

Лекция 8.

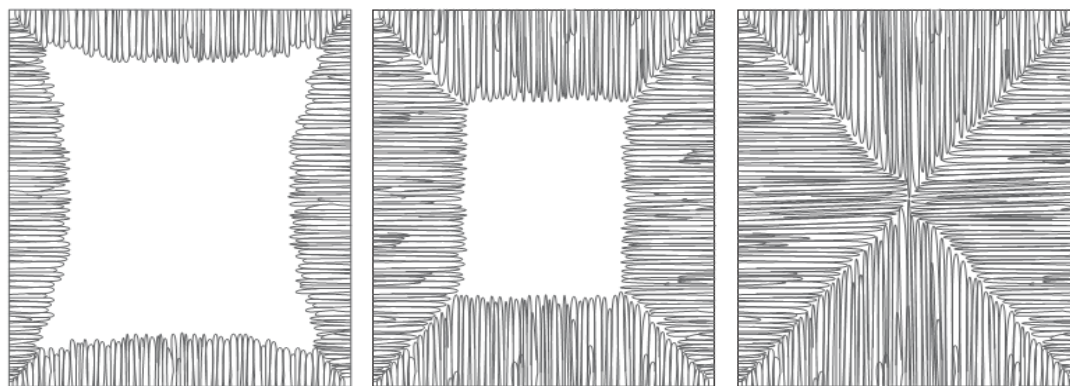
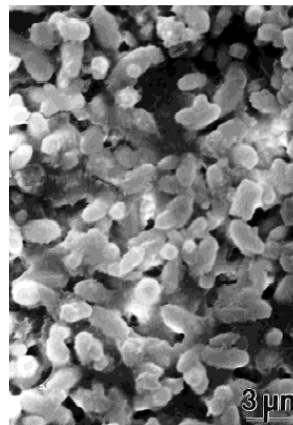
**Керамика. Общие
вопросы. Сырье.**

Керамика

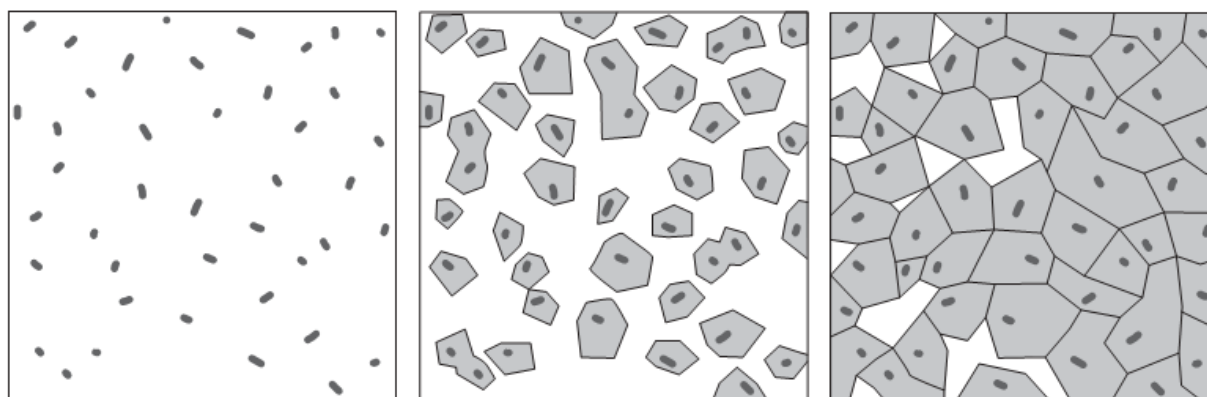




Стеклокерамика

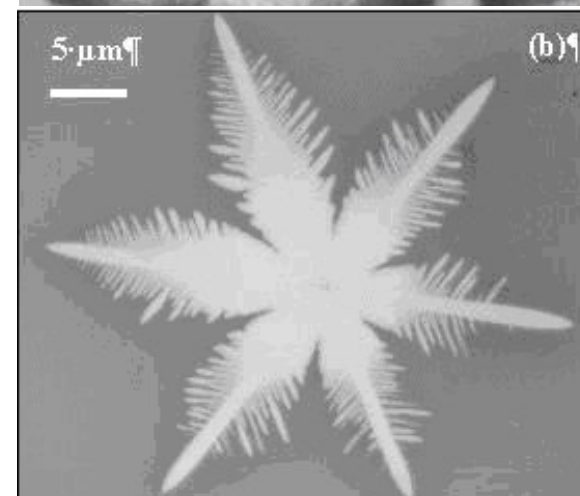
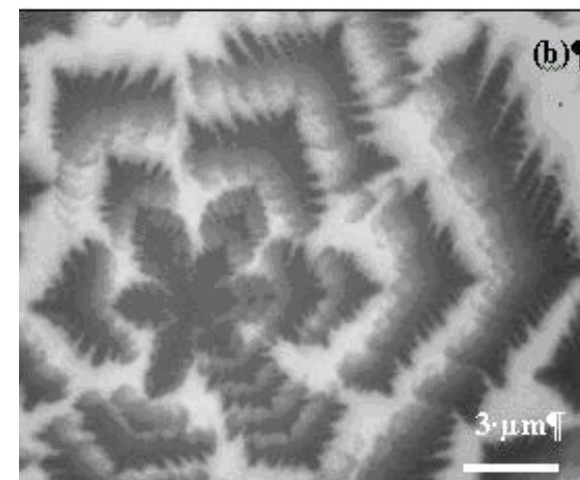


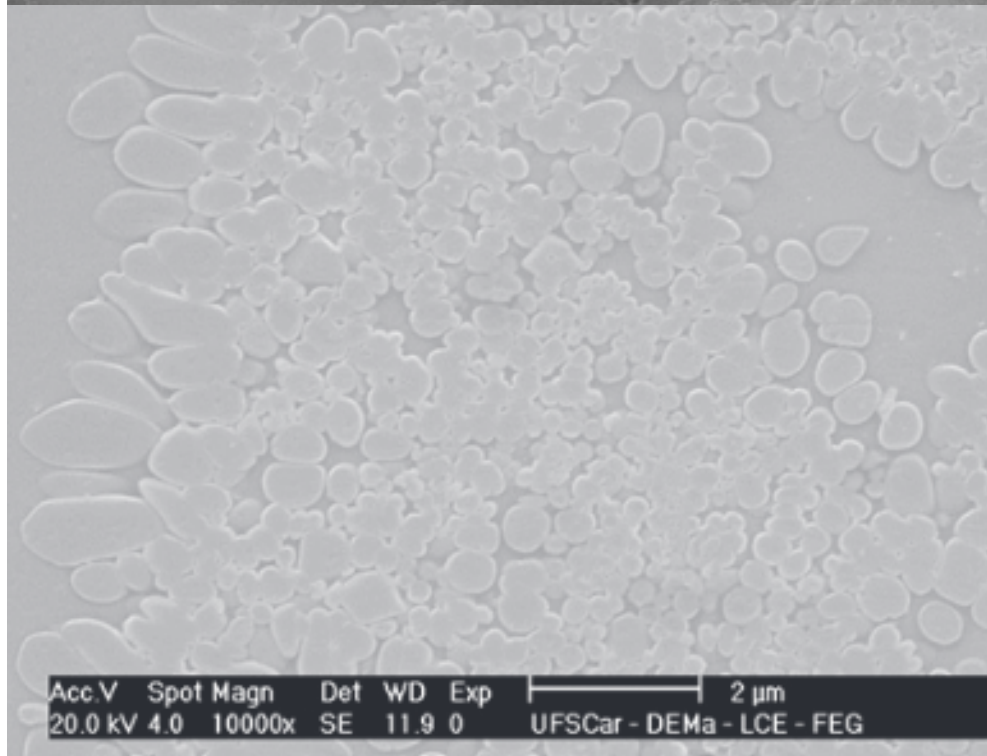
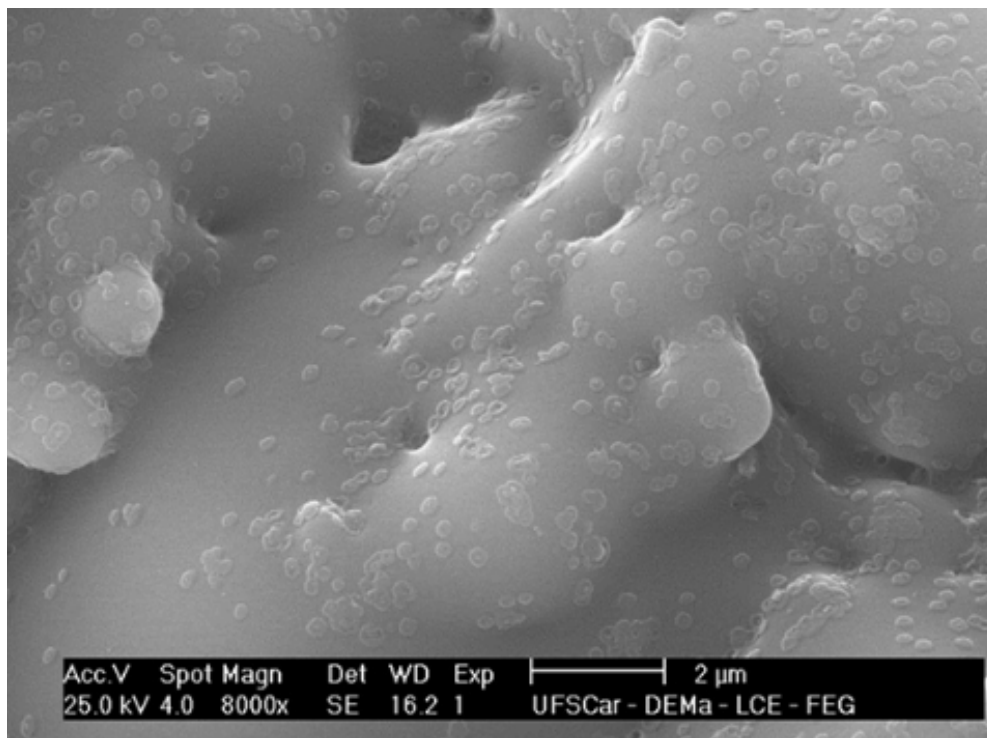
(a) (b) (c)
Девитрификация без нуклеации



(a) (b) (c)

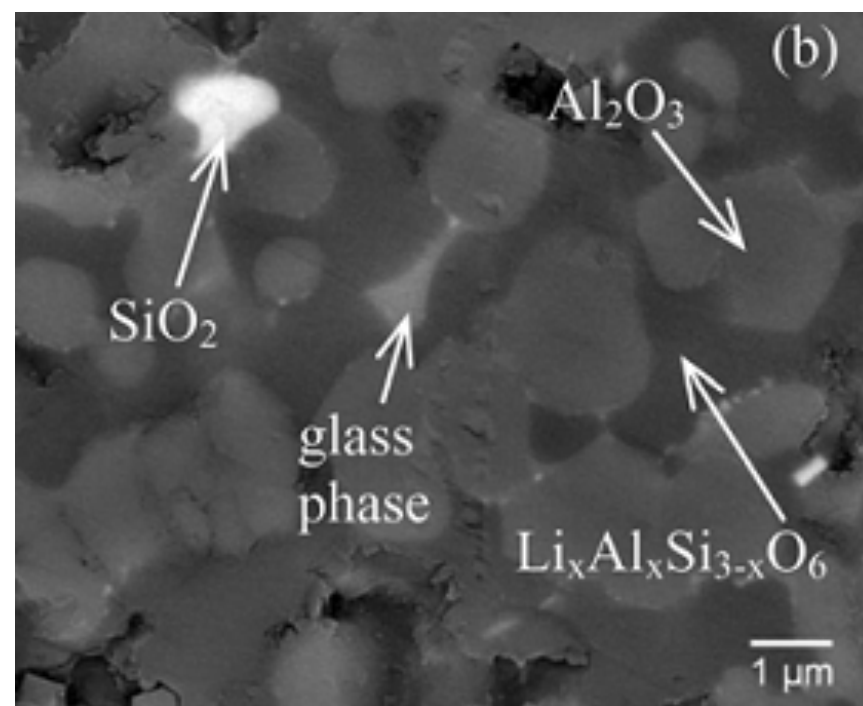
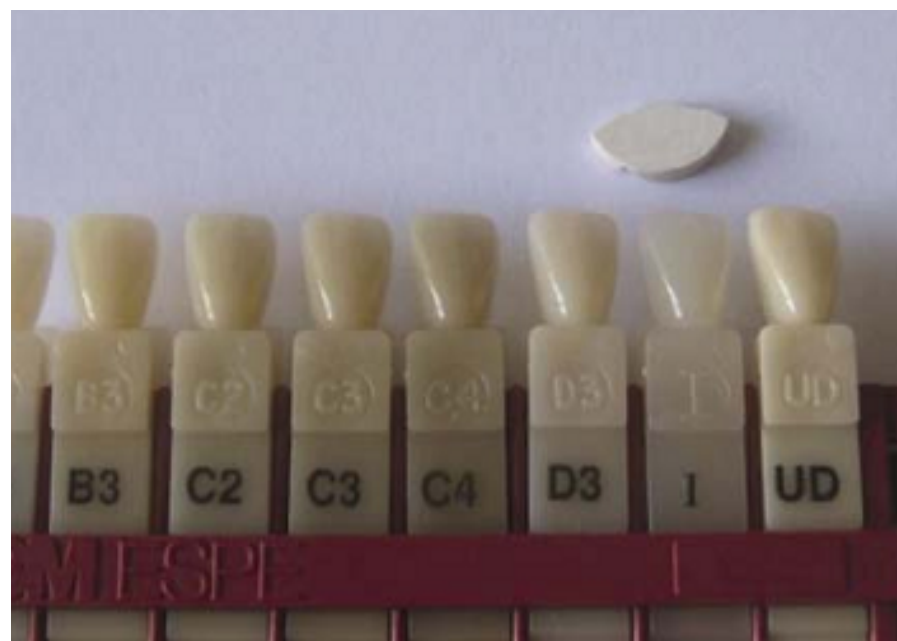
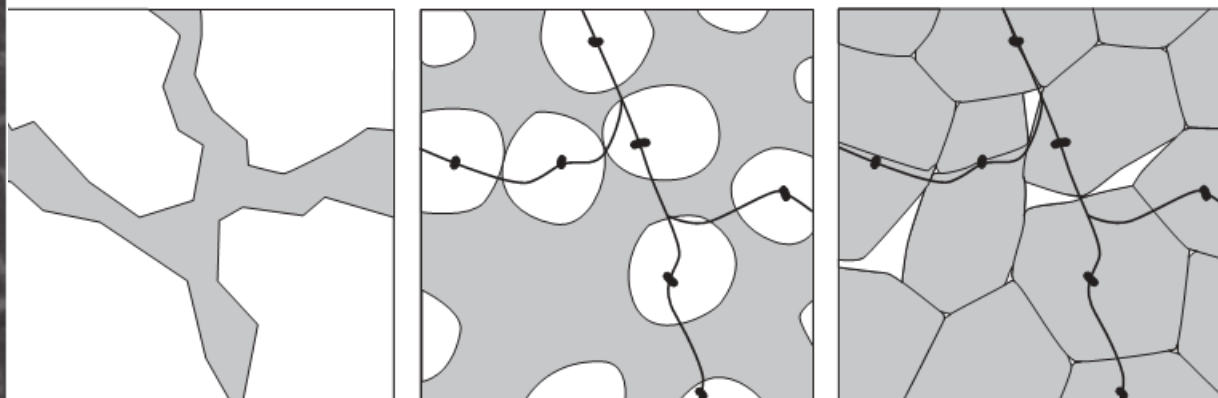
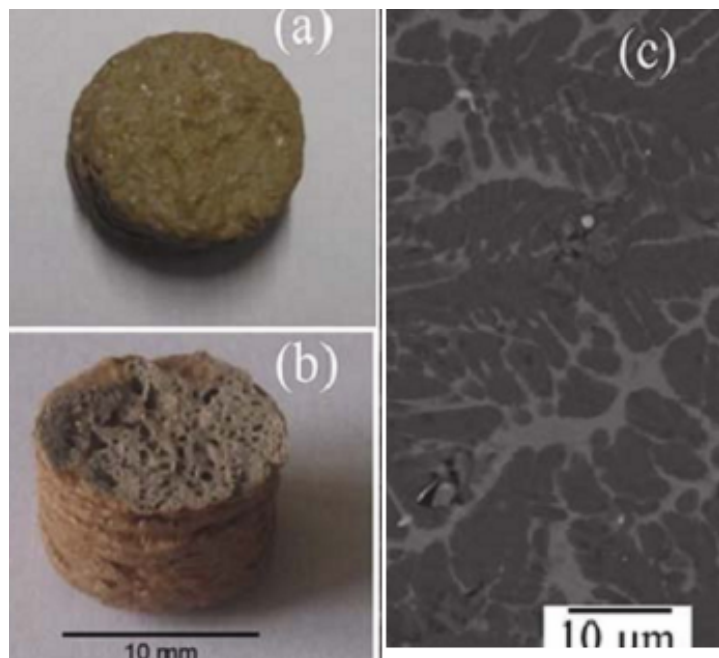
Образование стеклокерамики





$\text{Li}_x\text{Al}_x\text{Si}_{3-x}\text{O}_6$ virgilite

Композит LAN- Al_2O_3



Керамика

```
graph TD; K[Керамика] --> G[Грубая]; K --> T[Тонкая]; G --> G1[Гончарная керамика, кирпич]; T --> T1[Высокопористая керамика (пористость 30-90%) теплоизоляц. керамич. материалы]; T --> T2[однородная мелкозернистая структура (порист <5%)];
```

Высокопористая керамика (пористость 30-90%) теплоизоляц. керамич. материалы

Грубая

крупнозернистая
неоднородная в
изломе структуру
(порист 5-30%)

Гончарная
керамика,
кирпич

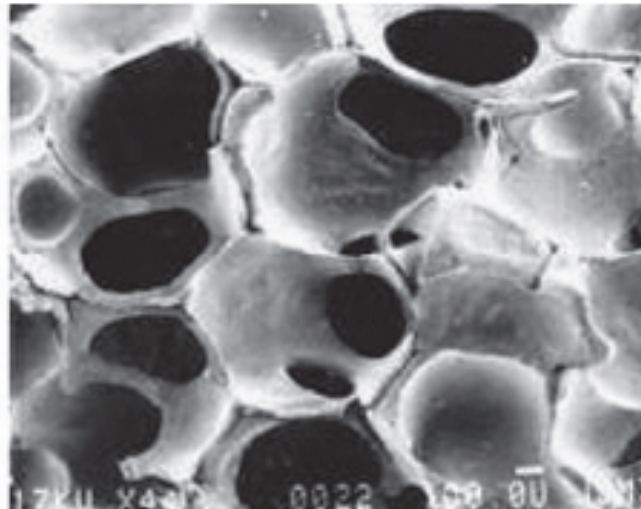
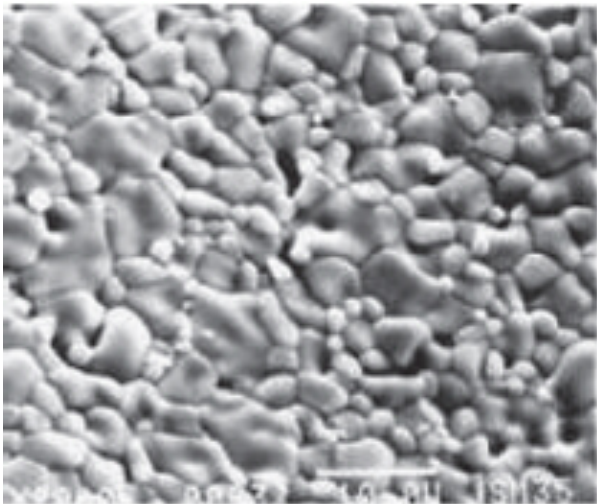
Тонкая

однородная
мелкозернистая
структура (порист <5%)

фарфор, пьезо- и
сегнетокерамика,
ферриты, керметы, фаянс,
полуфарфор, майолика

Классификация

- Пористая
- Спекшаяся

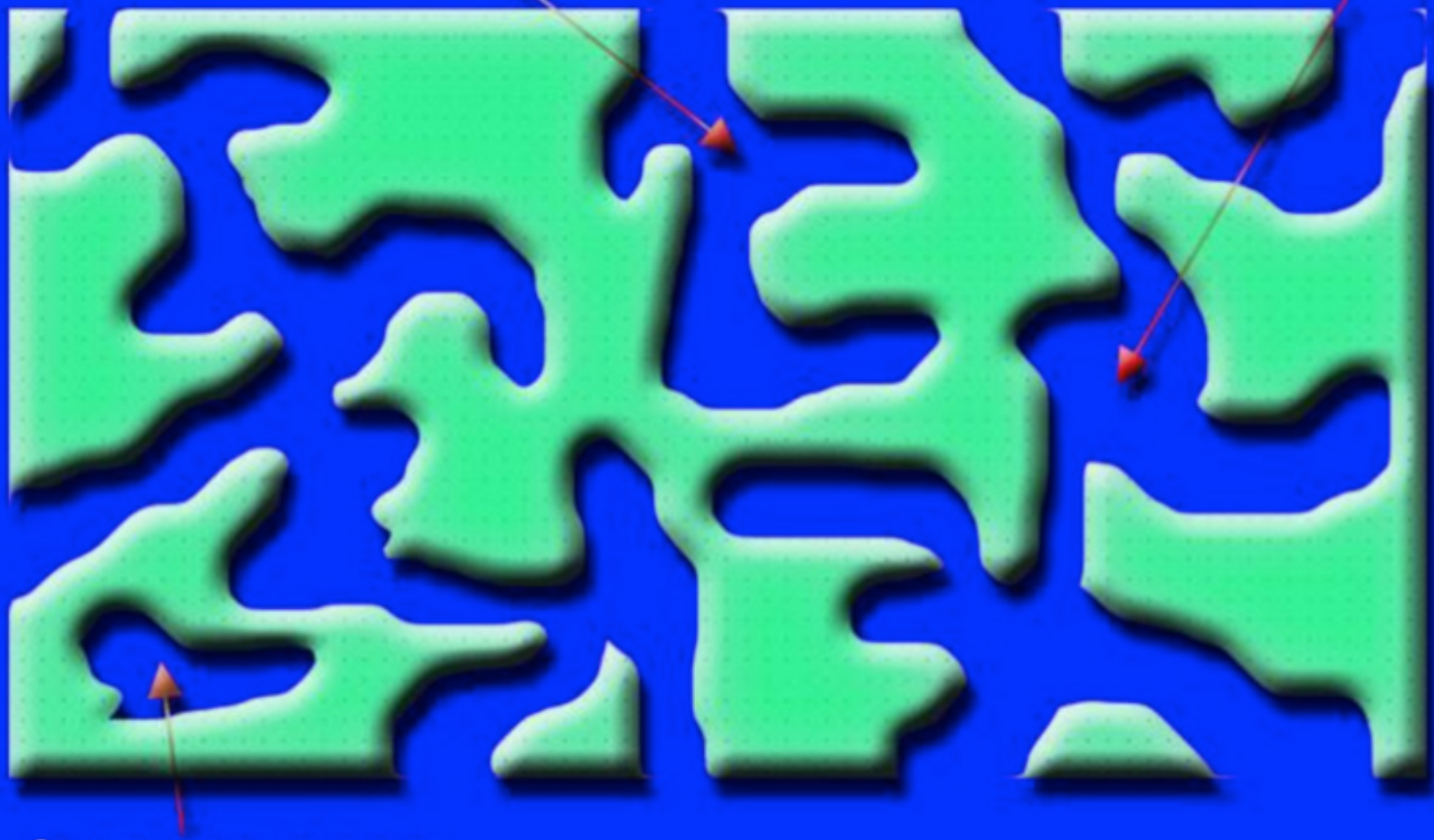


Ячеистая структура

Сканирующая электронная микроскопия поверхности пористой корундовой керамики при разном увеличении

Слепые поры

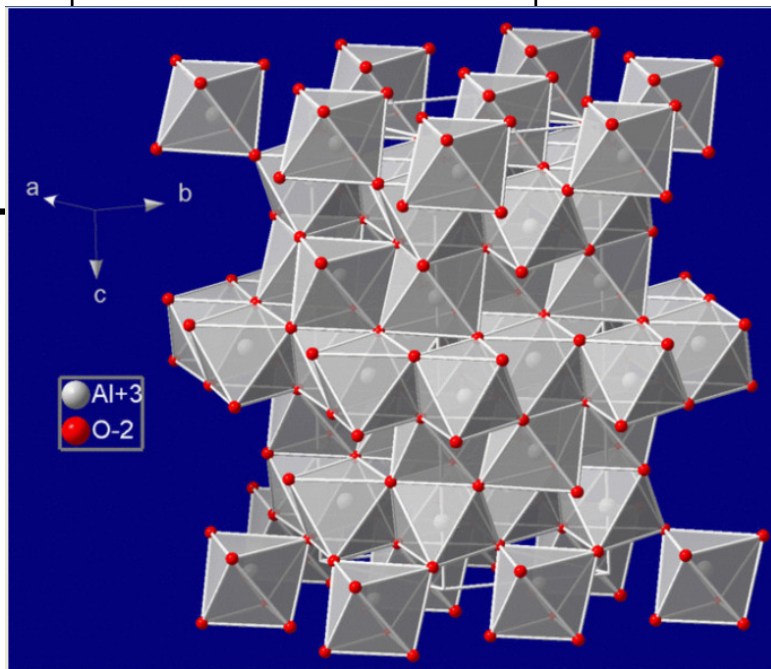
Сквозные поры



Закрытые поры

Бронекерамика на основе $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (корунд)

Объект испытаний	№ образца	Средство и условия испытаний	Скорость пули, м/с	Результат испытаний
9,8 мм Al_2O_3 - бронекерамика + 10 мм ткань Т- 750 (суммарная поверхностная плотность 487 г/дм ³)	1	Снайперская винтовка СВД, пуля Б-32, дальность 5 м, угол обстрела 0°	803	Непробитие композиции
	2		808	
	3		815	
	4		818	



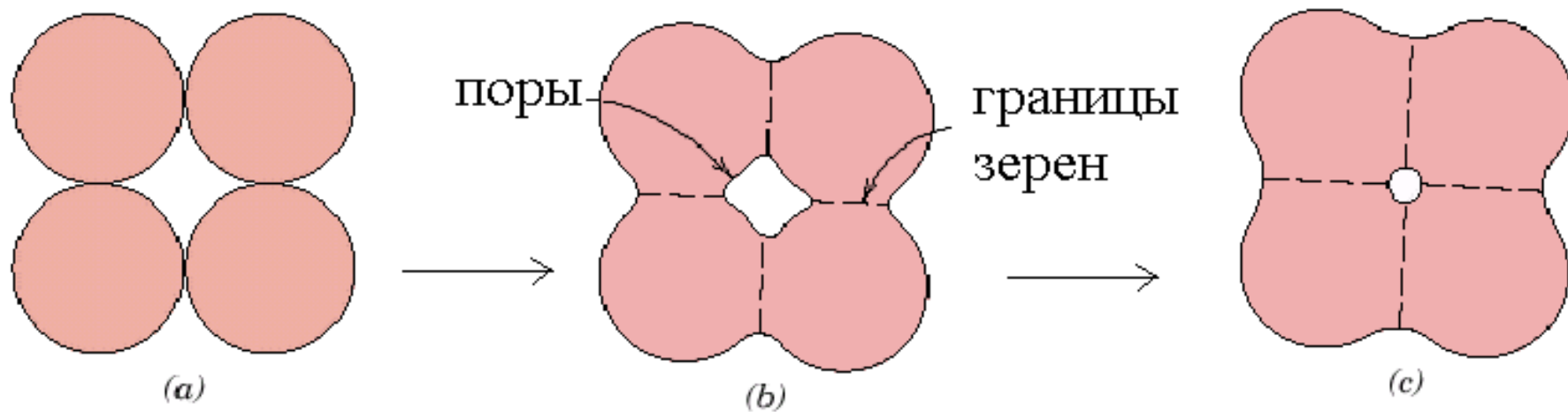
- 1) Оксидная
- 2) Карбидная
- 3) Нитридная
- 4) силицидная



Кварцевая керамика – на основе SiO_2

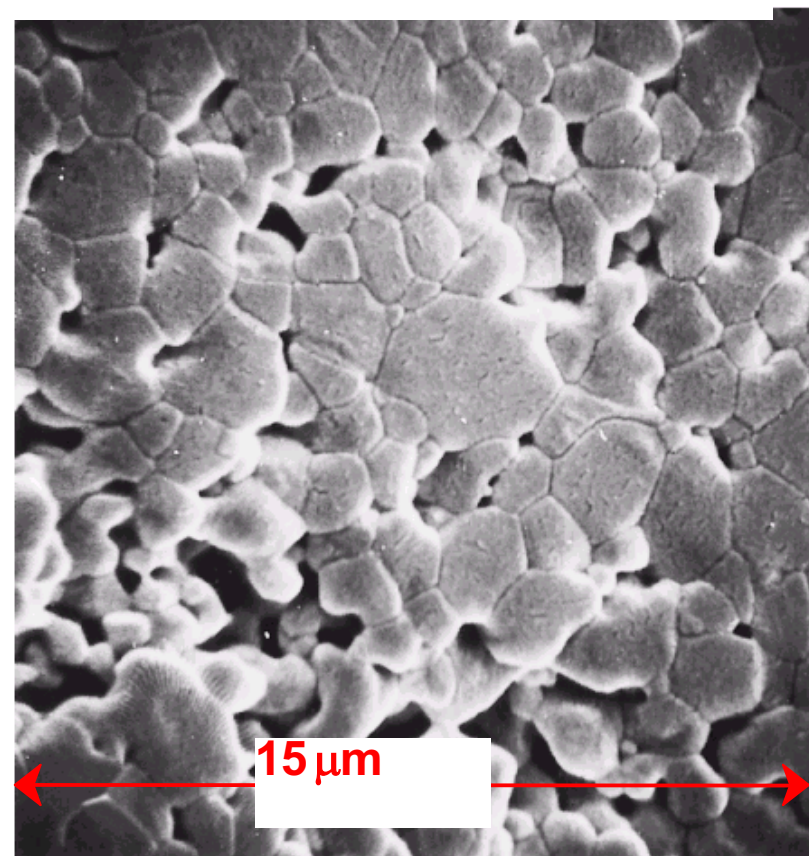
Пористость! Аморфна от в отличие от других керамик



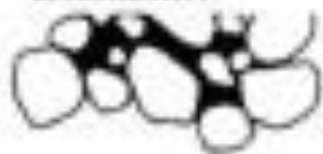


Спекание

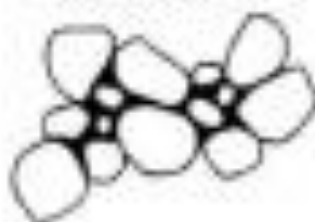
Al_2O_3 спекание при
1700°C в течение 6 мин



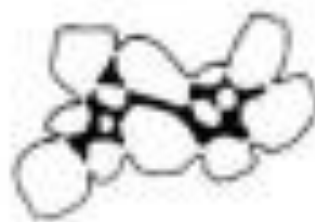
Начальная
стадия
спекания



Перестройка
частиц

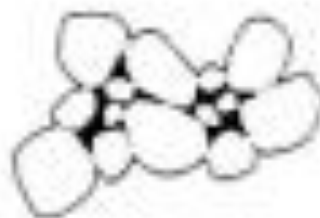
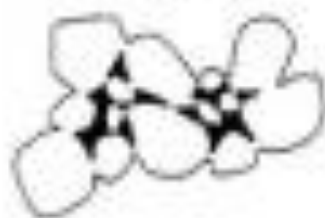


Образование
контактов



Начальная
стадия

Рост
контактов



Промежуточная стадия

Рост зерен



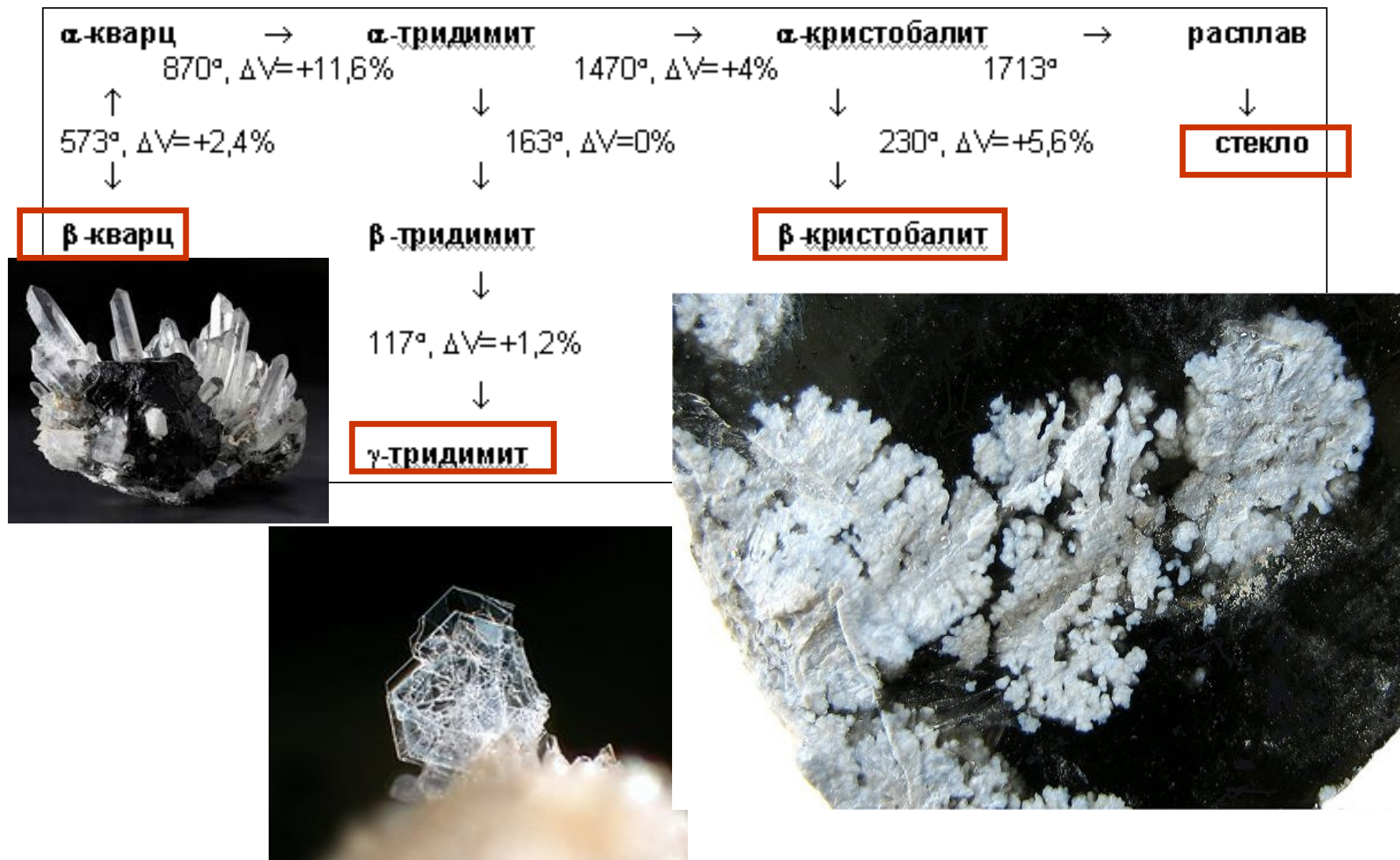
Залечивание пор и
рост зерен

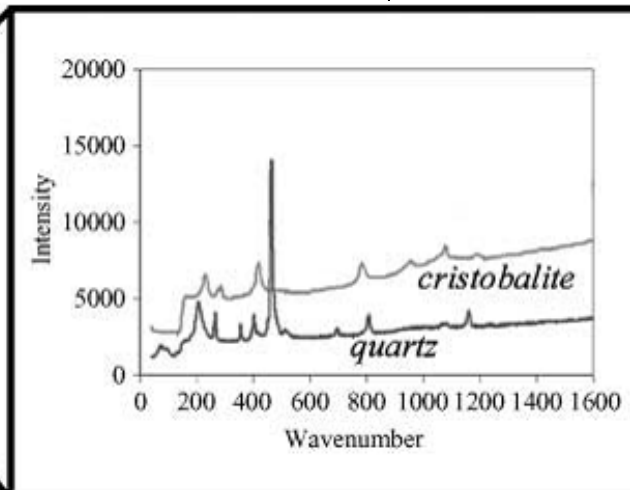
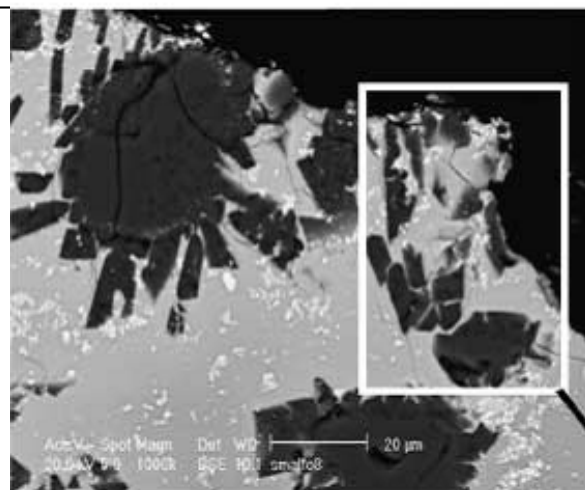
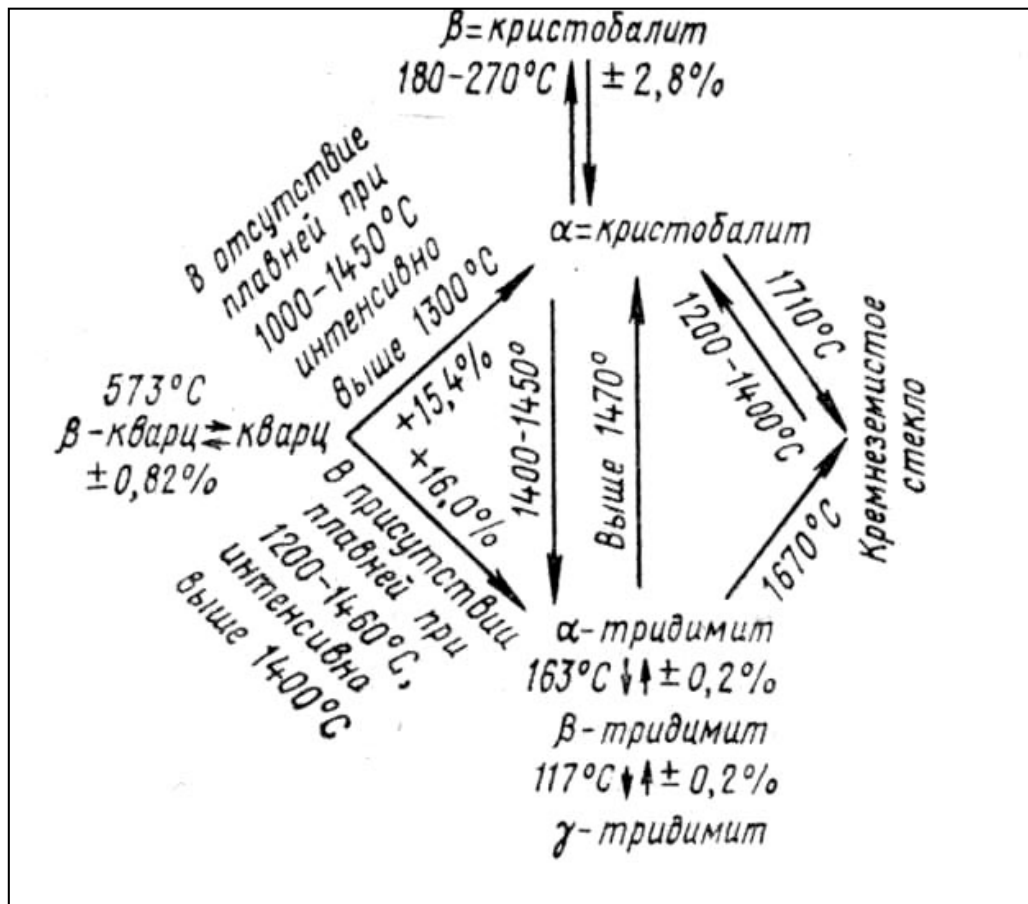


Конечная стадия

Рост зерен в процессе спекания

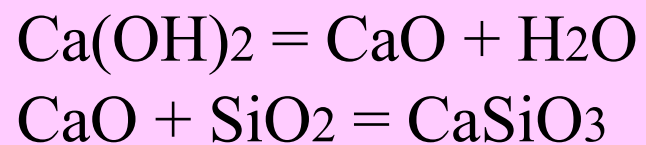
Полиморфизм кварца



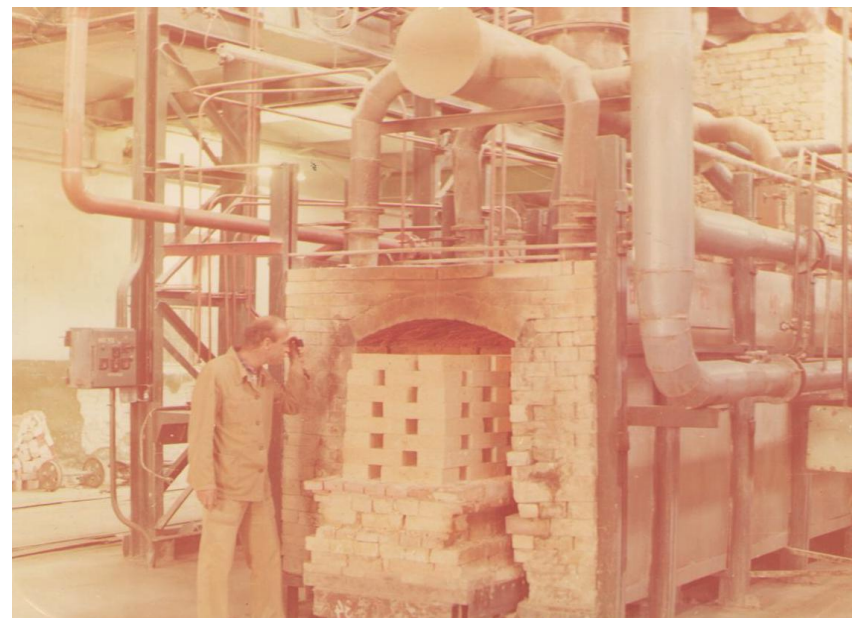
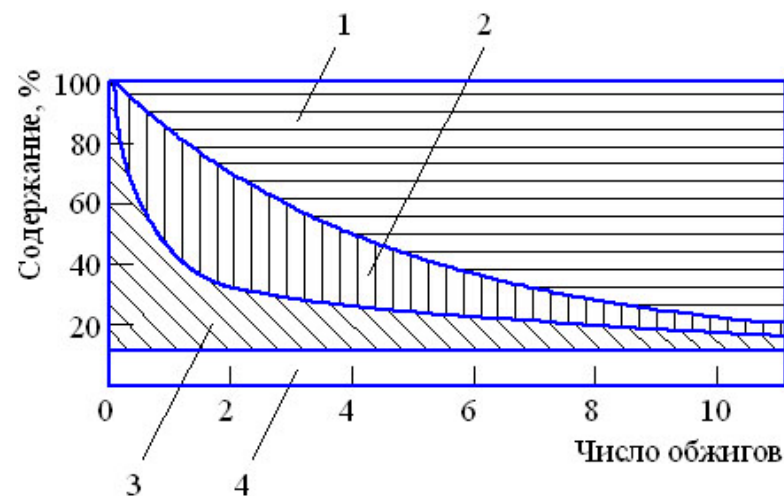


Динас

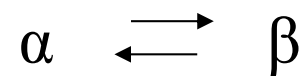
95% SiO_2 (кварцит) +
2-4% Ca(OH)_2 известк молоко



Огеупор до 1680°C



573°C



растрескивание

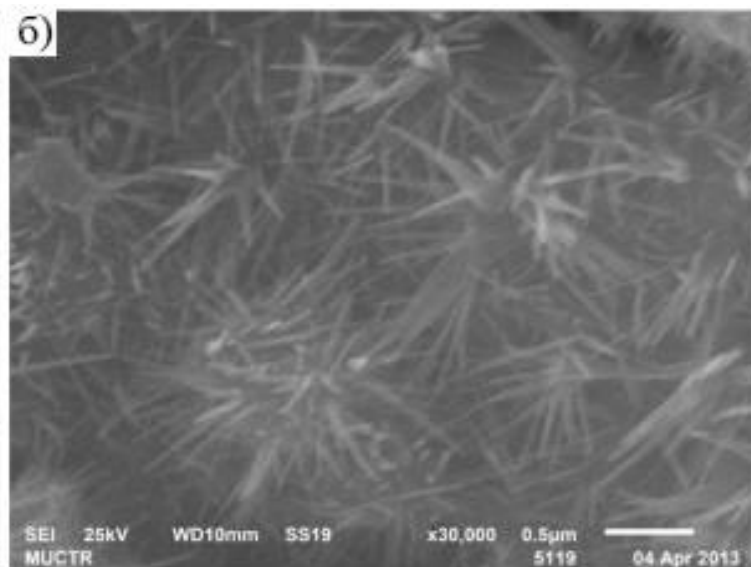
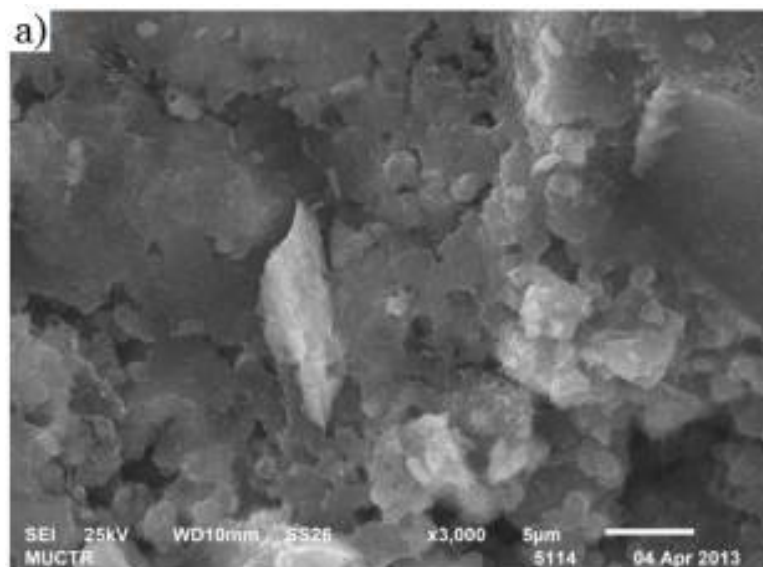


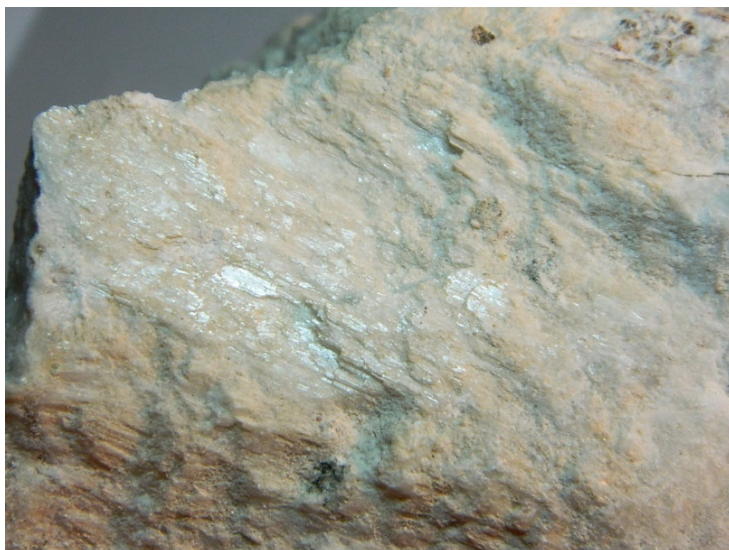
Силикатный кирпич

Сырье – известняк, кварцевый песок, вода

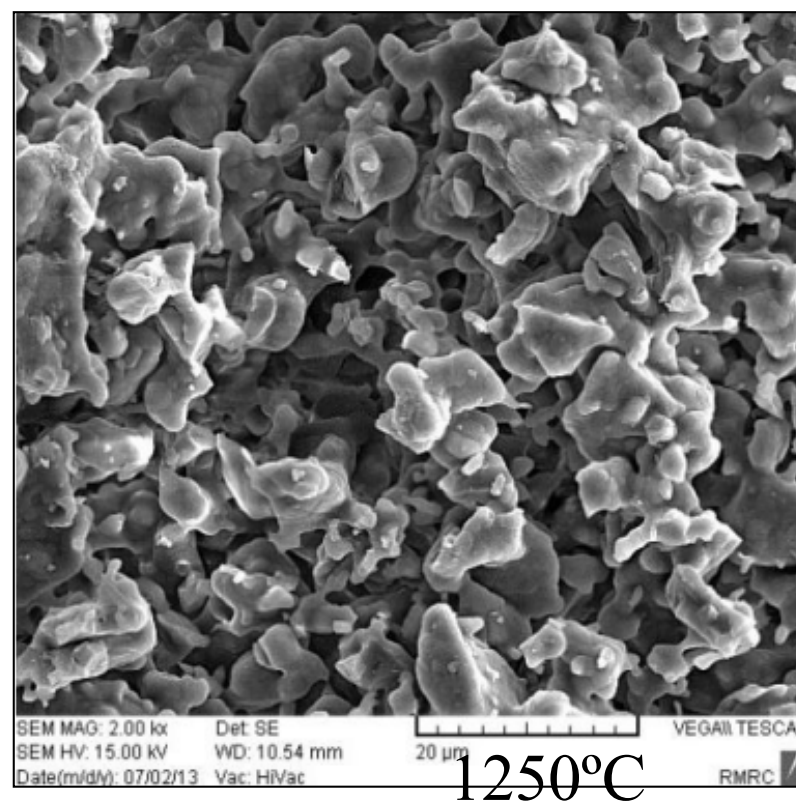
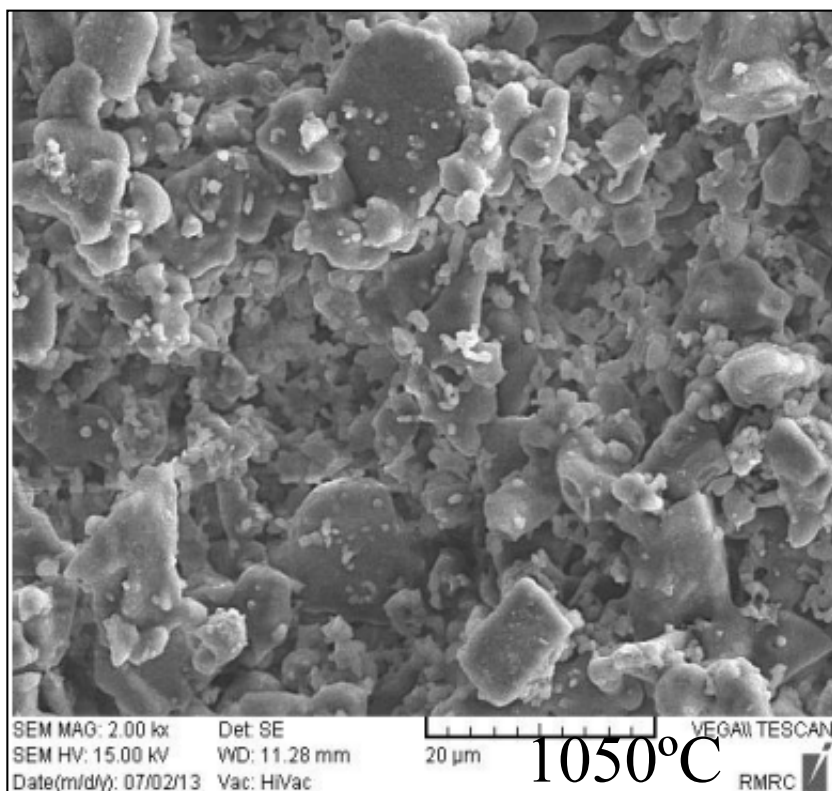
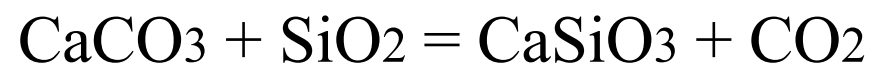


- приготовления известково-кремнеземистой смеси
- формование изделий,
- твердение изделий в автоклавах в среде насыщенного водяного пара при 0,9...1,6 МПа и 175...200°C

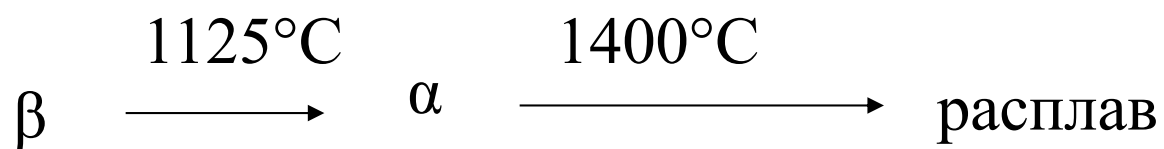




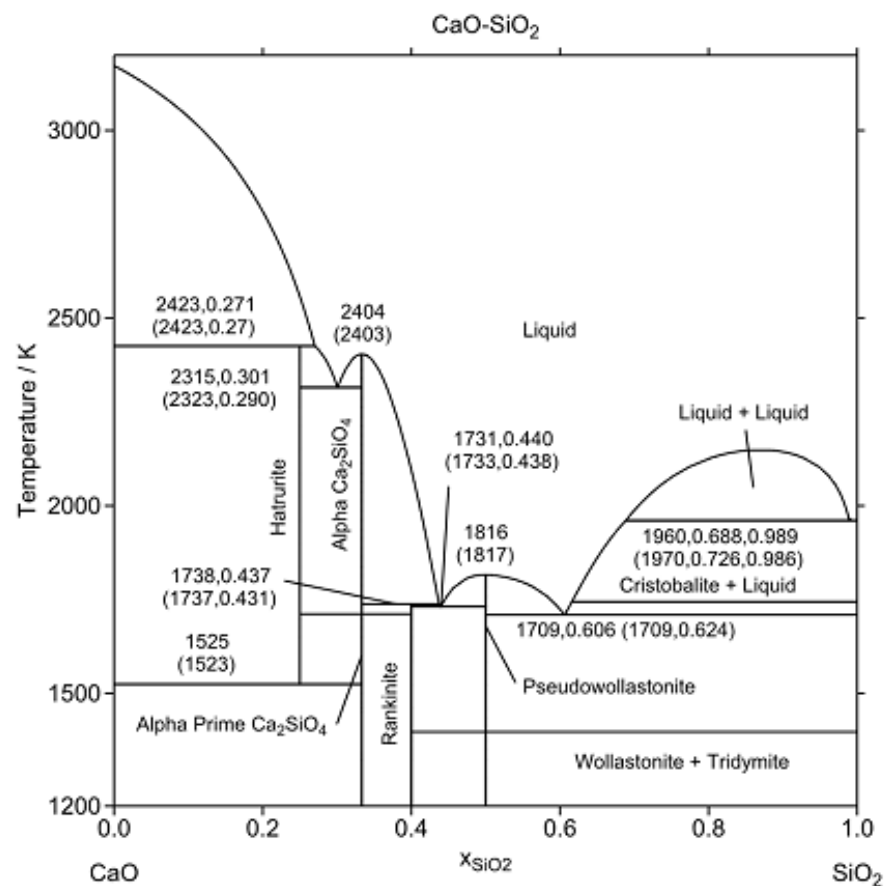
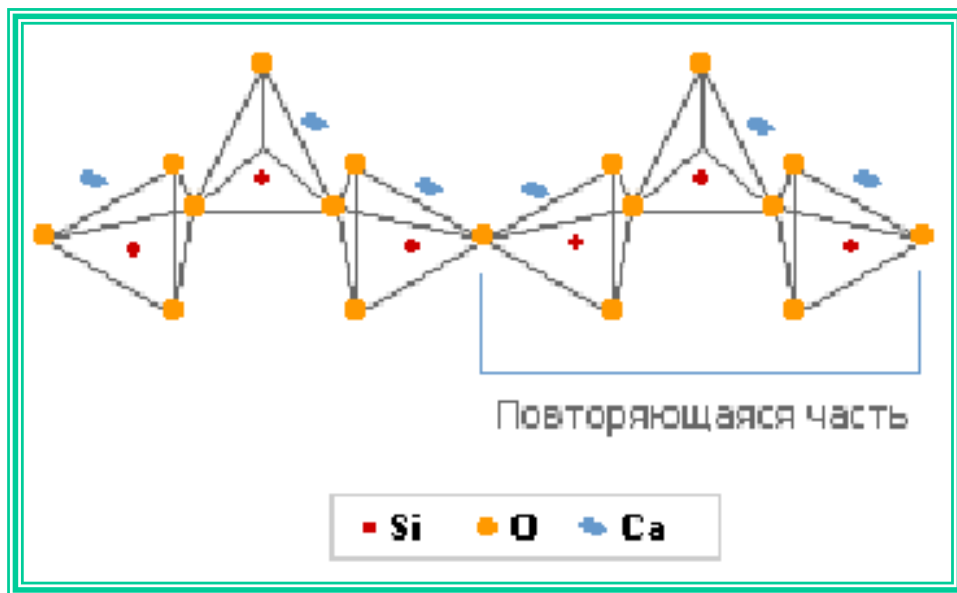
Волластонит



Полиморфные модификации волластонита



Псевдоволластонит,
гекс



Керамика на основе силикатов и алюмосиликатов

- Муллитовая
- муллито-корундовая
- клиноээнстатитовая
(стеатитовая)
- форстеритовая
- кордиеритовая



Кордиеритовая керамика
 $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

Египетский фаянс



Кварцевый песок + связующее
(сода, известь)

Покрит стекловидной пленкой с
частицами пигмента

Обжиг 1000°C



Традиционная керамика

- Строительная керамика
- Огнеупорные материалы
- Химически стойкие материалы
- Тонкая керамика

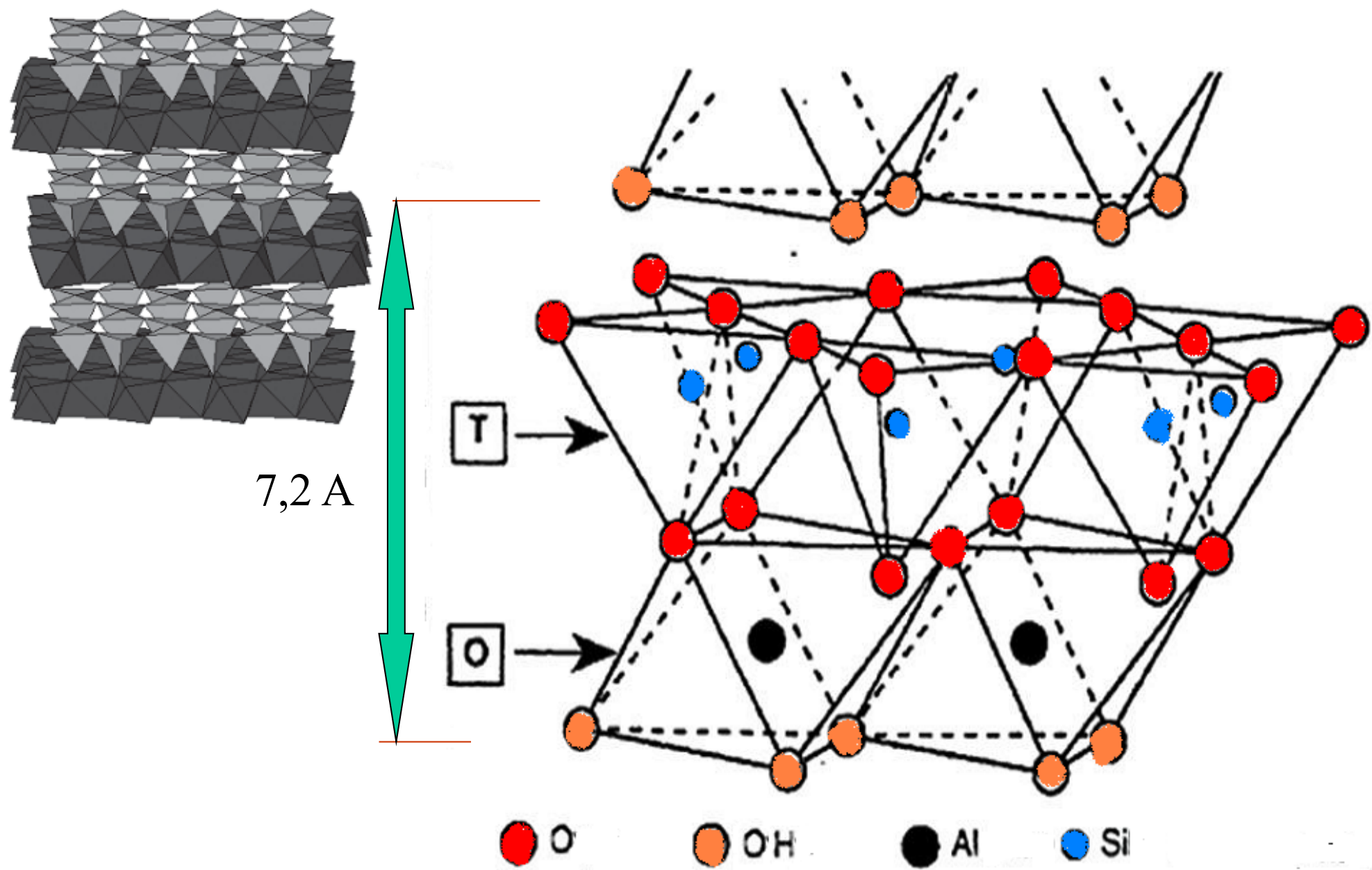
Сырье: 1) пластичные,
2) отощители
3) плавни
4) специальные добавки

Глина

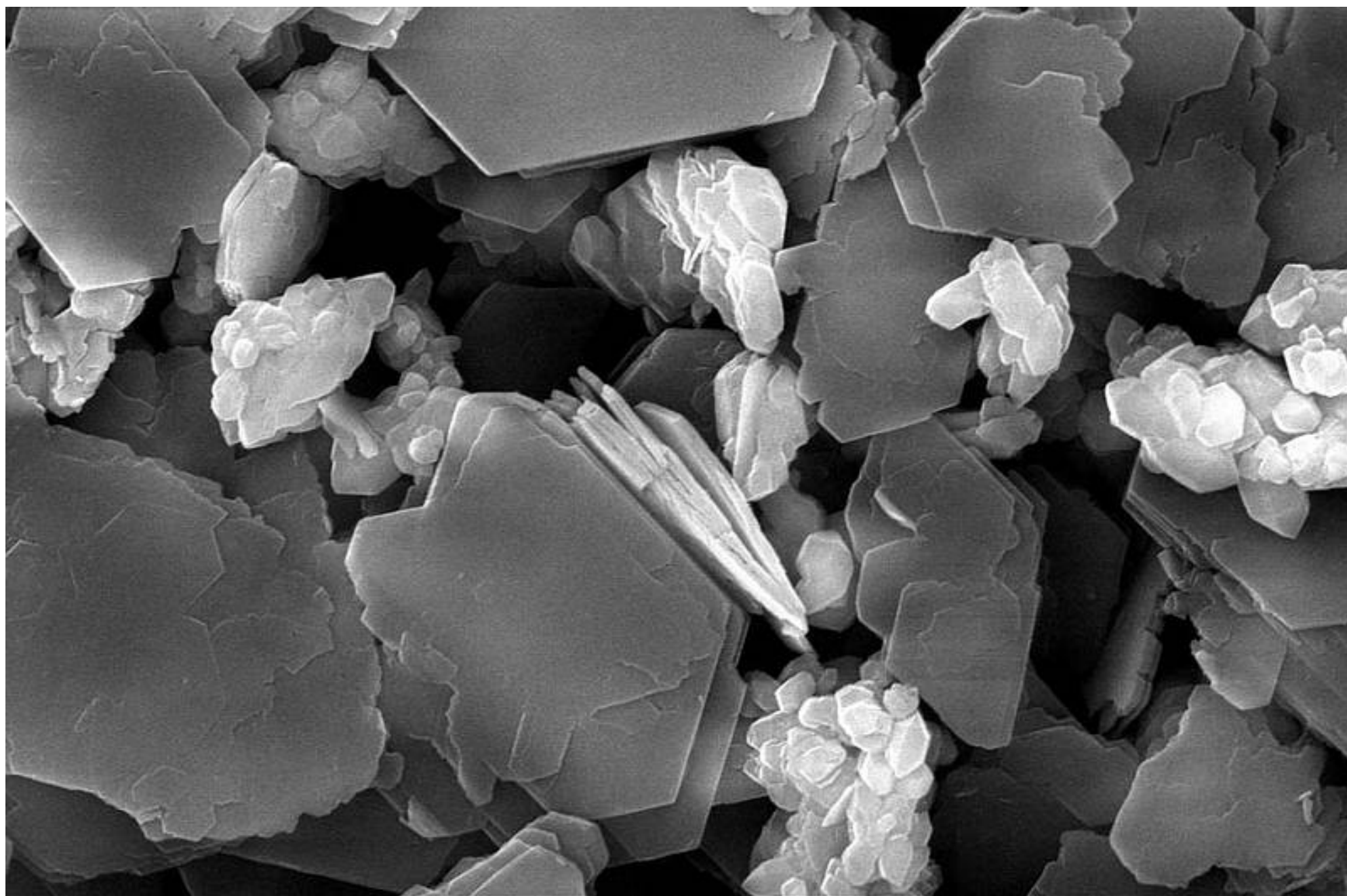
Глинистое вещество + примеси

- 1) Каолин $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$
- 2) Монтморрилонит $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,33}(\text{Al}, \text{Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – бентонитовые глины
- 3) Иллит





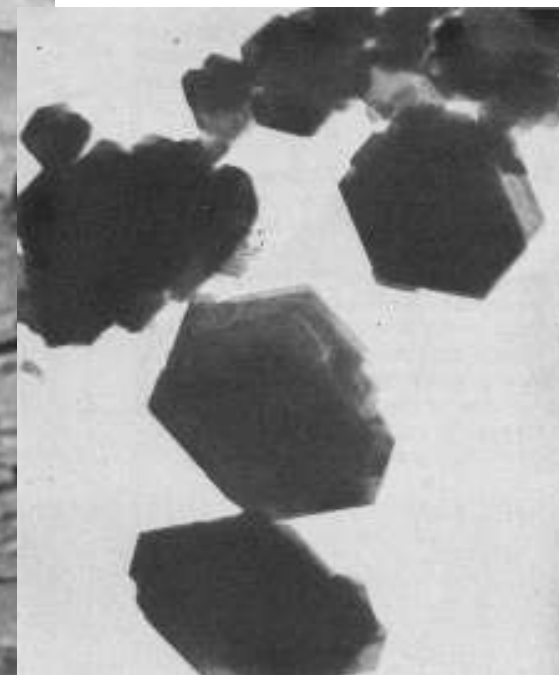
КАОЛИНИТ



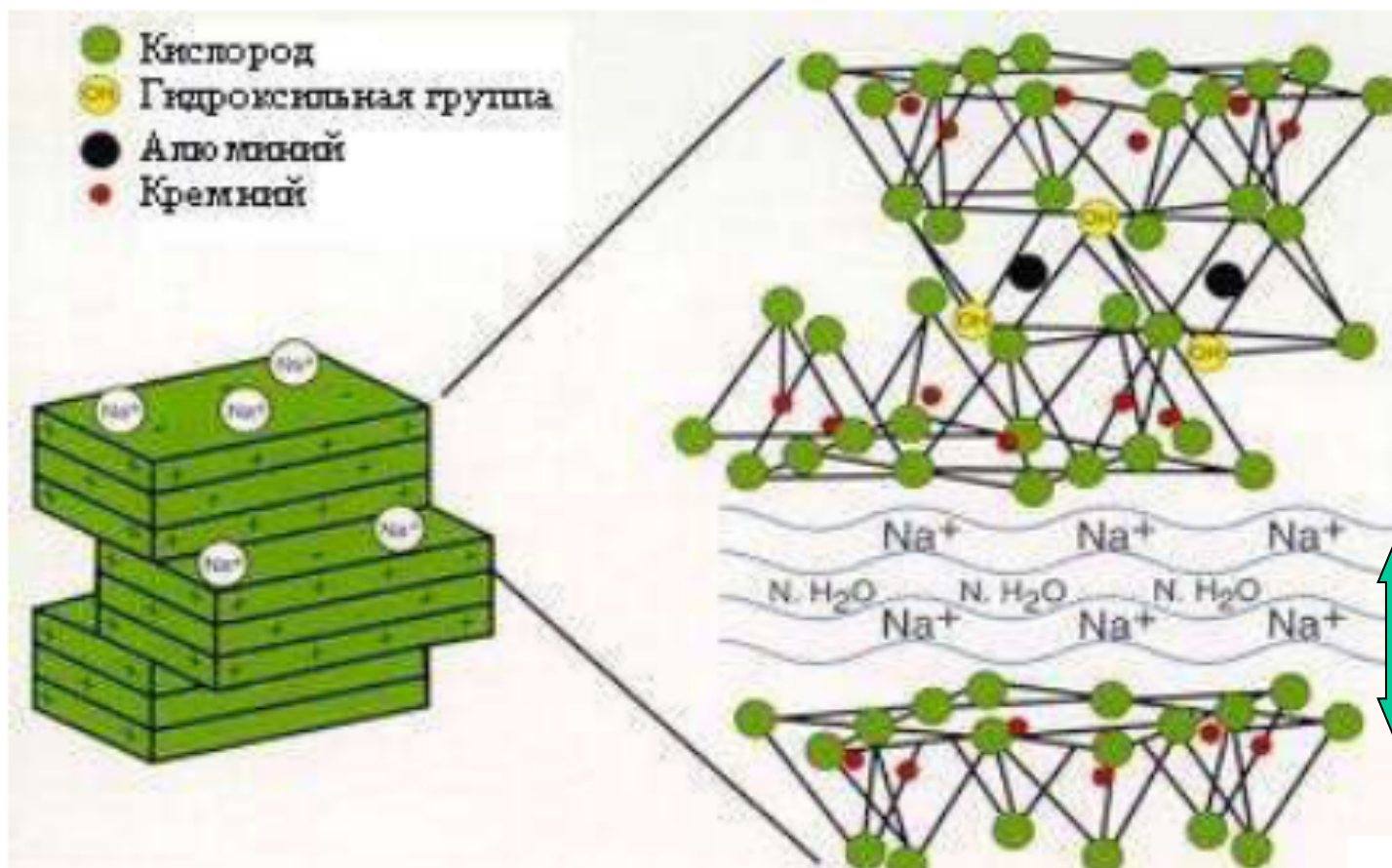
1µm
H

Mag = 7.79 KX EHT = 25.00 kV
User = Schulz WD = 9 mm

Signal A = SE1 Institut f. Geowissenschaften
Date :5 Jun 2003 Universität Tübingen

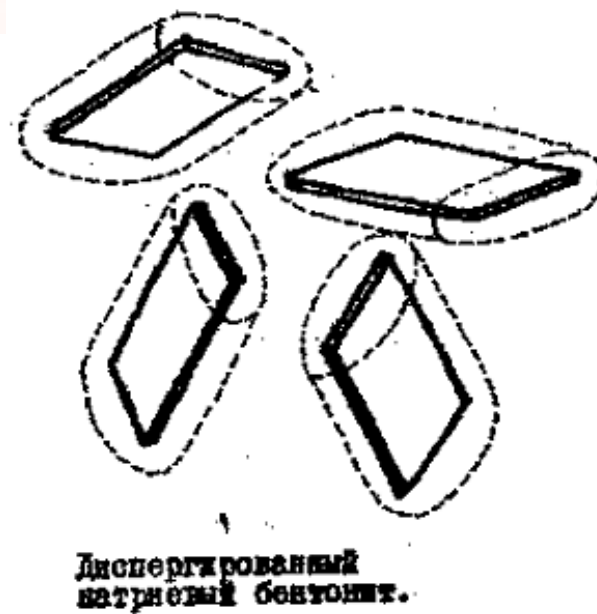
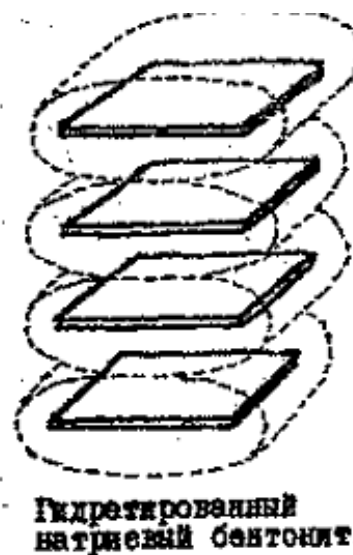


каолин

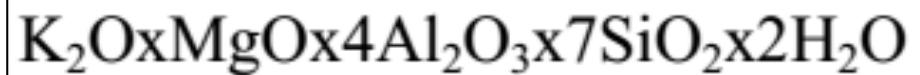


Монтмориллонит

9,6 – 21,4 А

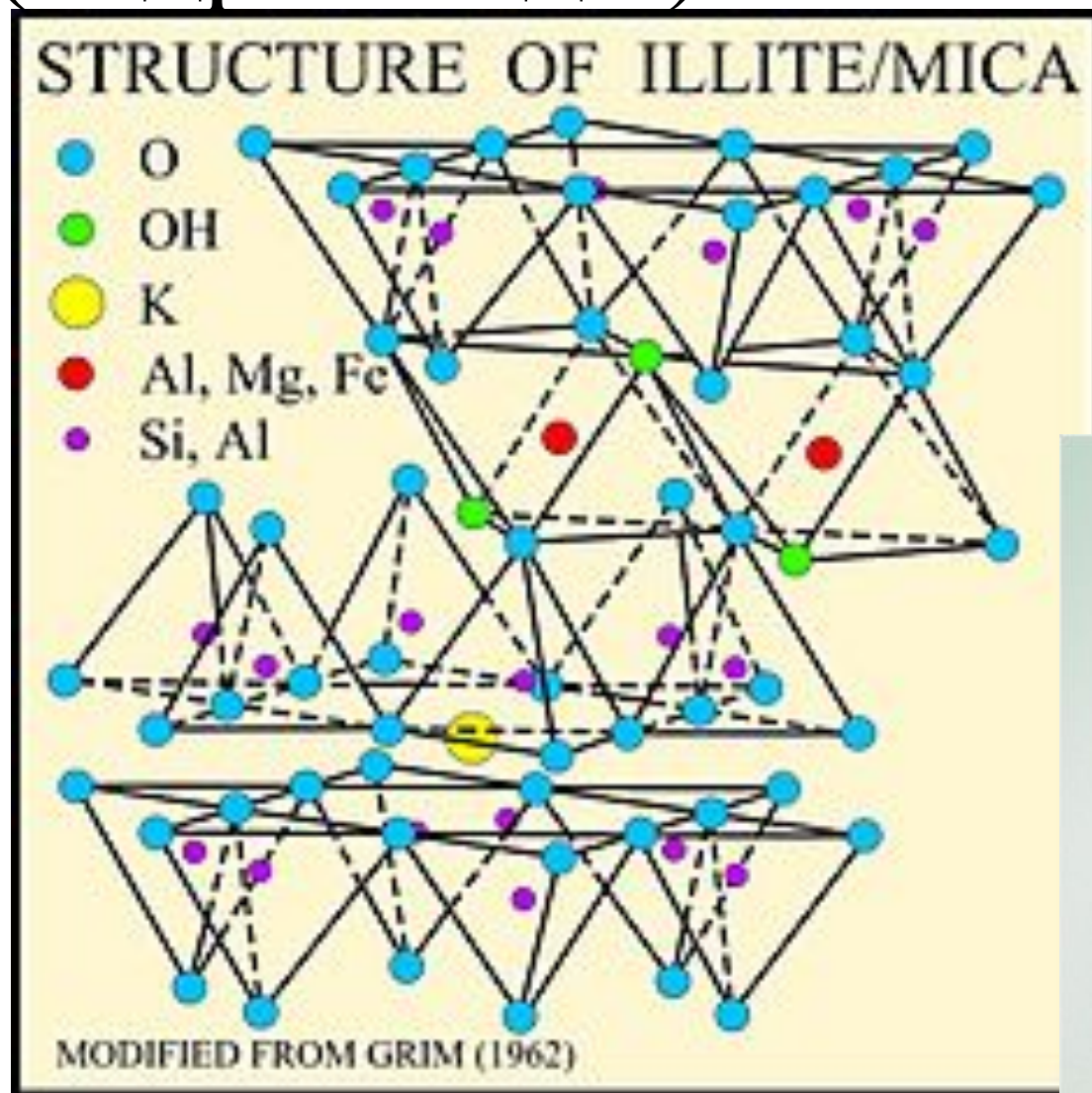


Иллит (гидрослюды)



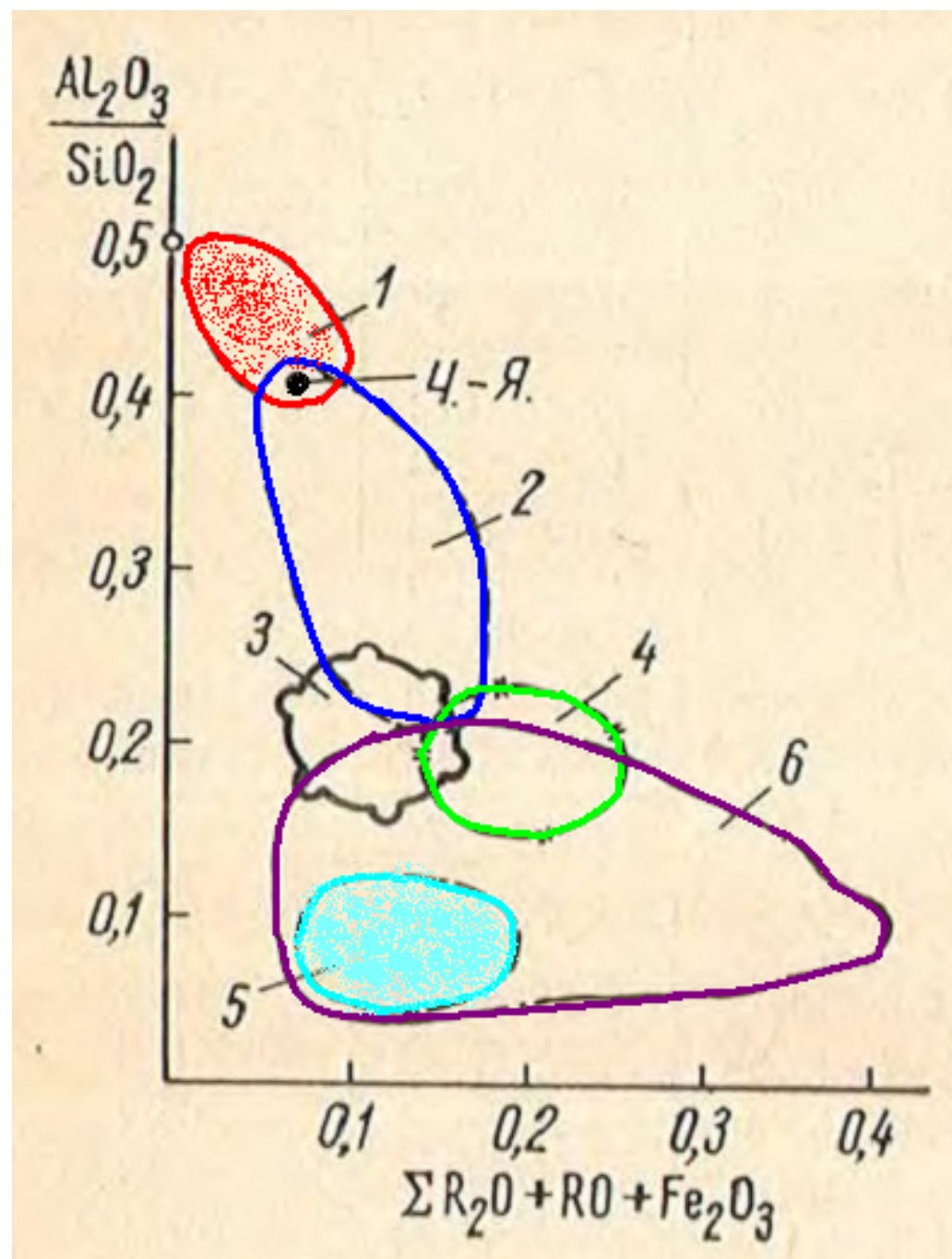
Al – Fe

Высокая пластичность



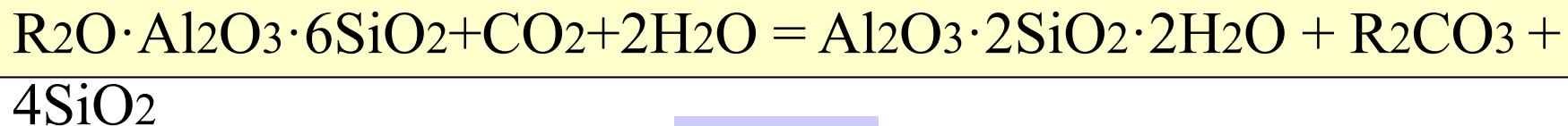
Состав глин

- Химический
- Минералогический
- Гранулометрический



Происхождение глин

Выветривание полевошпатовых пород:



Глины

```
graph TD; A[Глины] --> B[Первичные (элювиальные)]; A --> C[Вторичные (отложные)];
```

Первичные (элювиальные)

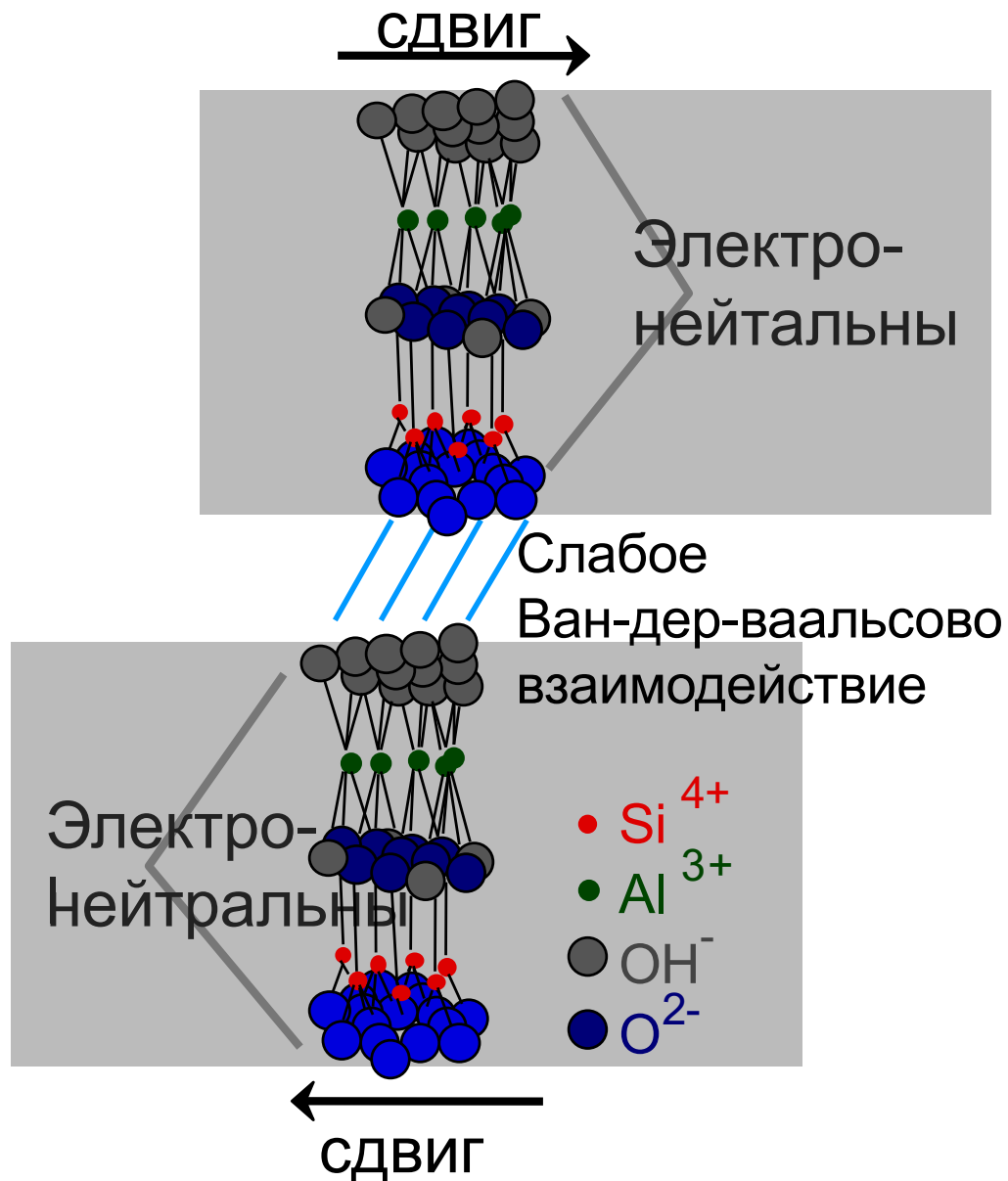
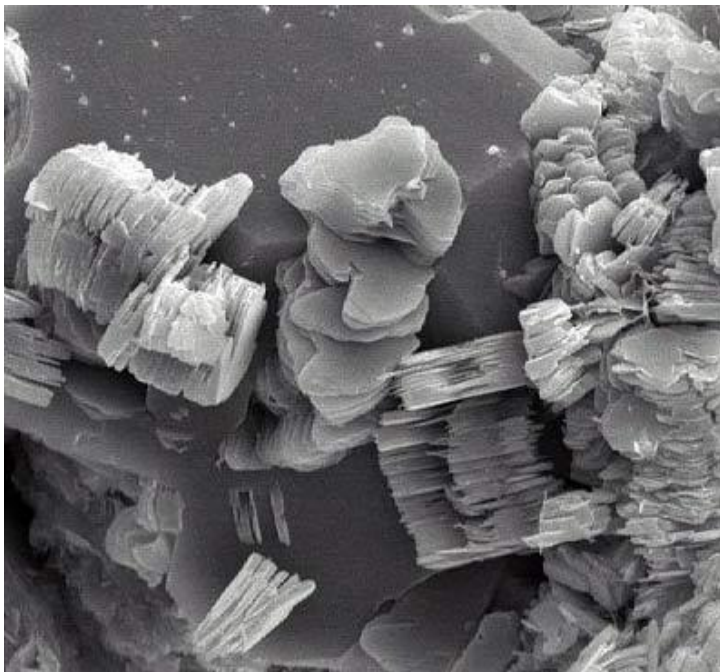
Содержат много кварца,
соединений Са, К

Вторичные (отложные)

Практически не содержат
кварца, часто загрязнены
железом

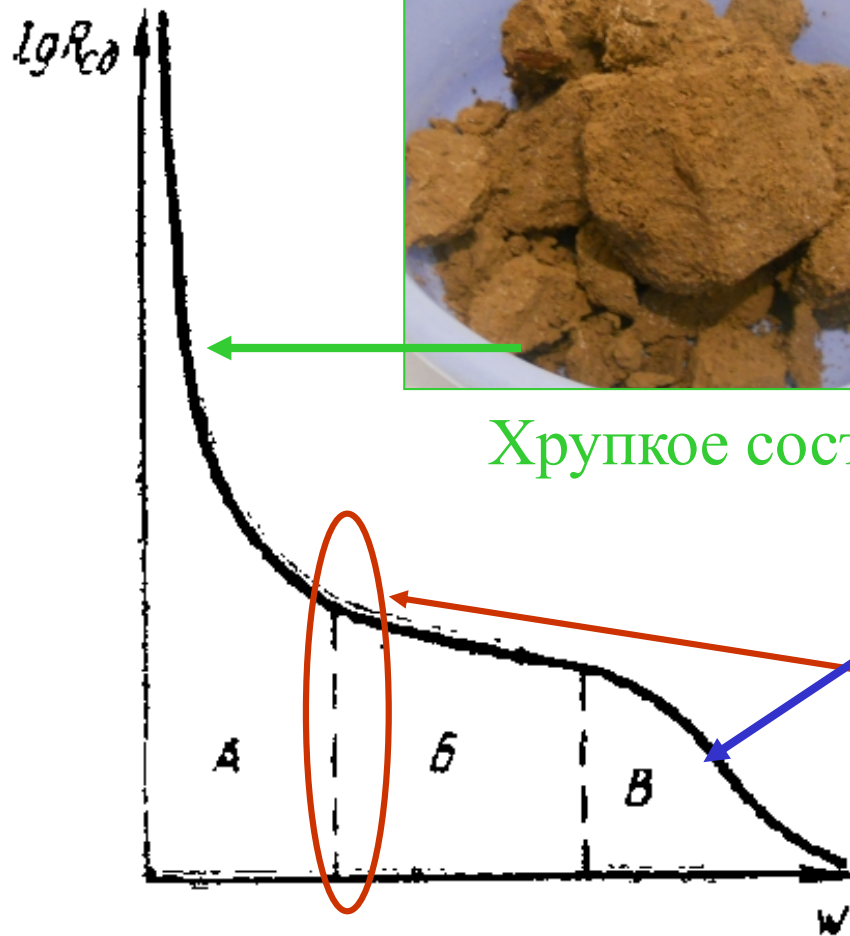


Гидропластичность глин



Пластичность глин

С повышением дисперсности
пластичность возрастает



Хрупкое состояние



Вязкотекучее состояние

Кожетвердое состояние

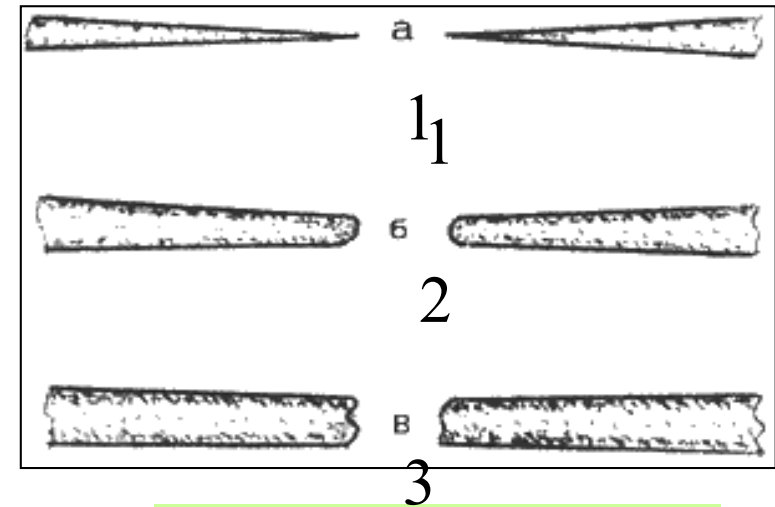
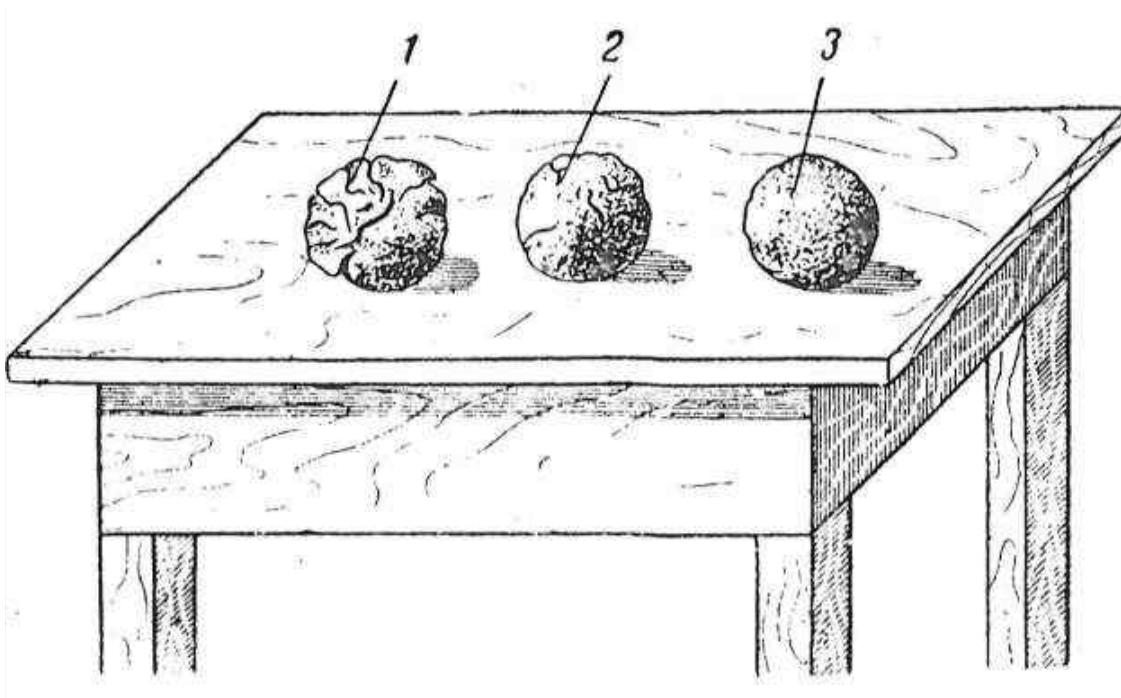
Деформация глины в
зависимости от ее
влажности



Тощие и жирные глины

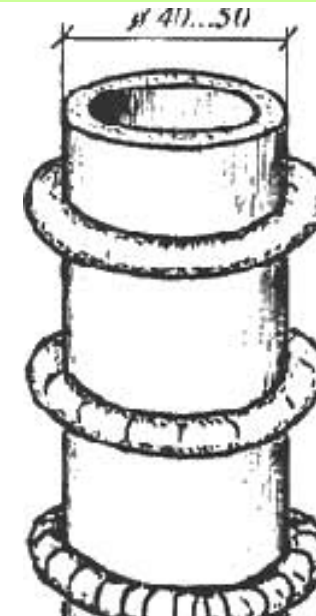
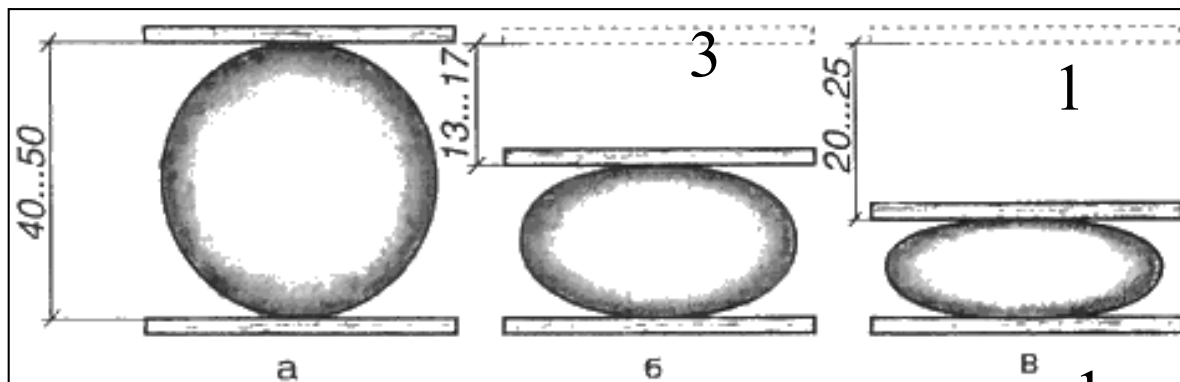
Содержание SiO_2 :
жирные глины 10-15%
средние – 15-25%
тощие глины — более 25%





1.жирная глина;
2.средняя глина;
3.тощая глина

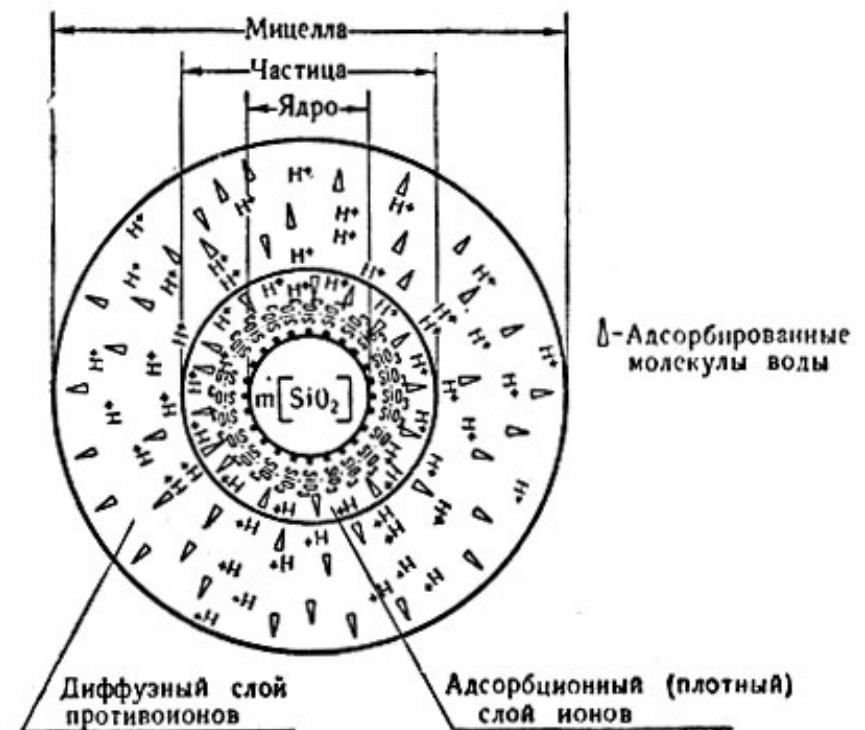
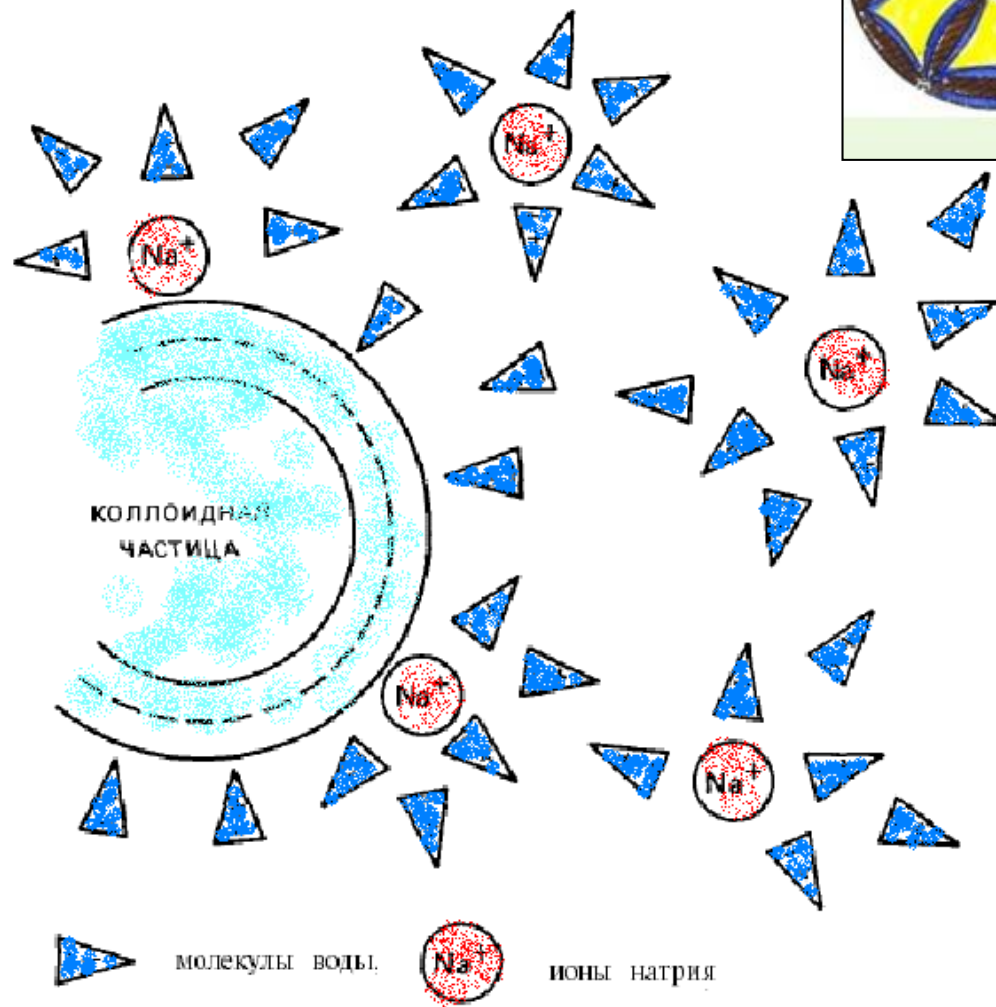
Определение жирности глины по
высушенному шарику, методами сдавливания и
растягивания



Типы структур

- Коагуляционная
(тиксотропно-обратимая,
пластичная, эластичная)
- Конденсационная
- кристаллическая

Коагуляционная структура глины



Тиксотропия

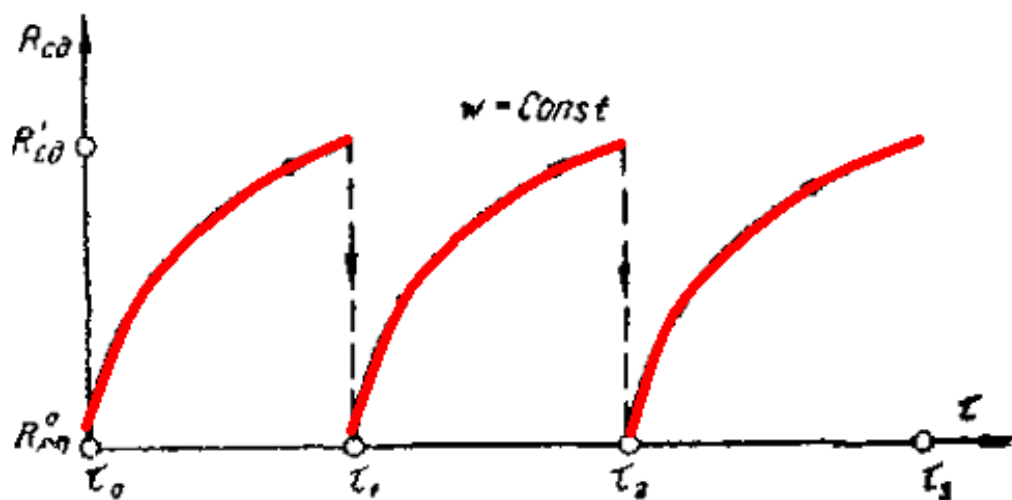
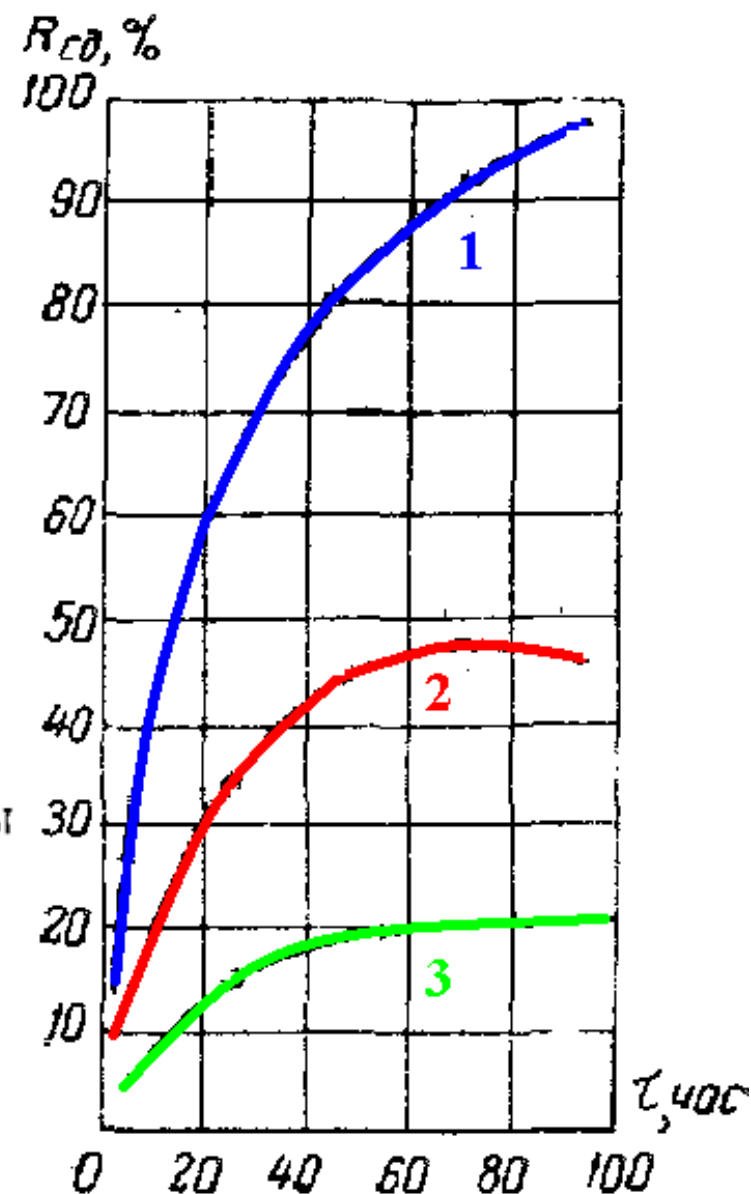


Схема процесса тиксотропного упрочнения глины



Кривые тиксотропного упрочнения

1 — фарфоровой массы; 2 — ряжской глины; 3 — глуховецкого каолина

Огнеупорность глин

- Огнеупорные $> 1580^{\circ}\text{C}$
- Тугоплавкие $1350 - 1580^{\circ}\text{C}$
- Легкоплавкие $< 1350^{\circ}\text{C}$

Повышают
огнеупорность:
Глинозем,
крупнозернистый
кварц

Тип глин	Содержание, %						
	SiO_2	Al_2O_3 + TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	$\text{K}_2\text{O} +$ Na_2O
Огне- упорные	46-62	25-39	0,4-2,7	0,2-0,8	0,2-1	следы -0,5	0,3-3
Туго- плавкие	53-73	16-29	1-9	0,5-2,0	0,3-2,6	следы -0,6	0,7-3,2
Легко- плавкие	55-80	7-21	3-12	0,5-15 и более	0,5-3	следы -3	1-5

Понижают огнеупорность:
 R_2O , RO (флюсы), тонкодисперсный кремнезем



Красная глина

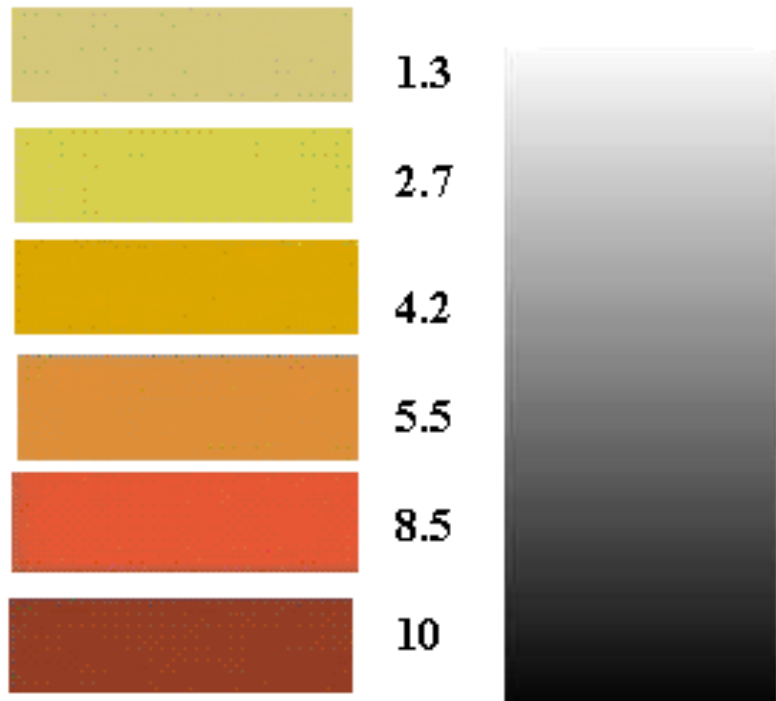


Юрская глина



Кембрийская глина

%, Fe_2O_3



окислительный
обжиг

восстановительный
обжиг

Глуховецкий каолин

Винницкая область



Просяновский каолин



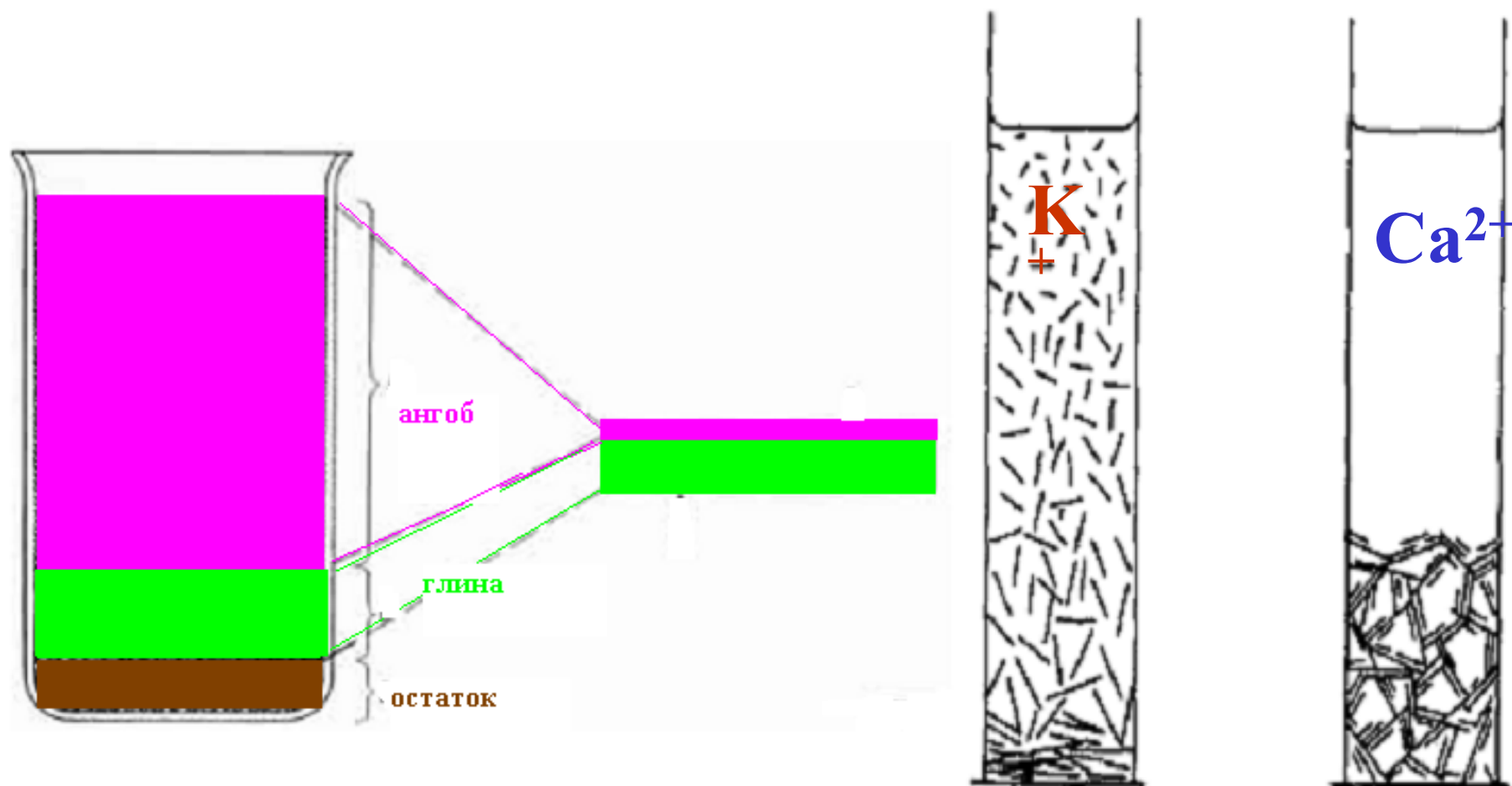
Дружковская и часовьярская беложгущиеся глины



- Вымораживание
- Зумпфование
- Грубое дробление
- Тонкое измельчение
- Приготовление глиняного теста
- Вакуумирование



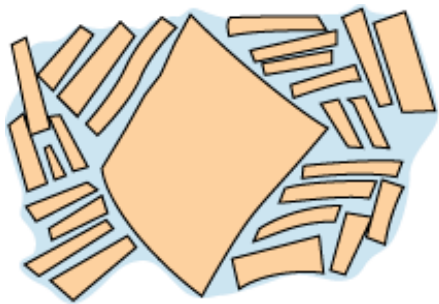
Взаимодействие суспензии глины с электролитами



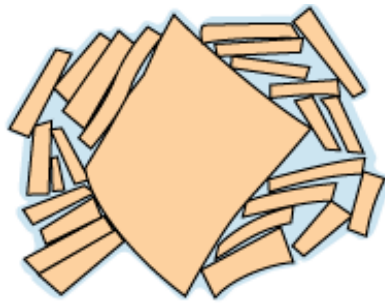
Стадии производства керамики

- Получение исходного сырья
- Формование изделия
- Сушка
- Обжиг (спекание)

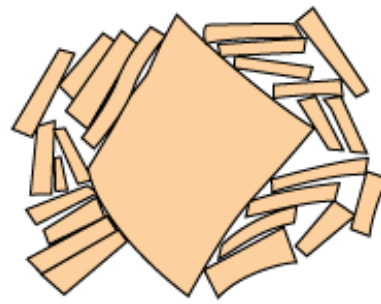
Сушка



wet body



partially dry



completely dry







ДЫМОХОД

Темп 800 - 1000°C

камера

топка

Обжиг

Витрификация: глина
+ флюс = стекло
Стекло связывает
частицы SiO_2
Флюс понижает
температуру
плавления

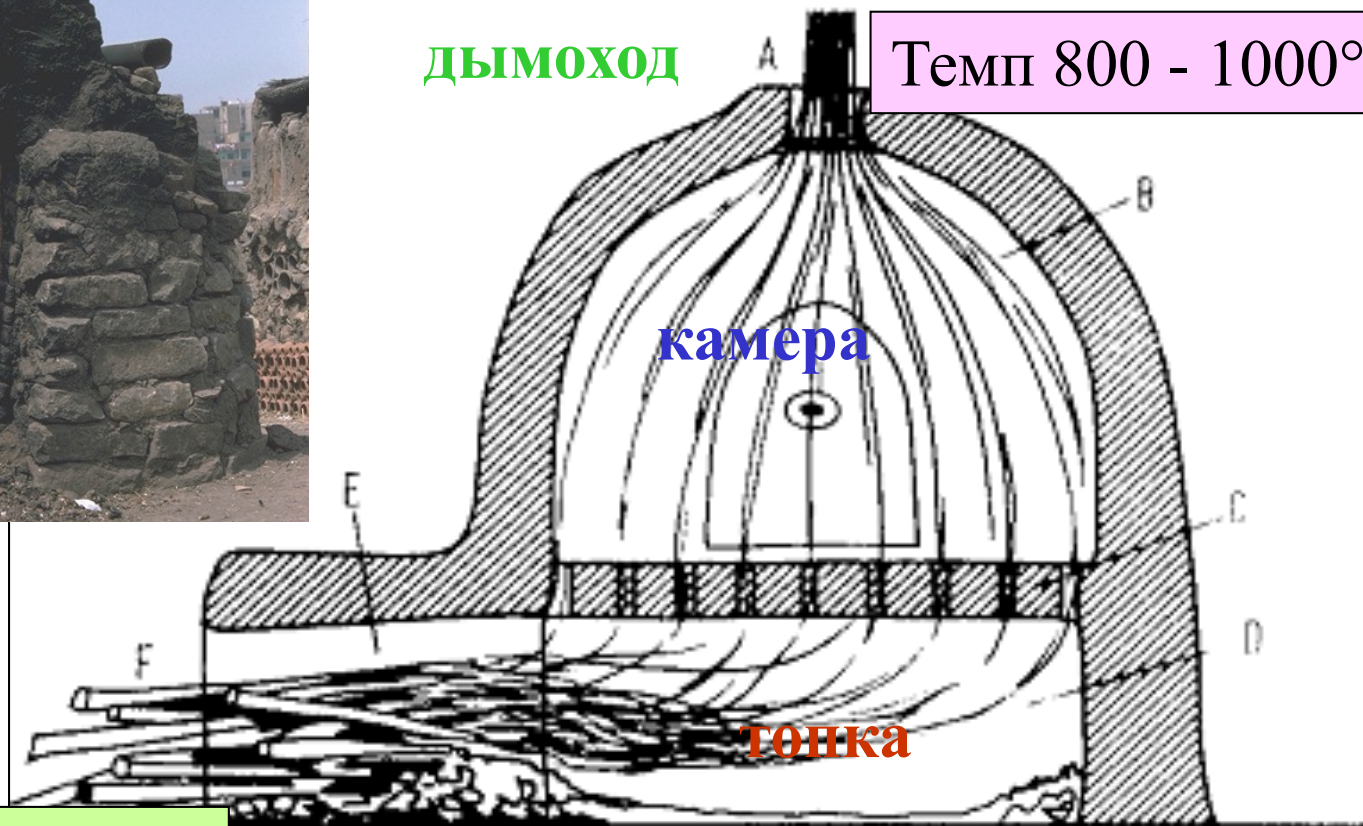


Fig. 7. Attic potter's kiln (according to A. Winter)

- A = vent
- B = firing chamber with door for insertion of the vases
- C = grating
- D = fire pit
- E = combustion zone
- F = opening for stoking



Измерение температуры

По цвету каления:



Конусы Зегера
(пирометрические)

Цвет	Наименование	t° C
	Ослепительно белый	1250 - 1300
	Светло-желтый	1150 - 1250
	Темно-желтый	1050 - 1150
	Оранжевый	900 - 1050
	Светло-красный	830 - 900
	Светло-вишнево-красный	800 - 830
	Вишнево-красный	770 - 800
	Темно-вишнево-красный	730 - 800
	Темно-красный	650 - 730
	Коричнево-красный	580 - 650
	Темно-коричневый	530 - 580

- выполнен из материала, близкого по составу
- Должен коснуться подставки



Окислительная и восстановительная атмосфера

Восстановительная атмосфера



Отсутствие кислорода

Fe(II)

витрификация

Окислительная атмосфера

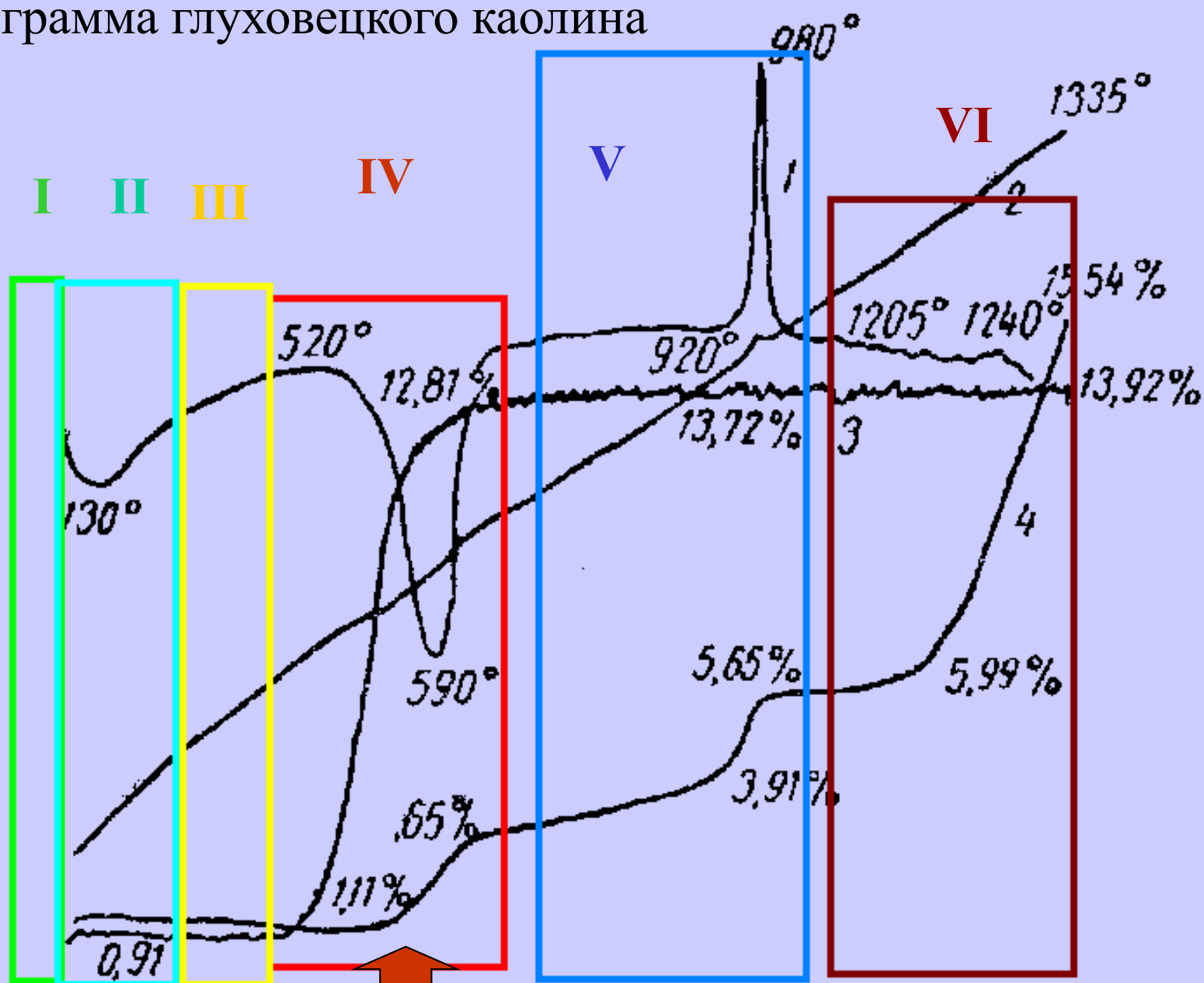
Избыток кислорода

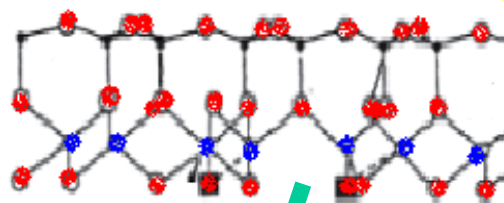
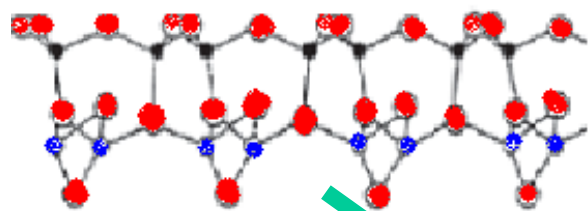
Fe(III)

спекание



Термограмма глуховецкого каолина

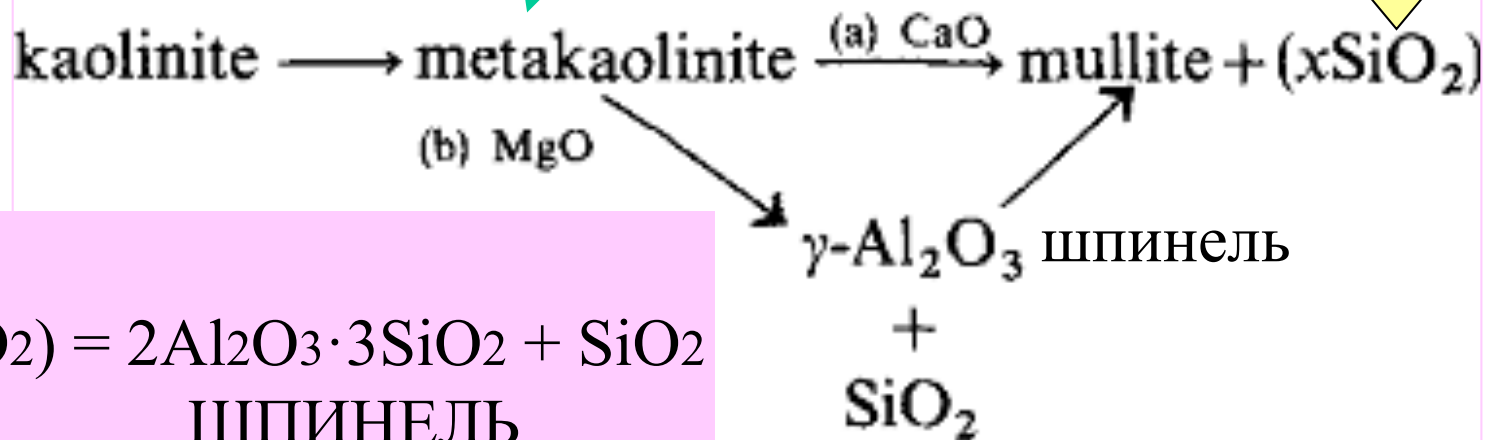




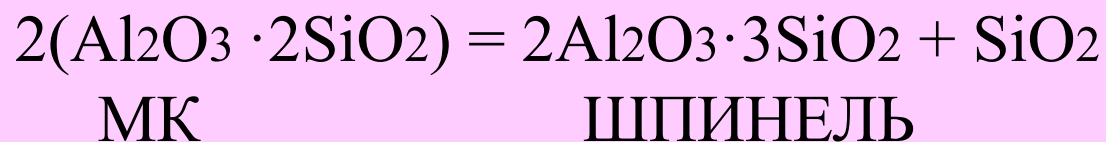
Высокодисперсный,
реакционноспособны

й

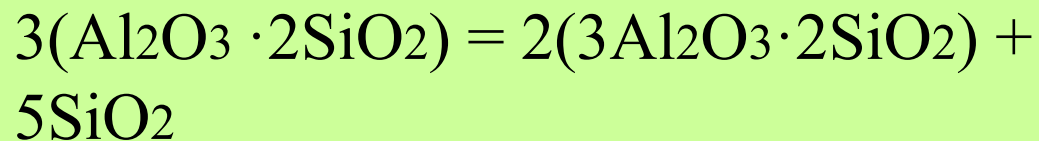
Пути распада
МК



980 - 1100°C



1100 - 1400 °C



ШПИНЕЛЬ

МУЛЛИТ

Рост кристаллов муллита

Образование стеклофазы:
 $\text{SiO}_2 + \text{Mg}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{Fe}^{2+}$

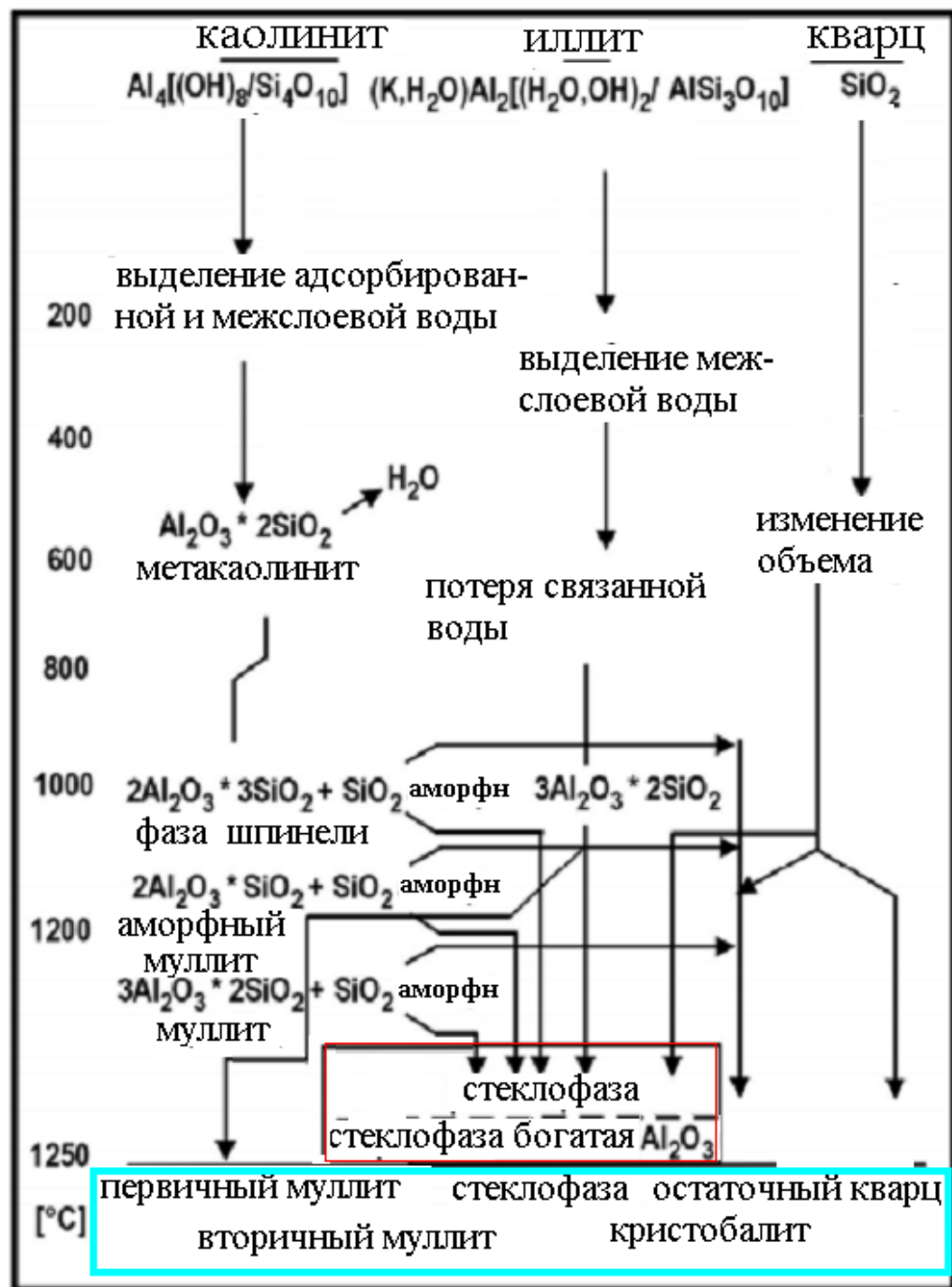
920 – 980 ° $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (корунд)

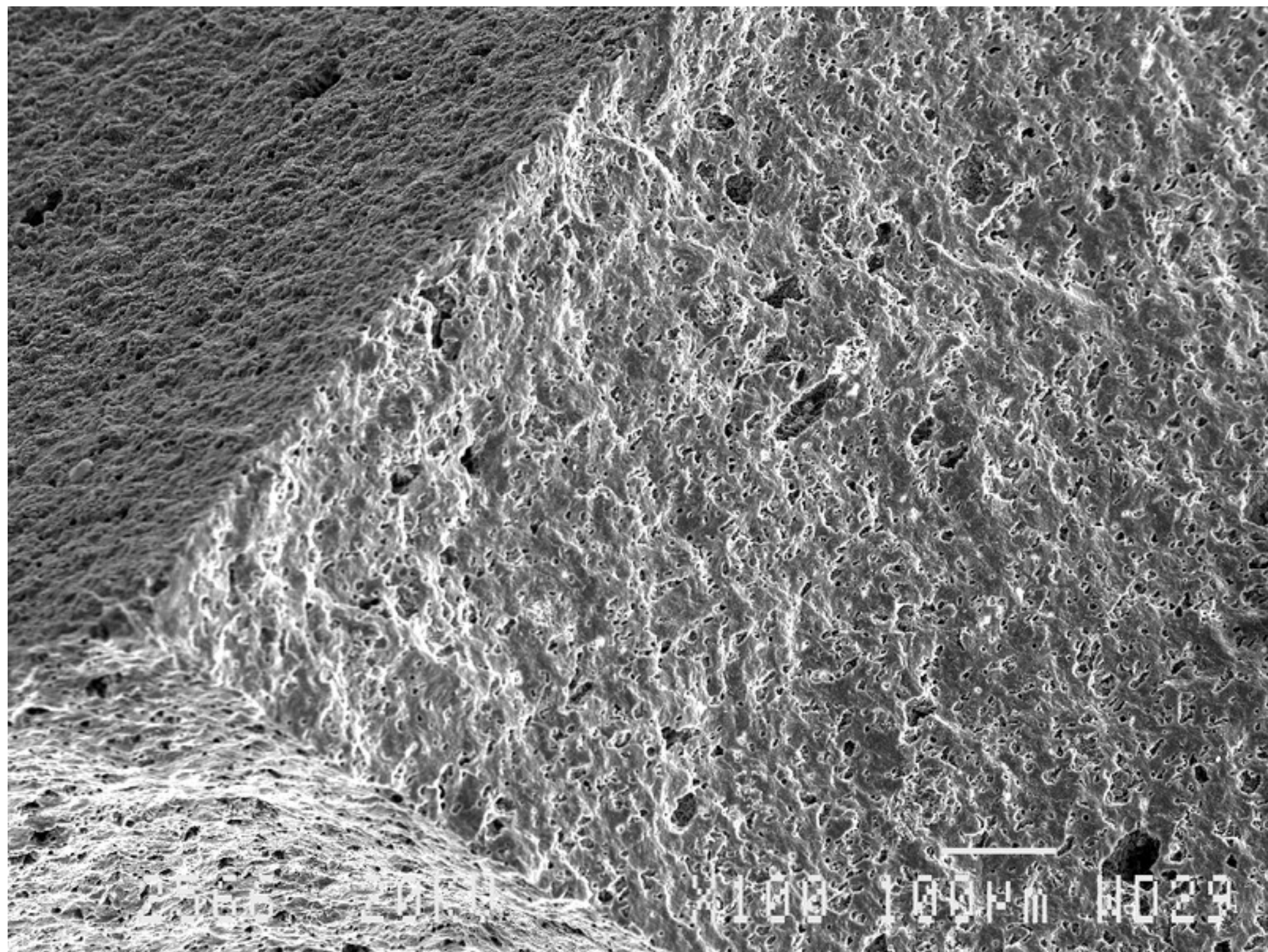
1205 - 1240° $\beta\text{-SiO}_2$ (кварц) $\rightarrow \beta\text{-SiO}_2$ (кristобалит)

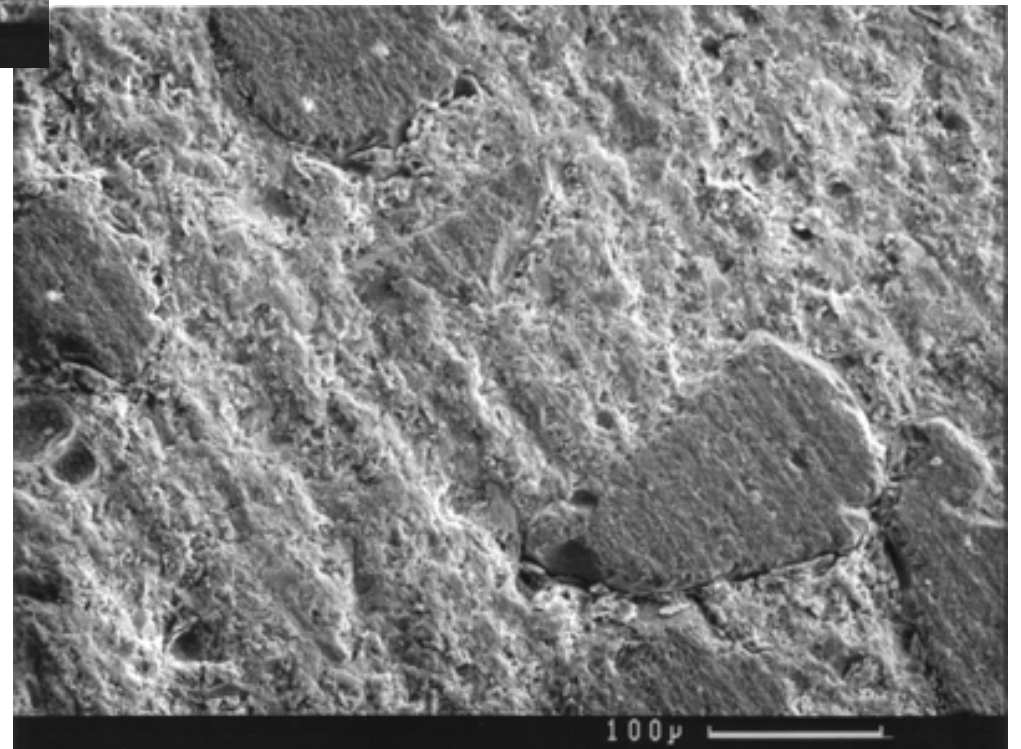
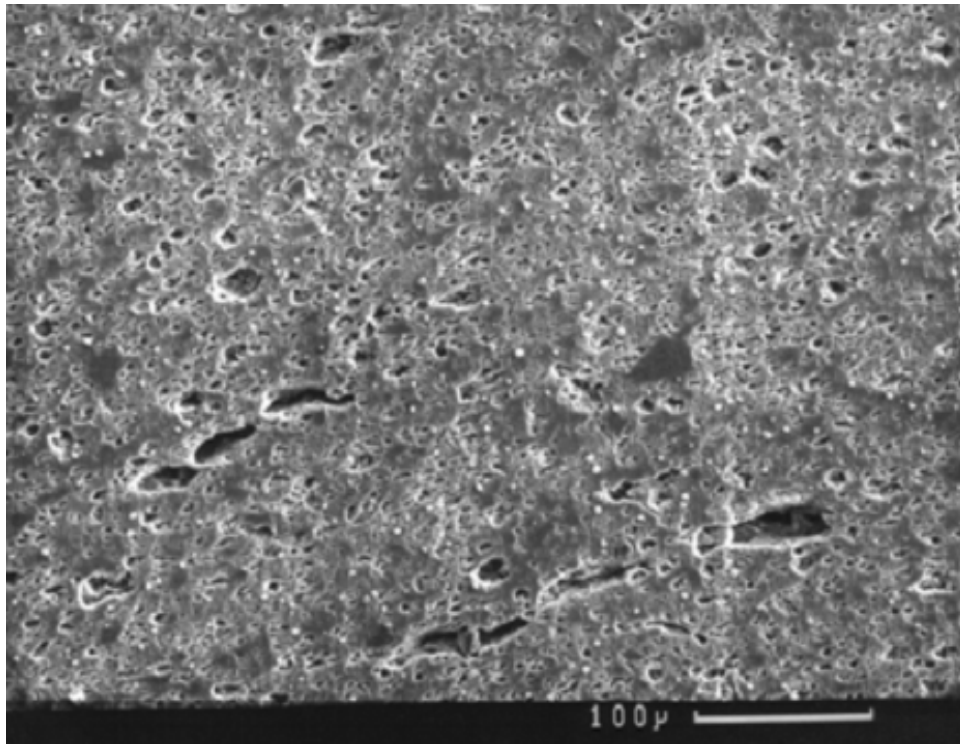
230 ° $\beta\text{-SiO}_2$ (kristобалит) $\rightarrow \alpha\text{-SiO}_2$ (kristобалит)

СЖАТИЕ

при охл







Шамот

Состав: Кварц, мулит, кристобалит

Т. Плав.
ок 1780°C

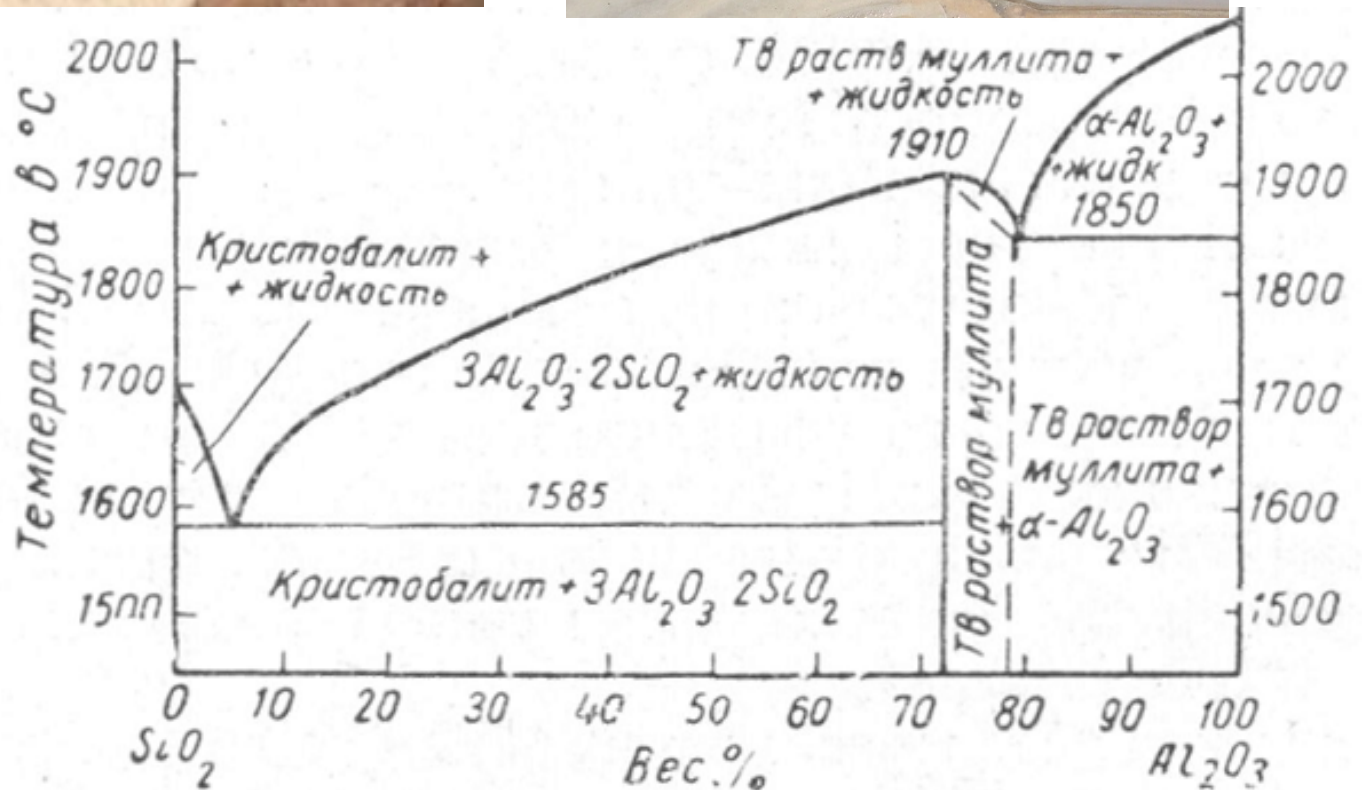
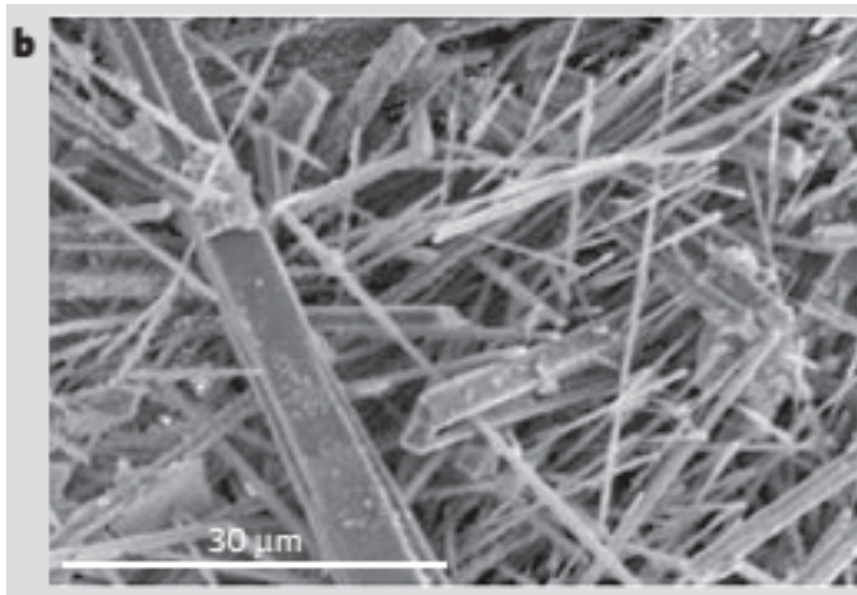


Диаграмма состояния системы Al_2O_3 — SiO_2

Гессенские тигли



NATURE|Vol 444|23 November 2006