

Направление подготовки бакалавров  
«Химическая технология»

# Материаловедение и технология конструкционных материалов



Лихачев Владислав Александрович, к.х.н.,  
доцент



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## **Тема 3. Фазы в металлических сплавах. Диаграммы фазового равновесия.**

**2.1. Фазы в металлических сплавах.**

**2.2. Диаграммы фазового равновесия сплавов.**



## Металлические сплавы

*Чистые металлы обычно имеют низкую прочность и невысокие технологические свойства. Поэтому на практике значительно чаще применяют сплавы.*

*Сплавы – это сложные вещества, полученные сплавлением нескольких элементов.*

*Элементы или химические соединения, образующие сплав, называют компонентами. В зависимости от физико-химического взаимодействия компонентов в сплавах образуются разные фазы.*



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Определение фазы

*Фаза – однородная гомогенная составная часть системы, характеризующаяся определённым составом, свойствами, типом кристаллической решетки и отделенная от других частей системы поверхностями раздела.*



## Виды фаз в металлических сплавах

*В сплавах возможно образование трёх типов фаз:*

- Твердые растворы (замещения и внедрения)
- Упорядоченные твердые растворы
- Химические соединения



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Твердые растворы замещения

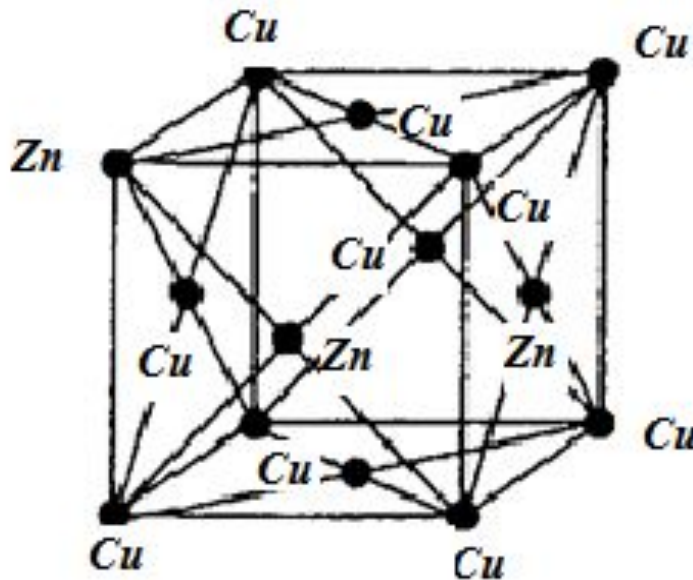
В твердом растворе **замещения** атомы **растворяющегося** компонента заменяют атомы **растворяющего** компонента в его кристаллографической решетке в произвольном порядке.



## Твердые растворы замещения

1. **Твёрдые растворы замещения** – фазы, в которых один из компонентов сохраняет свою кристаллическую решетку, а атомы других компонентов располагаются в его решетке, искажая её:

Сплав медь – цинк (латунь)



К сплавам данного вида относятся также такие сплавы, как серебро-золото, никель-медь, медь-алюминий и т.д.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Твердые растворы замещения

Твёрдые растворы замещения образуются между компонентами **металл – металл**.

Если диаметры атомов **близки**, то образуется раствор с **неограниченной растворимостью** компонентов друг в друге.

Сплавы железо – никель, медь-золото, медь –цинк и т.д..

Если диаметры атомов **сильно различаются** – то получается раствор с **ограниченной растворимостью**.

Сплавы алюминий – медь, алюминий – никель, алюминий-магний и т.д.





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

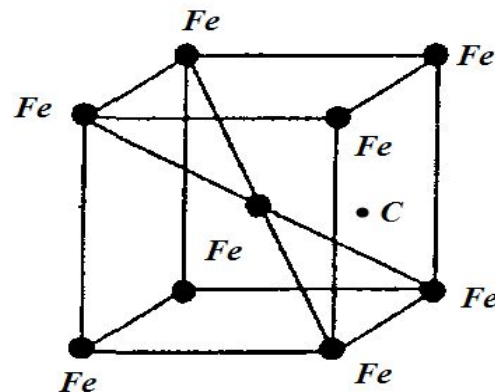
## Твердые растворы внедрения

- В твердых растворах внедрения атомы растворяющегося компонента располагаются в **порах решетки** растворяющегося компонента.
- Характерны для компонентов очень сильно отличающихся по диаметру атома, такого рода растворы образуют компоненты **металл – неметалл**.
- Твердые растворы внедрения – это всегда растворы с **ограниченной растворимостью** компонентов.



## Твердые растворы внедрения

Примером твёрдого раствора внедрения может служить раствор углерода в  $Fe_{\alpha}$ , который называют **ферритом**.



К таким растворам относятся растворы азота, углерода, бора, водорода, кислорода и кремния в металлах.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Твердые растворы внедрения

- Твердые растворы внедрения всегда растворы с ограниченной растворимостью компонентов друг в друге.
- Растворимость растворяющегося компонента зависит от величины пор в решетке растворяющего компонента
- Наибольшая растворимость компонентов в решетке ГЦК, наименьшая в ОЦК.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

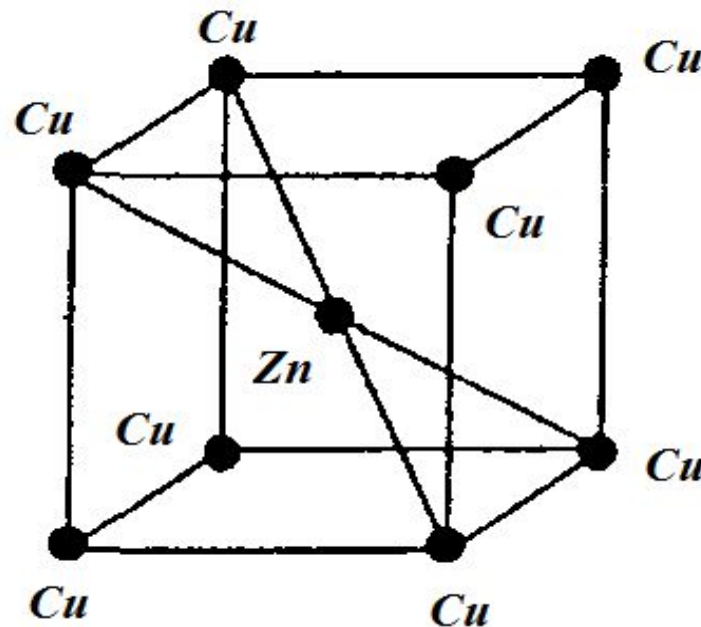
## Упорядоченные твердые растворы

- В упорядоченных твердых растворах атомы **растворяющегося компонента** замещают атомы **растворяющего компонента** в его кристаллографической решетке в **строго определенном порядке**;
- Это всегда растворы замещения и образуются компонентами металл- металл;
- Упорядоченные твердые растворы имеют характерные только для них свойства;
- Им можно присвоить определенную формулу.



## Упорядоченные твёрдые растворы

Примером упорядоченного твёрдого раствора может служить раствор цинка в меди, который образуется при концентрации цинка более 37 %. При его образовании меняется даже вид решетки.



Формула  
сплава CuZn



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Упорядоченные твердые растворы

- Сплавы медь – цинк (латуни) бывают **однофазные и двухфазные.**
- **Однофазные латуни** получаются при концентрации цинка меньше 37 % и содержат только одну фазу твердый раствор компонентов в меди;
- **Двухфазные латуни** получаются при концентрации цинка больше 37 % и содержат две фазы твердый раствор компонентов в меди и упорядоченный раствор цинка в меди.



## Химические соединения

Химические соединения образуются при взаимодействии элементов сплава друг с другом:

В сплавах можно выделить три вида химических соединений:

1. **Интерметаллиды** (соединения «металл – металл»). Характерны для сплавов алюминия ( $\text{CuAl}_2$ ,  $\text{Ni}_3\text{Al}$ ,  $\text{CoAl}$ ,  $\text{Ti}_3\text{Al}$ ).

2. **Фазы внедрения** (соединения «металл – неметалл»):  $\text{Fe}_4\text{N}$ ,  $\text{Mn}_4\text{N}$ ,  $\text{Co}_4\text{N}$ ,  $\text{Fe}_3\text{C}$ .

3. **Примесные и вредные неорганические включения**: оксиды и сульфиды:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{FeS}$ . и т.д.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Диаграммы состояния

Фазовый состав сплавов при различных температурах отображается с помощью **диаграмм состояния (диаграмм фазового равновесия)**

**Диаграммы состояния** представляют собой графическое изображение состояния сплавов. С их помощью можно проследить фазовые и структурные изменения сплавов в процессе их охлаждения или нагрева.





## Диаграммы состояния

Диаграммы состояния строят экспериментально, по заранее построенным кривым охлаждения. По линиям и точкам на этих кривых, судят о превращениях протекающих в сплаве при изменении температуры.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Построение диаграммы состояния двух компонентного сплава с неограниченной растворимостью компонентов друг в друге

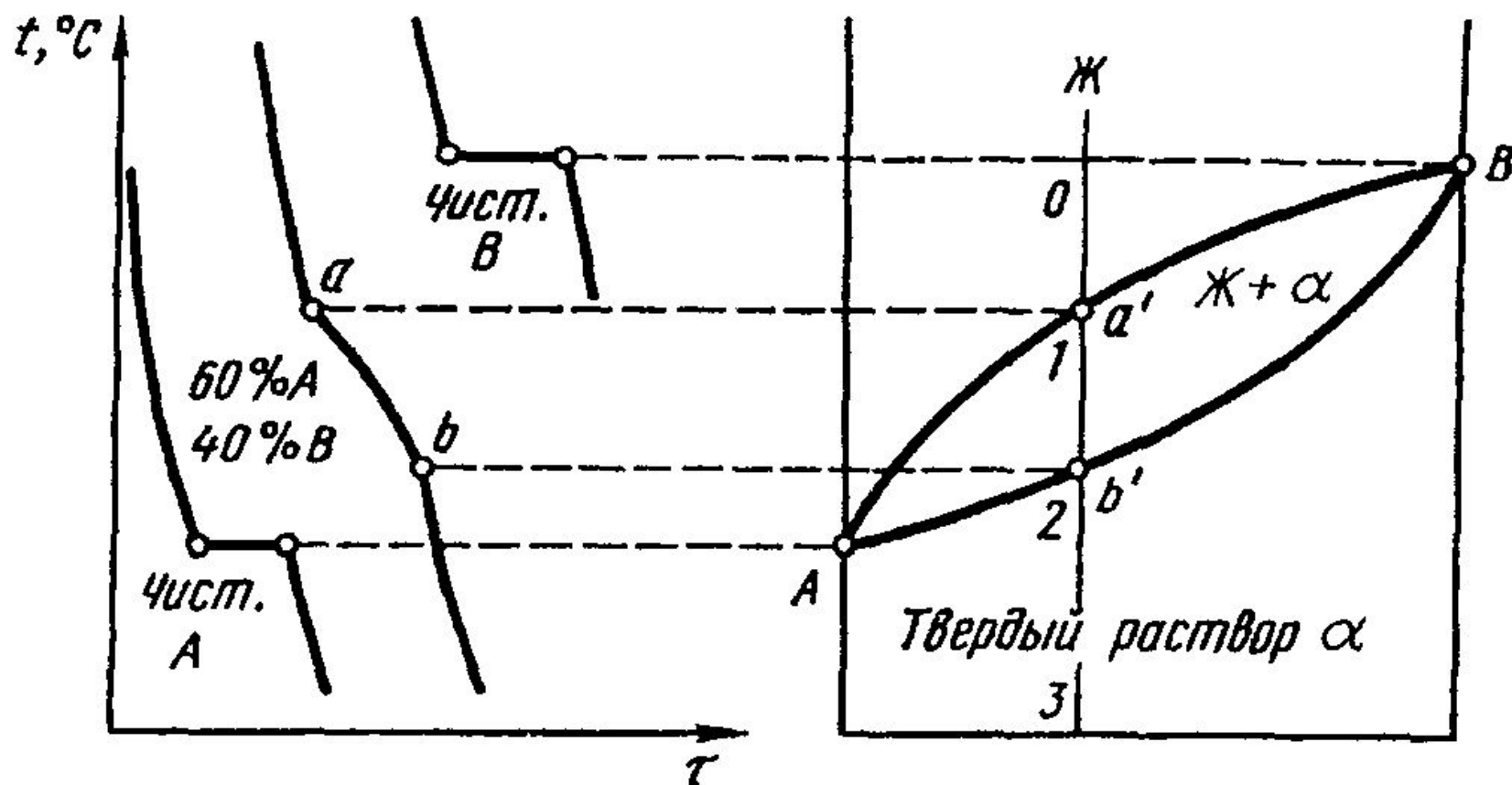
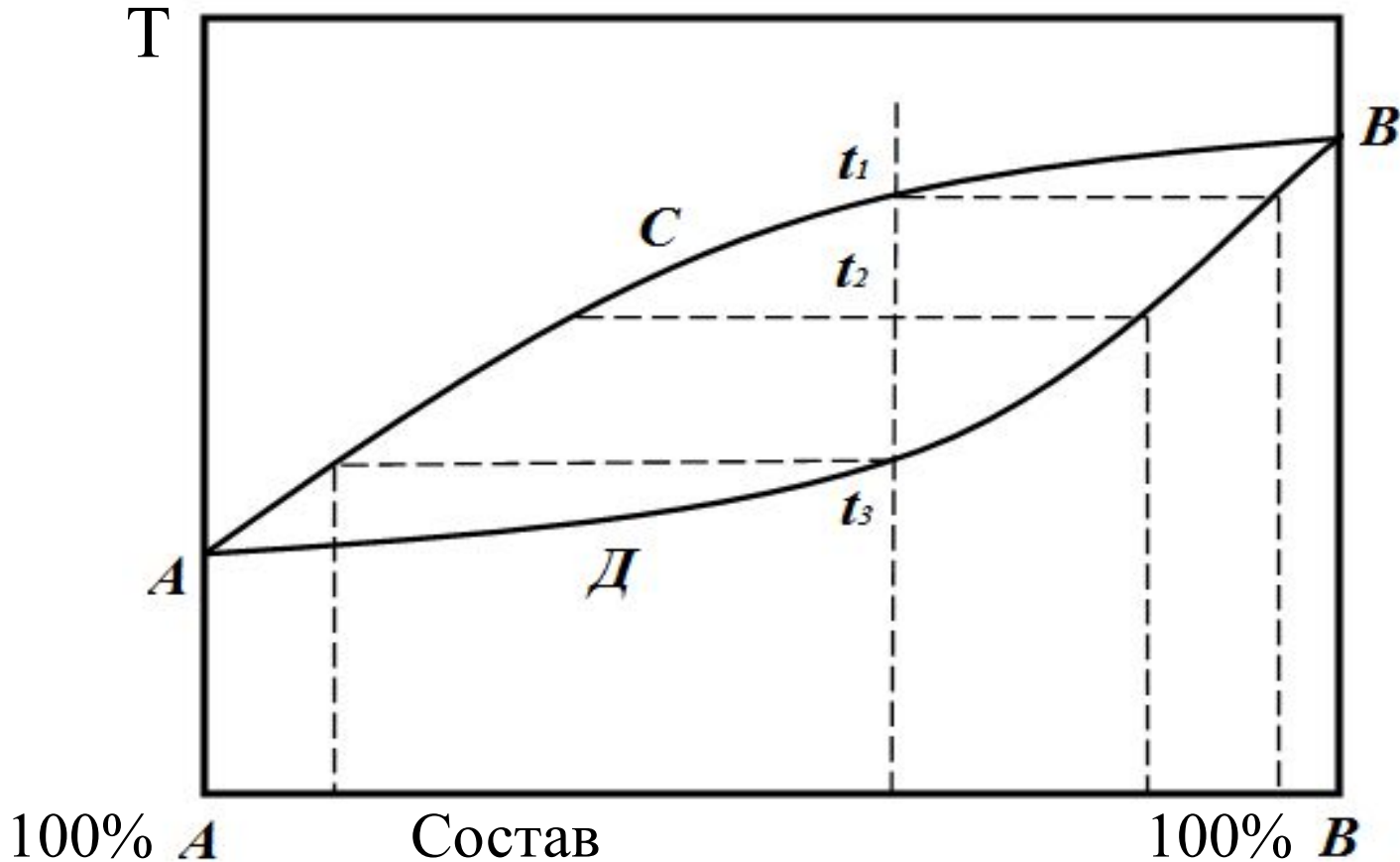




Диаграмма состояния двух компонентного сплава с неограниченной растворимостью компонентов



Применение правила отрезков для сплавов, образующих твёрдые растворы.



## Диаграмма состояния двух компонентного сплава с неограниченной растворимостью компонентов

- Канода ( или нода) линия проведенная параллельно оси абсцисс, показывающая состав образующейся твердой фазы и состав остающегося жидкого раствора.
- Неоднородность слитка по составу при кристаллизации сплавов называется **дендритная ликвация**.
- Дендритная ликвация приводит к неоднородности слитка по свойствам.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

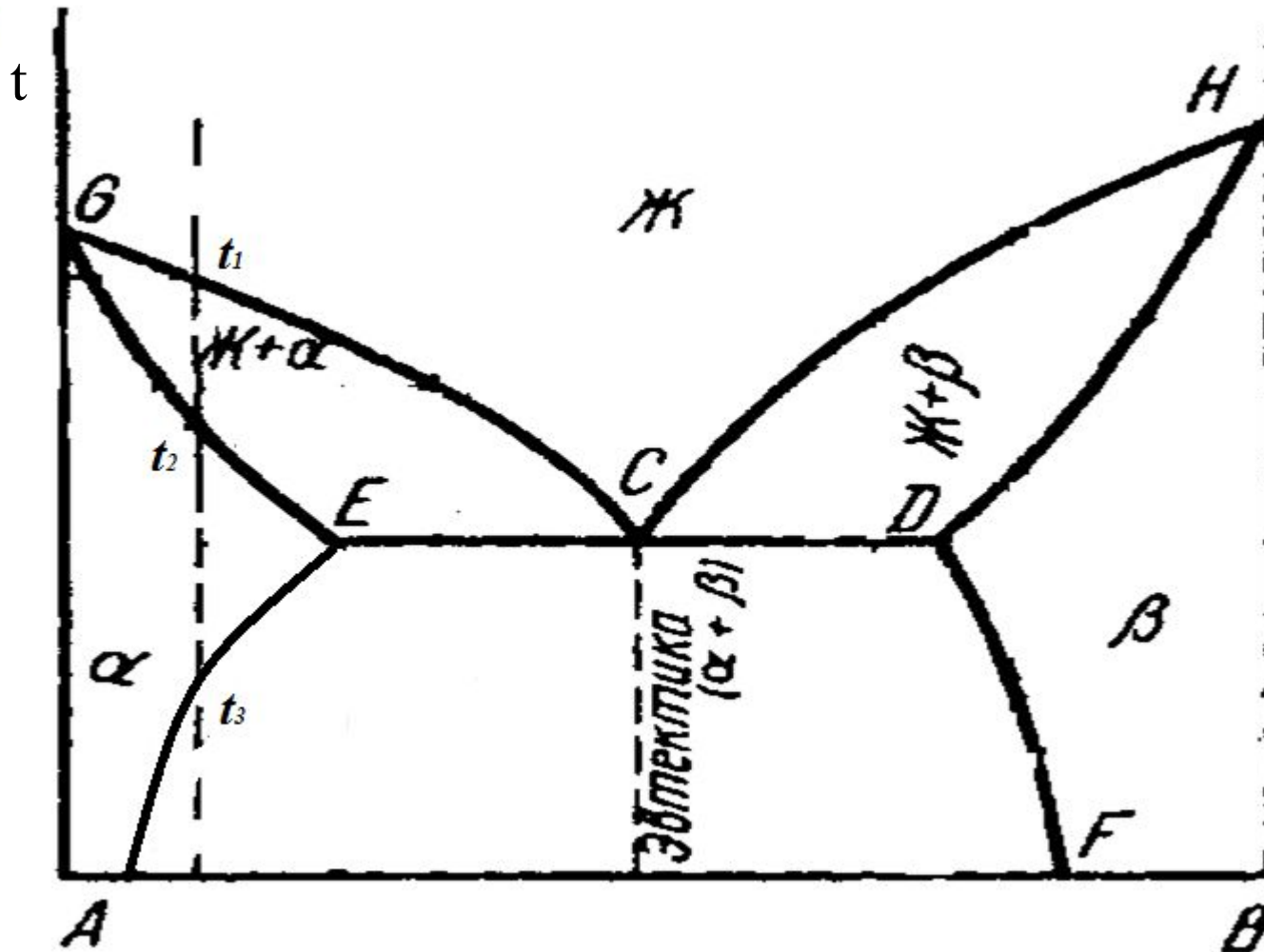


Диаграмма состояния двухкомпонентного сплава с ограниченной растворимостью компонентов друг в друге



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

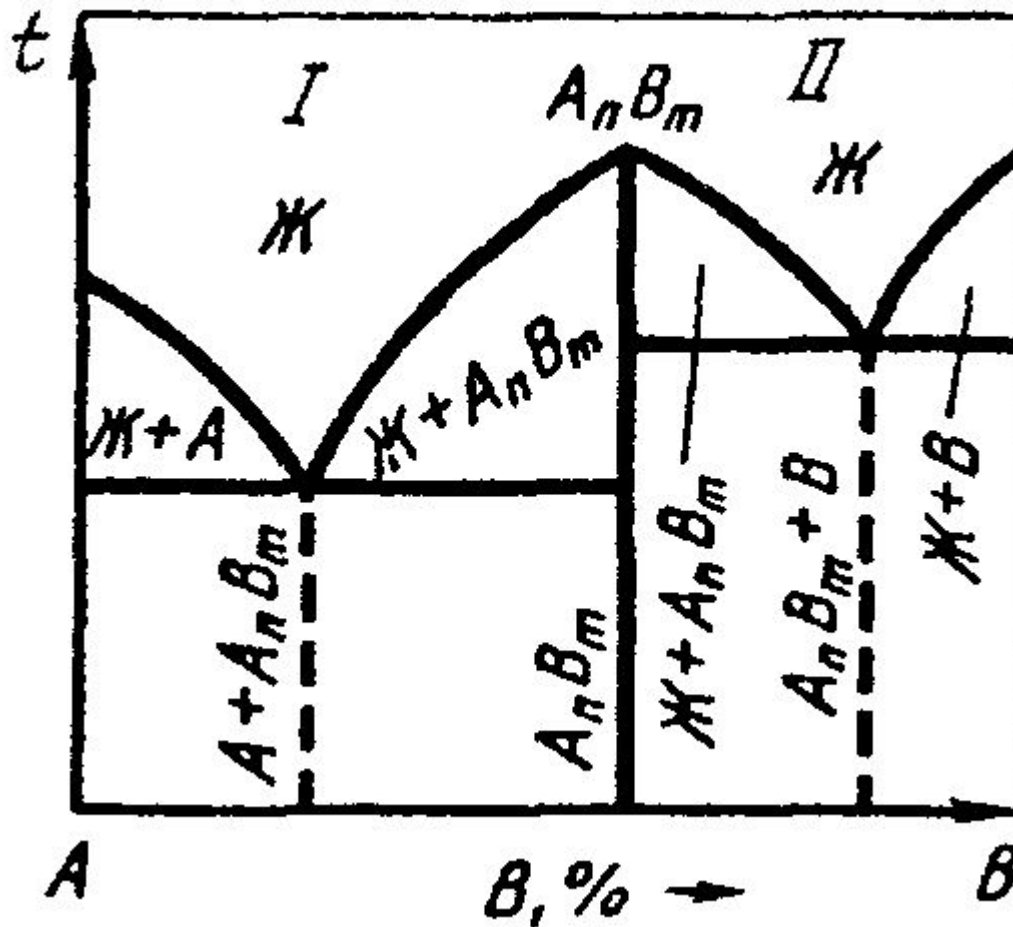


Диаграмма состояния с устойчивым химическим соединением.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

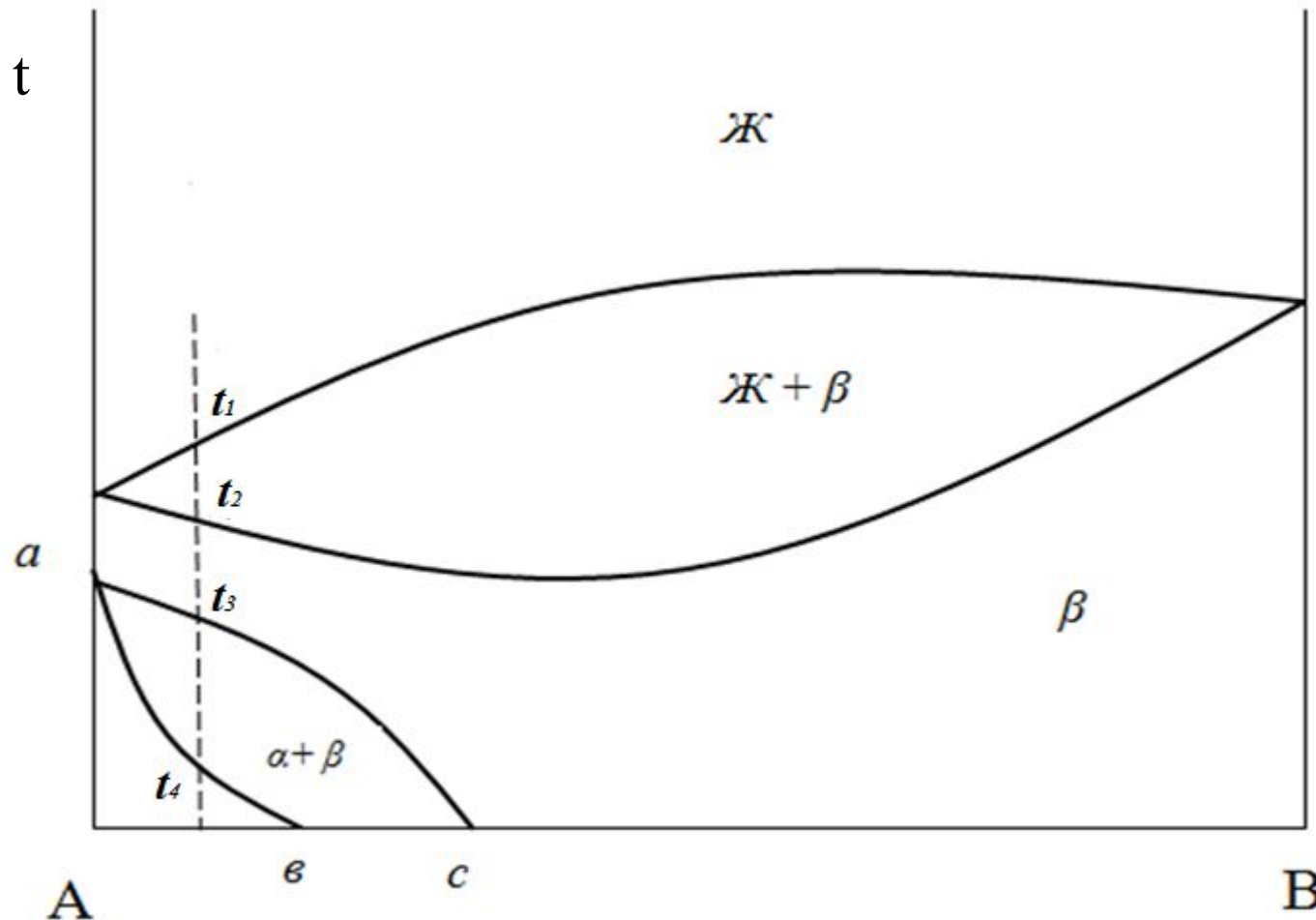


Диаграмма состояния двухкомпонентного сплава с неограниченной растворимостью и полиморфным превращением компонента А

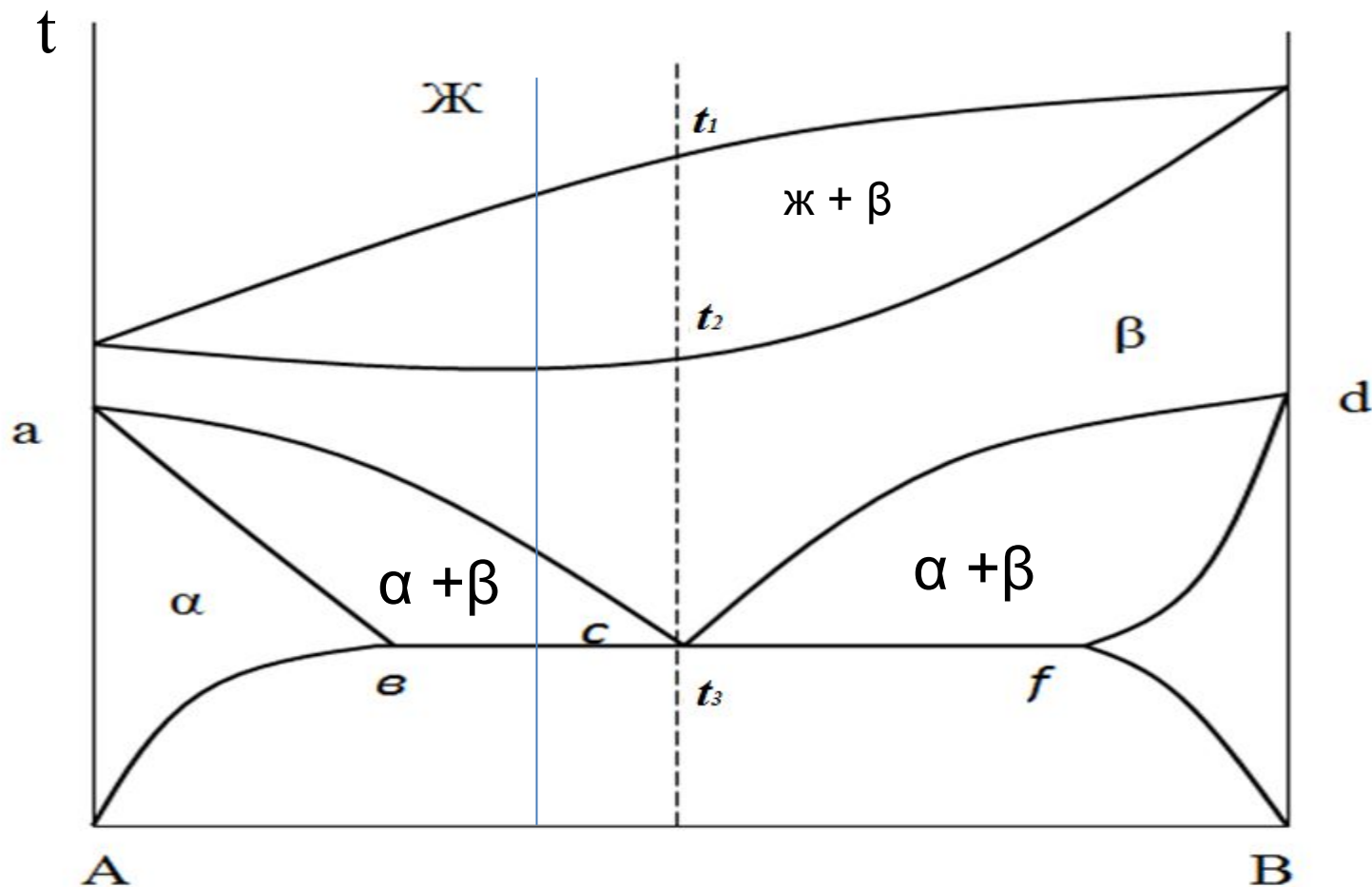


Диаграмма состояния двухкомпонентного сплава с неограниченной растворимостью и полиморфным превращением обоих компонентов





## Понятие эвтектоида

В нижней части диаграммы двухкомпонентного сплава фактически представлена диаграмма с образованием ограниченных твёрдых растворов и протеканием превращения схожего с эвтектическим. Однако отличительная черта данного превращения состоит в том, что исходной фазой распада является не жидкость Ж, а твёрдый раствор В который распадается на два новых раствора с ограниченной растворимостью компонентов.

В результате образуется механическая смесь двух твёрдых растворов, которую называют **ЭВТЕКТОИДОМ**.