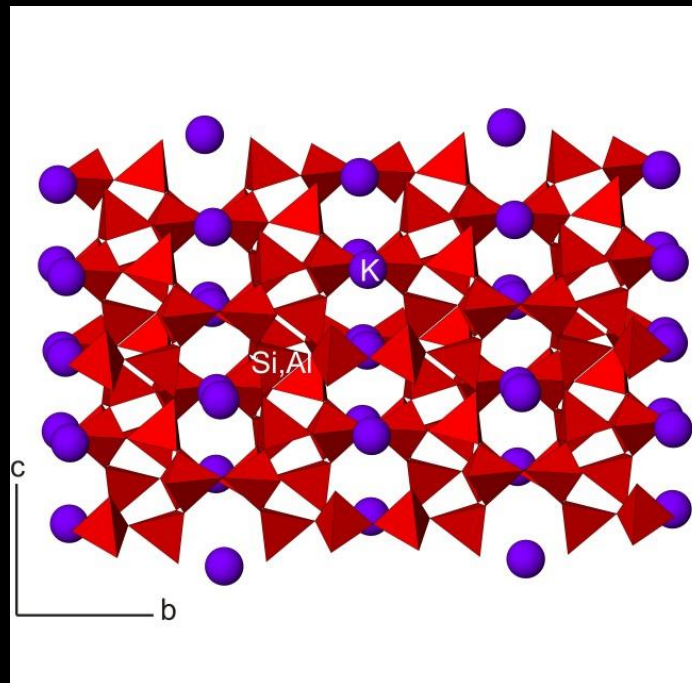
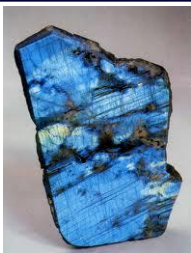


Кристаллохимия породообразующих минералов

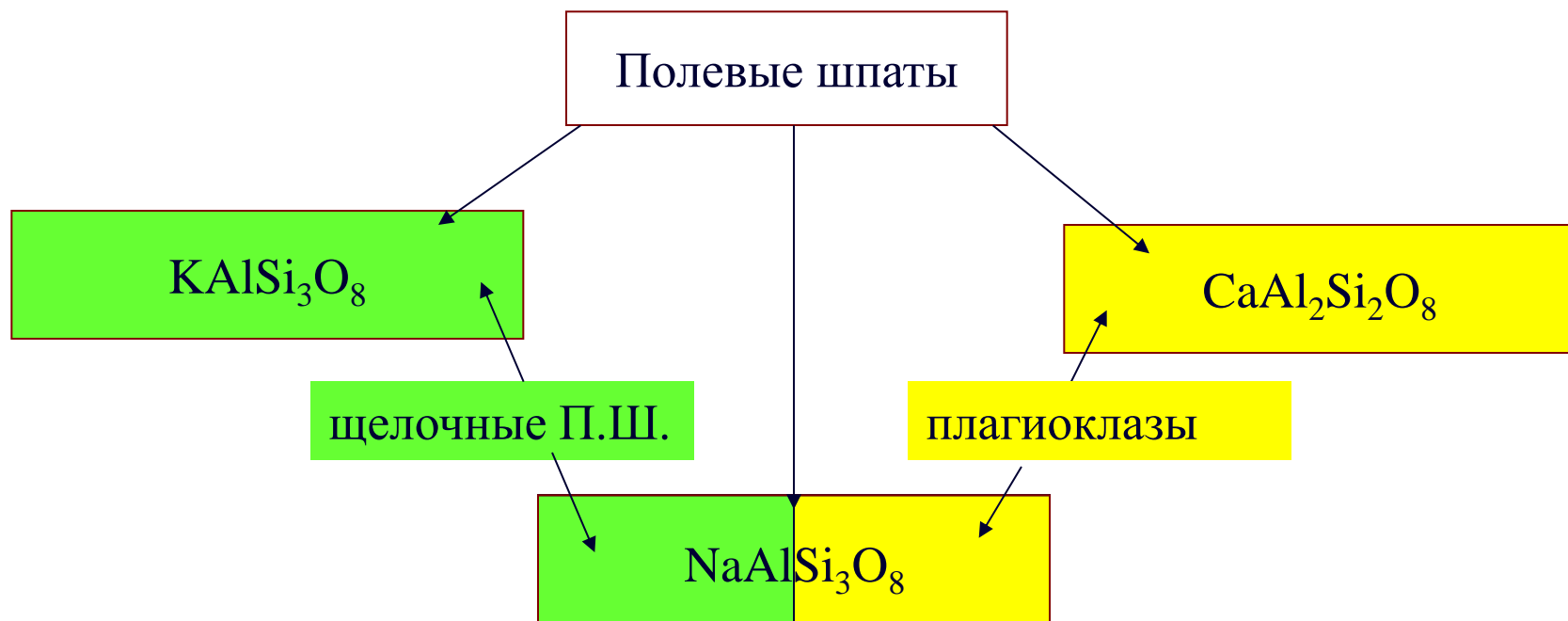
Лекция 3. Полевые шпаты, Плаггиоклазы





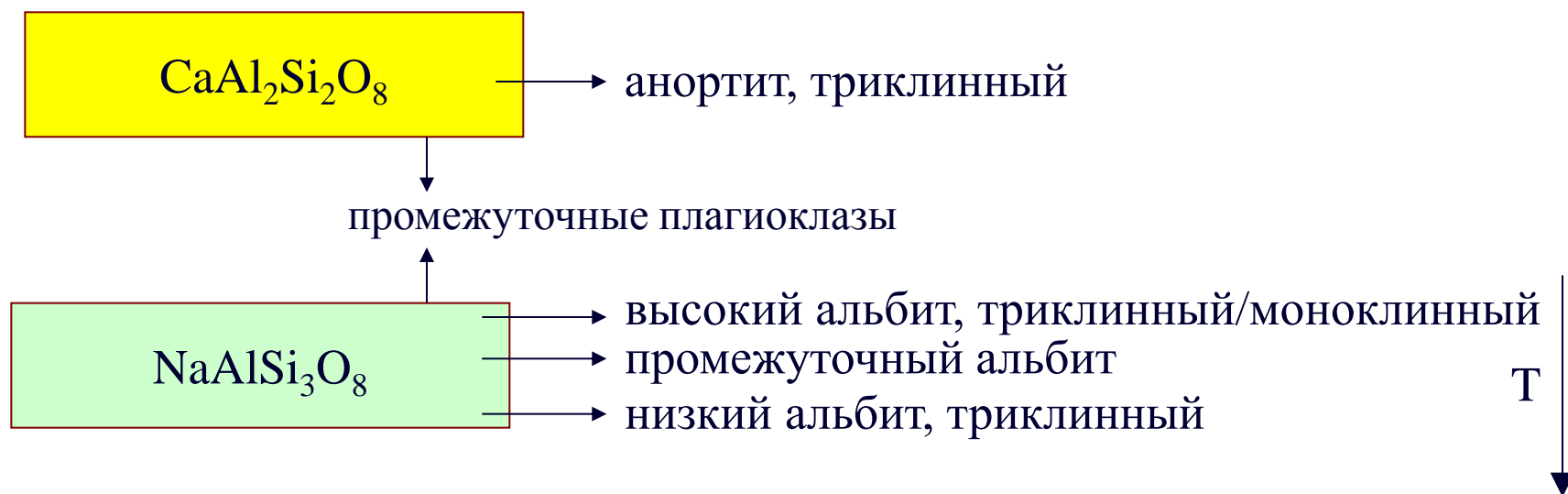
Плагииоклазы

по составу:





Чистые конечные члены плагиоклазов

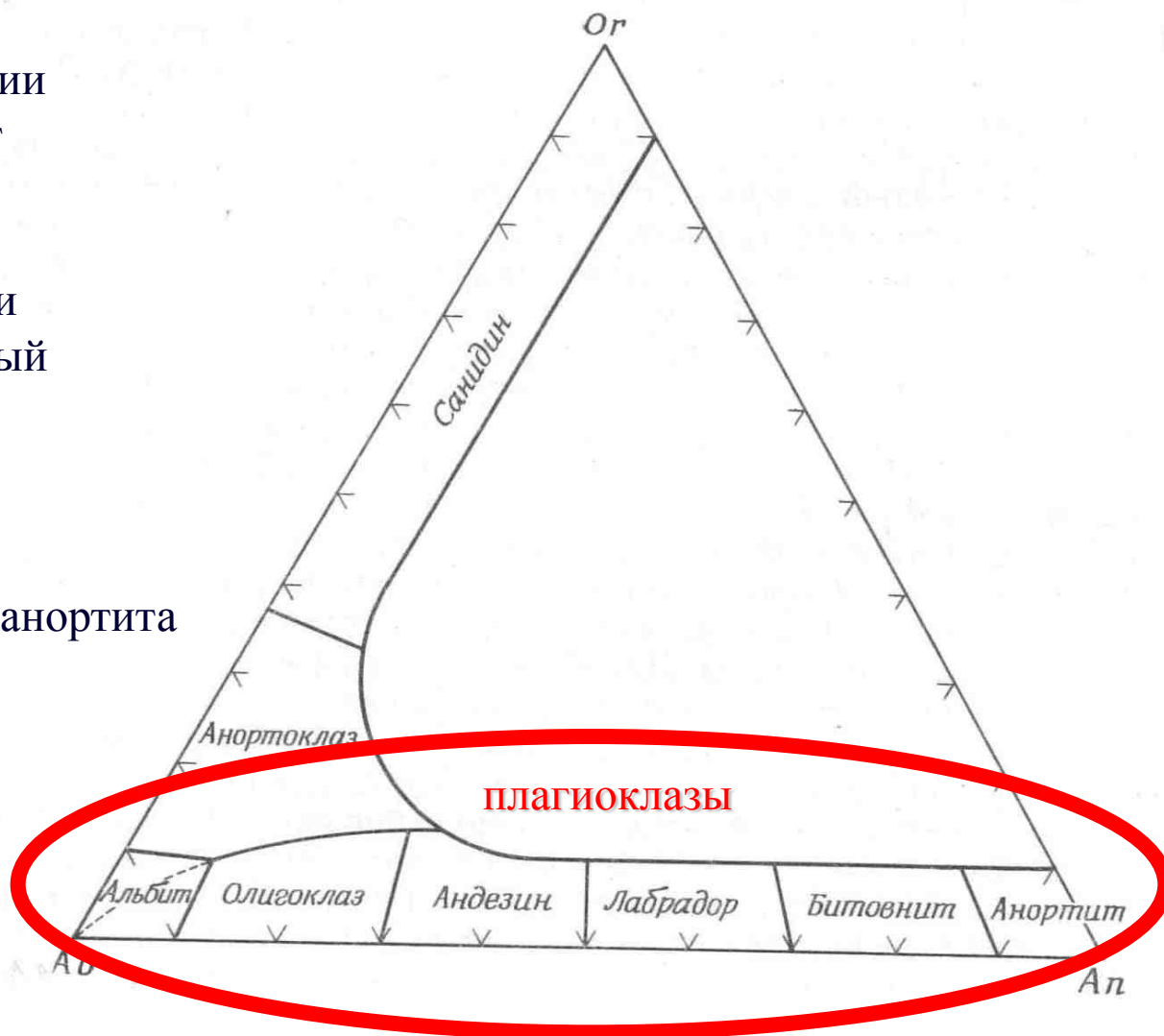


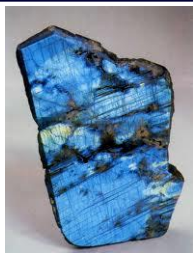


Номенклатура плагиоклазов

- высокотемпературные серии плагиоклазов представляют собой непрерывные серии твердых растворов
- низкотемпературные серии плагиоклазов имеют сложный характер

6 минералов по содержания анортита
1917, Calkins





Номенклатура плагиоклазов

Plagioclase Feldspars

Albite (high) An_{0-10} $(Na,Ca)[(Si,Al)_4O_8]$	Triclinic, $C-1$ $a = 8.16, b = 12.88, c = 7.11 \text{ \AA}$ $\alpha = 93.5, \beta = 116.5, \gamma = 90.2^\circ$
---	---

Albite (low) An_{0-10} $(Na,Ca)[(Si,Al)_4O_8]$	Triclinic, $C-1$ $a = 8.14, b = 12.79, c = 7.16 \text{ \AA}$ $\alpha = 94.2, \beta = 116.6, \gamma = 87.7^\circ$
--	---

Oligoclase An_{10-30} $(Na,Ca)[(Si,Al)_4O_8]$	Triclinic, $C-1$ $a = 8.16, b = 12.82, c = 7.14 \text{ \AA}$ $\alpha = 94.0, \beta = 116.5, \gamma = 88.6^\circ$
---	---

Andesine An_{30-50} $(Na,Ca)[(Si,Al)_4O_8]$	Triclinic, $P-1$ $a = 8.15, b = 12.83, c = 14.21 \text{ \AA}$ $\alpha = 93.6, \beta = 116.2, \gamma = 89.7^\circ$
---	--

Labradorite An_{50-70} $(Ca,Na)[(Si,Al)_4O_8]$	Triclinic, $C-1$ $a = 8.17, b = 12.87, c = 7.10 \text{ \AA}$ $\alpha = 93.5, \beta = 116.0, \gamma = 90.5^\circ$
--	---

Bytownite An_{70-90} $(Ca,Na)[(Si,Al)_4O_8]$	Triclinic, $I-1$ $a = 8.19, b = 12.88, c = 14.20 \text{ \AA}$ $\alpha = 93.4, \beta = 116.0, \gamma = 90.9^\circ$
--	--

Anorthite An_{90-100} $(Ca,Na)[(Si,Al)_4O_8]$	Triclinic, $P-1$ $a = 8.18, b = 12.88, c = 14.17 \text{ \AA}$ $\alpha = 93.2, \beta = 115.8, \gamma = 91.2^\circ$
---	--

Reedmergnerite $Na[BSi_3O_8]$	Triclinic, $C-1$ $a = 7.84, b = 12.37, c = 6.81 \text{ \AA}$ $\alpha = 93.3, \beta = 116.4, \gamma = 92.0^\circ$
-------------------------------	---



Плаггиоклазы



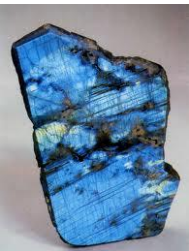
- Плаггиоклазы: интрузивные (низкотемпературные) и эффузивные (высокотемпературные) породы, метаморфизованные породы, осадочные породы.
- При высоких температурах образуют непрерывный ряд твердых растворов, с уменьшением температуры образуются структуры распада
- Антипертиты

picture width 4
mm

© Stephan
Wolfsried

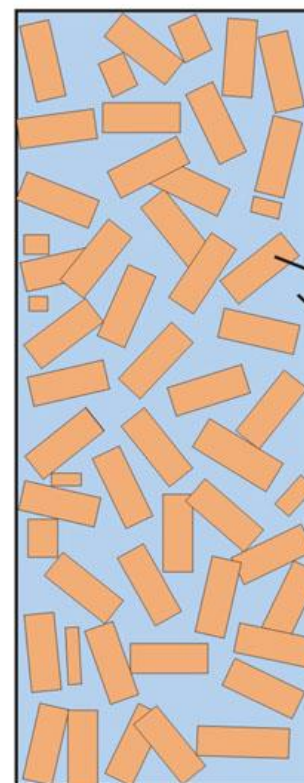
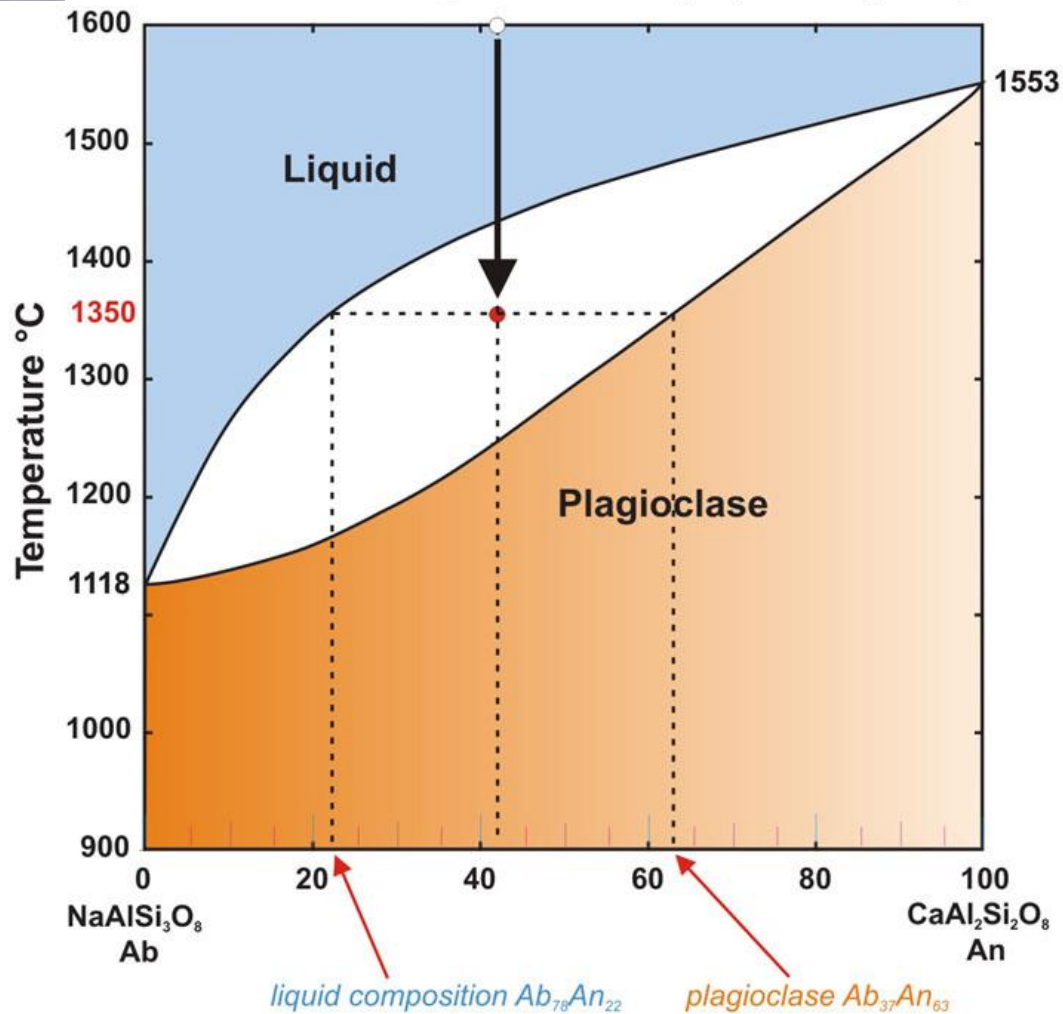
Anorthite





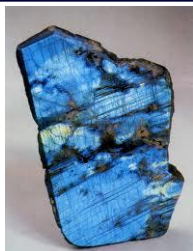
Плагноклазы

Albite-Anorthite System at 0.1 Mpa (1 atmosphere)

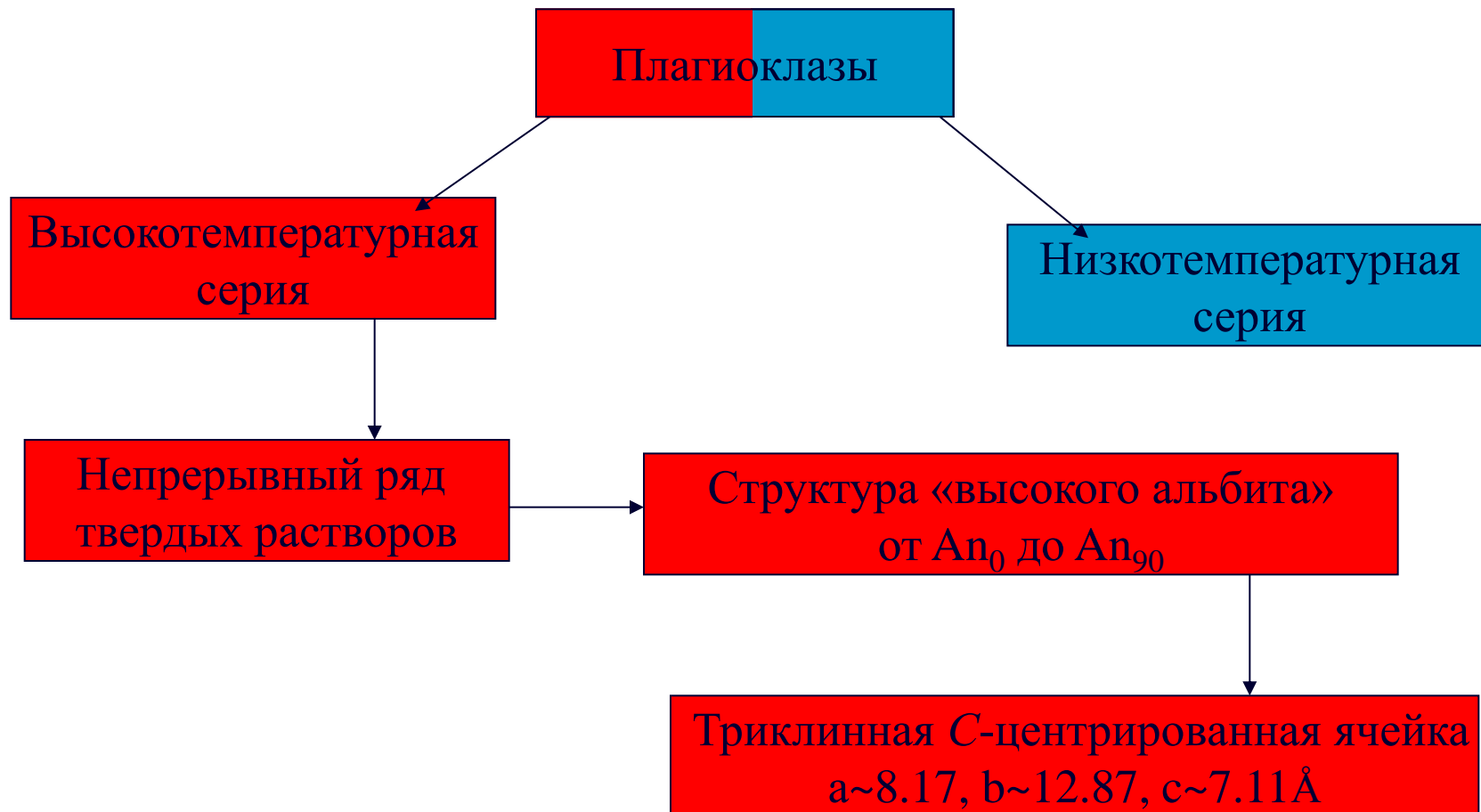


49 % plagioclase

51% liquid



Структура плагиоклазов





Структура плагиоклазов

Низкотемпературная серия: распад на шесть структурных групп

Структура низкого альбита
An 0 - 1,5

Перистеритовая структура
An 1,5 – 21-25

Промежуточная структура
An 21-25 – 70-75

An 0

I анортитовая структура
An 70-75 – 80-85

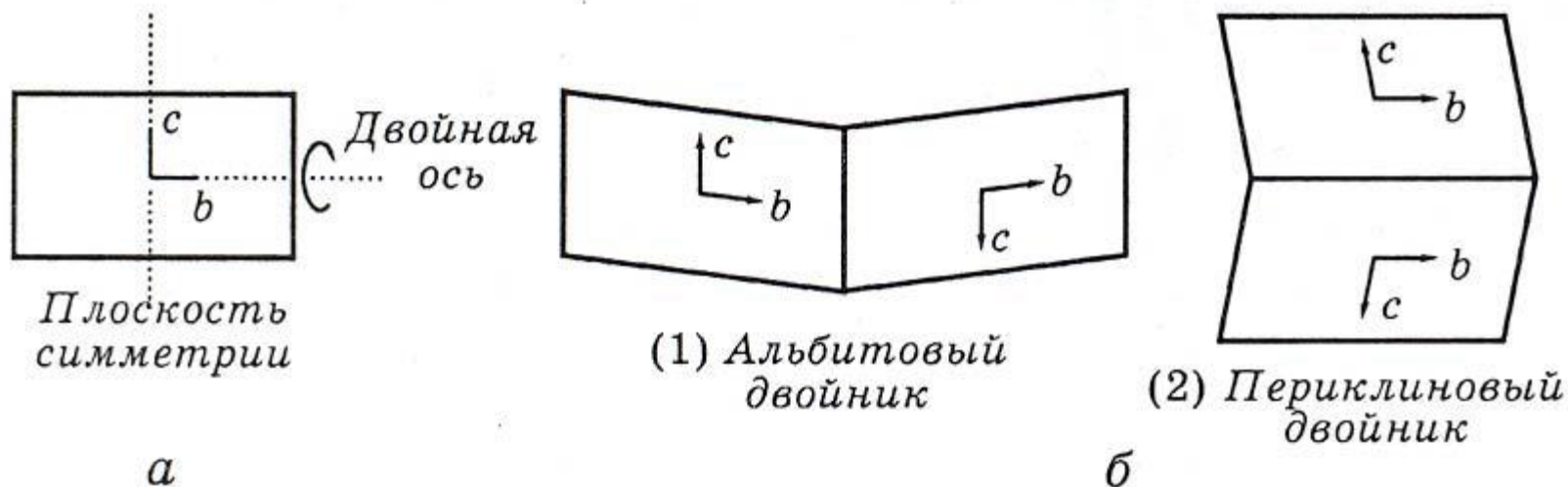
An 100

Переходная анортитовая структура
An 80-85 – 90-95

P анортитовая структура
An 90-95 – 100



Структура плагиоклазов

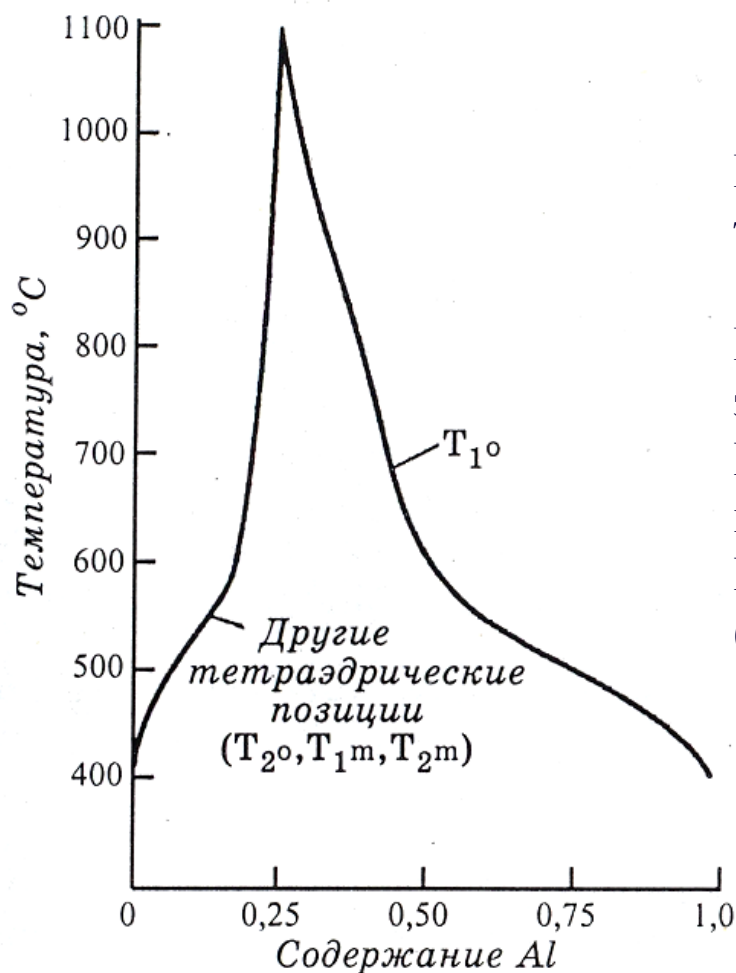


а – элементарная ячейка моноклинного альбита, имеющая плоскость симметрии и ось второго порядка;

б – два различных варианта соотношений двух равновероятных искажений в триклинную ячейку: 1– с параллельными осями, приводящими к альбитовому двойнику; 2 – с параллельными осями, приводящими к периклиновому двойнику



Структура плагиоклазов



Распределение в альбите в зависимости от температуры.

В полностью разупорядоченном состоянии занятость каждой позиции Al составляет 0,25. При охлаждении Al мигрирует из трёх других позиций в позицию T_{10} .

При 400 С весь Al находится в позиции T_{10} (Стюарт и Риббе, 1969)



Структура плагиоклазов

Перистеритовая структура
An 1,5 – 21-25

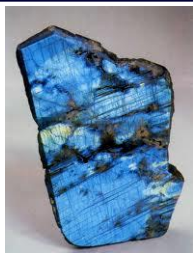
Перистериты – субмикроскопические срастания натровых и кальциевых членов

- две фазы обладают структурой и составом конечных членов ряда

Структура низкого альбита
An 0 - 1,5

Промежуточная структура
An 21-25 – 70-75

- ориентация: плоскости (010) двух фаз параллельны
- некоторые из перистеритов обнаруживают эффект иризации



Структура плагиоклазов

I анортитовая структура
An 70-75 – 80-85

большая степень упорядочения в распределении Si-Al с большим периодом повторяемости

- по сравнению со структурой низкого альбита отсутствует половина центров симметрии
- параметр c удвоен ($a = 8.2$, $b = 12.9$, $c = 14.2$ Å)
- рефлексы с индексами $[(h+k)$ четное, l четное] – соответствуют 7-Å ячейки - тип **a** (характерны для всех П.Ш.), более слабые рефлексы с индексами $[(h+k)$ нечетное, l нечетное] – соответствуют удвоенному параметру c - тип **b**
- Na и Ca беспорядочно распределены



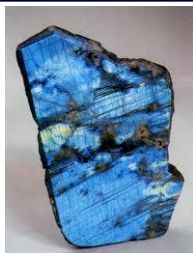
Структура плагиоклазов

Промежуточная структура
An 21-25 – 70-75

e – плагиоклазы, доменные структуры

Промежуточная структура: появление новых дифракционных эффектов:

- рефлексы типа **b** заменяются парами рефлексов типа **e** (равноотстоящих от рефлексов типа **b**), положение которых меняется в зависимости от состава образца
 - дополнительная пара рефлексов типа **f** – сателлиты рефлексов типа **a** – у плагиоклазов с большим содержанием Са
- правильное чередование богатых Na и богатых Са областей, существование анортитовых и альбитовых доменов
- возникновение доменов связано с несовместимостью в едином каркасе структуры промежуточных плагиоклазов двух схем упорядочения



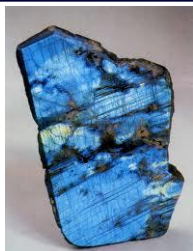
Структура плагиоклазов

Переходная анортитовая структура
An 80-85 – 90-95

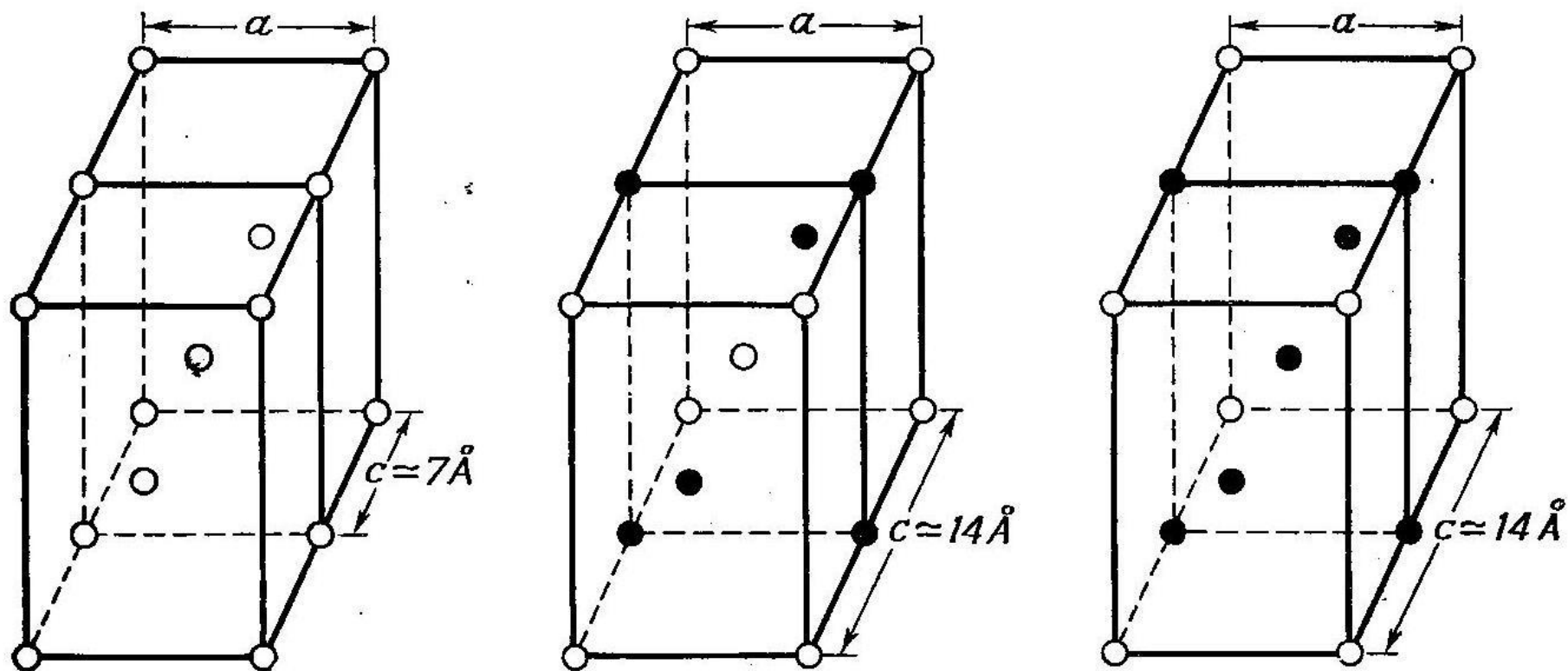
P анортитовая структура
An 90-95 – 100

- по сравнению со структурой *I* анортита отсутствует половина центров симметрии
- сохраняется удвоенный параметр *c* ($a = 8.18$, $b = 12.88$, $c = 14.17$ Å)
- примитивная структура анортита дает ряд новых рефлексов: рефлексы с индексами $[(h+k) \text{ четное}, l \text{ нечетное}]$ – тип **c**, рефлексы с индексами $[(h+k) \text{ нечетное}, l \text{ четное}]$ – тип **d**
- в переходной структуре отражения **c** и **d** – диффузные
- 16 неэквивалентных тетраэдрических положений, 4 независимых атома Ca в 6-7 координации

Примитивная элементарная ячейка анортита построена из 4-х альбитоподобных подъячеек. Полностью упорядоченное распределение атомов Si, Al (каждый Si-тетраэдр окружен 4-мя Al-тетраэдрами) = удвоение параметра *c* в сравнении с альбитовой ячейки; различие координат атомов (особенно для Ca) в 4-х подъячейках (доменах) анортита = понижение симметрии с *I* до *P*

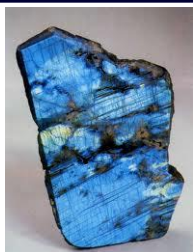


Структура плагиоклазов



Ф и Г. 42. Взаимосвязь между различными типами решеток плагиоклазов (Cole et al., 1951).

Слева направо: альбит, объемноцентрированный анортит, примитивный анортит.



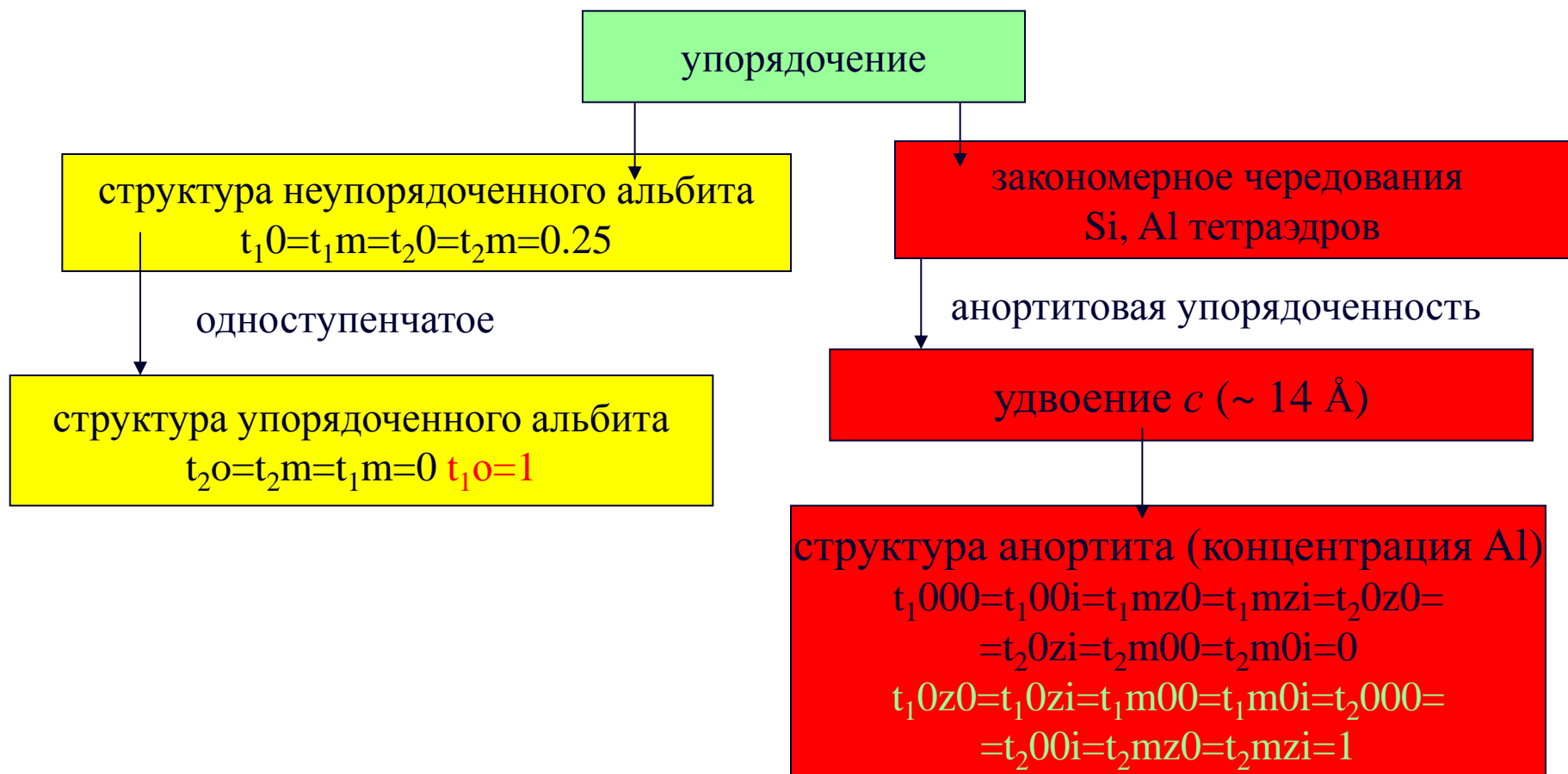
Структура плагиоклазов

Минерал, пространственная группа	Обозначение неэквивалентных тетраэдрических положений								Кратность позиций
Санидин, ортоклаз, $C2/m$	T_1				T_2				8
Максимальный микроклин, низкий альбит, $C1$	T_10		T_1m		T_20		T_2m		4
Анортит, битовнит, $P1$ ($c=14 \text{ \AA}$)	T_100	T_10z	T_1m0	T_1mz	T_200	T_20z	T_2m0	T_2mz	2
Анортит, $P1$ ($c=14 \text{ \AA}$)	T_1000	T_10z0	T_1m00	T_1mz0	T_2000	T_20z0	T_2m00	T_2mz0	1
	T_100i	T_10zi	T_1m0i	T_1mzi	T_200i	T_20zi	T_2m0i	T_2mzi	

большое разнообразие тетраэдрических позиций - используется трехзначный индекс



Структура плагиоклазов





Структура плагиоклазов

Анортит — полностью
упорядоченный полевой шпат.

Упорядоченный плагиоклаз,
содержащий 50% An.
Изменение упорядоченности в
плагиоклазах промежуточного
состава будет происходить за счет
изменения упорядоченности в
альбитовых доменах.

1		3		1		1	
	6		8				
9		11		1		1	
	14		16				
1		3		1		1	
	6		8				
9		11		1		1	
	14		16				

Ал-подоб- Аб-подоб-
ный домен ный домен

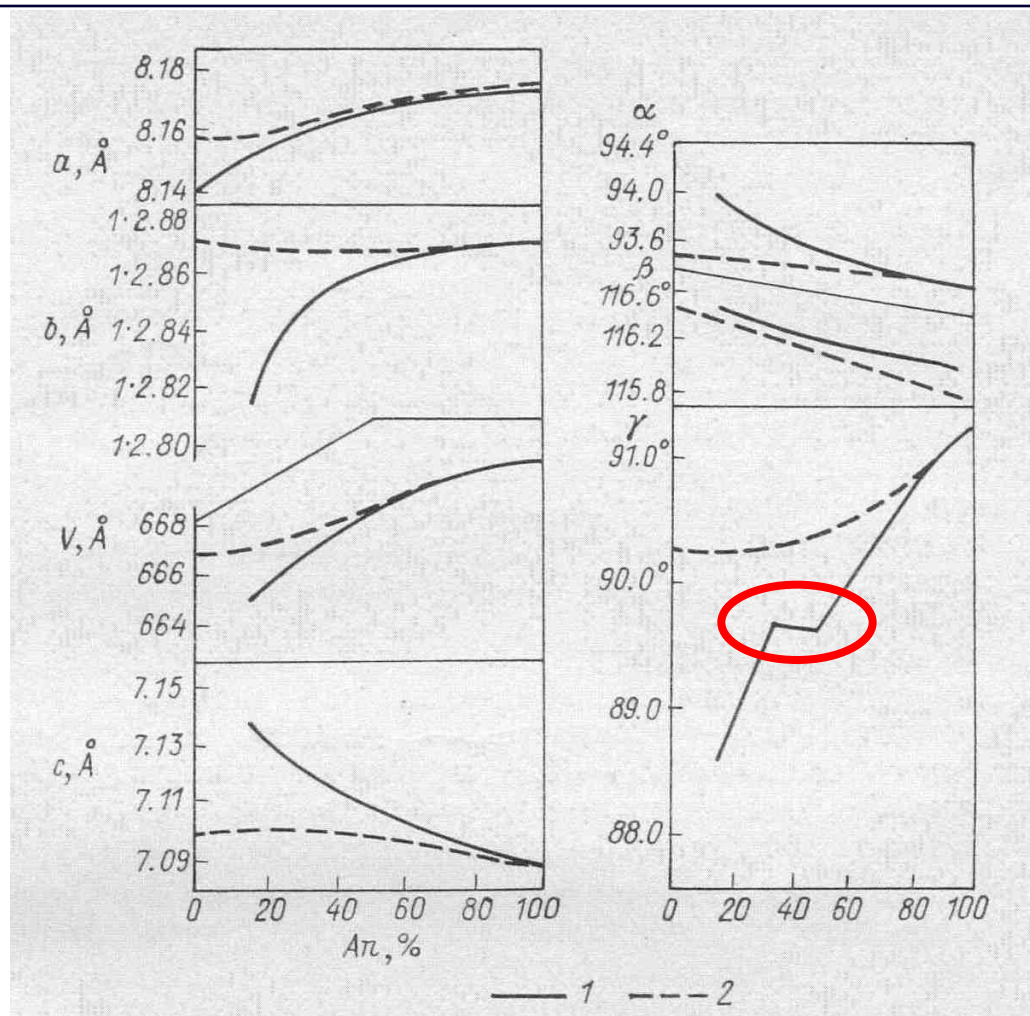


Структура плагиоклазов

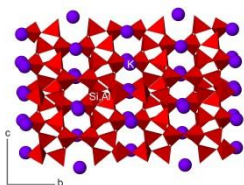
Наличие разрывов в изменении П.Э.Я. Для низкотемпературных плагиоклазов, точки перегибов:

An_{25} , $An_{37.5}$, An_{50} , $An_{87.5}$

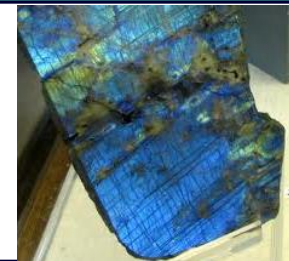
- различный характер распределения Al по тетраэдрам при переходе от альбита к анортиту
- доменное строение



1-упорядоченная 2-неупорядоченная серия



Структура плагиоклазов



Структуры распада низкотемпературных плагиоклазов

явление ирризации

Перистериты
 An_{2-15}

домены двух фаз:
упорядоченного альбита и
олигоклаза переменного
состава $An_{25}-An_{35}$

прорастания Боггилда
(Беггильда)
 An_{48-58}

две фазы: An_{45} и An_{55-60}
е-плагиоклазы

прорастания Гуттенлошера
(Хуттенлохера)
 An_{70-90}

две фазы: анортит и
е-плагиоклаз $\sim An_{65}$

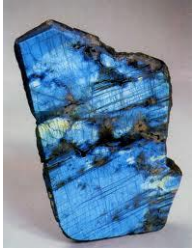


Полевые шпаты

Структурный типоморфизм П.Ш.: структурные особенности П.Ш. связаны с условиями образования и последующих изменений.

Факторы Al-Si упорядоченности:

- **температура кристаллизации**
- **давление**
- **скорость кристаллизации** (большие скорости – неупорядоченные структуры)
- **скорость охлаждения** (быстрая скорость охлаждения пород – неупорядоченные структуры)
- **облучение** – разупорядочение
- **повторный прогрев пород** – санидин в пегматитах
- **состав П.Ш.** – замещение K/Na и Na/K – способствует разупорядоченности
- **содержание примесей** – приводят к образованию неупорядоченного П.Ш.
- **состав среды** – водные флюиды, летучие компоненты – упорядоченные П.Ш.



Полевые шпаты

- полевые шпаты: геологические термометры, позволяют судить о тепловой и химической истории содержащих их пород
- структурный типоморфизм – связь особенностей структуры и условий образования минералов
- широкие изоморфные схемы, образование доменов, явление порядок/беспорядок, низкосимметричные структуры
- распределение Al/Si зависит от температуры кристаллизации и последующей «термической истории»

**П
о
л
е
в
ы
е

ш
п
а
т
ы**

