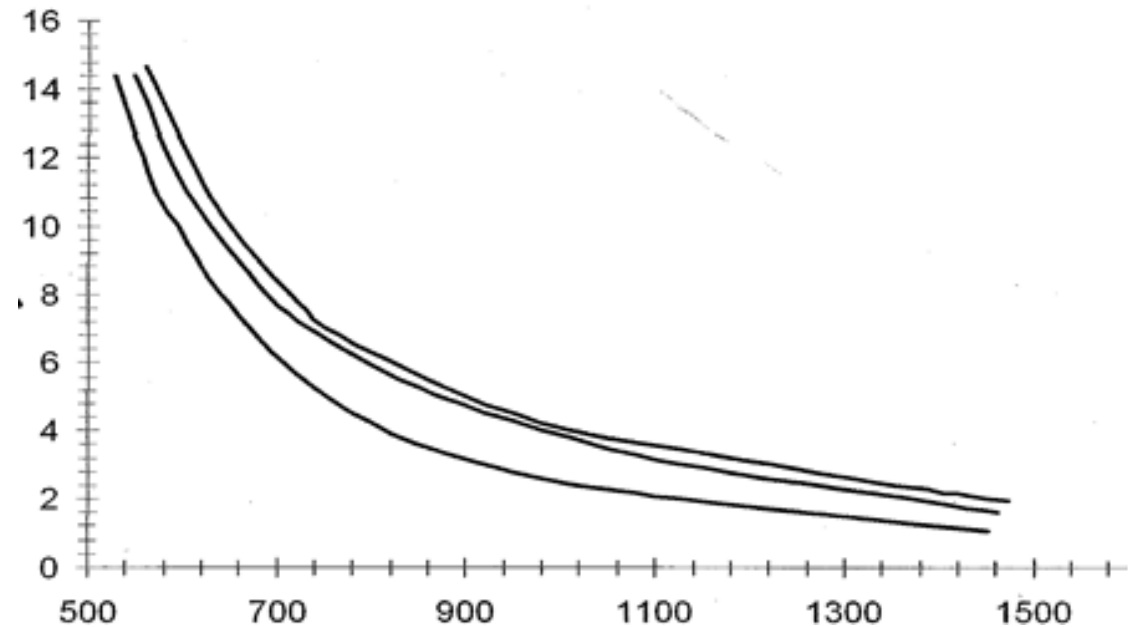
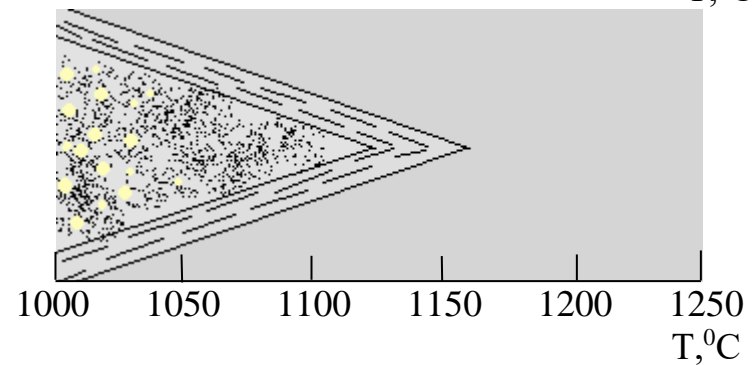
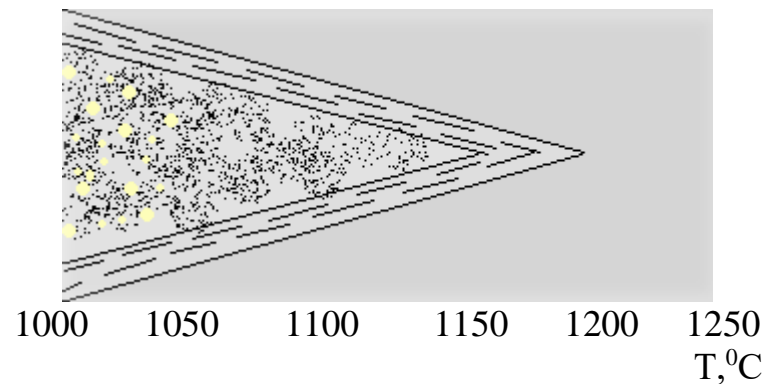
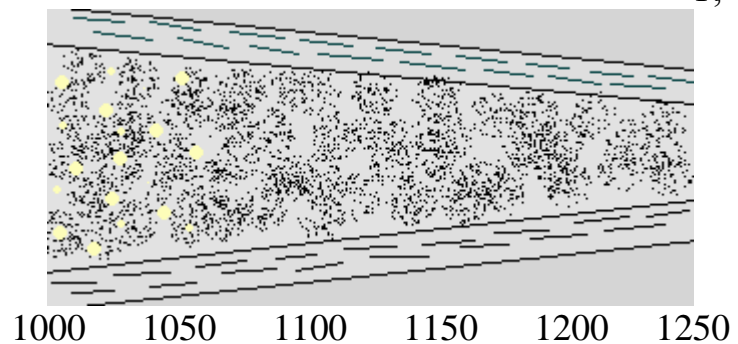
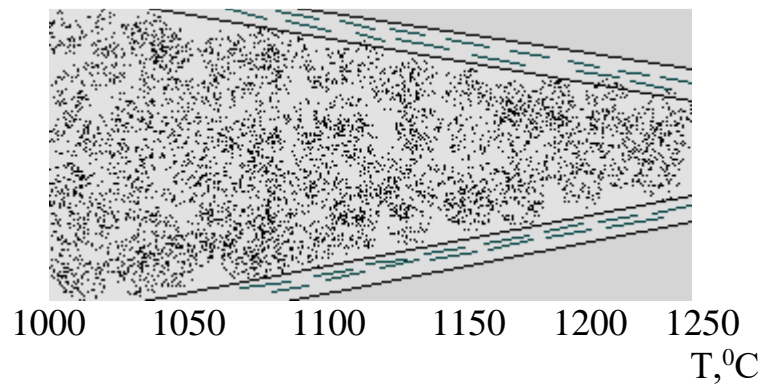


СХЕМА ПЛАВЛЕНИЯ ШИХТЫ В ЗАГРУЗОЧНОЙ ЗОНЕ ВАННОЙ ПЕЧИ: БЕЗ СТЕКЛОБОЯ (а); С СОДЕРЖАНИЕМ 30, 50 И 70 % СТЕКЛОБОЯ (б, в, г)



Обозначения:



-сыпучая шихта;



-расплав стекла;




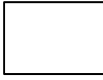

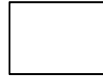

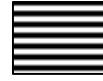



- пленка расплава стекла на шихте;



- стеклобой.

Результаты синтеза и свойства бесцветных стёкол

Серия и № стекла	Массовое содержание, %						Значения коэффициента			Характер кристаллизации при температуре, °С			Качество стекла
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K	T	L	1350	1400	1450	
I-1	72,00	1,00	0,00	10,00	2,00	15,00	2,70	2,70	0,00				полный непровар
I-2	71,00	1,00	1,00	10,00	2,00	15,00	2,70	2,57	0,04				
I-3	70,00	1,00	2,00	10,00	2,00	15,00	2,70	2,45	0,07				
I-4	69,00	1,00	3,00	10,00	2,00	15,00	2,70	2,33	0,11				
I-5	68,00	1,00	4,00	10,00	2,00	15,00	2,70	2,22	0,15				
I-6	67,00	1,00	5,00	10,00	2,00	15,00	2,70	2,13	0,19				
II-7	66,00	1,00	6,00	10,00	2,00	15,00	2,70	2,03	0,22				прозрачные
II-8	65,00	2,00	6,00	10,00	2,00	15,00	2,70	2,03	0,22				
II-9	64,00	3,00	6,00	10,00	2,00	15,00	2,70	2,03	0,22				
II-10	63,00	4,00	6,00	10,00	2,00	15,00	2,70	2,03	0,22				
II-11	62,00	4,00	6,00	10,00	2,00	15,00	2,70	1,94	0,26				
III-12	61,00	4,00	8,00	10,00	2,00	15,00	2,70	1,86	0,30				полная кристаллизация
III-13	60,00	4,00	9,00	10,00	2,00	15,00	2,70	1,78	0,33				
III-14	59,00	4,00	10,00	10,00	2,00	15,00	2,70	1,70	0,37				
III-15	58,00	4,00	11,00	10,00	2,00	15,00	2,70	1,63	0,41				

Кристаллизационная способность: $K = \frac{SiO_2 + Al_2O_3 + B_2O_3}{Na_2O + CaO + MgO}$.
 Тугоплавкость: $T = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{Na_2O + CaO + MgO + B_2O_3}$.
 Ликвация: $L = \frac{B_2O_3}{Na_2O + CaO + MgO}$.

Свойства синтезированных стёкол

№ стекла	Составы шихт, мас. %		Краситель, количество, %	Цвет	Термические		Физико-механические		
	шихта 11-0	стеклобой			ТКЛР, $\alpha \cdot 10^7$, К ⁻¹	Термостойкость, °С	Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа при	
								сжатии, $\sigma_{сж}$	растяжении, σ_p
11-0	100	-	-	бесцветное	82	85	2600	650	83
11-0-2	50	50	-	бесцветное	86	82	2500	620	80
11-2-1-2	50	50	30 ВК-44 0,5	светло-сине-голубой	81	85	2520	650	80
11-3-2-2	50	50	30 ВК-41 1,0	синий	80	86	2530	650	78
11-5-7-2	50	50	ВК-60 3,5	зелёный	77	88	2500	540	80
11-6-2-2	50	50	ВК-52 1,0	бледно-бирюзовый	80	86	2580	620	78
11-7-3-2	50	50	40 ВК-23 1,5	светло-жёлтый	77	88	2560	540	83
11-8-5-2	50	50	40 ВК-24 2,5	светло-жёлтый	78	86	2560	530	80
11-9-9-2	50	50	40 ВК-13 4,5	светло-малиновый	83	83	2520	580	75
11-10-5-2	50	50	30 ВК-16 2,5	светло-розовый	77	86	2520	550	70
11-11-9-2	50	50	40 ВК-15 4,5	светло-малиновый	83	82	2540	580	75
11-12-8-2	50	50	40 ВК-95 4,0	красно-коричневый	81	82	2520	500	78
11-13-2-2	50	50	30 ВК 113 1,0	светло-серый	83	81	2470	530	68
11-2-1-3	30	70	30 ВК-44 0,5	светло-сине-голубой	82	84	2500	680	82
11-3-2-3	30	70	30 ВК-41 1,0	синий	81	85	2510	680	80
11-5-7-3	30	70	ВК-60 3,5	зелёный	78	86	2480	560	85
11-6-2-3	30	70	ВК-52 1,0	бледно-бирюзовый	82	84	2550	650	83
11-7-3-3	30	70	40 ВК-23 1,5	светло-жёлтый	78	86	2520	560	85
11-8-5-3	30	70	40 ВК-24 2,5	светло-жёлтый	79	85	2520	540	82
11-9-9-3	30	70	40 ВК-13 4,5	светло-малиновый	85	82	2490	600	80
11-10-5-3	30	70	30 ВК-16 2,5	светло-розовый	79	85	2500	580	75
11-11-9-3	30	70	40 ВК-15 4,5	светло-малиновый	85	80	2520	590	77
11-12-8-3	30	70	40 ВК-95 4,0	красно-коричневый	83	80	2500	520	80
11-13-2-3	30	70	30 ВК 113 1,0	светло-серый	85	80	2460	550	72

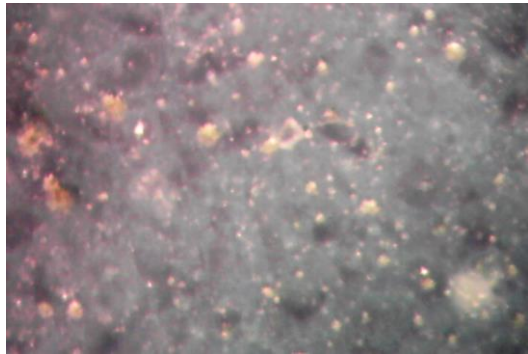
Параметры синтеза и характеристика цветной стеклоплитки

№ пресс-массы	Содержание, % по массе			Добавление прессования, МПа	Температура спекания, °С	Цвет стекло-плитки
	Стеклобой	Песок	Шифр и температура применения красителя*			
1	2	3	4	5	6	7
Б-Г-5	95	5	40-ВК-3,	7,5	710	голубой
Б-Г-10	90	10	700...1250	8,5	850	- // -
Б-С-5	95	5	30-ВК-44,	7,5	710	синий
Б-С-10	90	10	700...1250	8,5	850	- // -
Б-З-5	95	5	40-ВК-57,	7,5	750	зеленый
Б-З-10	90	10	700...1000	8,5	830	- // -
Б-ХЗ-5	95	5	30-ВК-60,	7,5	830	хромово-зеленый
Б-ХЗ-10	90	10	700...1000	8,5	900	- // -
Б-Б,-5	95	5	40-ВК-52,	7,5	750	бирюзовый
Б-Б,-10	90	10	700...1250	8,5	900	- // -
Б-Ж-5	95	5	40-ВК-24,	7,5	750	лимонно-желтый
Б-Ж-10	90	10	700...1250	8,5	850	- // -
Б-Р-5	95	5	30-ВК-16,	7,5	750	светло-розовый
Б-Р-10	90	10	700...1250	8,5	850	розовый
Б-М-5	95	5	40-ВК-15,	7,5	730	светло-малиновый
Б-М-10	90	10	700...1050	8,5	800	- // -
Б-Кр-5	95	5	70-ВК-95,	7,5	750	красно-коричневый
Б-Кр-10	90	10	700...1150	8,5	850	- // -
Б-К-5	95	5	40-ВК-97,	7,5	780	светло-коричневый
Б-К-10	90	10	700...1200	8,5	900	- // -
Б-Бп-5	95	5	40-ВК-99,	7,5	780	бежево-песочный
Б-Бп-10	90	10	700...1300	8,5	950	- // -
Б-Тс-5	95	5	30-ВК-113,	7,5	750	темно-серый
Б-Тс-10	90	10	700...1250	8,5	880	- // -

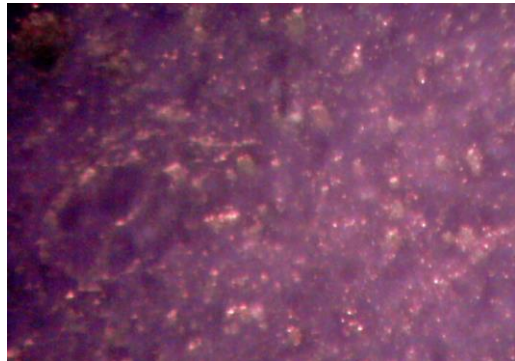
Свойства стекломозаичной плитки

Характеристики	Значения показателей цветной стеклоплитки составов											
	Б-Г-5	Б-С-5	Б-З-5	Б-ХЗ-5	Б-Б ₃ -5	Б-Ж-5	Б-Р-5	Б-М-5	Б-К _р -5	Б-К-5	Б-Б _п -5	Б-Т _с -5
Предел прочности на сжатие, МПа *	47,0	70,0	60,0	70,0	63,0	58,0	52,0	52,0	52,0	60,5	52,0	55,0
Плотность, кг/м ³	2820	2900	2720	2850	2780	2560	2500	2500	2680	2650	2620	2580
Водопоглощение, %*	0,9	0,3	0,8	0,4	0,40	1,0	0,5	0,5	0,8	0,9	0,9	1,0
Химическая стойкость, гидролитический класс	Стеклomозаичная плитка относится к III гидролитическому классу											
Термостойкость, °С *	85	90	90	90	90	90	80	80	80	80	80	85
Морозостойкость, цикл: -15 (воздух)...+15...20 °С (вода) *	39	40	40	40	40	40	37	37	37	35	35	35
Цвет *	голубой	синий	зелёный	хромово-зелёный	бирюзовый	лимонно-жёлтый	розовый	светло-малиновый	красно-коричневый	светло-коричневый	бежево-песочный	тёмно-серый
Состояние поверхности	гладкая матовая	гладкая с блеском	гладкая матовая	гладкая матовая	гладкая с блеском	гладкая матовая	гладкая с блеском	гладкая с блеском	гладкая с блеском	гладкая с блеском	гладкая с блеском	гладкая с блеском

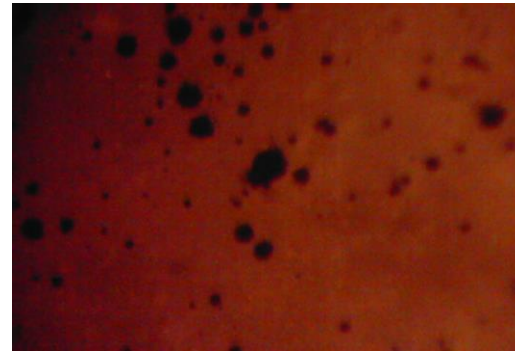
Микроструктура декоративной стекломозаичной плитки (×500)



Б-Г-5



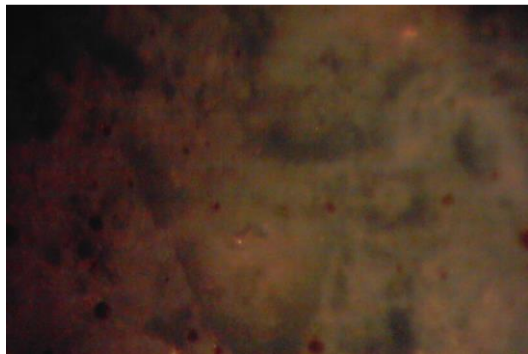
Б-С-5



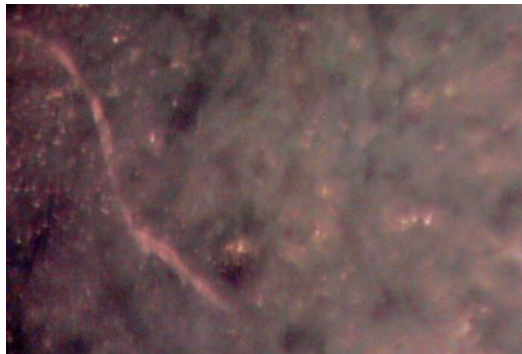
Б-Ж-10



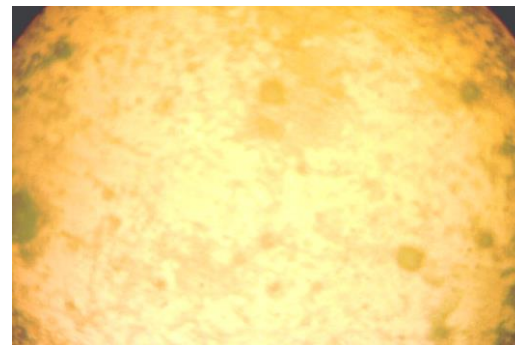
Б-Кр-10



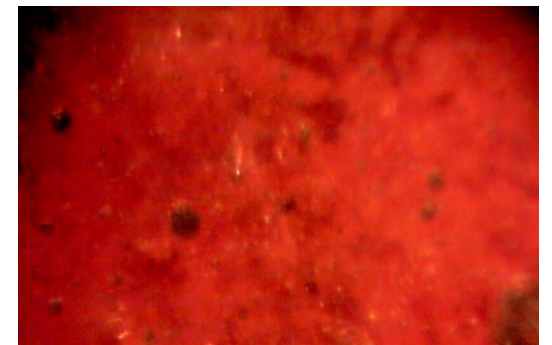
Б-Х3-5



Б-Б₃-5

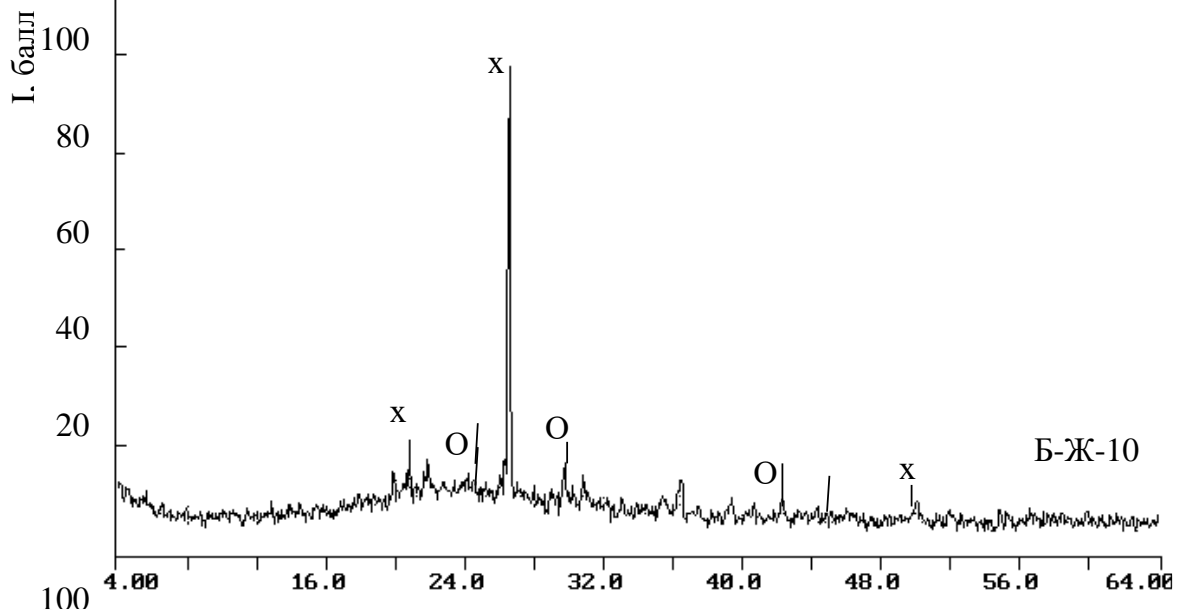
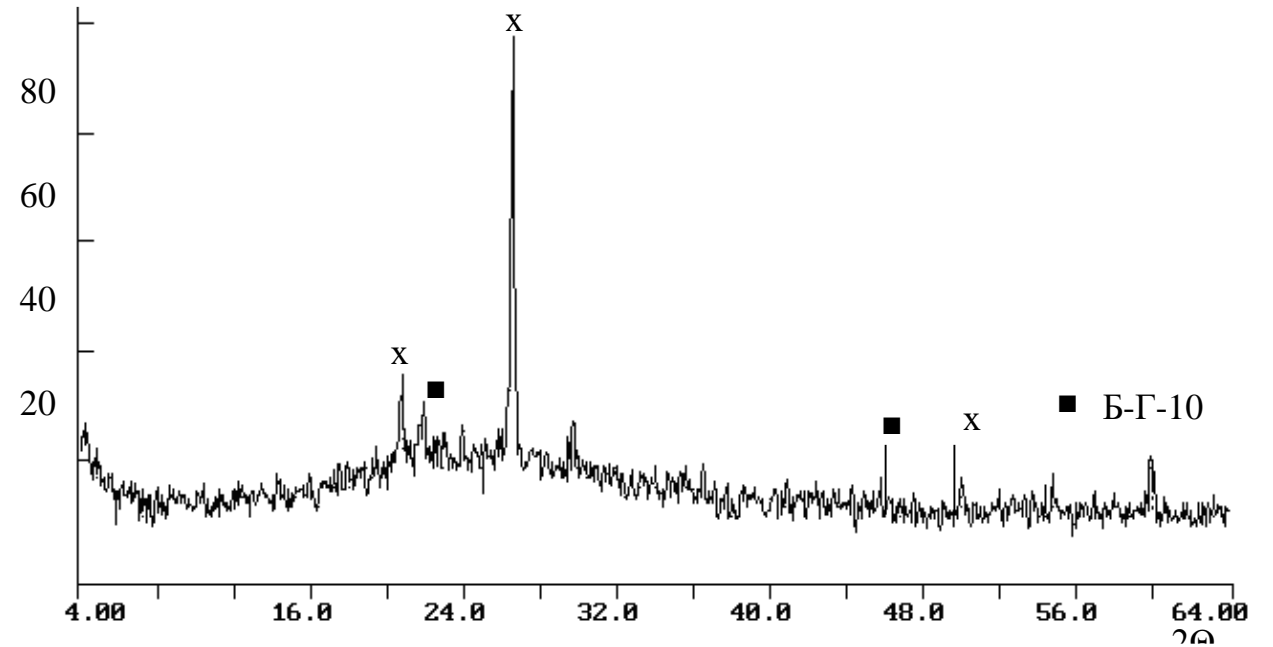
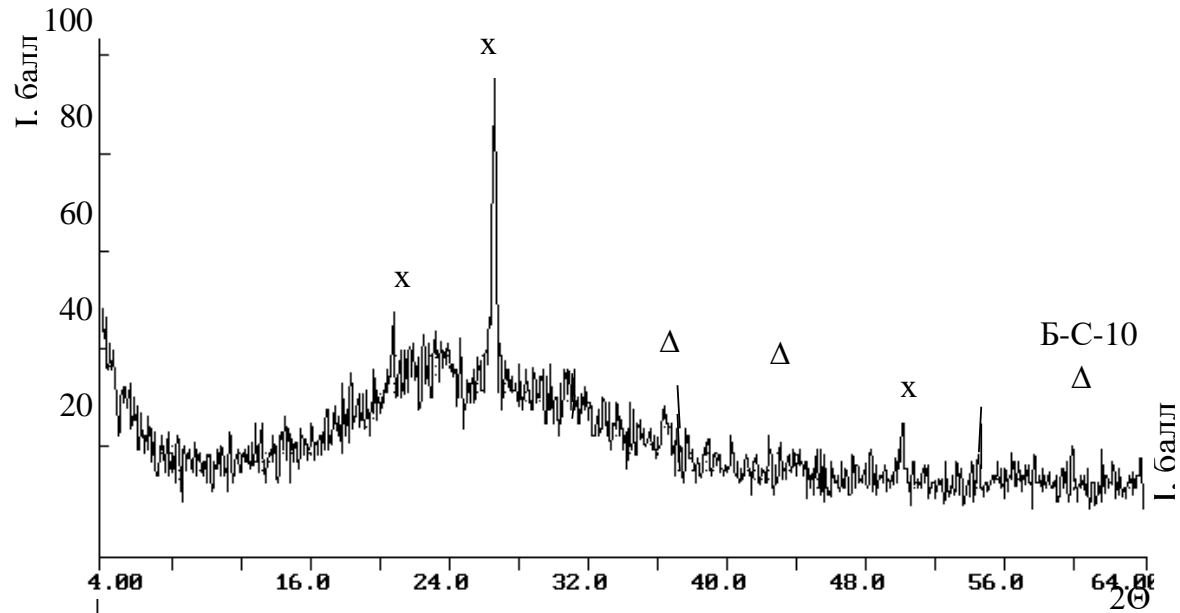


Б-Р-10



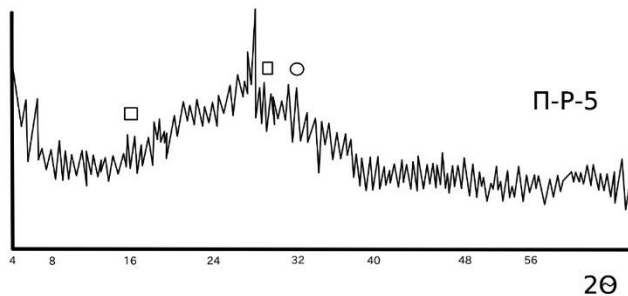
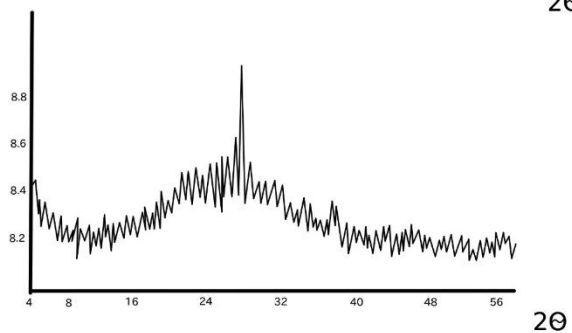
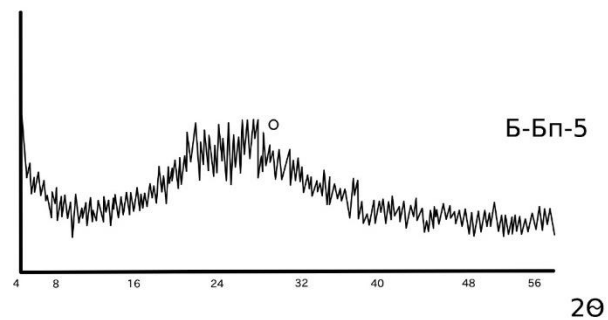
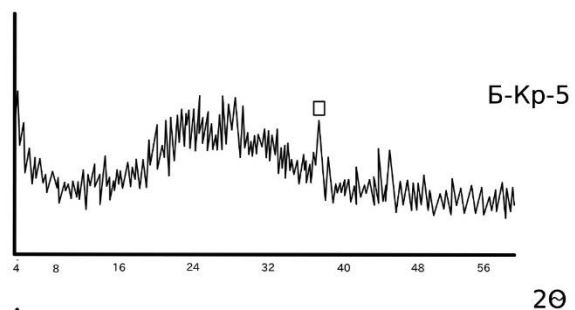
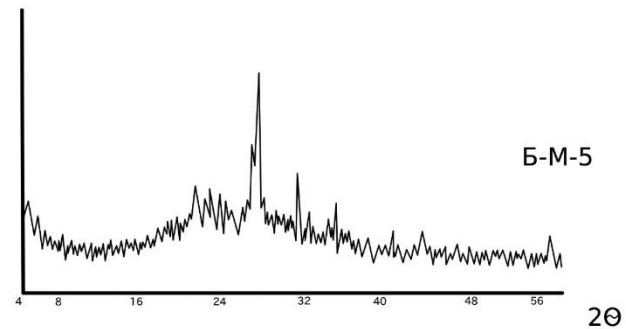
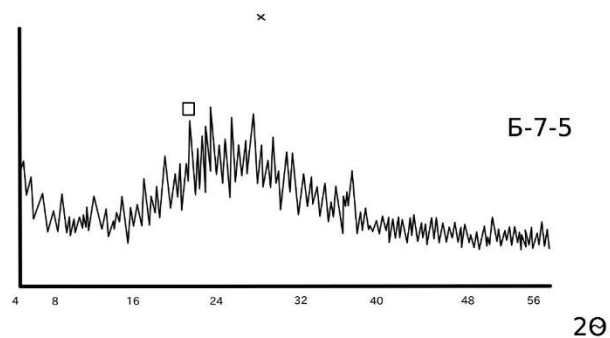
Б-М-10

Рентгенограммы декоративной стеклоплитки



Условные обозначения: x – α - SiO_2 (β -кварц); Δ - CoAl_2O_4 ; O – Pr_2O_3 ;
■ – твёрдые растворы на основе системы ZrO_2 - V_2O_5 - SiO_2

Рентгенограммы декоративной стеклоплитки



Условные обозначения: x – β - SiO_2 ; □ – γ - Fe_2O_3 ; ▼ – ZrO_2 ; ◇ – ZrSiO_4 ; ◐ – TiO_2 ; ■ – твердые растворы на основе системы ZrO_2 - V_2O_5 - SiO_2 ; ▲ – α - Fe_2O_3 ; ● – CaCr_2O_4 (хромит).

**Цветные стеклокристаллические материалы
различного
назначения с использованием техногенного
сырья**

Кристаллизационная способность стекол

№ стекла	Температуры кристаллизации стекол, °С				
	4	600...700 (620)	600...700 (640)	600...700 (690)	700...800 (790)
7	300...400 (332)	400...500 (434)	600...700 (680)	700...800 (780)	
12	500...600 (570)	600...700 (650)	700...800 (713)	700...800 (753)	700...800 (777)
13	300...400 (330)	400...500 (440)	600...700 (605)	700...800 (736)	

Условные обозначения:



– отсутствие признаков кристаллизации;



– распространение кристаллизации по всему объему стекла, степень закристаллизованности до 50%;











– мелкодисперсная объемная кристаллизация, степень закристаллизованности не менее 50 – 60%;



– условно-полная мелкодисперсная объемная кристаллизация, степень закристаллизованности 60-90%.

Кристаллизационная способность стекла на основе техногенного сырья

Наименование стекла	300...400°C	400...500°C	600...700°C	700...800°C
1 (ВПАП)				
		1-2	1-3	1-4
2 (Шлак Новочеркасской ГРЭС)	500...600°C	600...700°C	700...800°C	700...800°C
				
	2-1	2-2	2-3	2-4



Патенты

1. Лазарева Е.А., Климова Л.В. Цветное шлаковое стекло. Пат. 2420467 РФ, МПК С 03 С 6/106 С 03 С 4/02 № 2009147676/03 / / заявл. 21.12.2009.опубл. 10.06.2011. Бюл. № 16.

2. Лазарева Е.А., Козлов Ю.И., Магомедов М.Г., Мамаева Ю.С., Воробьёв А.С. Агальцов А.Н.. Приходько Н.Ю. Декоративный стеклокристаллический материал. Пат. №2235073, РФ МКИ С03С10/06.-№2002111493; Заявл. 29.04.2002 г.; Оpubл. 27.08.2004.

3. Лазарева Е.А., Мамаева Ю.С., Кирюшенко В.В., Яшкунов А.Г., Яшкунова Т.Н., Яшкунов С.А., Плотичина Л.И. Цветной стеклокристаллический материал. Пат. №2276114, РФ МКИ С03С10/06. - №2004136234/03; Заявл. 10.12.2004; Оpubл. 10.05.2006.

4. Лазарева Е.А., Жадан Г.Ю. Способ изготовления художественно-декоративных стекломозаичных изделий. Пат. 2341380 РФ, МПК В 44 С 1/28 - № 2007123507/12 ; заявл. 22.06.2007 ; опубл. 20.12.2008.

Благодарю за внимание!