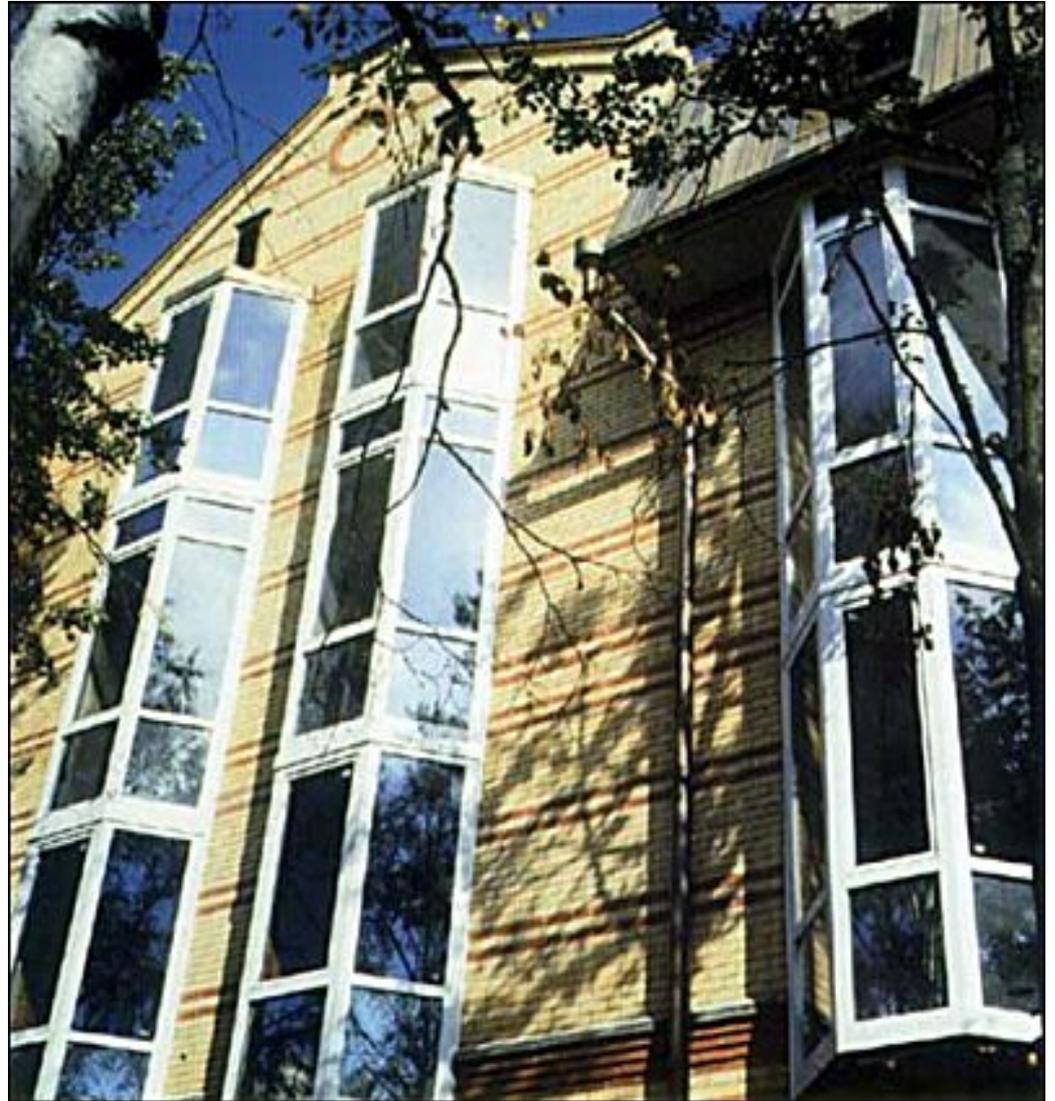


# ***Строительное стекло***

***Сырье,  
производство,  
свойства,  
номенклатура  
изделий.***



# Цель занятия:

- *Изучить свойства и технологию производства стекла, основные виды листового стекла и стеклоизделий; область их применения.*

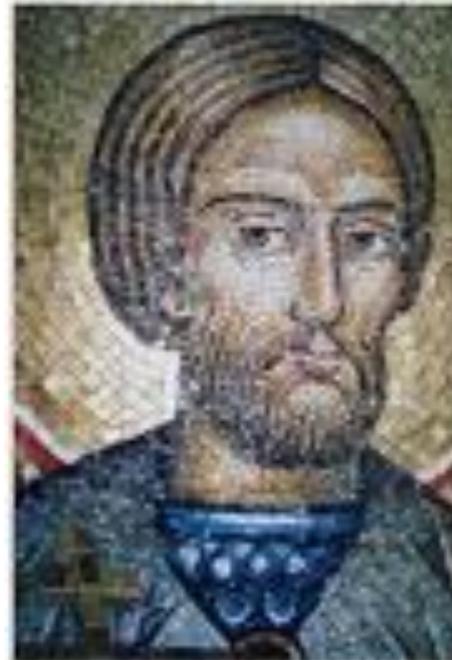
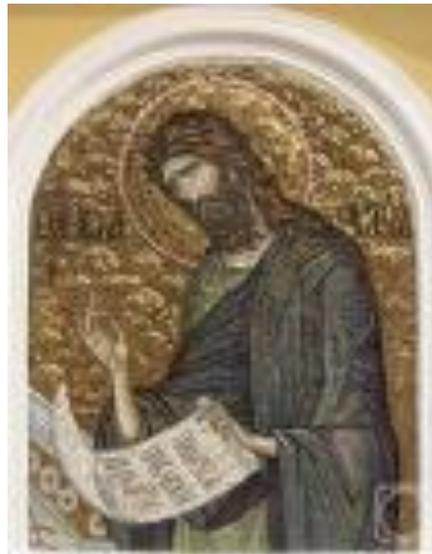


# Что такое стекло?

- **Стекло – переохлажденная жидкость, не успевшая перейти в кристаллическое строение.**
- **Стекло – жидкость, имеющая бесконечно большую вязкость.**
- **Стекло – твердый, прозрачный, хрупкий материал, имеющий аморфное строение, полученный при охлаждении минеральных расплавов, содержащих стеклообразующие компоненты (оксиды кремния, бора, алюминия) и оксиды металлов (лития, калия, магния, свинца и т.п.)**

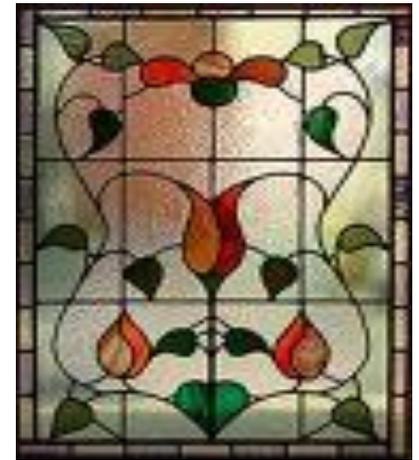
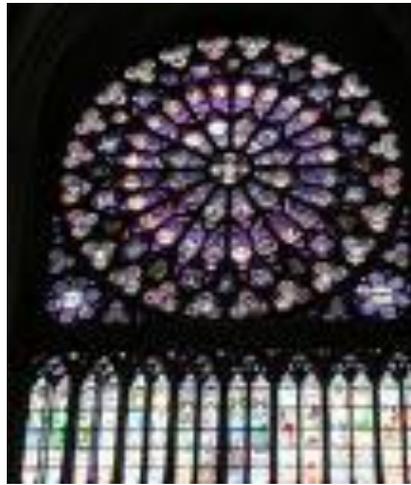
# Историческая справка

- IV-III вв. до н.э., Месопотамия, Древняя Греция – стеклянная мозаика и смальта
- V-VI вв., Византийская империя, мозаика, витражи (собор св. Софии в Константинополе)
- XI в., Киевская Русь, мозаика (храмы Киева, Новгорода, Чернигова)



# Историческая справка

- XII в., Франция, расцвет витражного искусства (собор Парижской Богоматери)



# Историческая справка

- 1634 г., первый русский стекольный завод под Москвой возле деревни Духанино, получение листового стекла последовательным выдуванием, разрезанием и распрямлением стеклянных цилиндров («халяв»)
- Конец XIX в., изобретение печи Сименса-Мартина, заводское производство соды, и как следствие массовое производство стекла отливкой на медные плиты.
- Начало XX века, изобретение ванн печей, машин вертикального вытягивания стекла; массовое производство листового стекла большого размера.
- 1959 год, изобретение нового способа производства высококачественного листового стекла (флоат-метод)

# **СЫРЬЕВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛА**

- чистый кварцевый песок (71-72%)**
- полевые шпаты (2-3%)**
- натриевая сода (15-16%)**
- мел, доломит, известняк (8-11%)**
- вспомогательные сырьевые компоненты**
  - осветлители (удаляют из стекломассы газовые пузыри)**
  - обесцвечиватели (устраняют сине-зеленые оттенки)**
  - глушители (делают стекло непрозрачным)**
  - красители (окрашивают стекла в тот или иной цвет)**

# ЭТАПЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

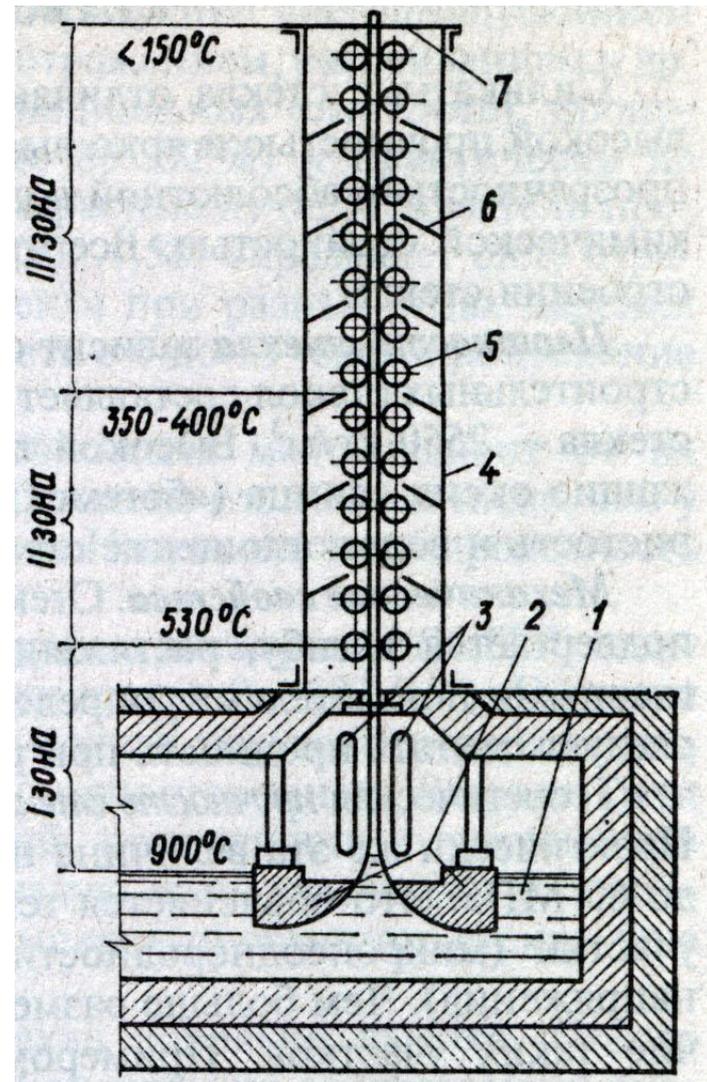
- Подготовка сырьевой шихты (измельчение, тщательное перемешивание в требуемых пропорциях и брикетирование)
- Варка стекла
  - силикатообразование ( 800-900 °С)
  - стеклообразование (1100-1200 °С)
  - осветление (1400-1600 °С)
  - студка (1100-1200 °С)

# ЭТАПЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

## • Формование

Метод вертикального  
вытягивания

(получают стекла толщиной до 6 мм,  
шириной до 4,5 метров)



1- стекломасса; 2- лодочка; 3- холодильники;  
4- шахта машины; 5- тянущие валки; 6- скаты  
для удаления боя; 7- отломочная площадка

# ЭТАПЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

этап очень медленного охлаждения

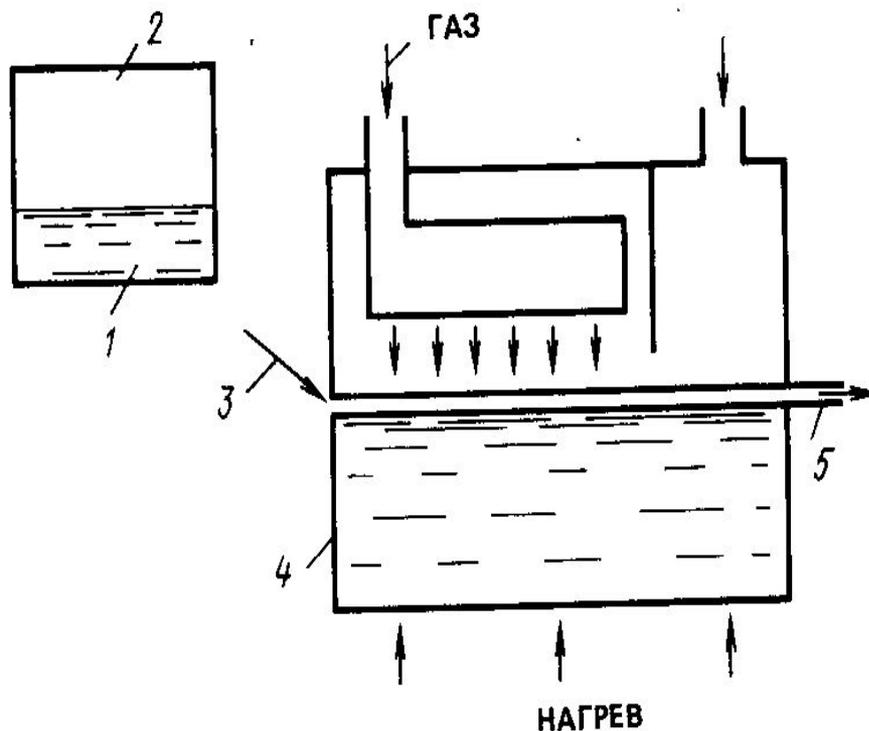
- **Формование**

Флоат-метод

(высококачественное  
стекло толщиной

до 25 мм,

шириной до 3 метров)



1-печь с масляной топкой; 2-расплавленное  
стекло; 3- слой расплавленного стекла;  
4- расплавленное олово; 5-готовый лист  
стекла

# **ЭТАПЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА**

- **Отжиг стекла (снижение внутренних температурных напряжений, возникающих из-за различия скоростей остывания внутренних и наружных слоев стекла)**
  - **быстрое охлаждение стекломассы до температуры 600 °С,**
  - **очень медленное в опасном интервале температур от 600 до 300 °С**
  - **быстрое до нормальной температуры.**

# ЭТАПЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

- **Отделка лицевой поверхности**
  - Механическая обработка (резка, шлифование, гравирование, пескоструйная и ультразвуковая обработка)
  - Химическая обработка (травление, химическое полирование, выщелачивание)
  - Нанесение покрытий (керамические краски, эмали, фактурные посыпки)

# СВОЙСТВА СТЕКЛА

- Плотность стекла – 2400...2600 кг/м<sup>3</sup> (оконное стекло – 2550 кг/м<sup>3</sup>, армированное – 2600 кг/м<sup>3</sup>, хрусталь – 3000 кг/м<sup>3</sup>)
- Пористость и водопоглощение равны 0%
- Прочность стекла
  - при растяжении 30...60 МПа (зависит от размера изделия, у стекловолокна 300...500 МПа)
  - при сжатии 900...1000 МПа
- Хрупкость (отсутствие пластических деформаций)
- Твердость – 5...7 по шкале Мооса
- Оптические свойства
  - светопропускание обычного стекла 88...92%
  - светопоглощение и светоотражение (зависит от толщины материала и концентрации красящих добавок)

# СВОЙСТВА СТЕКЛА

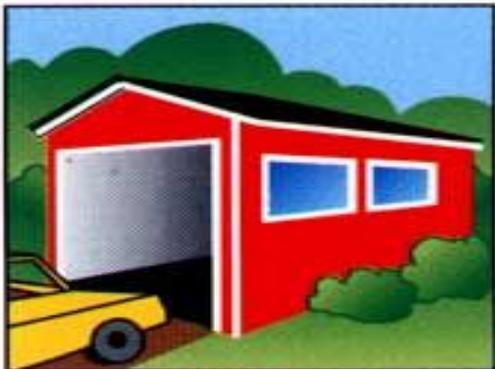
- Теплопроводность – 0,6...0,8 Вт/(мК), практически в 10 раз ниже чем у аналогичных кристаллических минералов, у кварца – 7,2 Вт/(мК)
- Малая термостойкость (способность выдерживать перепады температур, 70...90°C)
- Звукоизолирующая способность (стекло толщиной 1 см равнозначно кирпичной стене в полкирпича)
- Стойкость к агрессивным веществам (за исключением фосфорной и плавиковой кислот)

# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

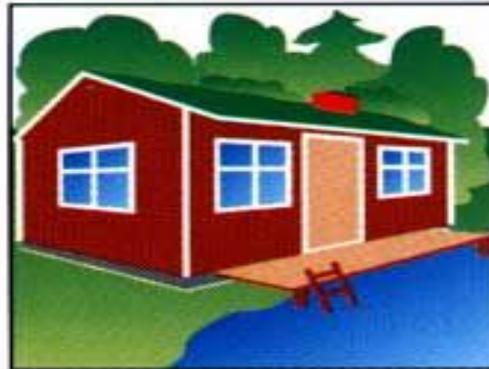
- **Оконное стекло, бесцветное с гладкими поверхностями, ширина 250...1600мм, длина 250...2200мм, толщина 3...6мм.**



# ***Коэффициент теплопередачи $K$ в зависимости от количества стекол***



**С одним стеклом  
 $K=4.4 \text{ W/m}^2\text{K}$**



**С двумя стеклами  
MS,  $K=2.9 \text{ W/m}^2\text{K}$**

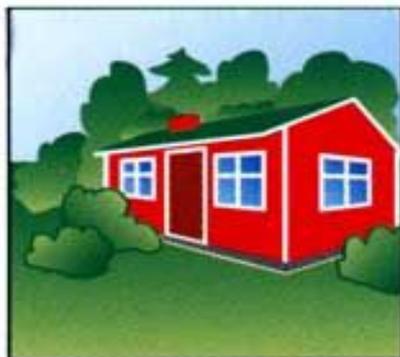


**С тремя стеклами  
MSK/MSE  
 $K=1.7 \text{ W/m}^2\text{K}$**



**С тремя стеклами  
спецстекло  
 $K=1.22 \text{ W/m}^2\text{K}$**

# *Коэффициент звукоизоляции в зависимости от количества стекол.*



$\Delta L_A \geq 20$  dB     $R_w = 35$   
С двумя стеклами MS



$\Delta L_A \geq 25$  dB     $R_w = 35$   
С тремя стеклами MSK



$\Delta L_A \geq 30$  dB     $R_w = 40$   
С тремя стеклами MSE



$\Delta L_A \geq 35$  dB     $R_w = 45$   
С тремя стеклами MSE,  
тройная изоляция

$\Delta L_A$  = шумоизоляция  
 $R_w$  = звукоизоляция

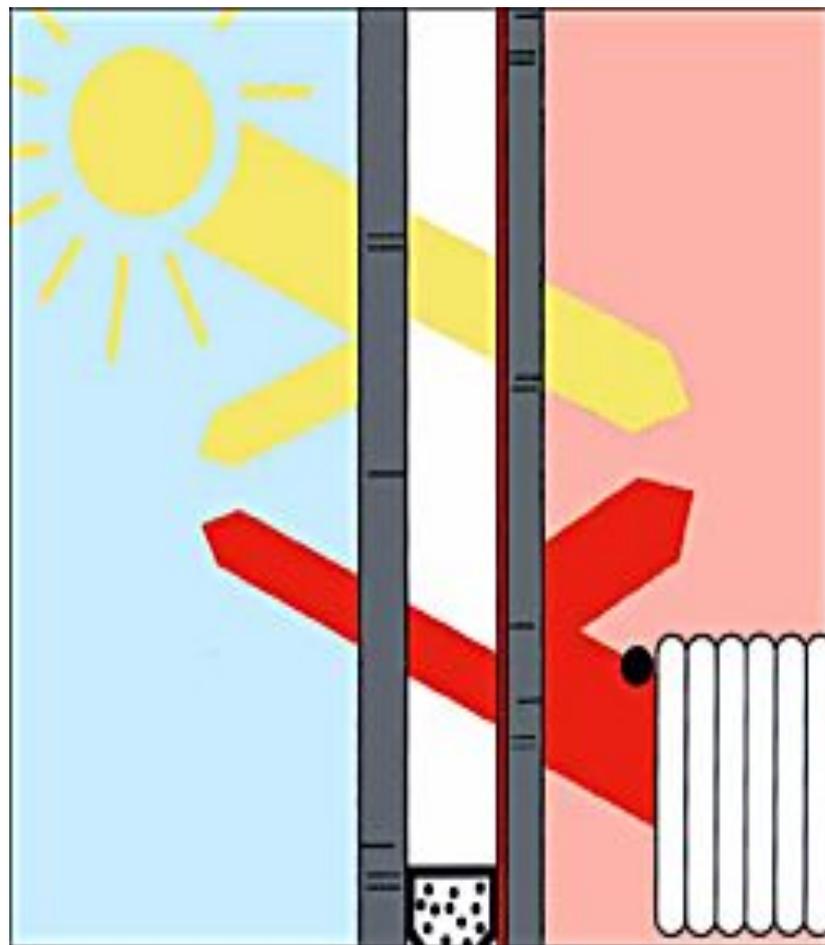
# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Витринное стекло, бесцветное, полированное, размером от 1700×1250мм до 3500×6000мм, толщина 6...10мм.



# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- **Теплосберегающее (селективное) стекло**  
Это стекло с нанесёнными на него покрытием (серебро).
- Отражает 30-40% тепла обратно в помещение.
- Такое стекло обычно используют в составе стеклопакета покрытием внутрь.



# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- **Многослойное (ламинированное) стекло. Триплекс.**
- Состоит из двух или более слоев стекла, "склеенных" вместе с помощью пленки или ламинирующей жидкости. Слои могут быть: выполненные из стекла одного или различных типов, прямые или гнутые в соответствии с заданной формой (форму им придают до склейки).
- Ламинирование не увеличивает механическую прочность стекла, но делает его "безопасным" - при разрушении осколки не разлетаются во все стороны, а остаются "висеть" на эластичной пленке.

***ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:*** целесообразно использовать в качестве стекол, защищающих от взлома, от пуль, от огня и шума, для защиты человека от различных травм, а также для изготовления изолирующих стеклопакетов.

*При оформлении входов и вестибюлей общественных зданий; при создании офисных перегородок и витрин; при остеклении лестниц; в стеклопакетах, устанавливаемых на крышах зданий; при остеклении торговых навильонов и остановочных комплексов; при остеклении школ, спортивных залов и детских садов.*

# Применение ламинированного стекла в перегородках.



# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- **Солнцезащитное стекло**
- Теплопоглощающее солнечные лучи стекло получают введением в стекломассу специальных добавок (оксидов железа, кобальта), окрашивающих ее в зеленовато-голубоватые или серые тона. Такие стекла пропускают 65-75 процентов света, а инфракрасных лучей - всего 30-35 процентов.
- Отражающее солнечные лучи стекло получают нанесением на поверхность тонких металлических, керамических или полимерных пленок.

***ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:*** остекление окон, а также солнцезащитных устройств - козырьков, вертикальных экранов и т.д. Наиболее уместно применение в зданиях с активным использованием кондиционеров.

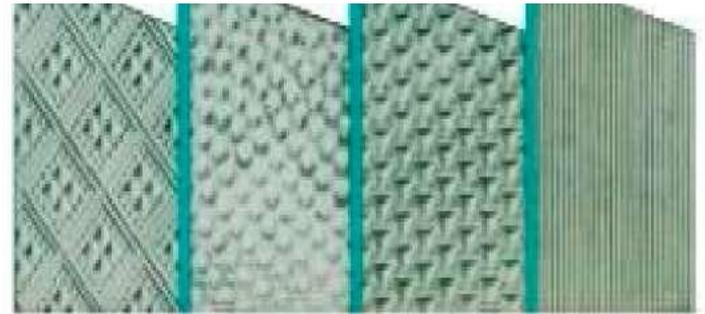
# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

## • Узорчатое стекло.

- Узорчатое листовое стекло имеет на одной или обеих поверхностях четкий рельефный повторяющийся рисунок и бывает как бесцветным, так и цветным.
- Глубина рельефных линий - от 0,5 до 1,5 мм.
- Узорчатое стекло должно пропускать и рассеивать свет. Коэффициент светопропускания
  - бесцветных стекол не менее 70%
  - цветных стекол составляет 30-65%.

**ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:** остекление оконных и дверных проемов, устройство перегородок в жилых, общественных и промышленных зданиях. Не рекомендуется применять узорчатое стекло в помещениях с большим количеством пыли, копоти и т. п.

# Узорчатое стекло



# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- **Закаленное стекло (сталенит).**
- Изготавливают из листов неполированного, полированного или узорчатого стекла, разогревая его выше температуры размягчения, а затем быстро охлаждая в струях воздуха. При необходимости в стекле предварительно делают требуемые вырезы, отверстия, обрабатывают кромки, потому что готовые закаленные стекла нельзя резать, сверлить и подвергать другим видам механической обработки.
- Прочность закаленного стекла на изгиб и удар в 5-6 раз больше прочности обычного стекла.
- Разбитое закаленное стекло распадается на мелкие осколки кубической формы.

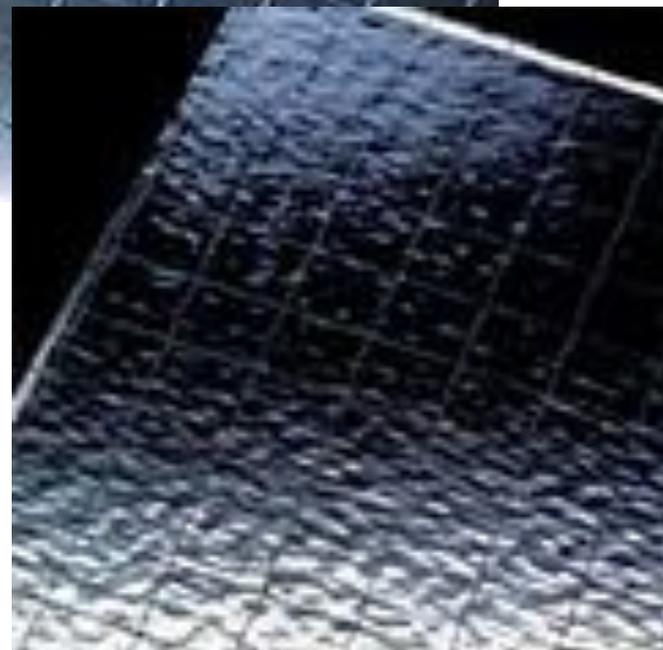
***ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:*** остекление окон и перегородок, дверей, ограждений балконов, лестничных маршей и т.д.

# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- **Армированное стекло**
- Стекло с запресованной внутри металлической сеткой
- Армирование снижает прочность примерно в 1,5 раза, в то же время не позволяет осколкам разлетаться и выпадать из переплетов.
- Одна из поверхностей "армостекла" может быть узорчатой или рифленой, может быть цветной.

## **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:**

**остекление окон, световых фонарей, перегородок в производственных, общественных и жилых зданиях, для устройства балконных ограждений.**



# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

## • Цветное стекло

- Получают путем введения в состав стекломассы цветных пигментов.
- Размер листов 1000×750мм, толщина 3...5мм

***ПРИМЕНЕНИЕ:*** для декоративного остекления окон, дверей, устройства перегородок и изготовления витражей.



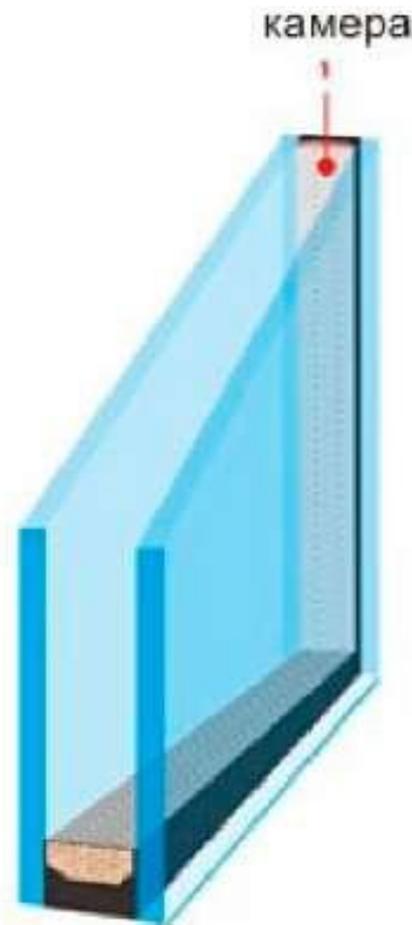
# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

**Стеклопакет - это два или три стекла, герметично соединённые между собой.**  
В нашей стране впервые в опытном порядке было налажено производство стеклопакетов в 60-е годы XX века в Санкт-Петербурге трестом Ленотделстрой для ответственных зданий города (аэродром "Пулково", спортивный комплекс "Юбилейный").

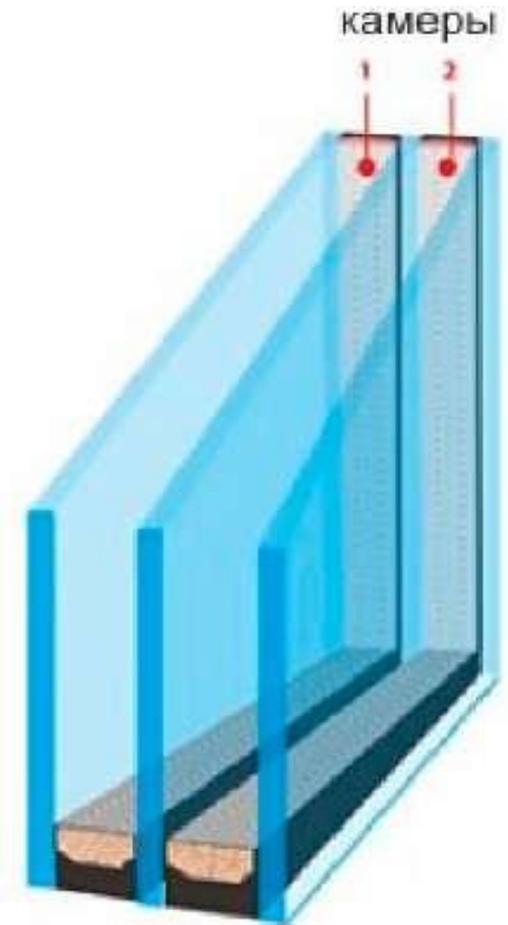


# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

*Внутри  
стеклопакета  
находится  
разреженный воздух  
или инертный газ  
(аргон, криптон)  
Чтобы стеклопакет  
не запотевал  
изнутри, в него  
засыпается  
абсорбент,  
впитывающий  
образующийся  
при перепадах  
температур  
конденсат.*



камерный стеклопакет



2-камерный стеклопакет

# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- **Технические характеристики стеклопакетов**
- **Стеклопакеты собираются** из обычного, рефлексного, окрашенного, мозаичного, армированного, безопасного, теплоотражающего и теплопоглощающего стёкол.
- Минимальный размер стеклопакета: 350x180мм.  
Максимальные размеры:  
3500x2500мм при толщине стёкол 6мм;  
1500x2500мм при толщине стёкол 4мм.  
**Для изменения декоративных свойств** стеклопакета в межстекольном пространстве могут быть установлены декоративные внутренние рамки - прямые, крестообразные и изогнутые. Или снаружи поверхности стеклопакета могут быть наклеены декоративные профили ("дуплекс") из окрашенного алюминия.
- Цвет стандартных алюминиевых профилей: белый, светлая бронза, темная бронза, светло-коричневый, темно-коричневый, черный, неокрашенный.
- Декоративные внутренние рамки (стандартные):
  - белая 18мм, 16мм;
  - под золото 8мм.

# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- **Стеклоблоки - изделия с герметически закрытой полостью, образованной в результате соединения двух отпрессованных стеклянных пластин.**



# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Каждая половинка стеклоблока сделана из толстого стекла (6 - 7 мм).
- Воздух, находящийся внутри стеклоблока, придает этому материалу прекрасные теплосберегающие и звукоизоляционные свойства.
- Поверхность стеклоблока может быть гладкой, рифленой, прозрачной, матовой и даже цветной.
- Толщина стеклоблока от 7,5 до 10 см.
- Форма - квадратные или прямоугольные.
- Стандартные размеры 19 x 19 x 8 см или 24 x 24 x 8 см.



# Применение стеклоблоков



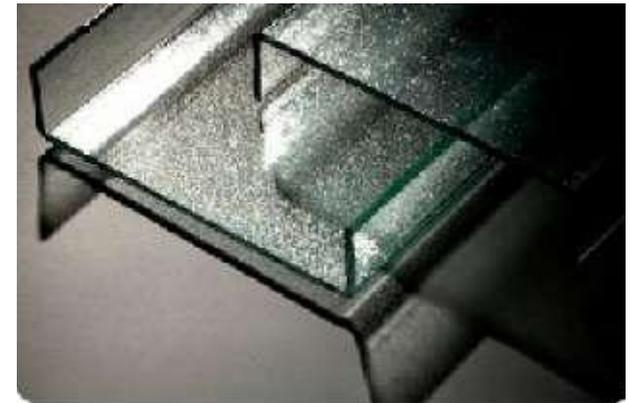
# СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

## • Стеклопрофилит

Профильно-погонажный материал коробчатого или швеллерного сечения с гладкой, рифленой или узорчатой поверхностью.

- Может быть армирован сеткой.
- Размеры:
  - Максимальная длина 7 метров.
  - Размеры сечения могут быть разными, например 250×50мм
  - Толщина стекла 5...6мм
- Устанавливают в вертикальном положении, с герметизацией швов нетвердеющими мастиками или эластичными прокладками.

**ПРИМЕНЕНИЕ:** для светопрозрачных ограждений в гражданском и промышленном строительстве.



# СВЕТОНЕПРОЗРАЧНЫЕ ОБЛИЦОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ СТЕКЛА

- **Стемалит**

- Листы плоского стекла, внутренняя сторона которых окрашена керамической краской.

- Размер листов:

- Минимальный 900×400мм
- Максимальный 2400×1200мм
- Толщина 5-7,5мм



***ПРИМЕНЕНИЕ:*** для отделки фасадов, интерьеров общественных и промышленных зданий, ограждений балконов, лоджий.

# СВЕТОНЕПРОЗРАЧНЫЕ ОБЛИЦОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ СТЕКЛА

- **Марблит** (стекломрамор и декоративный марблит)
- Плоские прямоугольные или квадратные плиты с полированной лицевой и рифленой внутренней поверхностью, изготовленные из глушеной цветной стекломассы.
- **Размер:**
  - Максимальный 300×300мм
  - Толщина 5...25мм



***ПРИМЕНЕНИЕ:*** для наружной и внутренней облицовки зданий

# СВЕТОНЕПРОЗРАЧНЫЕ ОБЛИЦОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ СТЕКЛА

- **Смальта**
- Куски глушеного цветного стекла неправильной формы толщиной до 10мм, полученные отливкой или прессованием из стекломассы

***ПРИМЕНЕНИЕ:*** для изготовления мозаичных панно, декоративных вставок при отделке фасадов и интерьеров



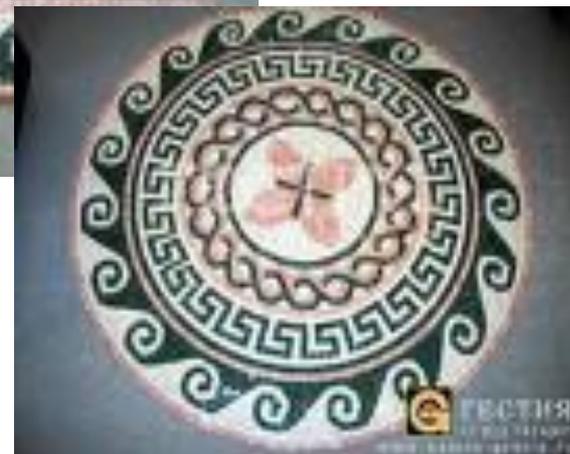
# СВЕТОНЕПРОЗРАЧНЫЕ ОБЛИЦОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ СТЕКЛА

- **Мозаичные плитки**

Получают прокатом или прессованием стекломассы с разнообразными эстетическими характеристиками

– Размер 21×21×5 мм

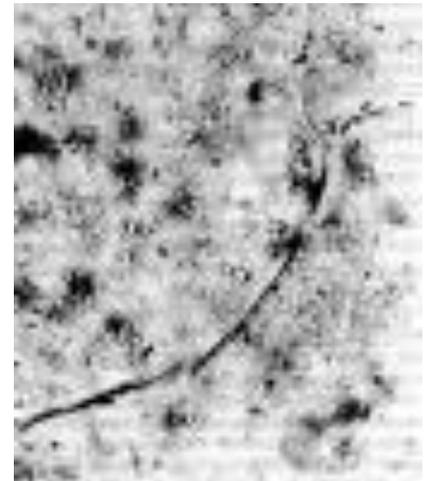
**ПРИМЕНЕНИЕ:** для изготовления мозаичных панно, декоративных вставок при отделке фасадов и интерьеров.



# СВЕТОНЕПРОЗРАЧНЫЕ ОБЛИЦОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ СТЕКЛА

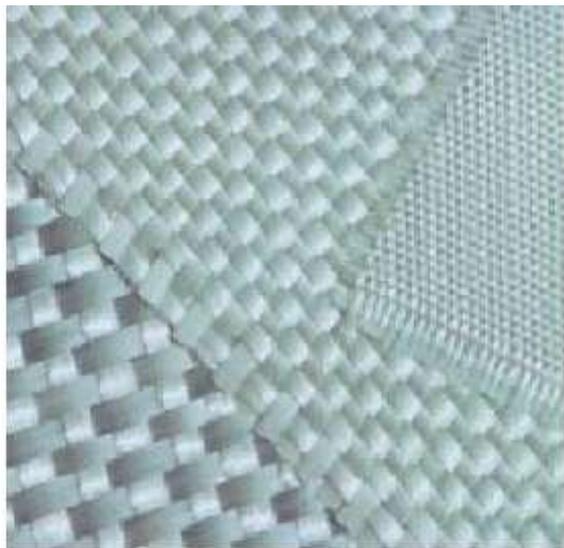
- **Стеклокристаллические материалы (ситаллы, шлакоситаллы)**

- Получают путем кристаллизации стекла
- Различная длина и ширина, толщина 6...20мм
- Лицевая поверхность полированная, различных цветов и оттенков



***ПРИМЕНЕНИЕ:*** для наружной и внутренней облицовки стен, колонн, покрытий полов.

# МАТЕРИАЛЫ ИЗ СТЕКЛЯННЫХ ВОЛОКОН



# МАТЕРИАЛЫ ИЗ СТЕКЛЯННЫХ ВОЛОКОН

- **Стеклорубероид**

– рулонный материал, получаемый путем двухстороннего нанесения битумного (битуморезинового или битумополимерного) вяжущего на стекловолокнистый холст и покрытия с одной или двух сторон сплошным слоем посыпки.

***ПРИМЕНЕНИЕ:*** кровельный материал

# МАТЕРИАЛЫ ИЗ СТЕКЛЯННЫХ ВОЛОКОН

- **Стеклообои**

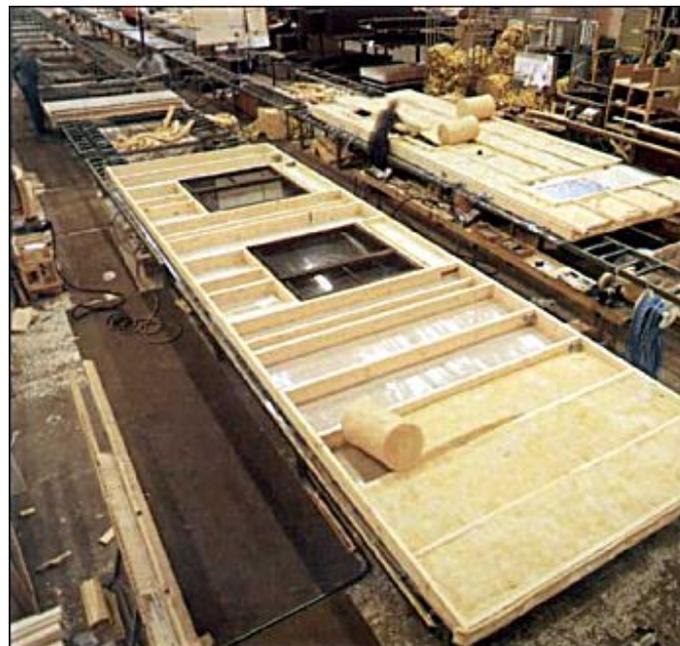
Основу материала составляют волокна из специального стекла, которые вытягивают через фильеры в платиновой "лодочке" при температуре около 1200°C. Затем их формируют в пряжу и ткут. В результате получают тканое полотно с различным рисунком.



**ПРИМЕНЕНИЕ:** в жилых помещениях, офисах, гостиницах, мед.учреждениях, так как они способствуют сохранению микроклимата в помещении.

# МАТЕРИАЛЫ ИЗ СТЕКЛЯННЫХ ВОЛОКОН

- **Стеклянная вата и изделия на ее основе (ISOVER, URSA)**



# Пеностекло

Эффективный теплоизоляционный материал, получаемый вспучиванием расплавленного стекла. В затвердевшем виде напоминает вулканическую пемзу



# ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ФАСАДОВ



1. Назовите основные сырьевые компоненты при производстве стекла.
2. Какой способ формования применяют при производстве витринного стекла?
3. С какой целью стекло отжигают?
4. Прочность стекла выше при растяжении или при сжатии?
5. Какие изделия из стекла применяют при производстве мозаики?
6. Что такое стеклопакет? В чем его преимущества в сравнении с одинарным стеклом?
7. Можно ли использовать стеклообои в детской комнате? Почему?
8. Что такое триплекс?
9. Где применяют закаленное стекло? Чем оно отличается от обычного листового стекла?

# ***Домашнее задание***

- В.Е. Байер «Материаловедение для архитекторов, реставраторов, дизайнеров» стр.120-140
- К.Н. Попов, М.Б. Каддо «Строительные материалы и изделия» стр.102-115
- Л.Н. Попов «Строительные материалы и изделия» стр.104-109