

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВПО ПГУПС)

Кафедра «Строительные материалы и технологии»

*Учебно-наглядное пособие по дисциплине*  
*«Строительные материалы»*

по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»  
по профилю  
«Водоснабжение и водоотведение»

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург 2015

# 1 Неорганические вяжущие вещества. Воздушные вяжущие вещества. Гидравлические вяжущие вещества

Неорганические вяжущие вещества делят на воздушные и гидравлические.

Воздушные вяжущие способны затвердевать и длительное время сохранять прочность только на воздухе. По химическому составу они делятся на четыре группы:

- 1) известковые вяжущие, состоящие главным образом из оксида кальция  $\text{CaO}$ ;
- 2) гипсовые вяжущие, основой которых является сернокислый кальций;
- 3) магнезиальное вяжущее, содержащее каустический магнезит  $\text{MgO}$ ;
- 4) жидкое стекло – силикат натрия или калия (в виде водного раствора).

Гидравлические вяжущие твердеют и длительное время сохраняют прочность (или даже повышают ее) в воде и на воздухе. По своему химическому составу гидравлические вяжущие вещества представляют собой сложную систему, состоящую в основном из соединений четырех видов:  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Эти соединения образуют три основные группы гидравлических вяжущих: силикатные цементы, состоящие преимущественно (на 75 %) из силикатов кальция; к ним относятся портландцемент и его разновидности – основные вяжущие современного строительства; алюминатные цементы, вяжущей основой которых являются алюминаты – глиноземистый цемент и его разновидности; гидравлическая известь и романцемент.

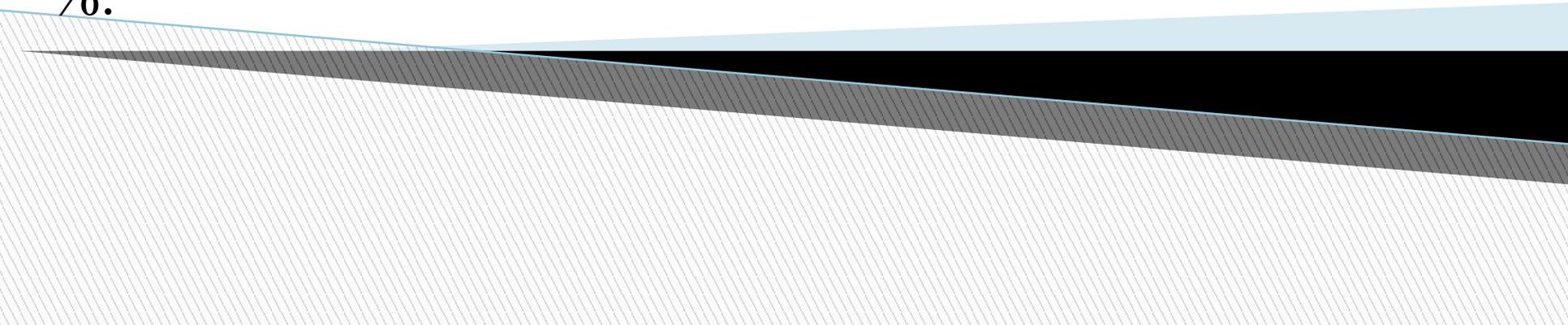
Кроме этого к гидравлическим вяжущим относятся щелочные вяжущие системы шлакощелочные, щелочные клинкерные и щелочные алюмосиликатные вяжущие.

# 1 Неорганические вяжущие вещества. Воздушные вяжущие вещества. Гидравлические вяжущие вещества

## Воздушная известь

Известь (как и гипс) – древнейшее вяжущее вещество. Ее применяли за несколько тысяч лет до нашей эры.

Воздушная известь – продукт умеренного обжига не доспекания кальциево-магниевых карбонатных горных пород: мела, известняка, доломитизированного известняка, доломита с содержанием глины не более 6 %.



# 1 Неорганические вяжущие вещества. Воздушные вяжущие вещества. Гидравлические вяжущие вещества

## Применение воздушной известки

Виды известковых вяжущих	Состав	Режим твердения	Свойства	Применение
Воздушная известь (кипелка)	CaO	Воздушно-сухой	< водостойкость, $R_{сж}$ до 5 МПа	Краски, штукатурные, кладочные растворы, низкомарочные бетоны
Гидратная известь (пушонка)	Ca(OH) <sub>2</sub>		$R_{сж}$ до 1 МПа,	
<b>Смешанные</b>				
Известково-пуццолановые	CaO + пуццолановые добавки (опока, золы) + гипс	Влажный	$R_{сж,28} = 2,5-15$ МПа, < морозостойкость, < воздухоустойкость, > водостойкость, > сульфатостойкость	Низкомарочные бетоны, подводные подземные сооружения
Известково-шлаковые	CaO + шлак + гипс	Влажный ТВО!	$R_{сж,28} = 5-20$ МПа, средняя морозостойкость, воздухоустойкость, водостойкость, сульфатостойкость	Низкомарочные бетоны и растворы
Известково-кремнеземистые	CaO + SiO <sub>2</sub>	Влажный (автоклав)	$R_{сж}$ до 50 МПа, водостойкость, морозостойкость, < стойкость арматуры, < термостойкость	Силикатный кирпич, силикатный бетон: плотный, ячеистый

# 1 Неорганические вяжущие вещества. Воздушные вяжущие вещества. Гидравлические вяжущие вещества

## Гипсовые вяжущие вещества

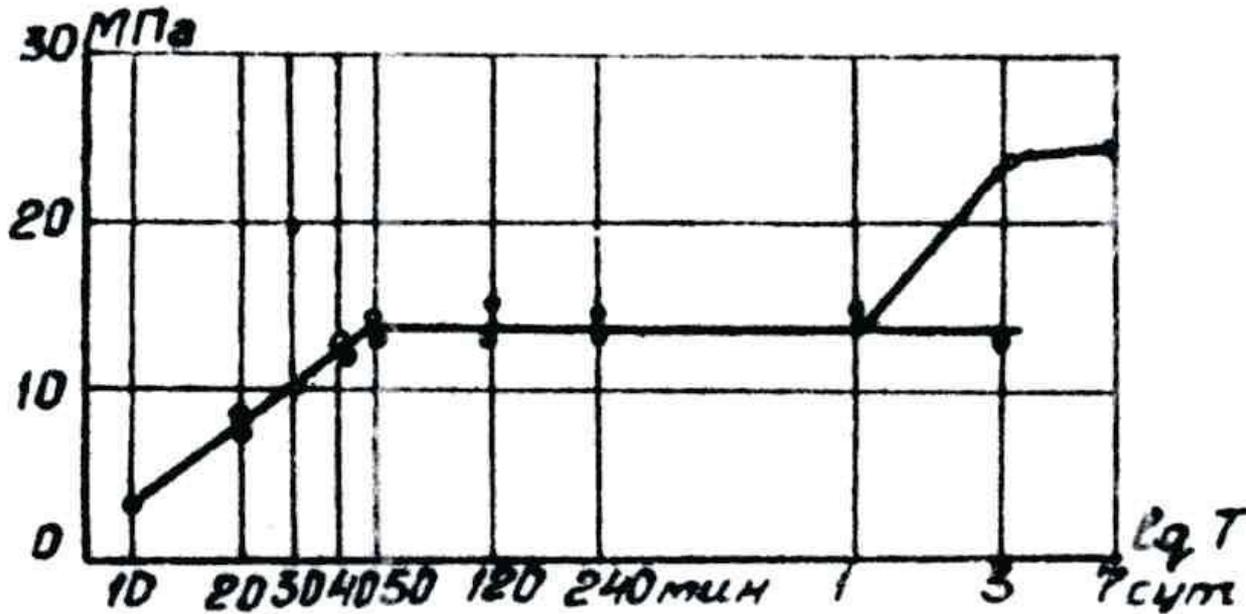
Гипсовые вяжущие вещества – это воздушные вяжущие, состоящие в основном из полуводного гипса или ангидрида и получаемые тепловой обработкой сырья и помолом.

Сырье для получения гипсовых вяжущих чаще всего служит горная порода гипс, состоящая преимущественно из минерала гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Используют и ангидрит  $\text{CaSO}_4$ , отходы промышленности (фосфогипс – от переработки природных фосфатов в суперфосфат, борогипс и др.).

Гипсовые вяжущие вещества подразделяются в зависимости от температуры тепловой обработки на две группы: низкообжиговые и высокообжиговые.

# 1 Неорганические вяжущие вещества. Воздушные вяжущие вещества. Гидравлические вяжущие вещества

Кинетика нарастания во времени прочности гипсового образца



Условные обозначения:  
• Воздушное хранение  
• Водное хранение

# 1 Неорганические вяжущие вещества. Воздушные вяжущие вещества. Гидравлические вяжущие вещества

## Применение гипсовых вяжущих

Виды гипсовых вяжущих	Состав	Режим твердения	Свойства	Применение
<b>Низкообжиговые:</b>				
Строительный гипс (мелкокристаллический)	$\beta\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	Воздушно-сухой	Быстрое схватывание, низкая водостойкость $R_{\text{сж}} = 2-25$ МПа	Штукатурные, кладочные растворы, плиты гипсокартонные, звукопоглощающие внутренние перегородки
Высокопрочный технический гипс (крупнокристаллический)	$\alpha\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$		$R_{\text{сж}} = 15-40$ МПа	
<b>Высокообжиговые:</b>				
Ангидритовый цемент	$\text{CaSO}_4$ + добавки инициаторы твердения (шлак, доломит)	Воздушно-сухой	Медленное схватывание, Средняя водостойкость	Монолитные полы, штукатурные и кладочные растворы, плиты из искусственного мрамора
Высокообжиговый гипс	$\text{CaSO}_4 + \text{CaO}$		$R_{\text{сж}} = 10-20$ МПа	
<b>Смешанные:</b>				
Гипсоцементно- пуццолановое вяжущее	Гипс + цемент + пуццолановые добавки (опока, трепел, вулканический пепел)	Гидравлически- влажный	Быстрое схватывание, водостойкость, низкая морозостойкость	Санитарно- технические кабины, монолитные полы
Гипсоцементно-шлаковое вяжущее	Гипс + цемент + шлак		ГЦП – низкая воздухостойкость	

# 1 Неорганические вяжущие вещества. Воздушные вяжущие вещества. Гидравлические вяжущие вещества

## Применение магнезиальных вяжущих

Виды магнезиальных вяжущих	Состав	Режим твердения	Свойства	Применение
Каустический магнезит	MgO	Воздушно-сухой	< водостойкость, быстрое схватывание, > гигроскопичность, $R_{сж} = 40-0$ МПа	Изготовление ксилитовых ТИ и К плит, монолитных полов
Каустический доломит	MgO·CaCO <sub>3</sub>		< водостойкость, медленное схватывание, $R_{сж} = 10-30$ МПа	

# 1 Неорганические вяжущие вещества. Воздушные вяжущие вещества. Гидравлические вяжущие вещества

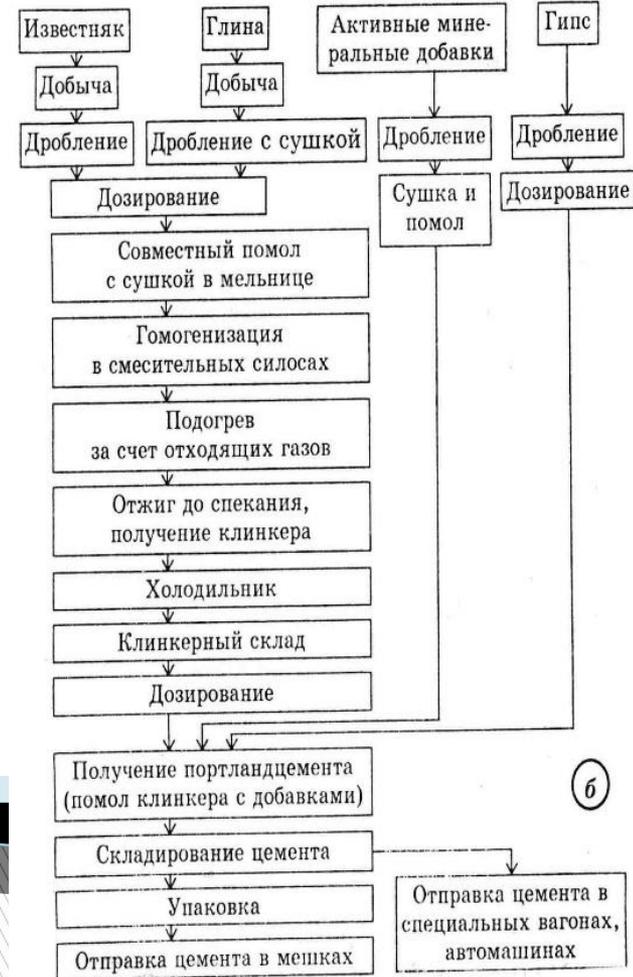
Зависимость марки вяжущего вещества (кривая *a*) от гидравлического модуля и температуры обжига (кривая *б*)



1,1' – воздушная известь; 2,2' – гидравлическая известь; 3,3' – романцемент;  
4,4' – портландцемент

# 1 Неорганические вяжущие вещества. Воздушные вяжущие вещества. Гидравлические вяжущие вещества

## Технологические схемы производства портландцемента



а – по мокрому способу; б – по сухому способу

## 2 Бетоны

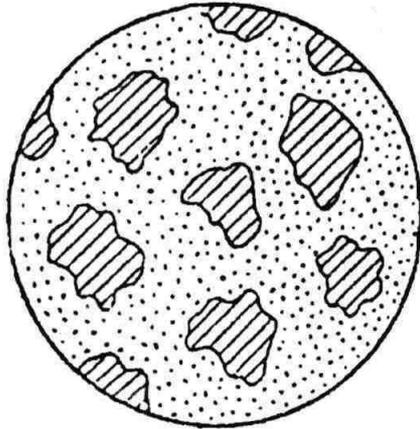
Бетон представляет собой искусственный каменный композиционный материал, получаемый при затвердевании рационально подобранной смеси из вяжущего вещества, воды, заполнителей и в ряде случаев специальных добавок.

До затвердевания эта смесь называется бетонной.

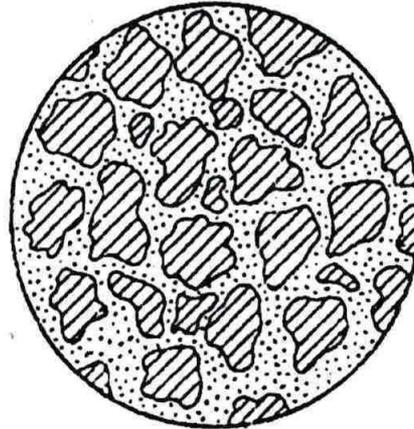
Заполнители и вода составляют 85-90 % массы бетона, вяжущее – 10-15 %.

## 2 Бетоны

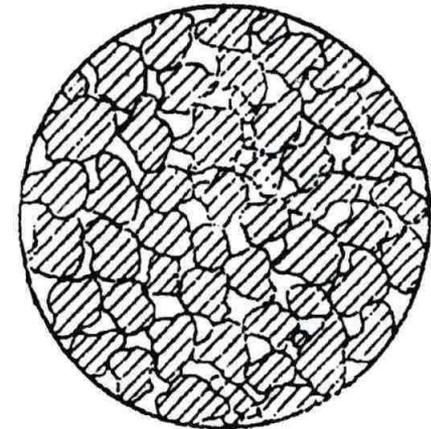
### Типы макроструктуры бетона



1



2



3

1 – базальная (с «плавающим наполнителем»); 2 – контактная (с плотной упаковкой наполнителя); 3 – пористая (крупнопористая)

## 2 Бетоны

**Марку цемента выбирают исходя из требуемого класса бетона**

Требуемый класс бетона	B7,5	B12,5	B15	B20	B25	B30	B40	B45 и более
Рекомендуемая марка цемента	300	300	300... 400	300... 400	400... 500	400... 500	500... 600	550... 600

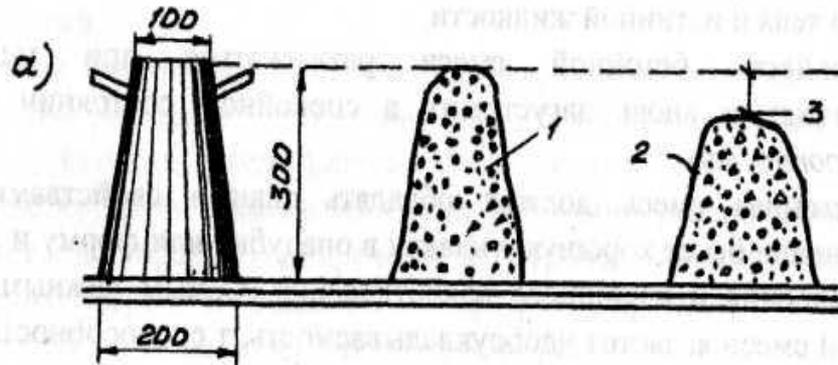
## 2 Бетоны

**Размеры конуса определяются наибольшей крупностью используемого крупного заполнителя**

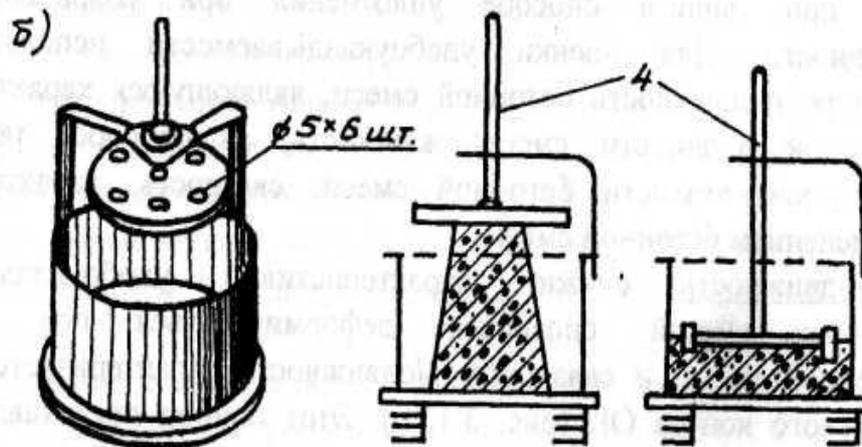
Вид конуса	Внутренние размеры конуса, мм			Число штыкований каждого слоя	Переводной коэффициент осадки конуса
	Диаметр основания		Высота		
	верхнего	нижнего			
№ 1	100	200	300	25	1,00
№ 2	150	300	450	56	0,67

## 2 Бетоны

### Определение удобоукладываемости бетонной смеси



а) прибор (конус) для определения подвижности бетонной смеси: 1 – жесткая смесь, 2 – подвижная смесь, 3 – осадка конуса;



для определения жесткости бетонной смеси: 4 – схема

испытания

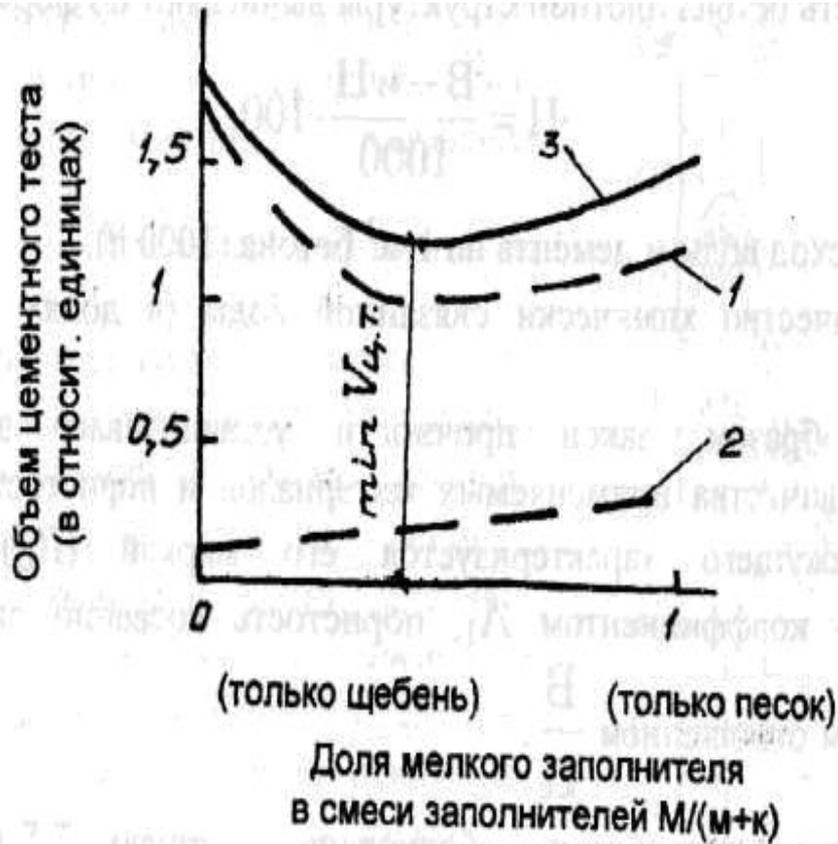
## 2 Бетоны

### Классификация бетонных смесей

Марка по удобоукладываемости	Норма удобоукладываемости		
	Жесткость, с	Подвижность, см	
		Осадка конуса	Распływ конуса
<b>Сверхжесткие смеси</b>			
СЖ3	более 100	-	-
СЖ2	51-100	-	-
СЖ1	50 и менее	-	-
<b>Жесткие смеси</b>			
Ж4	31-60	-	-
Ж3	21-30	-	-
Ж2	11-20	-	-
Ж1	5-10	-	-
<b>Подвижные смеси</b>			
П1	4 и менее	1-4	-
П2	-	5-9	-
П3	-	10-15	-
П4	-	16-20	26-30
П5	-	21 и более	31 и более

## 2 Бетоны

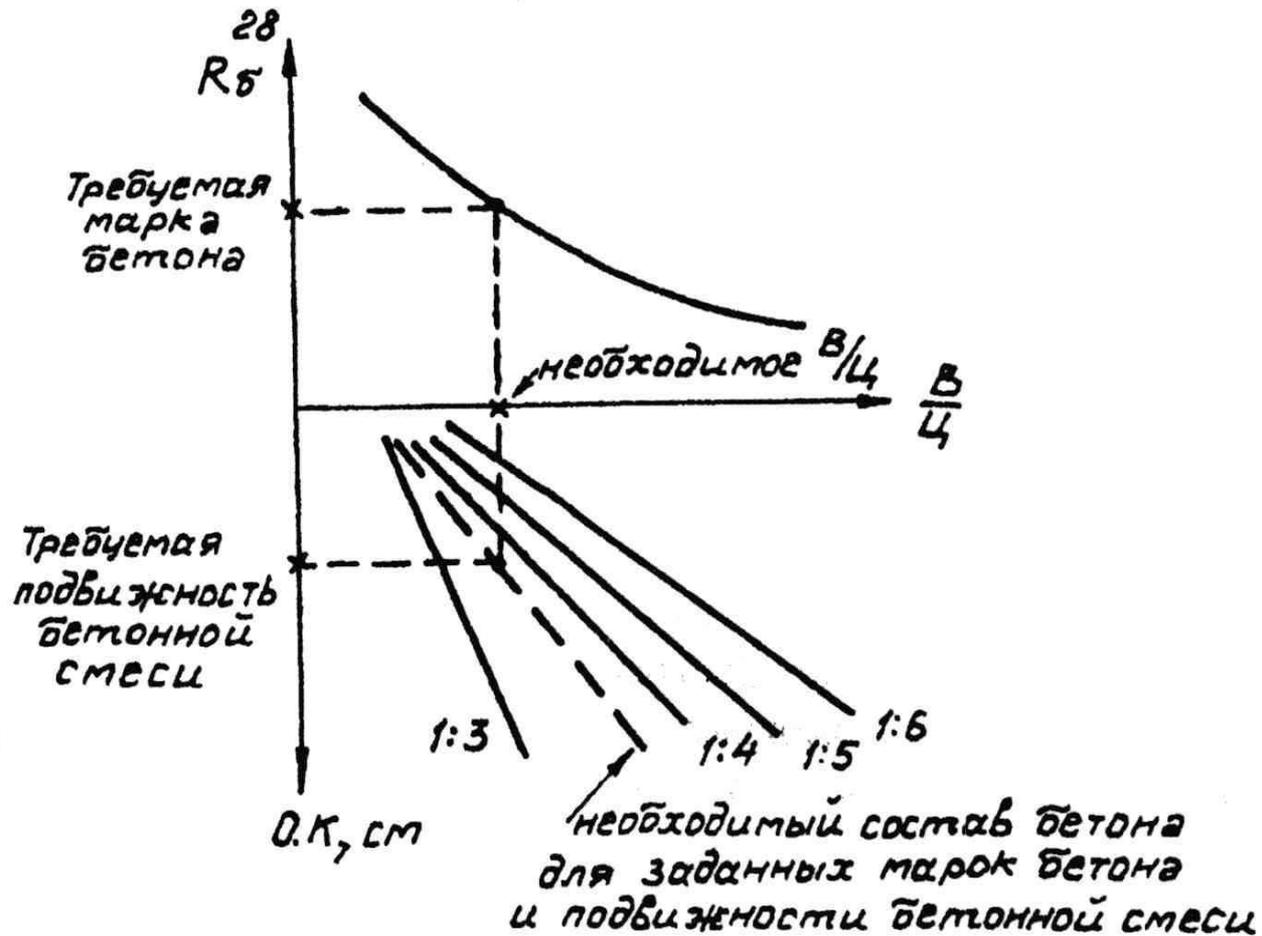
Объем цементного теста  $V_{\text{ЦТ}}$ ,  
расходуемый



1 – на заполнение пустот между  
зернами заполнителя; 2 – на обмазку  
зерен; 3 – интегральный; М и К –  
соответственно масса мелкого и  
крупного заполнителя

## 2 Бетоны

Графики для экспериментального метода подбора состава бетона





### 3 Керамические материалы и изделия

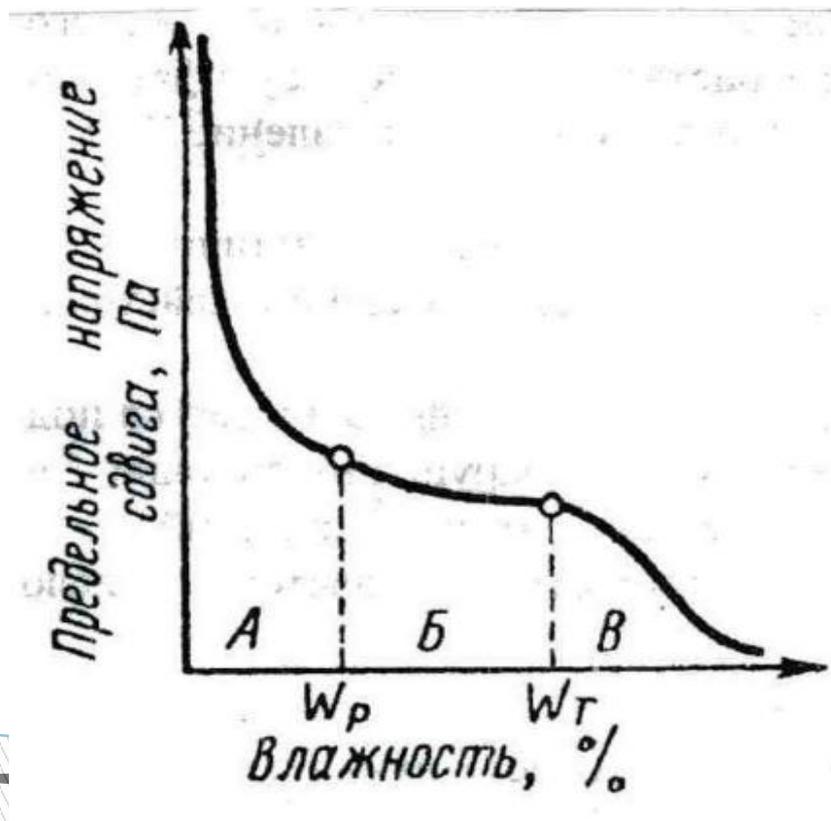
Керамическими называют искусственные каменные материалы и изделия, изготавливаемые из минерального сырья путем формования и последующего обжига при высоких температурах.

Название «керамика» происходит от греческого слова *keramos* – посуда.

Исторически это объясняется тем, что в глубокой древности из глины изготавливали посуду, сначала не обожженную, только высушенную, впоследствии обожженную.

### 3 Керамические материалы и изделия

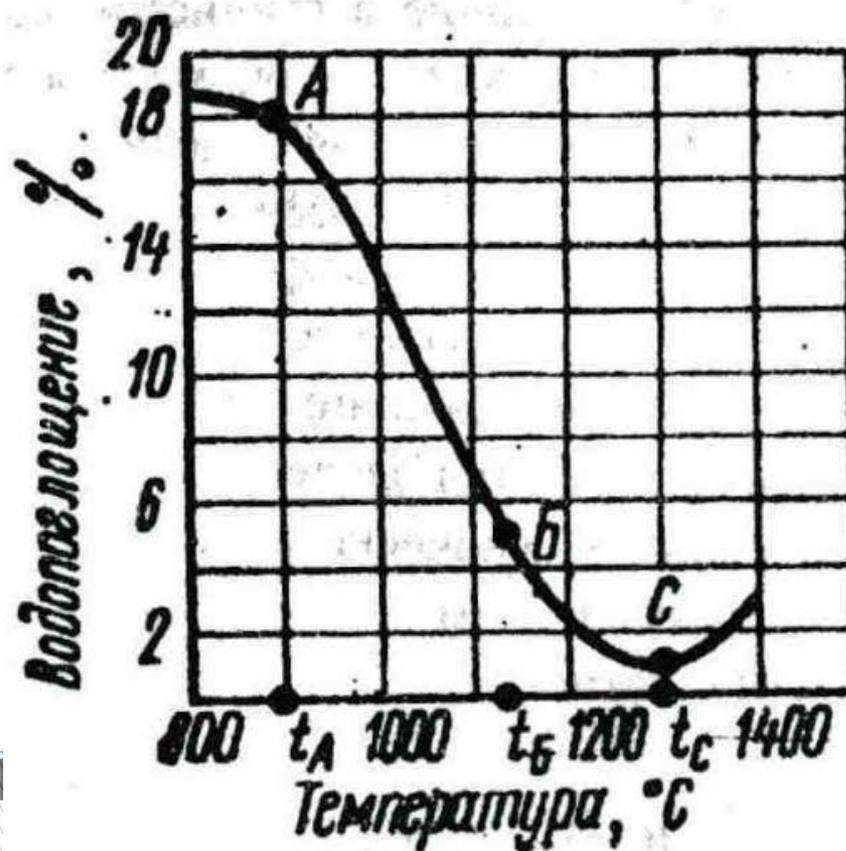
Изменение деформативных свойств глины в зависимости от влажности



Область состояния: А – хрупкого; Б – пластического; В – вязкотекучего

### 3 Керамические материалы и изделия

Зависимость изменения водопоглощения керамического материала от температуры обжига



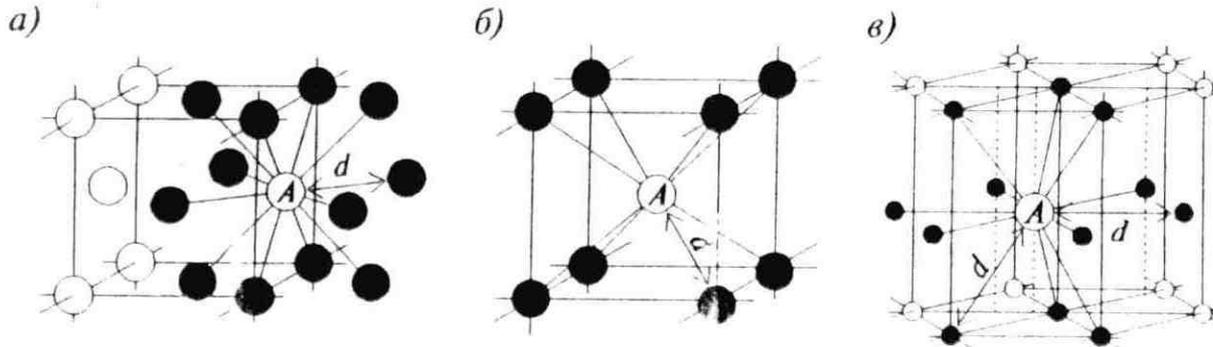
## 4 Металлы и металлические сплавы

Металлами называют вещества, которые в результате особенностей электронного строения их атомных оболочек и типов межатомных связей, обладают такими свойствами, как пластичность, теплопроводность, высокая прочность и др.

Общее содержание металлов (по массе) в земной коре составляет около 25 %, в том числе алюминия – 7,45 %, железа – 4,25 %, магния – 2,1 %, титана – 1 %, хрома – 0,02 %, меди – 0,01 %, никеля – 0,008 %, остальных металлов еще меньше.

## 4 Металлы и металлические сплавы

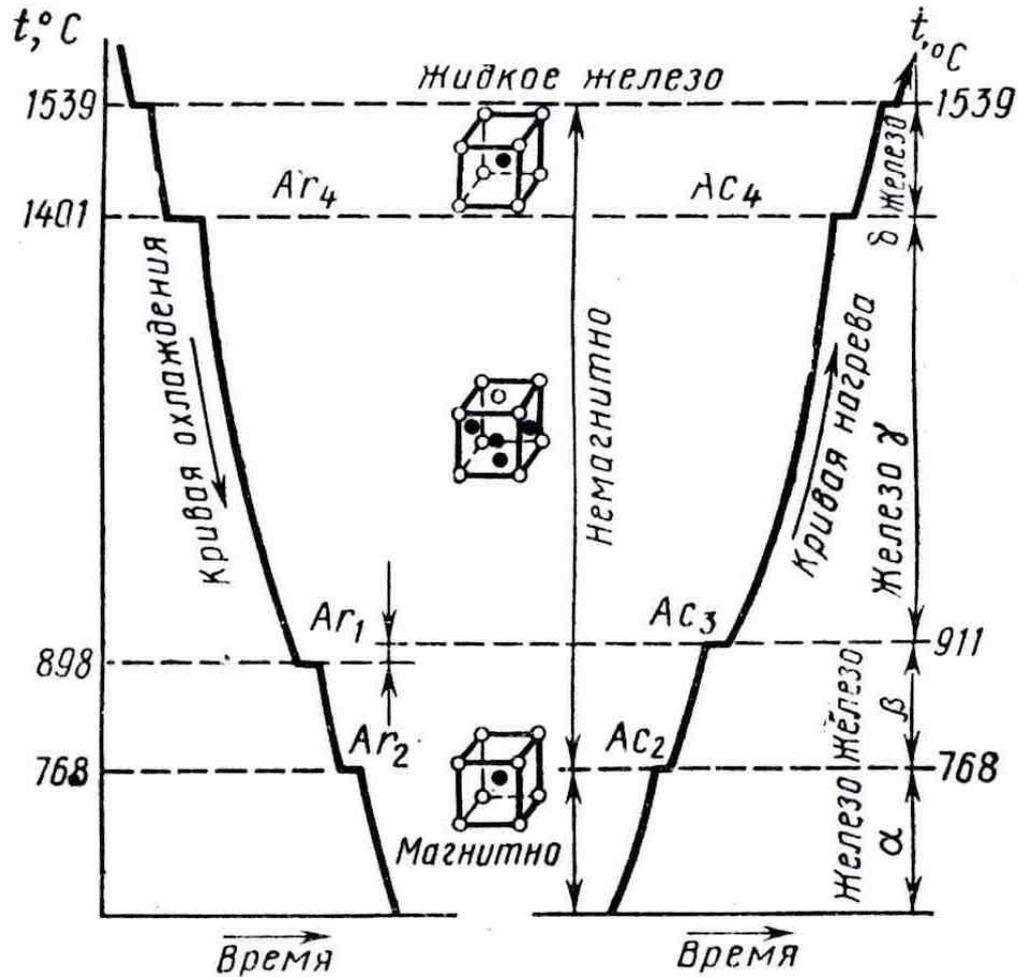
### Координационные числа (плотность упаковки) кристаллических решеток



- а) кубической гранецентрированной (К12);
- б) объемно-центрированной (К8);
- в) гексагональной (К12)

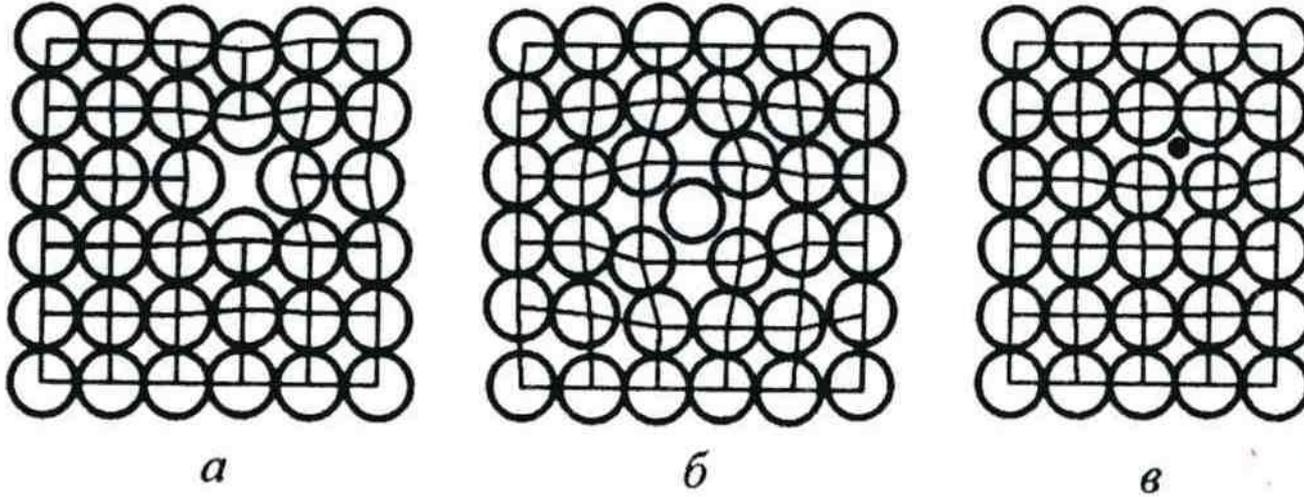
# 4 Металлы и металлические сплавы

## Кривые охлаждения и нагрева железа



## 4 Металлы и металлические сплавы

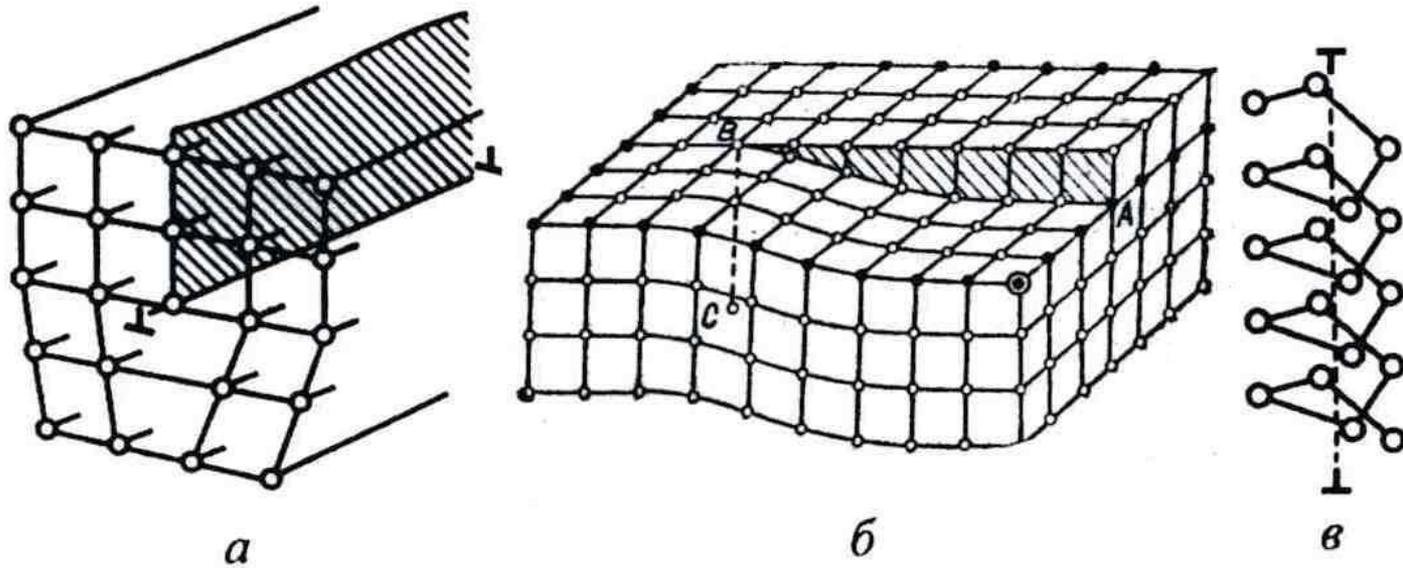
### Точечные дефекты в кристаллической решетке



*а* – вакансии; *б* – межузельный атом; *в* – примесный атом  
внедрения

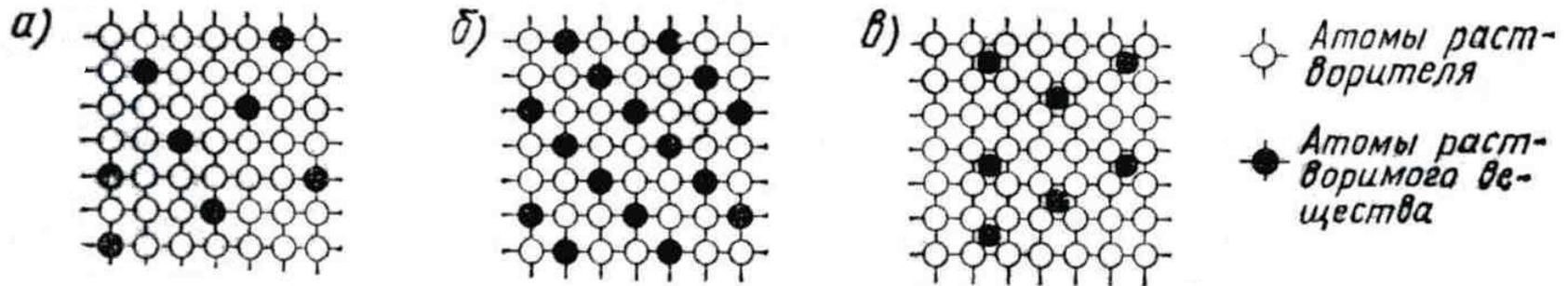
## 4 Металлы и металлические сплавы

Схемы краевой (а) и винтовой (б) дислокаций, вектора Бюргенса (в)



## 4 Металлы и металлические сплавы

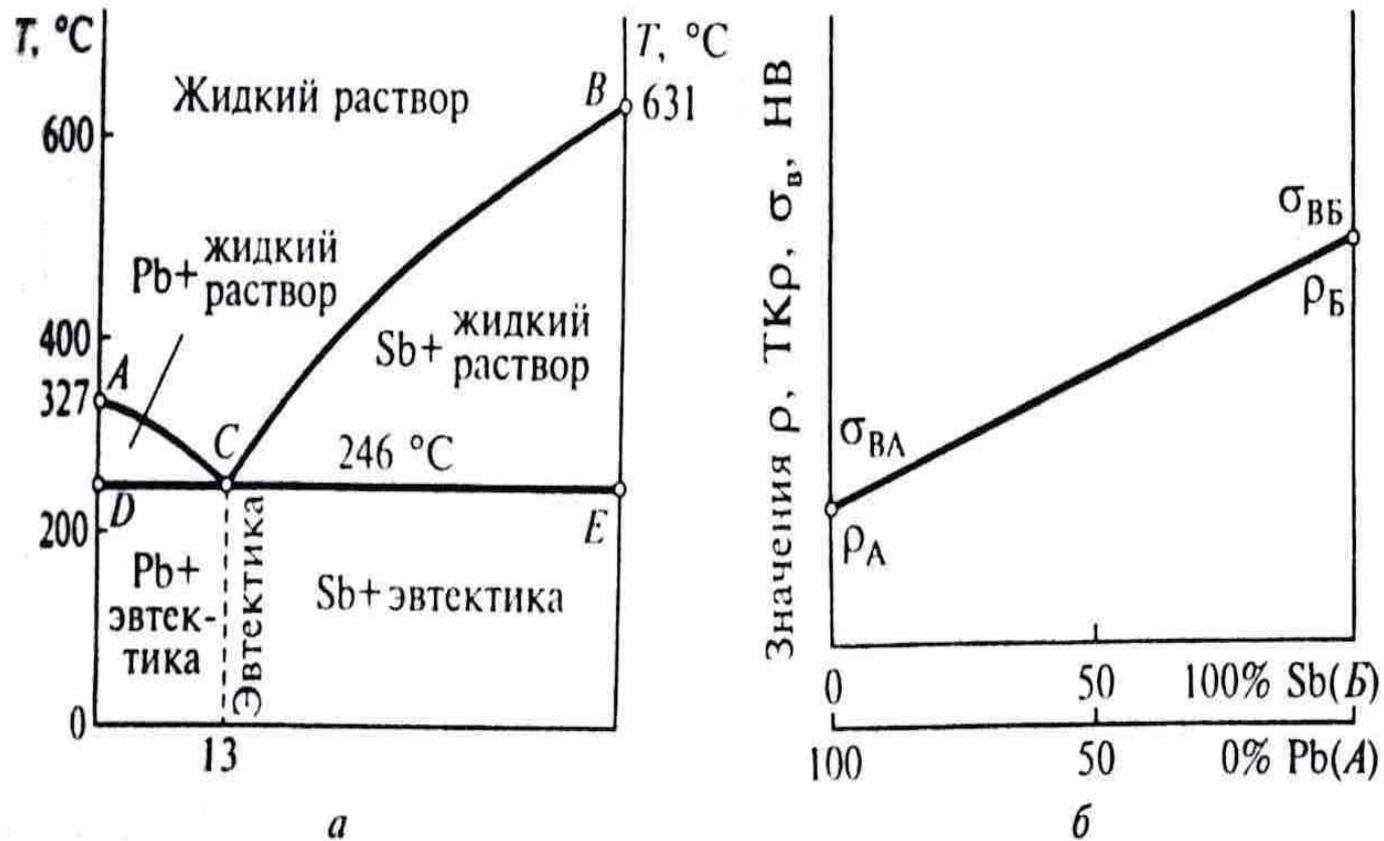
### Схема твердого раствора



а – замещения неупорядоченного; б – замещения упорядоченного;  
в – внедрения

# 4 Металлы и металлические сплавы

## Схема твердого раствора





## 4 Металлы и металлические сплавы

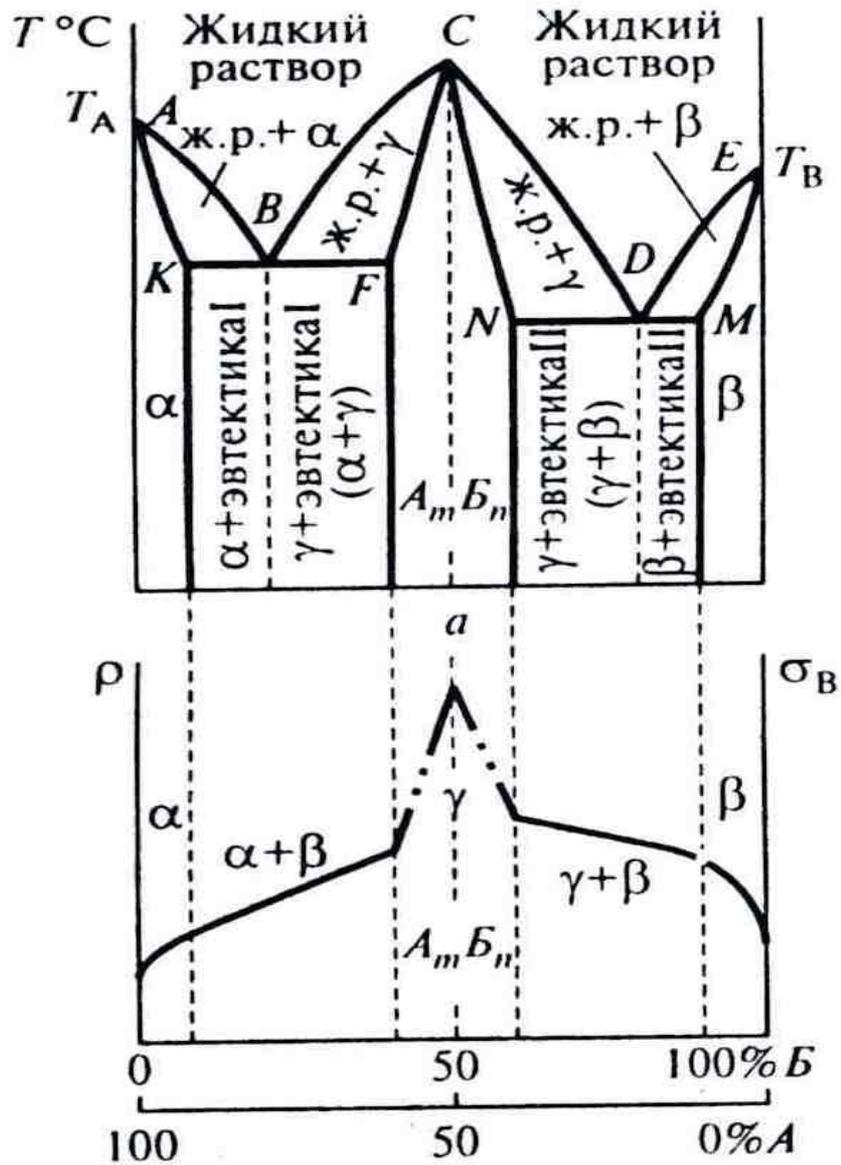
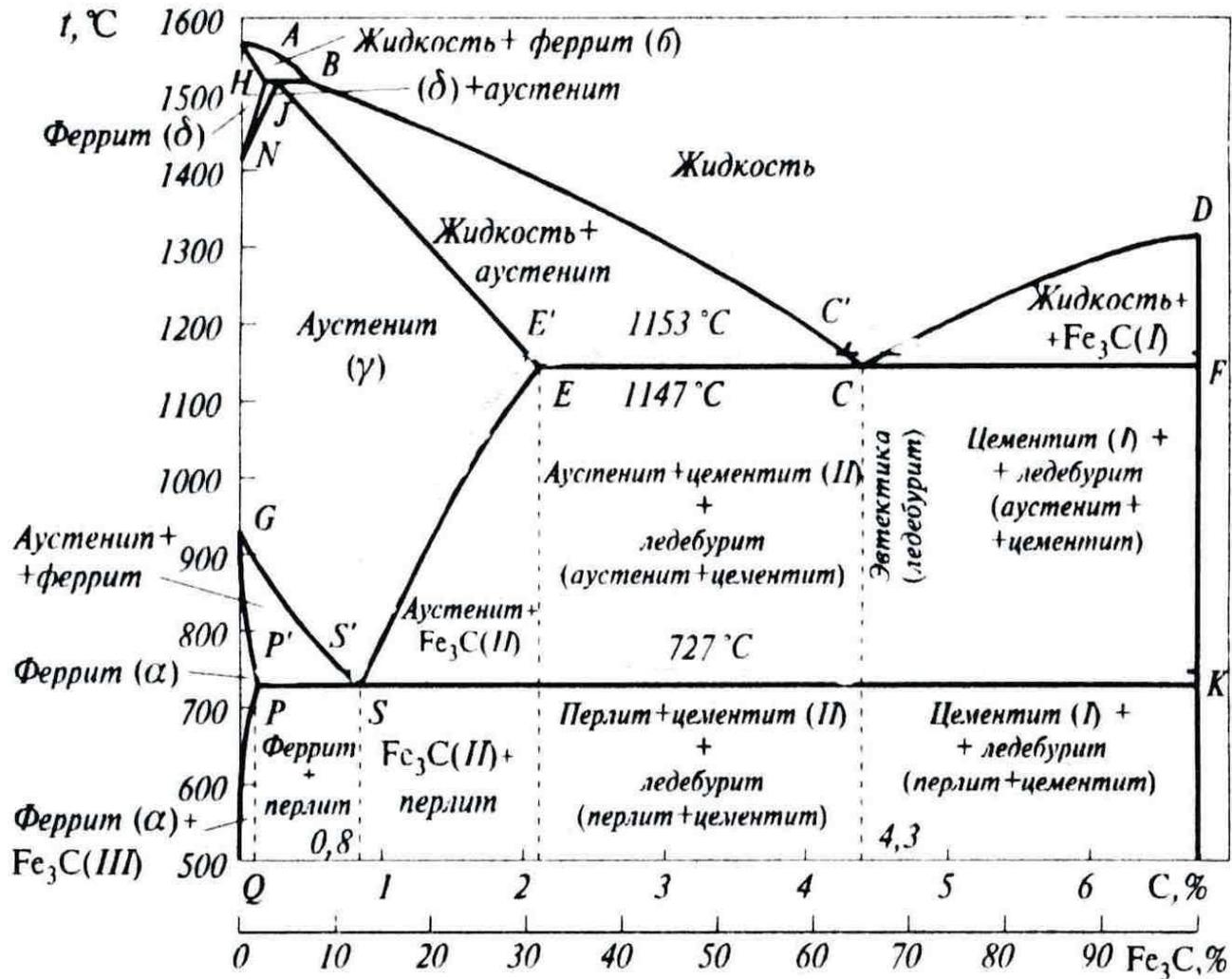


Диаграмма состояния сплавов, образующих химические соединения (а) и изменение физико-химических свойств в зависимости от состава в общем виде (б)

# 4 Металлы и металлические сплавы

## Диаграмма состояния Fe-Fe<sub>3</sub>C



## 4 Металлы и металлические сплавы

**Сталь группы А поставляется с гарантированными механическими свойствами, но без указания химического состава**

Марки стали группы А	Предел прочности при растяжении, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
Ст0	310	-	20...30
Ст1сп, пс	320...420	-	31...34
Ст2сп, пс	340...440	200...230	29...32
Ст3сп, пс	380...490	210...250	23...26
Ст3Гпс	380...500	210...250	23...26
Ст4сп, пс	420...540	240...270	21...24
Ст5Гпс	460...600	260...290	17...20
Ст6сп, пс	Не менее 600	300...320	12...15

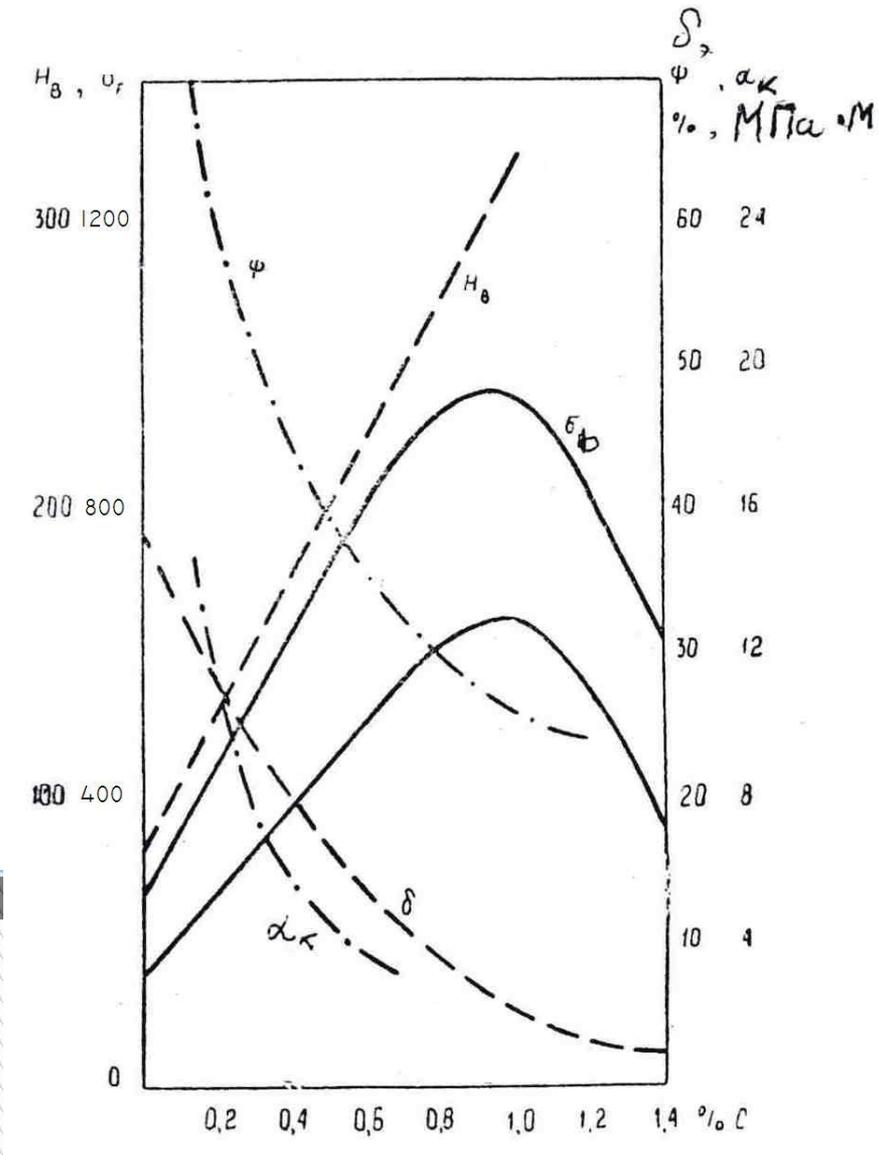
## 4 Металлы и металлические сплавы

### Марки стали и требования к механическим свойствам стали 1 группы в состоянии нормализации

Марки стали	Содержание углерода, %	Предел прочности при растяжении, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
08 кп, пс	0,05...0,11	330	200	35
10 кп, пс	0,07...0,14	340	210	31
15 кп, пс	0,12...0,19	380	230	27
20 кп, пс	0,17...0,24	420	250	25
25	0,22...0,30	460	280	23
30	0,27...0,35	500	300	21
35	0,32...0,40	540	320	20
40	0,37...0,45	580	340	19
45	0,42...0,50	610	360	16
50	0,47...0,55	640	380	14
60	0,57...0,65	690	410	12
70	0,67...0,75	730	430	9
80	0,77...0,85	1100	950	6

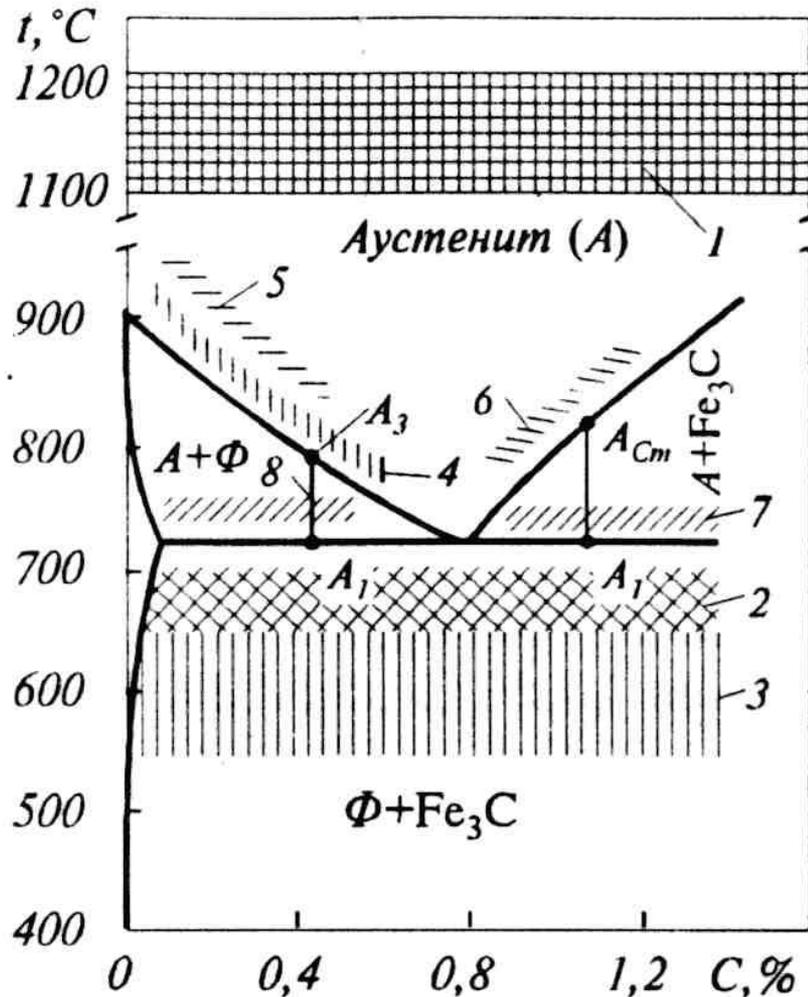
## 4 Металлы и металлические сплавы

### Влияние углерода на механические свойства сталей



## 4 Металлы и металлические сплавы

### Температурные интервалы различных видов отжига



1 – гомогенизация; 2 – низкотемпературный рекристаллизационный отжиг (высокий отпуск) для снижения твердости; 3 – отжиг (отпуск) для снятия напряжений; 4 – полный отжиг с фазовой перекристаллизацией; 5,6 – нормализация до- и заэвтектоидной стали; 7 – сфероидизация; 8 – неполный отжиг доэвтектоидной стали

# 4 Металлы и металлические сплавы

## Физико-механические свойства чугунов

Наименование чугуна	Марка чугуна	Структура металлической основы	Форма графита	Твердость НВ, МПа	Временное сопротивление растяжению, МПа	Относительное удлинение, %
Серый	СЧ-10; СЧ-15	Ферритная и ферритно-перлитная	Крупные и средних размеров пластинки	1200-2400	100-150	-
	СЧ-18; СЧ-25; СЧ-30; СЧ-40	Перлитная (сорбитовая)	Мелкие завихренные пластинки	2550-2900	180-400	-
Высокопрочный	ВЧ35-22; ВЧ40-15; ВЧ45-10	Ферритная и ферритно-перлитная	Шаровидная	1400-1700; 1400-2020; 1400-2250	350 420 450	22 15 10
	ВЧ50-8; ВЧ60-3; ВЧ70-2; ВЧ100-2	Перлитная	Шаровидная	1530-2450; 1920-2770; 2280-3020; 2700-3600	500 600 700 1000	8 3 2 2
Ковкий	КЧ30-6; КЧ33-8; КЧ35-10; КЧ37-12	Ферритная	Хлопьевидная	1000-1630	300 330 350 370	6 8 10 12
	КЧ50-8; КЧ60-10; КЧ63-12	Перлитная	Хлопьевидная	2410-2690	500 600 630	4 3 2

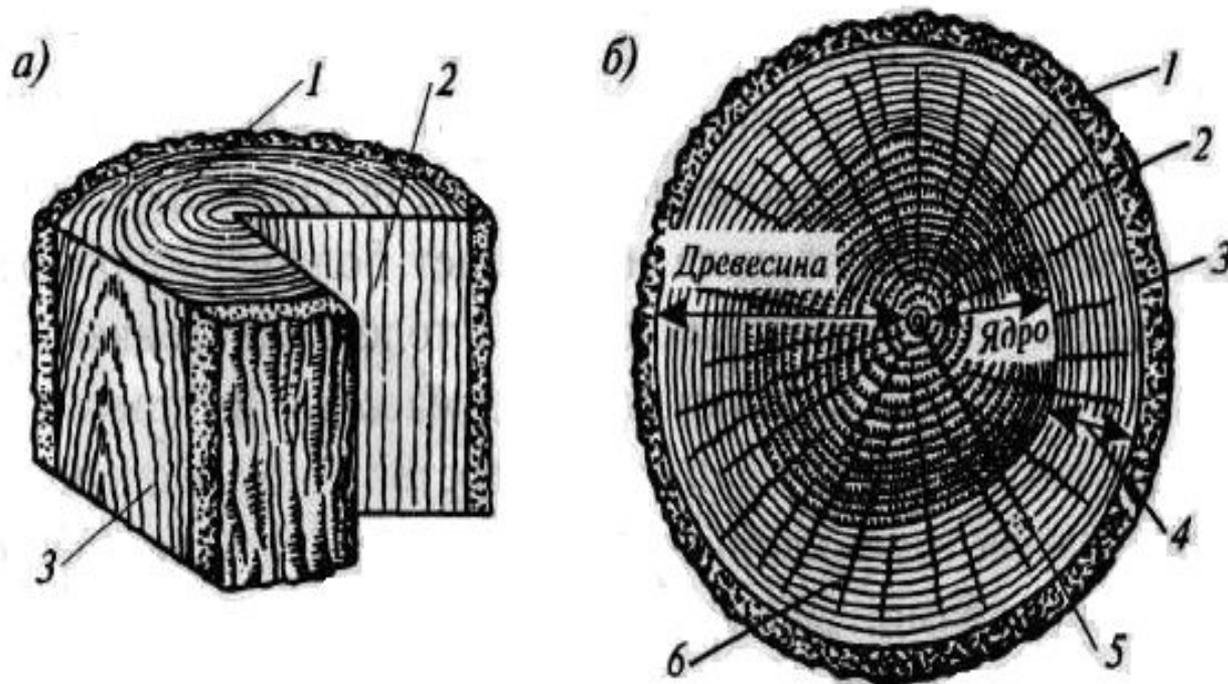
## 5 Материалы и изделия из древесины

Древесина относится к одному из весьма распространенных строительных материалов с многовековым опытом применения. Этому в немалой степени способствует то, что она самовосстанавливающийся материал. Россия является великой державой, занимающей первое место в мире по величине лесных массивов.

Древесина – высокопористый материал, отличающийся специфическим волокнистым строением, определяющим своеобразие ее физико-механических свойств, широкое и многообразное использование в различных отраслях народного хозяйства.

## 5 Материалы и изделия из древесины

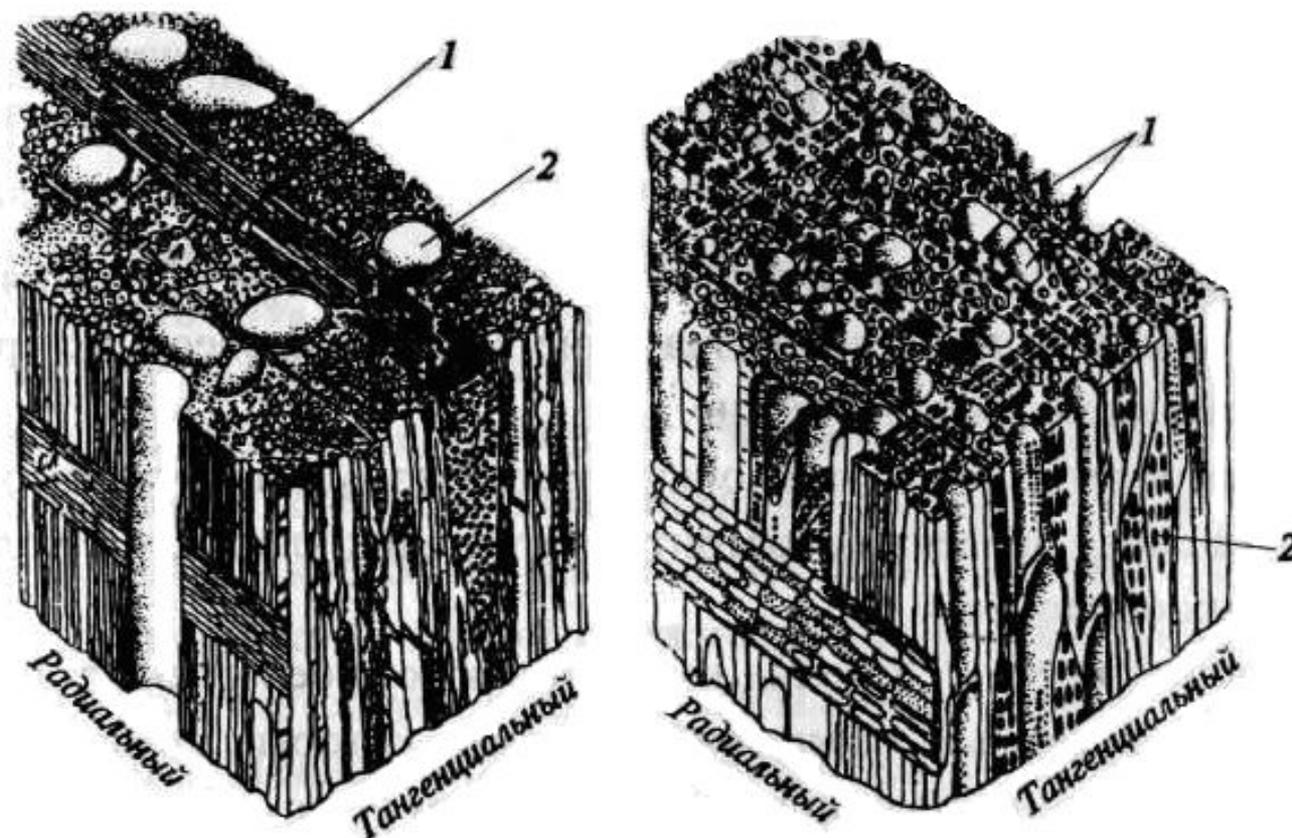
### Строение ствола дерева



а) основные разрезы ствола; 1 – поперечный (торцовый); 2 – радиальный; 3 – тангентальный; б) строение ствола дерева на поперечном разрезе; 1 – кора; 2 – камбий; 3 – луб; 4 – заболонь; 5 – сердцевина; 6 – сердцевинные лучи

## 5 Материалы и изделия из древесины

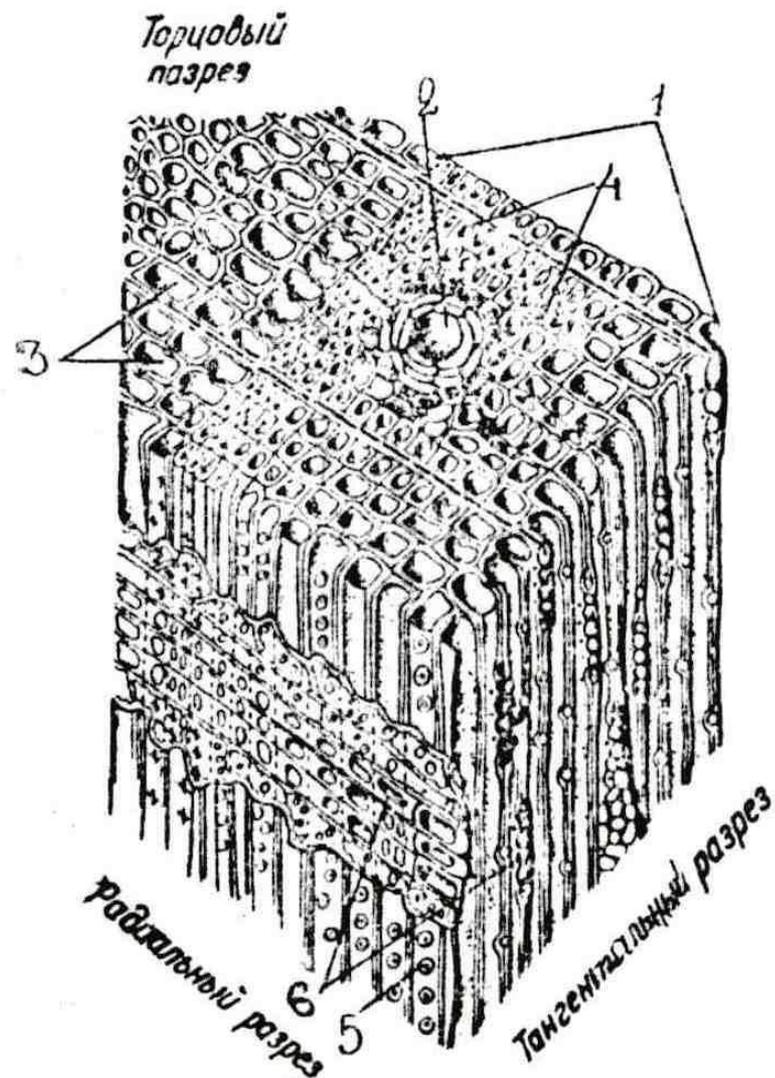
### Разрезы древесины



- а) дуба (кольцесосудистая порода); 1 – многорядный луч;  
2 – сосуд; б) клена (рассеянососудистая порода);  
1 – многорядный луч; 2 – сосуды

## 5 Материалы и изделия из древесины

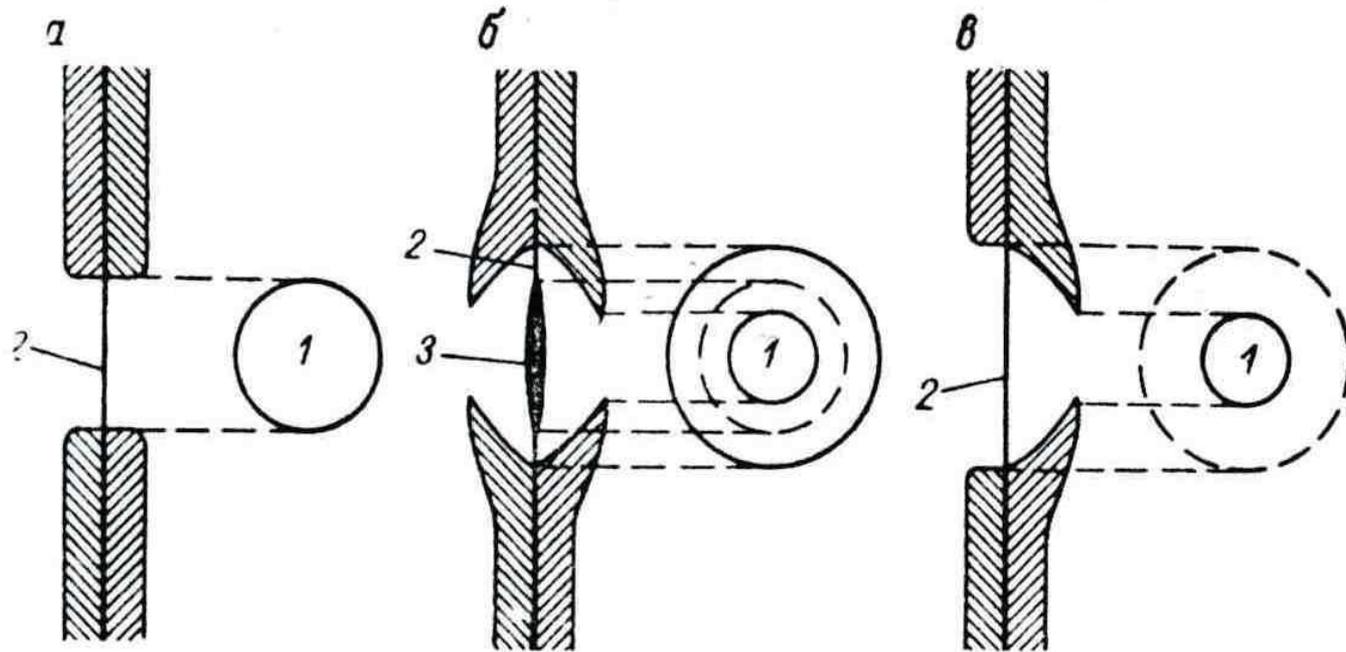
### Микроструктура древесины хвойных пород



- 1 – годичный слой; 2 – смоляной ход;
- 3 – ранние трахеиды;
- 4 – поздние трахеиды; 5 – окаймленная пора;
- 6 – сердцевинный луч

## 5 Материалы и изделия из древесины

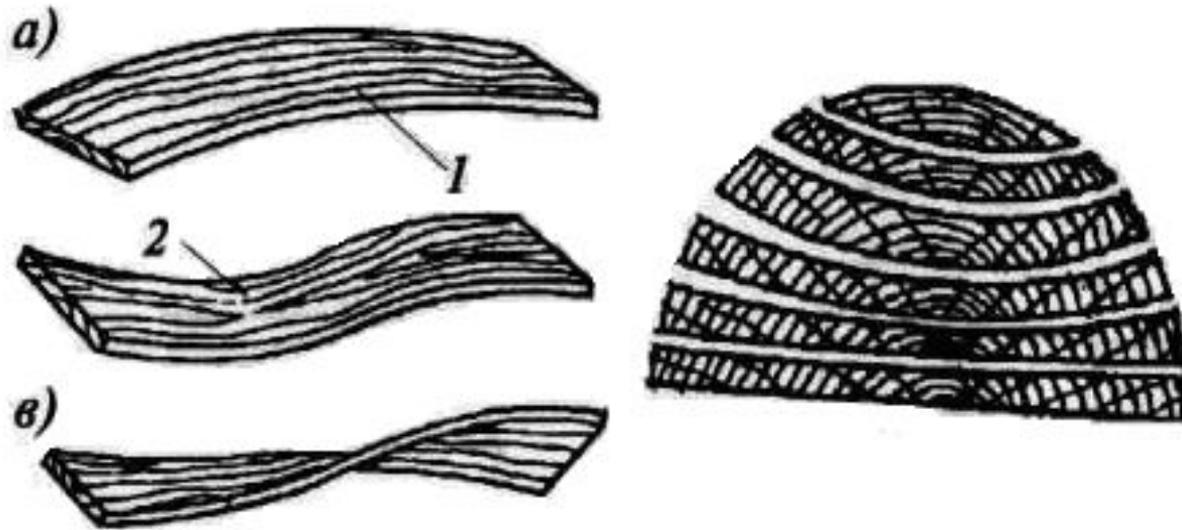
### Типы пор в клеточных стенках



а – простая; б – окаймленная; в – полуокаймленная; 1 – вид на радиальном разрезе; 2 – мембрана (вид на поперечном и тангенциальном разрезах); 3 – торус

## 5 Материалы и изделия из древесины

### Коробление досок в результате усушки



а) продольное; 1 – простое; 2 – сложное;  
б) поперечное; в) крыловатость

## 5 Материалы и изделия из древесины



## 5 Материалы и изделия из древесины

