

Диаграммы фазового соответствия
Двуполевошпатовый термометр Бартона
плагиоклаз (Pl) - щел.полевой шпат(Fsp)

Бартоном предложено в качестве геотермометра использовать температурную зависимость распределения альбитового компонента в Pl и Fsp. Соотношение концентрации альбита в Pl и Fsp равно:

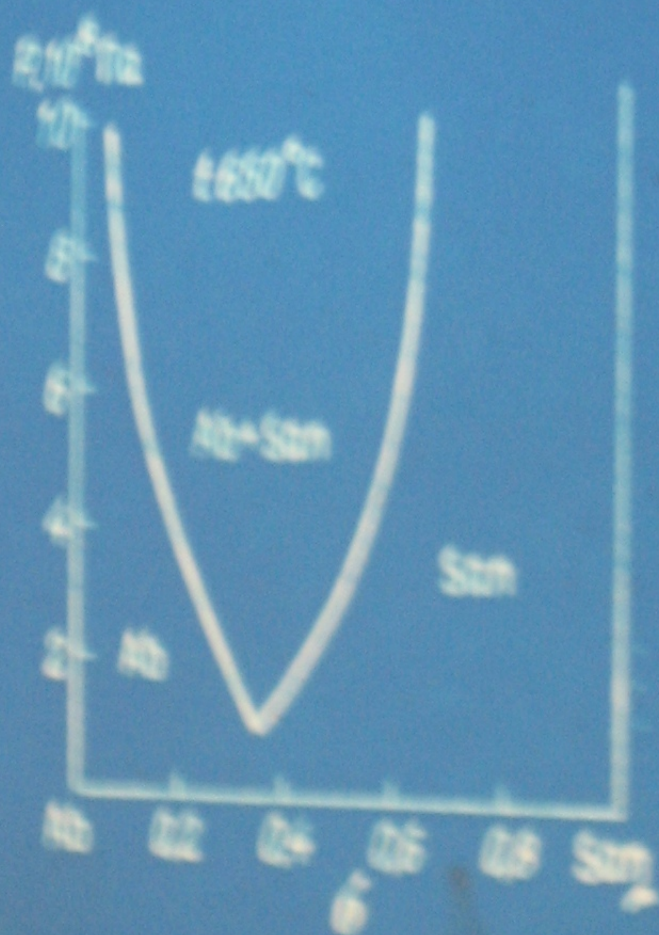
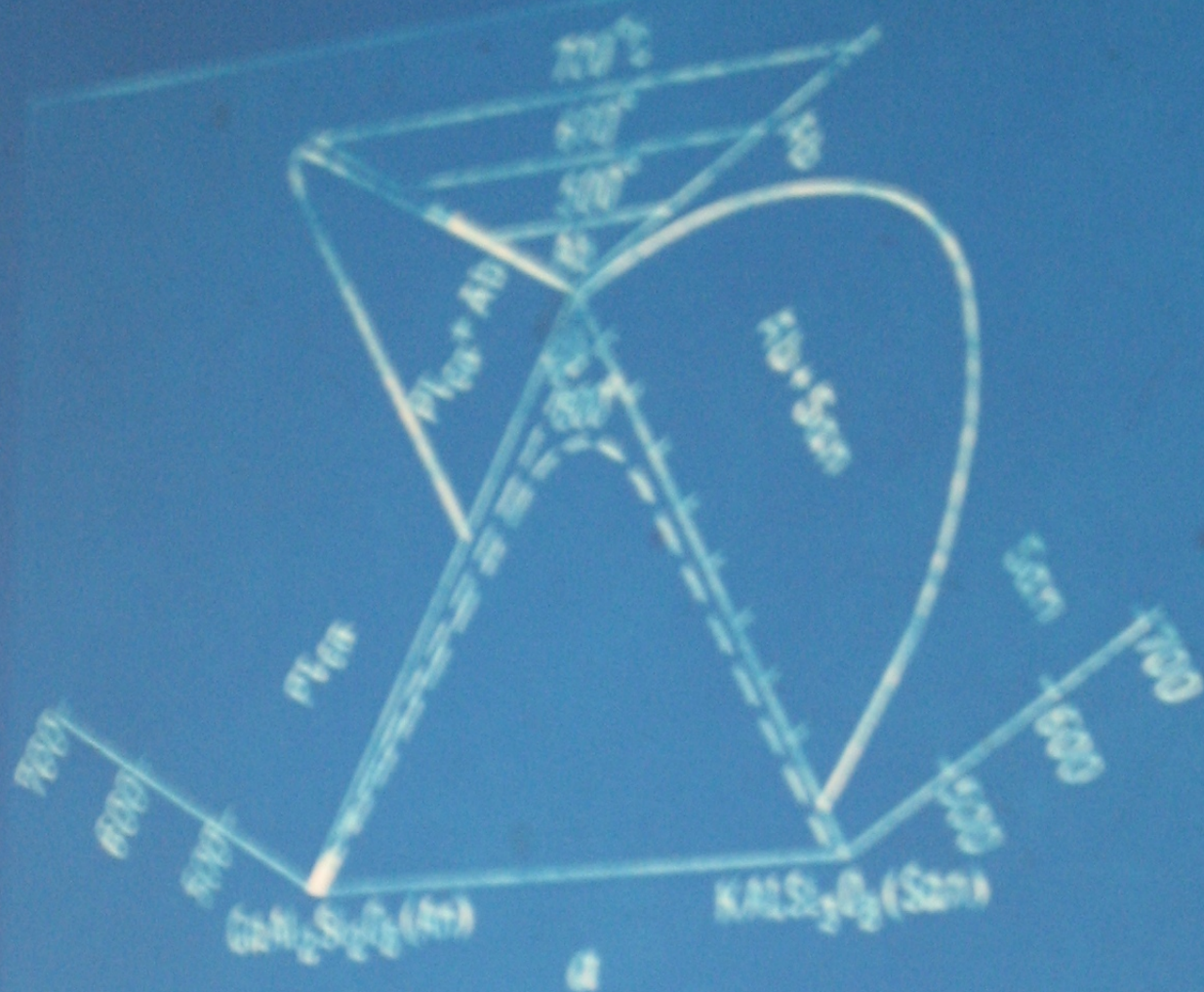
$$\ln \bar{K}_{Ab} = (X_{Ab})^{Fsp} / (X_{Ab})^{Pl} = (-\Delta G / RT)_P$$

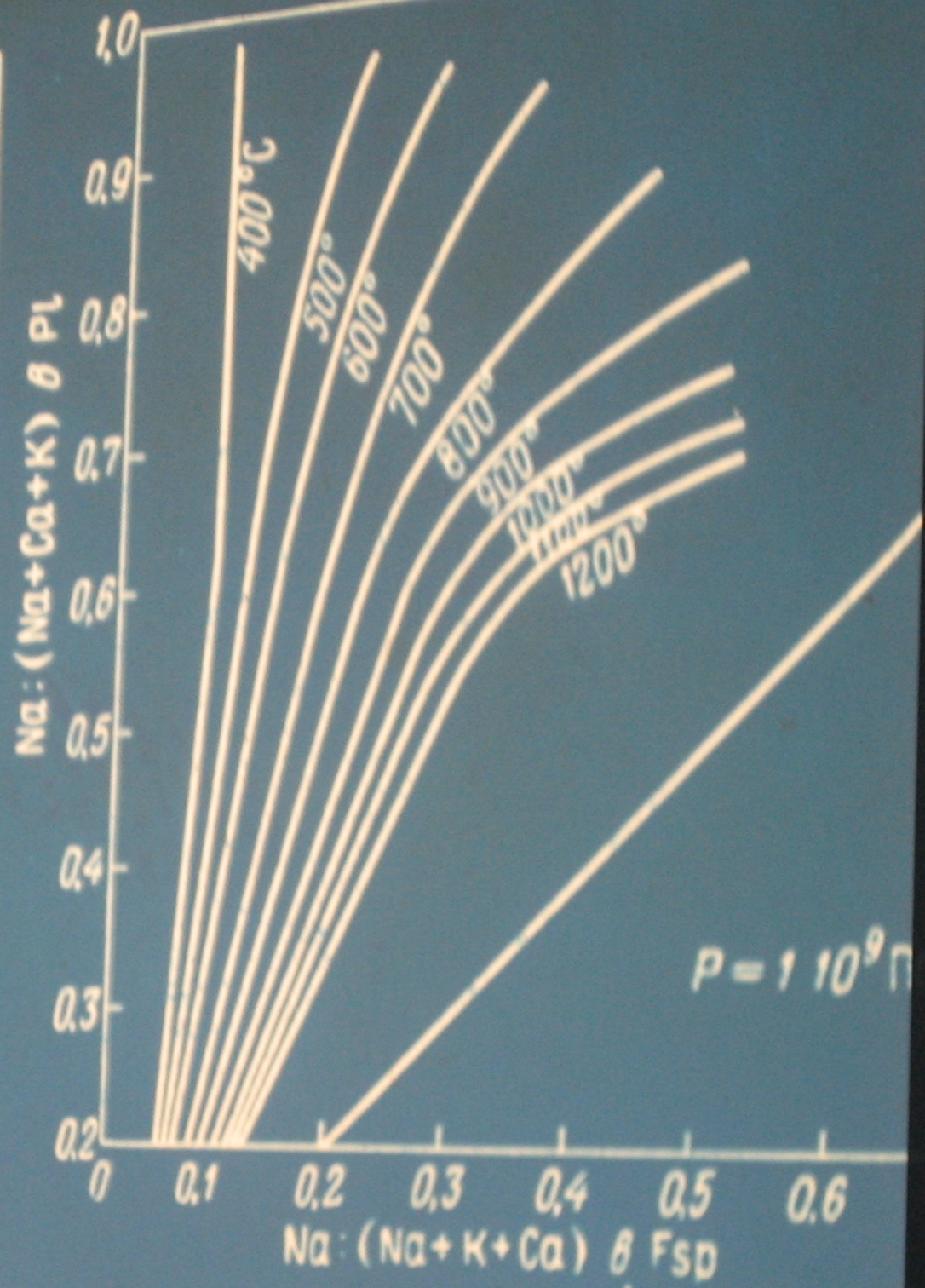
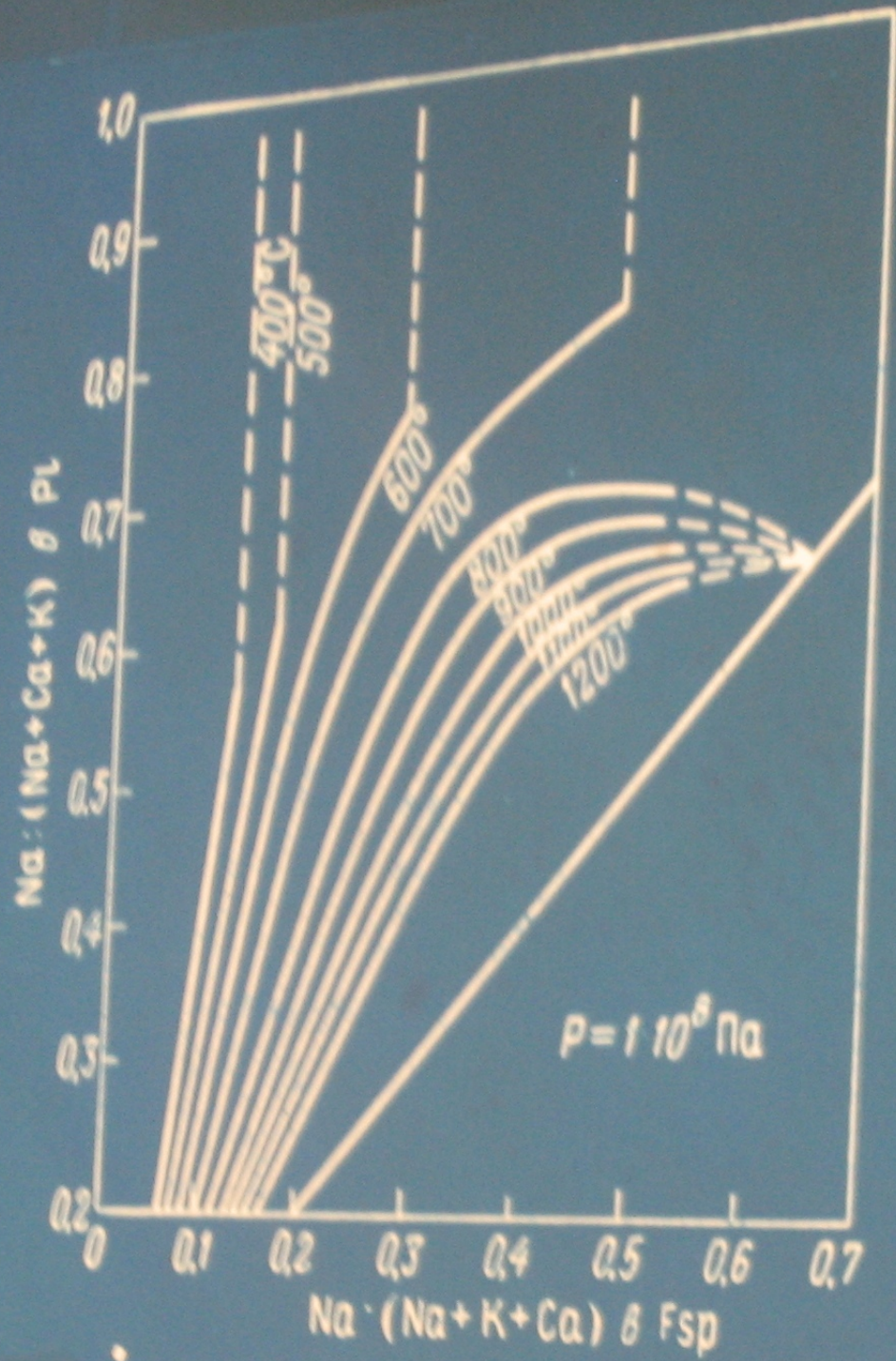
$$\Delta G = G_{Ab}^{Fsp} - G_{Ab}^{Pl}$$

Бартон принял, что величина \bar{K}_{Ab} зависит от T, но не зависит от P и состава фаз (идеальное растворение) и построил график $\bar{K}_{Ab} = f(T)$. Однако Fsp и Pl – неидеальные твердые растворы (кривые распада). В действительности \bar{K}_{Ab} зависит от состава фаз и плагиоклаз всегда богаче альбитом, чем щел.полевой шпат и распределение Al между Pl и Fsp лучше описывается величиной K_D , равной:

$$K_D = [X_{Ab} / (1 - X_{Ab})]^{Pl} \cdot [(1 - X_{Ab}) / X_{Ab}]^{Fsp}$$

Эти минералы не являются идеальными твердыми растворами и поэтому надо знать избыточные функции.

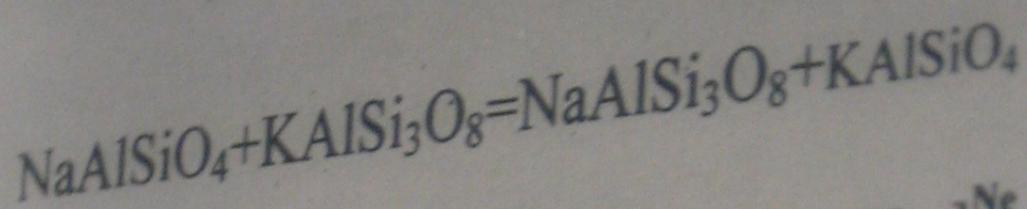




Две изобарические диаграммы фазового соответствия для системы альбит — клаз — анортит (по данным Л. Л. Перчука и А. Л. Александрова)

Нефелин-полевошпатовый термометр

(Ne-Fsp)



$$RT \ln K_D = RT \ln \left[\frac{X_{\text{Na}}}{(1-X_{\text{Na}})} \right]^{F_{\text{Fsp}}} \cdot \left[\frac{(1-X_{\text{Na}})}{X_{\text{Na}}} \right]^{Ne}$$

где:

$$\Delta G^0 = G^0_{\text{NaAlSi}_3\text{O}_8} + G^0_{\text{KAlSi}_3\text{O}_8} - G^0_{\text{NaAlSi}_3\text{O}_8} - G^0_{\text{KAlSi}_3\text{O}_8}$$

$$\Delta G^e = G^e_{\text{NaAlSi}_3\text{O}_8} + G^e_{\text{KAlSi}_3\text{O}_8} - G^e_{\text{NaAlSi}_3\text{O}_8} - G^e_{\text{KAlSi}_3\text{O}_8}$$

Значения G^e для нефелина, калиосилита, санидина, микроклина и альбитов (высокого и низкого) получены из данных по равновесиям с хлоридными растворами и построенных диаграмм для F_{Fsp}^H и F_{Fsp}^L .
Надо учитывать эффект растворения SiO_2 в нефелине, иначе цифры температур окажутся сильно заниженными.

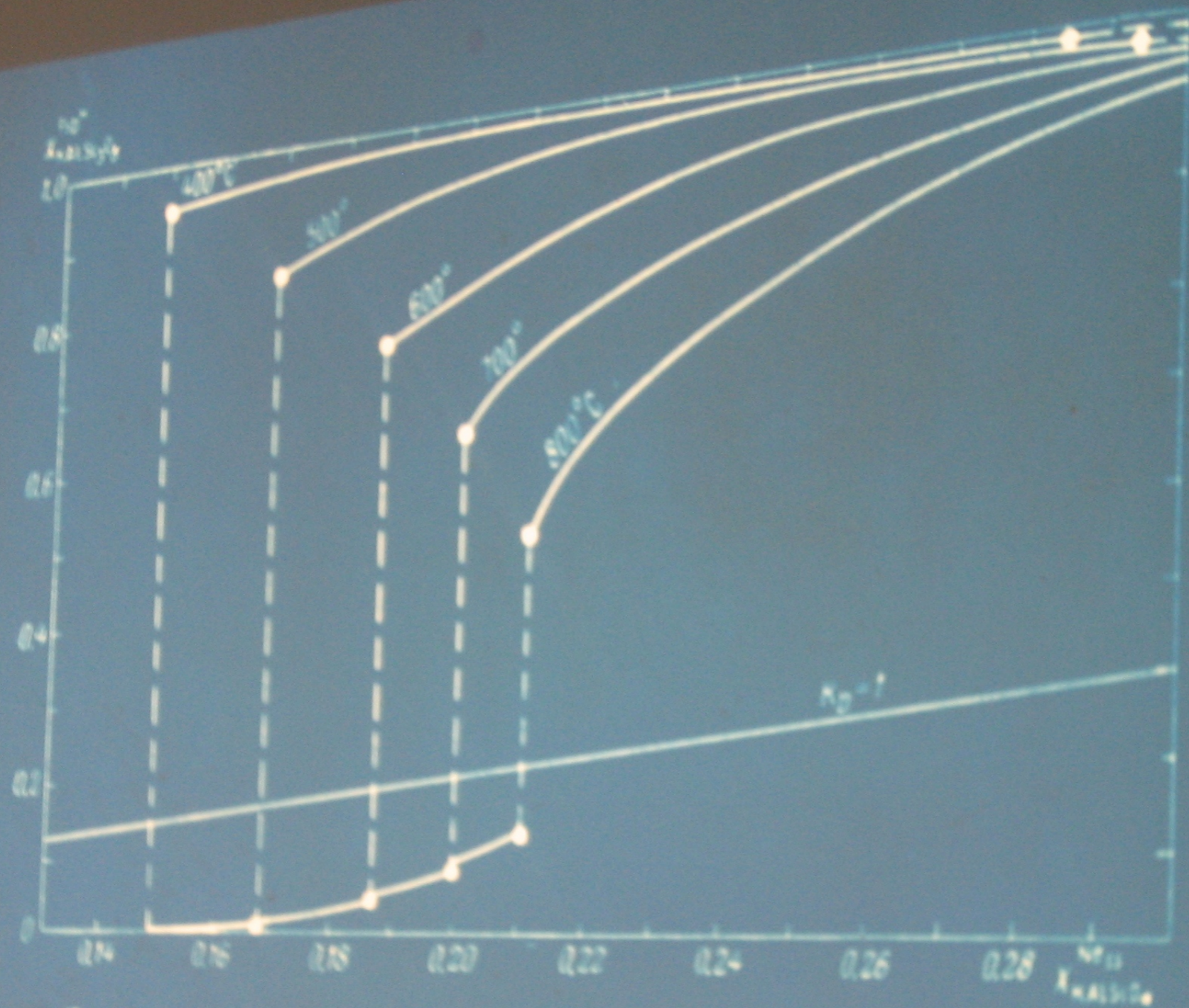
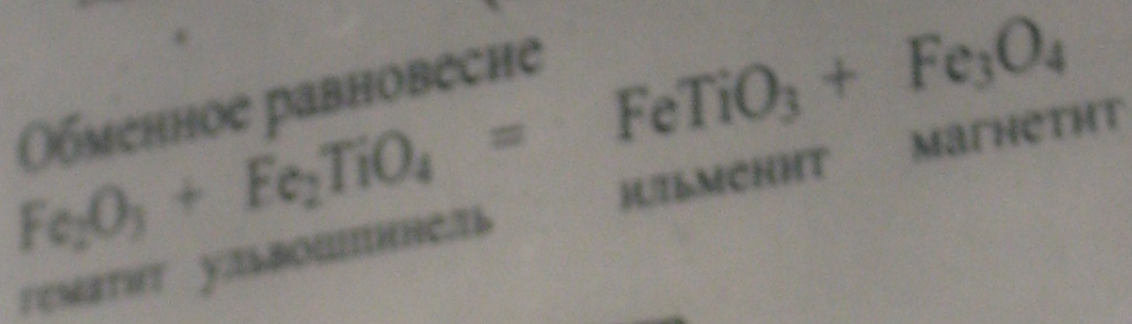


Диаграмма фазового соответствия для системы нефелин (Ne_{12}) — упорядоченный щелочной полевой шпат с изотермами распределения K и Na между минералами при давлении 10^8 Па

Магнетит - ильменитовый термометр (Mt-il)

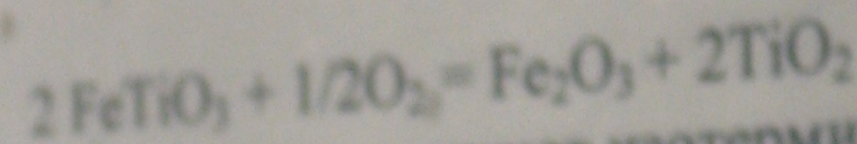
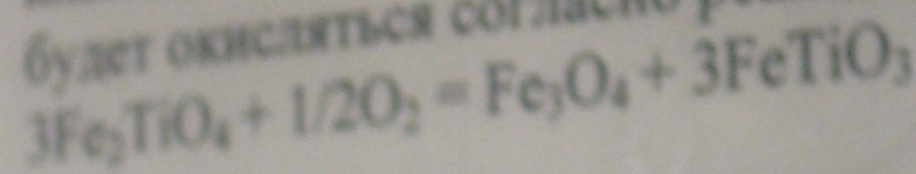
Обменное равновесие



определяет этот термометр.

K_D этой реакции зависит только от T , P и состава фаз. Однако Fe в магнетите и ильмените имеет переменную валентность и

будет окисляться согласно реакциям:



Эти реакции отражают изотермический процесс изменения состава минералов при T и $P = \text{const.}$, но при окислении системы.

Составы сосуществующих ильменита и магнетита при постоянном давлении

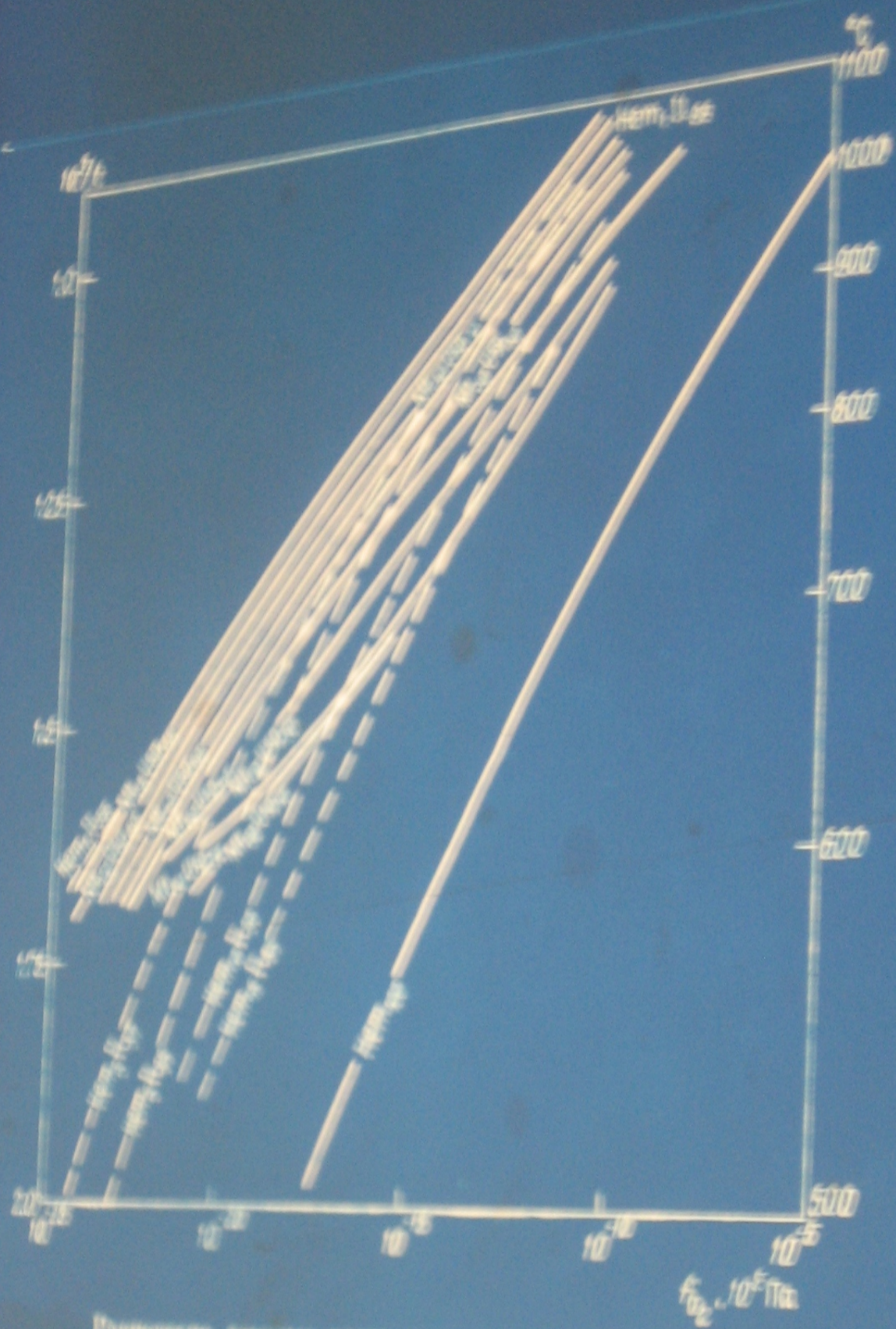
находятся в зависимости от T и

фугитивности O_2 (f_{O_2}).

Диаграмма $\lg f_{\text{O}_2} - t^\circ\text{C}$ с изолиниями составов ильменита и магнетита составлена

Длиндли. Это оксометр (P_{O_2} -метрия), но разрешающая способность небольшая.

Наличие Mn, Al, Cr в минералах может исказить значения температур.

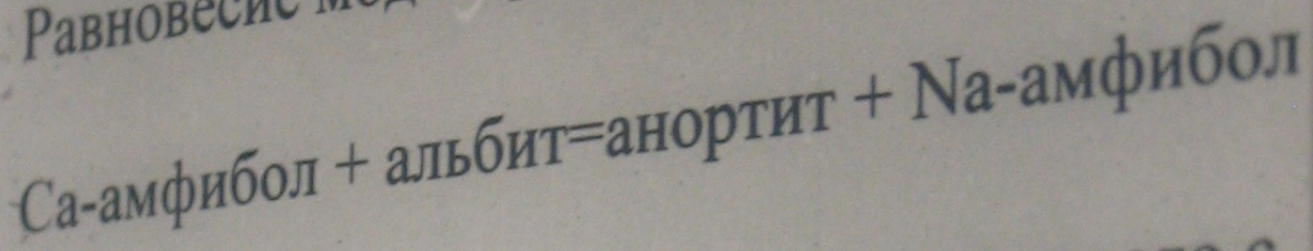


Растворенная твердая растворен магнетита с парциальным в зависимости от температуры и функции кислорода при $P = 2 \cdot 10^8 \text{ Па}$

Амфибол-плагноклазовый термометр

(Amf-Pl)

Для средних составов амфибола (при $X_{Ca} \geq 0,5$), близких по глиноземистости к ряду эденит-паргасит, предложена диаграмма. Равновесие моделируется реакцией:

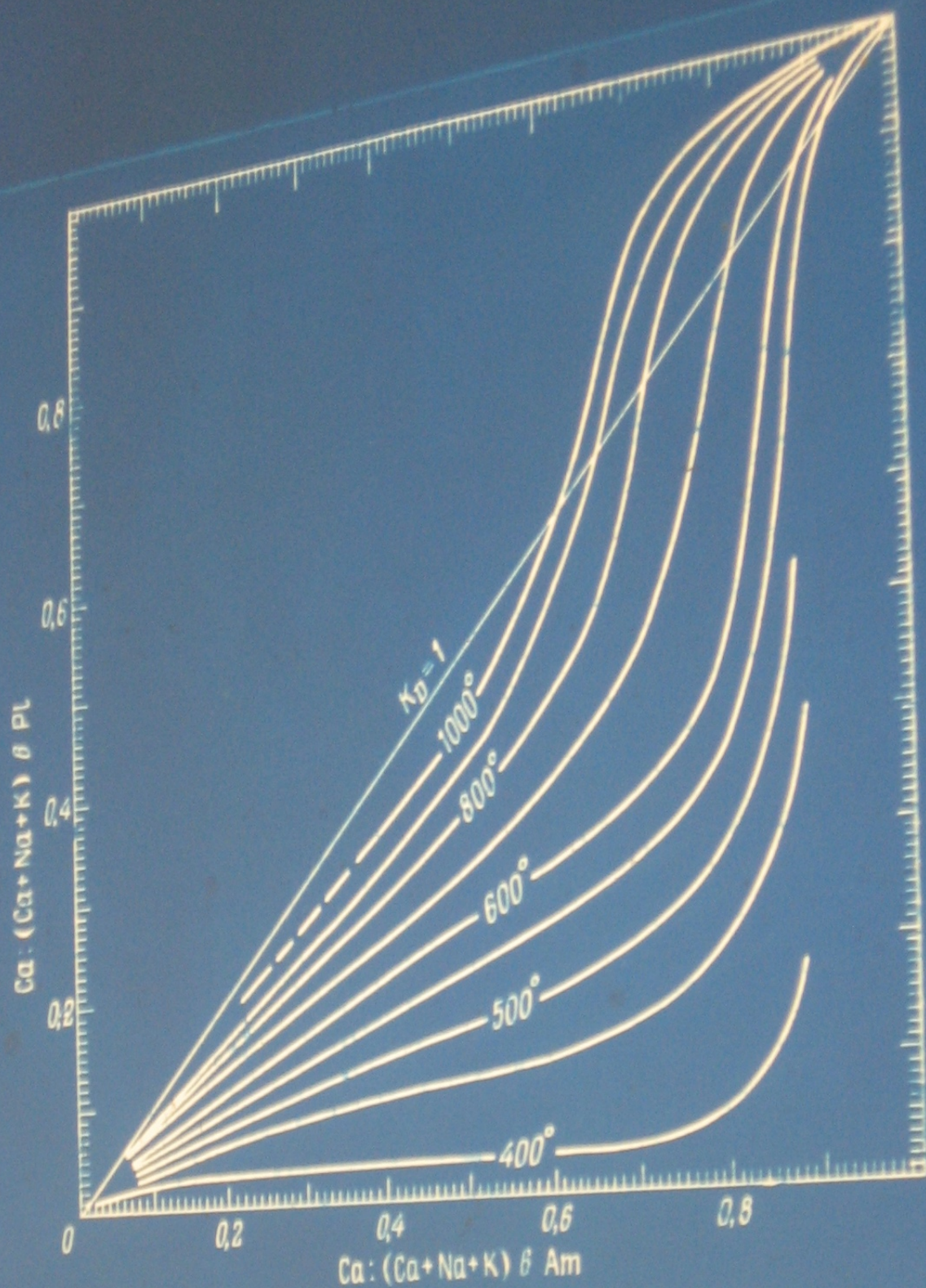


Основность плагноклаза (pl), равновесного с амфиболом (Amf), возрастает с увеличением температуры.

$$\ln K_D^{Ca} = \ln \left[\frac{X_{Ca}}{1-X_{Ca}} \right]^{Pl} \cdot \left[\frac{1-X_{Ca}}{X_{Ca}} \right]^{Amf}$$

$$X^{Ca} = \text{Ca} / (\text{Na} + \text{K} + \text{Ca})$$

Диаграмма надежно используется для многих амфиболсодержащих кристаллических пород. Большая разрешающая сила. Однако, она непригодна для оценок T в парагенезисах, где амфибол содержит много куммингтонитового (Mn) и актинолитового (Fe) компонентов.



Приближенная диаграмма фазового соответствия для парагенезиса Ам + Pl, состав амфибола в котором приближается к кристаллохимической формуле (377) при переменном X_{Ca}^{Am}

Амфибол-гранатовый термометр (Amf-Gr)

Обменное равновесие

Mg-амфибол + Fe-гранат = Fe-амфибол + Mg-гранат
обладает значительным энтропийным
эффектом.

Коэффициент распределения этой реакции:

$$K_D^{Mg} = [X_{Mg}/(1-X_{Mg})]^{Gr} \cdot [(1-X_{Mg})/X_{Mg}]^{Amf},$$

где $X_{Mg} = Mg/(Mg+Fe+Mn)$

Коэффициент распределения - K_D^{Mg} для этой реакции значительно зависит от температуры. Диаграмма составлена для некоторых средних составов граната и амфибола, причем отношение

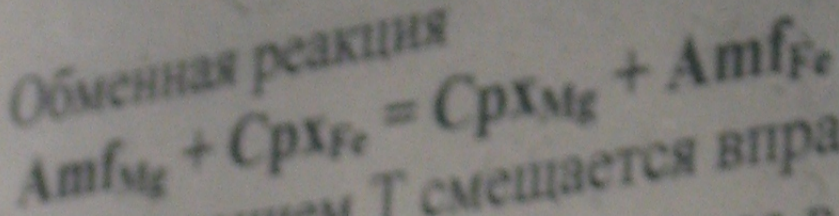
$Mg/(Mg+Fe+Mn)$ может колебаться от 0,05 до 0,6 у граната и до 0,9 у амфибола.

Диаграмма рассчитана по парагенезисам, содержащим амфибол + плагиоклаз + гранат.

Термометр имеет большую разрешающую силу (рис.).

Амфибол клинопироксеновый термометр (Amf-Crx)

Обменная реакция



с возрастанием T смещается вправо.

Распределение магния и железа в этой паре минералов – неидеальное, так как амфибол и клинопироксен – сложные твёрдые растворы.

Рассчитаны две диаграммы – для неэклогитовых и эклогитовых ассоциаций.

Первая составлена для средних составов минералов, причем Amf отвечает эденит-паргаситу, Crx-диопсид-геденбергиту.

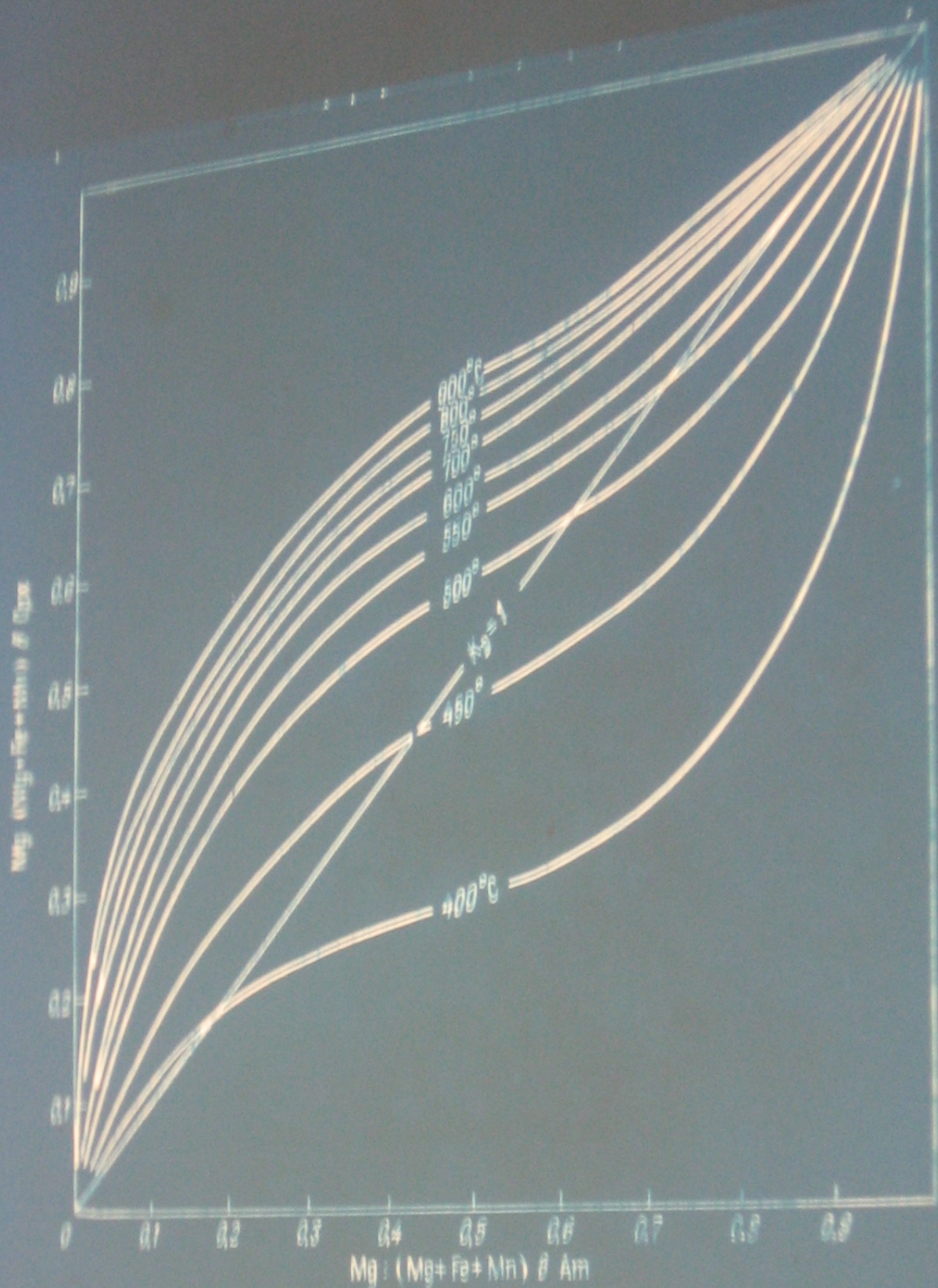
Искаженные значения температуры могут быть вызваны не только отклонениями составов от средних, но и давлением.

С возрастанием давления магний перераспределяется из Amf в Crx.

Вторая диаграмма составлена для эклогитов.

Amf и Crx в эклогитах имеют большую натровость и резкое преобладание Al в VI координации.

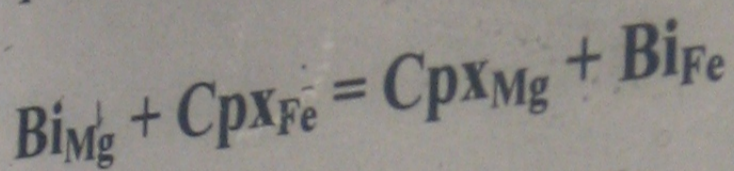
Распределение Ca и щелочей в Amf и Crx также может быть использовано для термометрии, особенно при низких T (400-600°C). При высоких температурах – точность небольшая.



Изотермы распределения Mg между амфиболом и клинопироксеном
на акаогитов и глаукофановых сланцах

Биотит-клинопироксеновый термометр (Bi-Cpx)

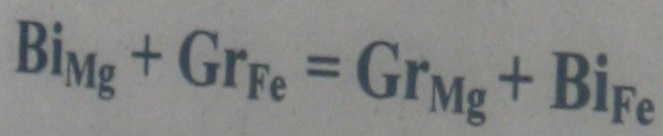
Диаграмма представляет модель обменного равновесия типа:



и составлена для средних составов биотита и клинопироксена (рис.). Нельзя использовать ее для высокомагнезиальных пород. Для высокотитанистых парагенезисов существуют другие диаграммы с мольной долей Mg как $X_{\text{Mg}} = \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe} + \text{Mn} + \text{Ti})$.

Биотит -гранатовый термометр (Bi-Gr)

Обменное равновесие



с повышением T имеет тенденцию к смещению вправо.

Очень большой разрешающий эффект (рис.).