



Средние породы

Систематика пород среднего состава

Щелочной ряд

Умеренно-щелочной ряд

Нормальный ряд



Средние вулканические породы

(петрохимический ряд нормальный:

$$53 \leq \text{SiO}_2 \leq 64; \quad 3 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 7,5 \text{ мас. \%}$$

Семейства горных пород	Андезибазальты	Андезиты				Бониниты-марианиты	
Виды горных пород	<i>Андезибазальт</i>	<i>Андезит</i>	<i>Магнезиальный андезит</i>	<i>Исландит</i>	<i>Дациандезит</i>	<i>Бонинит</i>	<i>Марианит</i>
Модальный минеральный состав, об. %	± Орх, Маг, Ол, Нbl О.м.: Pl, Срх, Орх, Маг, стекло, ± Ол, Нbl, Qtz	Вкрапл.: Pl, Срх ± Орх, Нbl, Bt О.м.: Pl, Срх, Орх, Нbl, стекло, ± Qtz	± Ол, Орх О.м.: Pl, Срх, Орх, ± Qtz, стекло	± Орх, Ол О.м.: Pl (An ₃₀₋₅₀), Маг < 20, стекло, ± Qtz	Нbl, Bt, ± Орх О.м.: Pl, стекло, ± Срх, Орх, Qtz,	Вкрапл.: Срх, Орх, Ол О.м.: Срх, Орх, стекло, ± Pl	О.м.: Орх, Срх, Ол, стекло, ± Pl
Некоторые разновидности	Гиперстеновый, роговообманковый и др.	Авгит-роговообманковый, оливин-авгитовый, биотитовый и др.			Амфибол-биотитовый, пироксеносодержащий, пироксен-роговообманковый	Плагиоклазсодержащий	
Характерные особенности	Вкрапл.: Pl (An ₄₀₋₆₅). Эффузивный эквивалент диорита.	Вкрапл.: Pl (An ₄₀₋₅₀). Эффузивный эквивалент кварцевого диорита.		Повышенное содержание Маг в о.м.	Вкрапл.: Pl (An ₃₀₋₄₅) Структура порфировая; структура о.м. андезитовая, микропойкилитовая	Присутствие CrSpl, высокое содержание Cr ₂ O ₃ в Рх и в породе в целом; в мезостазиесе стекло дацитового состава	Во вкрапл. Орх (Сеп, бронзит)

Ocean-ocean → Island Arc (IA)
Ocean-continent → Continental Arc or
Active Continental Margin (ACM)

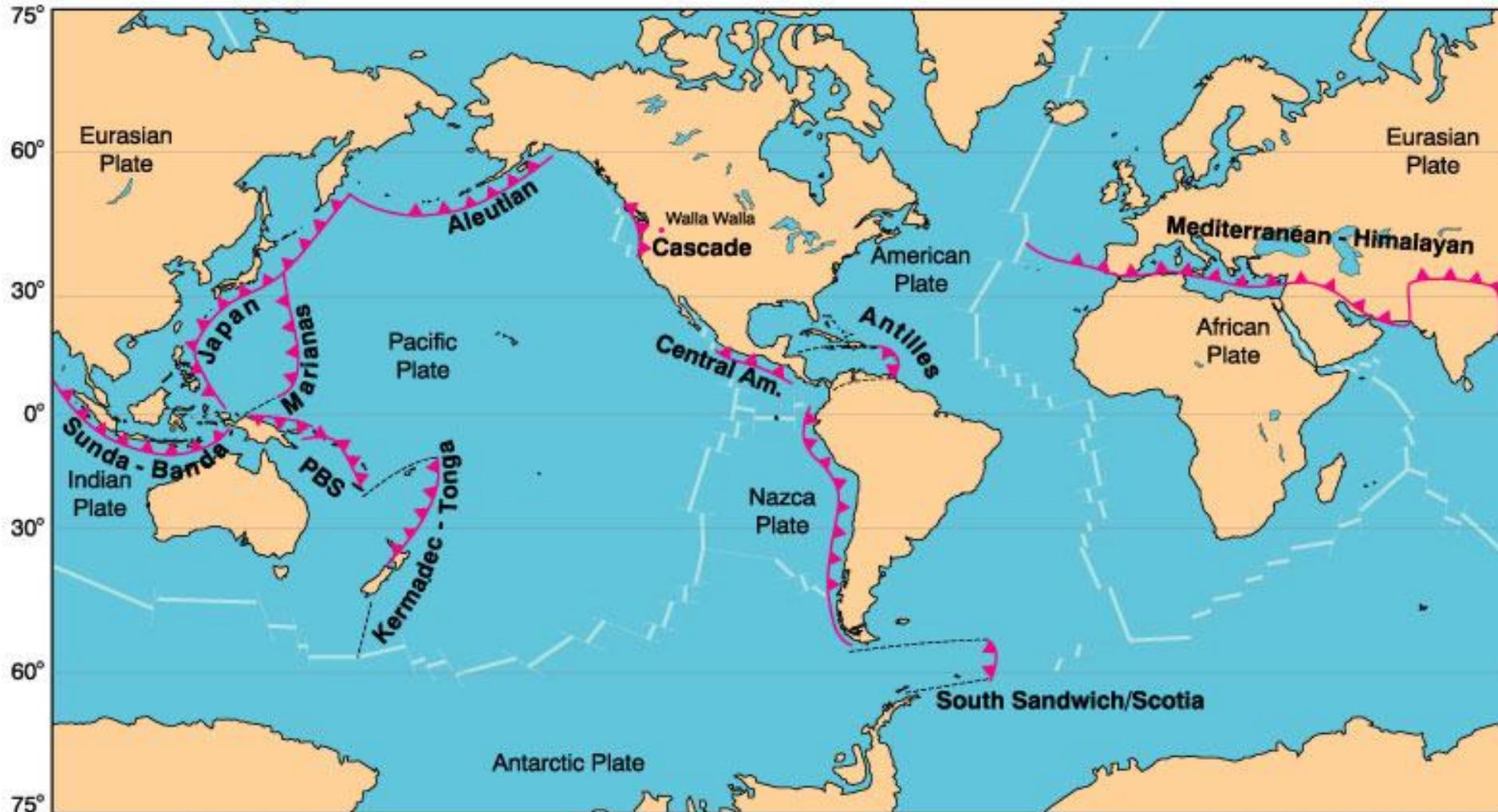


Figure 16-1. Principal subduction zones associated with orogenic volcanism and plutonism. Triangles are on the overriding plate. PBS = Papuan-Bismarck-Solomon-New Hebrides arc. After Wilson (1989) *Igneous Petrogenesis*, Allen Unwin/Kluwer.

Типичный андезитовый вулкан

(как правило наземные извержения)



Кратер вулкана



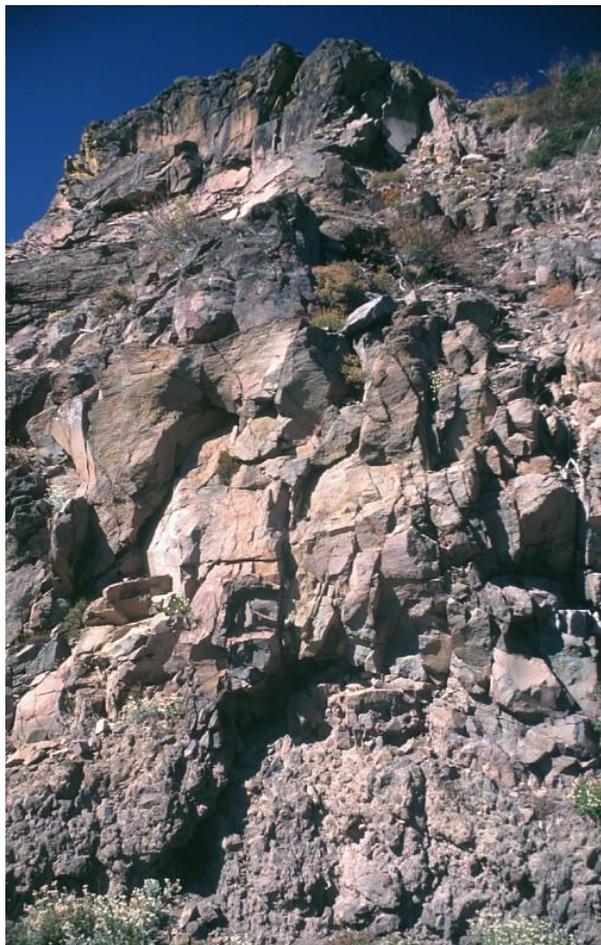
Для андезитовых вулканов характерны
высокая эксплозивность извержений



Вулканические бомбы



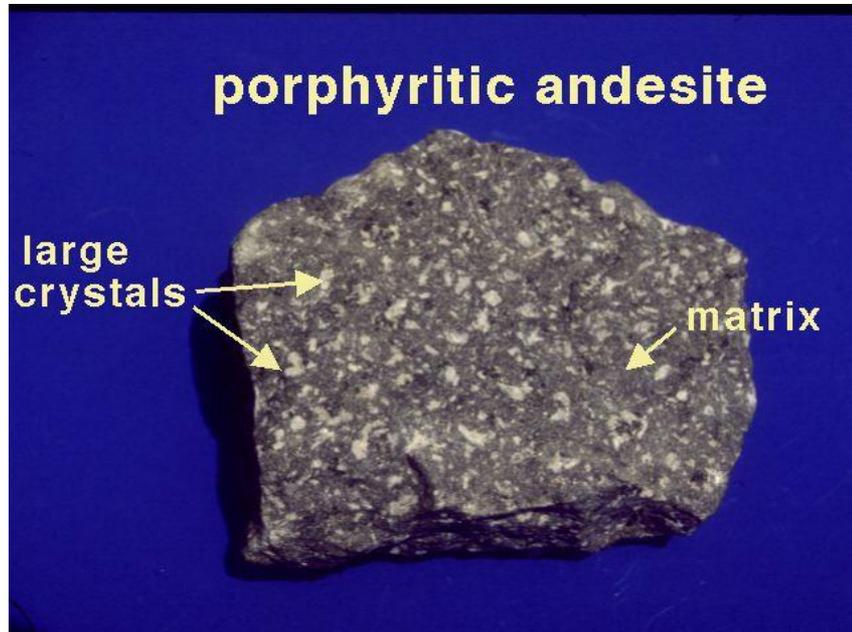
Потоки андезитов



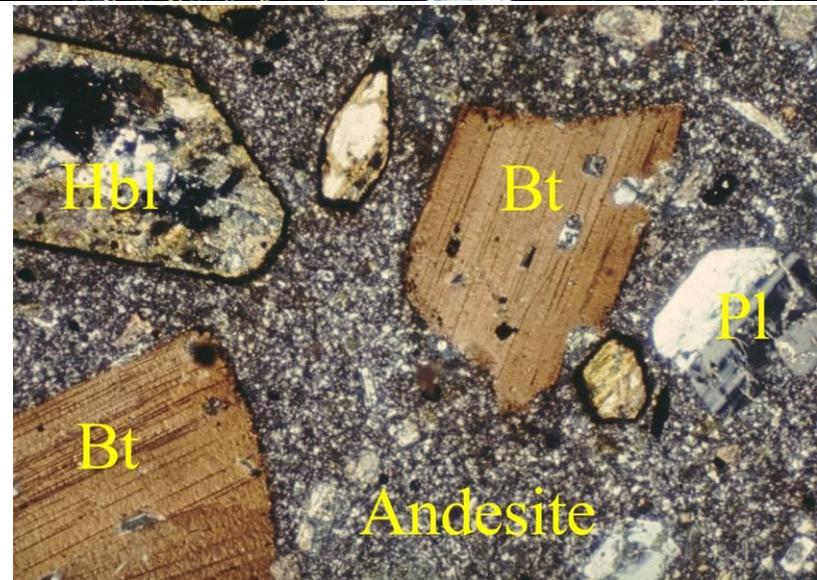
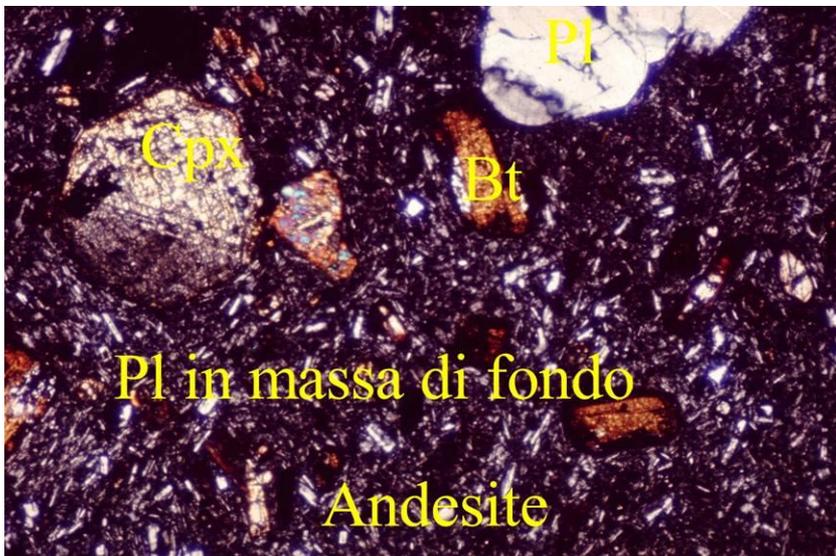
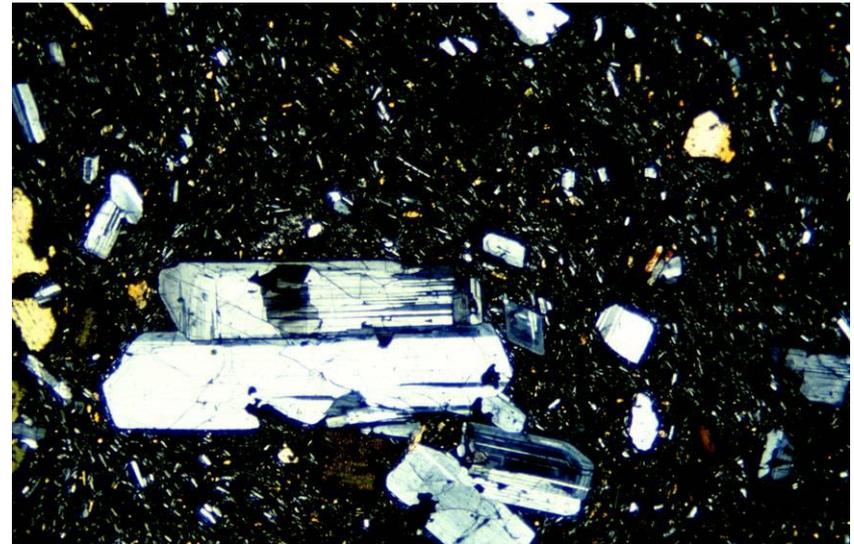
Типичные для андезитов порфировые текстуры



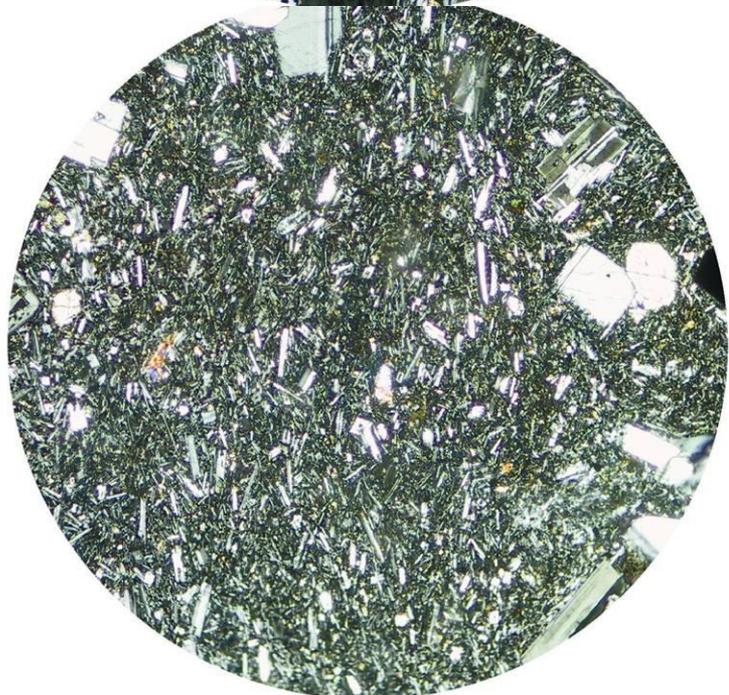
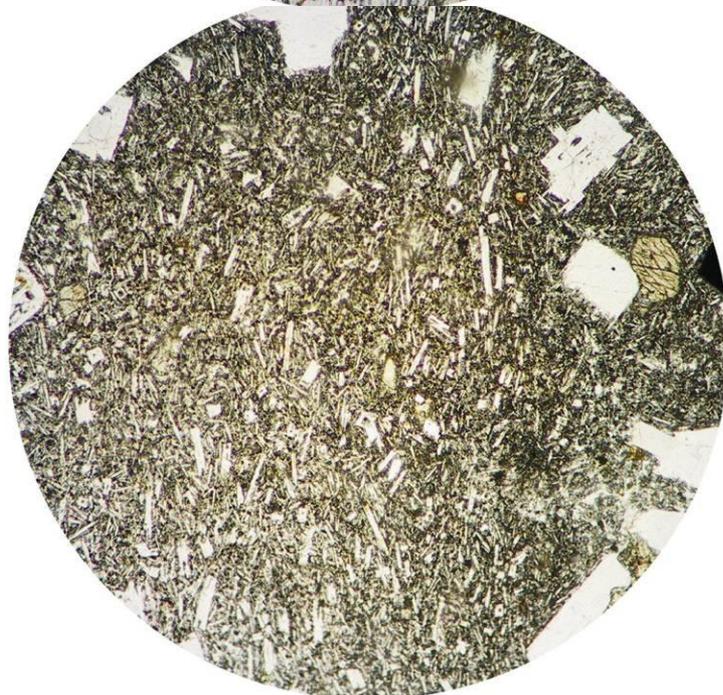
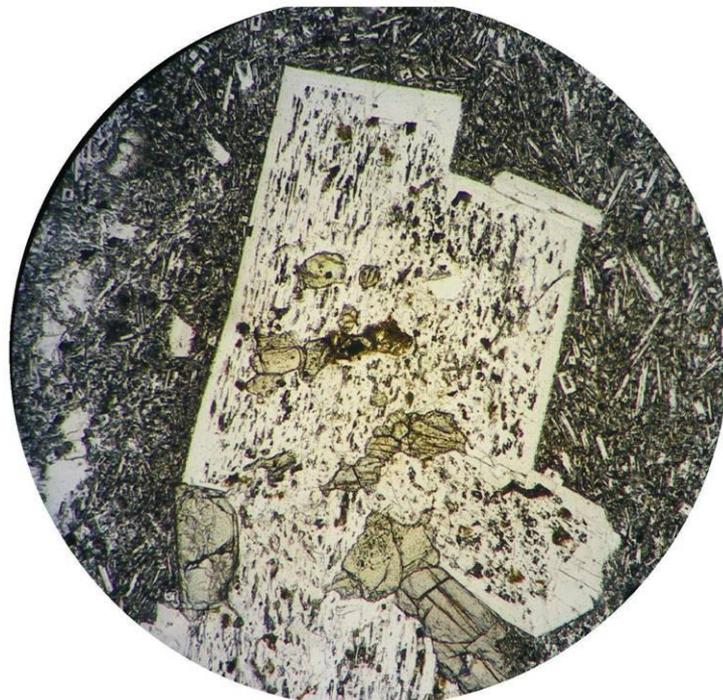
Вкрапленники плагиоклаза, амфибола и биотита (для трахиандезитов)



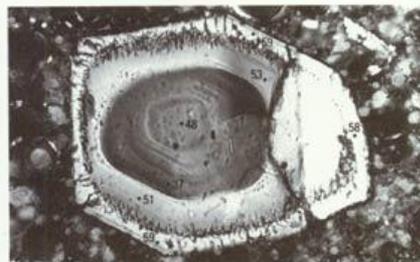
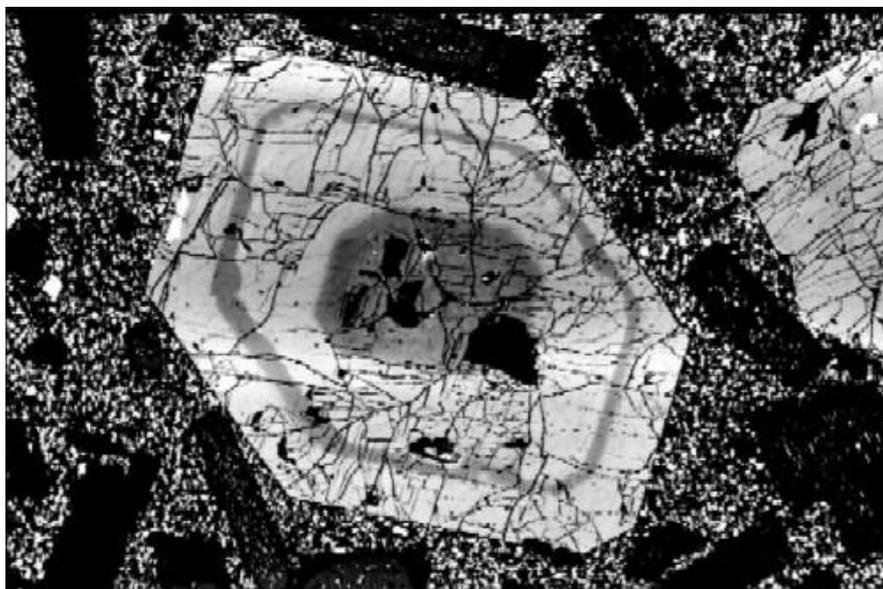
Вкрапленники: зональный плагиоклаз, клинопироксен, амфибол, биотит



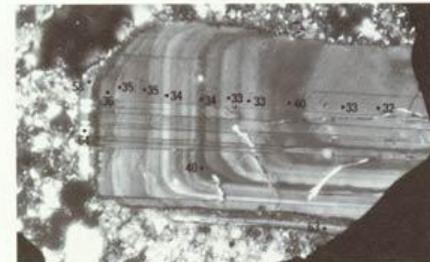
Андезиты



Зональные вкрапленники плагиоклаза



G



H



I



J

Сопоставление базальтов и андезитов

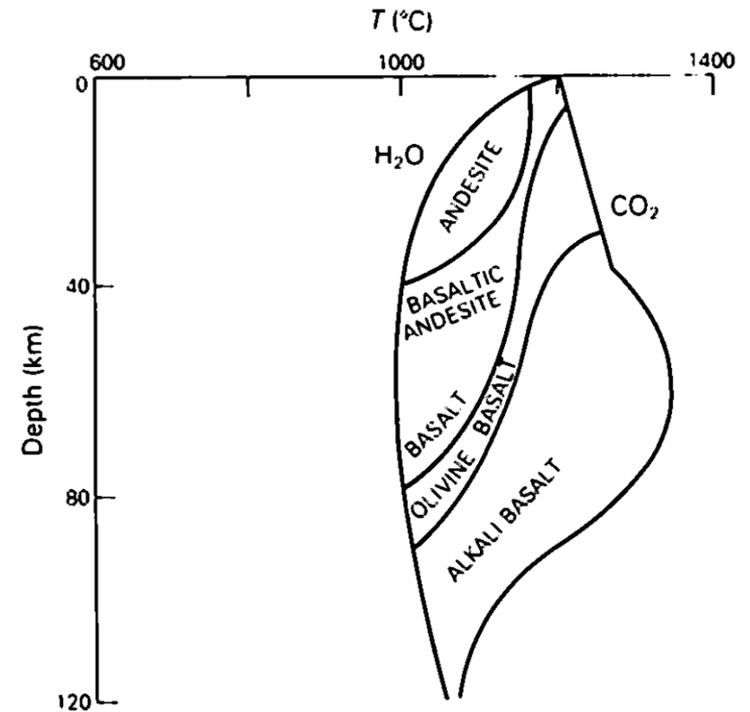
Порода	вкрапленники	ОМ		Структура породы
		Состав	структура	
Базальт	Срх (Aug и/или Pig), Pl относительно мелкие основные слабо зональные, ±Ol, редко гиперстен, еще реже базальтическая Hbl, редко Bt	Pl:Срх=1:1, Срх (Aug и/или Pig), стекло если присутствует, то в подчиненном количестве	Без стекла: Микроофитовая, микропойкилоофитовая, микродолеритовая. Со стеклом: Интерсертальная, Толейитовая, Гиалопилитовая, пилотакситовая (Pl крупнее чем в андезитах), гиалиновая (тахилит)	Афонитовые, афировые чаще чем порфировые, сериально порфировые (несколько генераций вкрапленников)
андезит	Pl резко зональный, Срх – Aug, Pig, Орх – гиперстен, базальтическая Hbl и Bt чаще чем в базальтах, гиперстен имеет укороченный габитус, Aug – вытянутый, Ol не характерен	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Pl, стекло, ±Px если есть, то его мало ▣ без стекла редкость 	Гиалопилитовая (андезитовая), пилотакситовая, гиалиновая.	Чаще порфировые чем афировые

Гипотезы происхождения андезитов

1. первичный расплав из лерцолитов при высоком содержании воды,

При давлении в 20 кбар и в отсутствие воды лерцолит начинает плавиться при 1640 °С с образованием жидкости, которая в случае обособления будет кристаллизоваться в виде смеси субкальциевого авгита и оливина. Однако при давлении воды порядка 7 кбар тот же перидотит начинает плавиться при 1220 °С, и за счет возникающей при этом жидкой фракции будут кристаллизоваться два пироксена (ромбический и моноклинный) совместно с кварцем. наиболее интересный вывод из экспериментов Йодера состоит в том, что из мантийного перидотита одного и того же состава в зависимости от присутствия или отсутствия воды могут выплавляться как базальтовые (с нормативным оливином), так и андезитовые (с нормативным кварцем) магмы.

Эксперименты различного рода показали, что в системах с участием анортитового компонента (соответствующего плагиоклазу) и диоксидового пироксена увеличение давления воды вызывает смещение состава из точки наиболее низкотемпературного ликвидуса в направлении к Ап. Это говорит о вероятной связи с высокими давлениями паров воды повышенного содержания (50% и более) плагиоклаза в типичных андезитах.



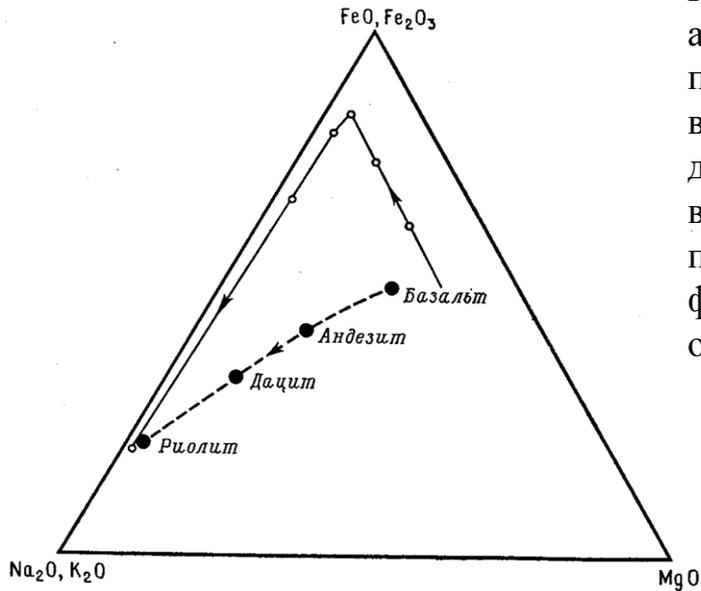
Compositions of near-solidus partial melts in the system lherzolite-H₂O-CO₂ (Wyllie, 1982).

2. плавление кварцевых эклогитов и амфиболитов,

На глубинах 60—90 км в соответствии с концепцией тектоники плит присутствуют породы первично базальтового состава, превращенные в зависимости от глубины погружения в амфиболиты или эклогиты. Если базальтовые породы океанического дна действительно погружаются совместно с океанической плитой, поддвигаемой под край континента до уровней, на которых возможно выплавление андезитовой магмы, то механизм раздвигания морского дна представляет собой непрерывно действующий источник потенциальной андезитовой магмы.

Грин и Рингвуд экспериментально изучили плавление ряда базальтовых составов, кристаллизовавшихся при различных высоких давлениях. При давлении более 20 кбар в отсутствие воды в равновесии с расплавом были установлены минералы, характерные для кварцевых эклогитов, а именно субкремнеземистый моноклинный пироксен (омфацит) и гранат, обогащенный пироповой молекулой. Эти опыты показали, что за счет эклогитов, претерпевших частичное плавление при таких высоких давлениях, возникают жидкие фракции андезитового состава, обогащенные кремнеземом и щелочами по сравнению с исходным субстратом.

3. Дифференциация высокоглинозёмистой базальтовой магмы



Процессом дифференциации можно объяснить возникновение базальтов, андезитов, дацитов и риолитов в таких количественных, пространственных и временных соотношениях, которые обнаруживаются в крупных андезитовых вулканических провинциях. В результате дифференциации можно ожидать извержения из магматической камеры вначале значительного количества основных пород, а затем в общем с последовательным уменьшением количества — более кислых поздних фракций. Практически, однако, подобные соотношения обычно оказывается трудно установить.

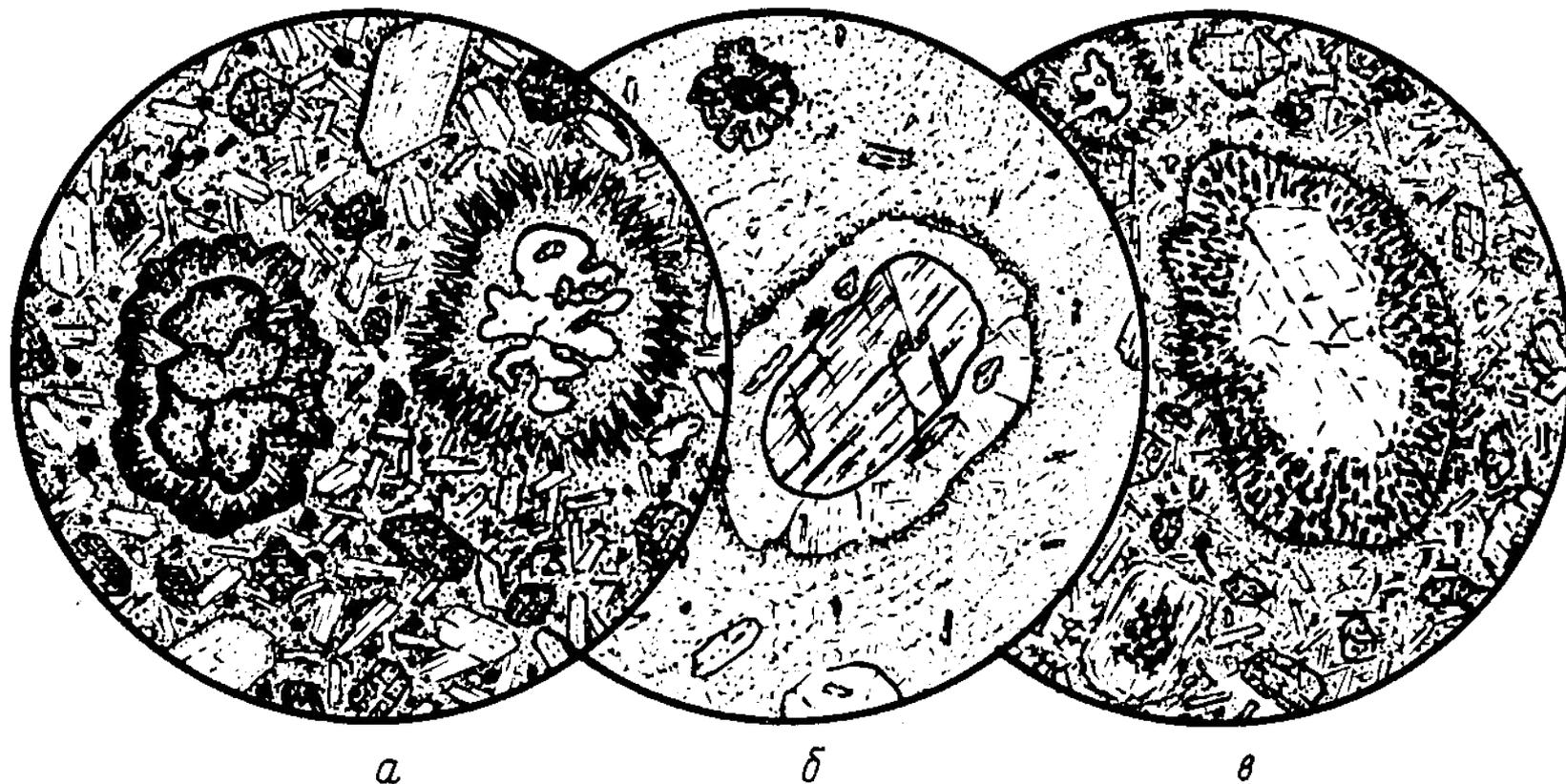
Эволюция состава базальтовых магм при фракционной кристаллизации в Скергаардском плутоне (светлые кружочки) и лав известково-щелочного ряда.

Кривые изменения состава пород известково-щелочной серии отличаются от эволюции состава пород в разрезах Скергаардского и других подобных ему интрузивов, для которых точно известно, что изменения состава слагающих их пород от горизонта к горизонту обусловлены фракционной кристаллизацией и дифференциацией базальтовой магмы. Особенность вариационных кривых таких плутонов заключается в последовательном и резком обогащении железом (Fe^{2+}) относительно магния на ранних стадиях кристаллизации, что связано с изменениями состава оливинов и пироксенов при фракционной кристаллизации.

Условием, при котором базальтовая магма могла бы дифференцироваться путем фракционной кристаллизации без ощутимого обогащения железом, могла быть вода, относительно высокие концентрации которой в период кристаллизации приводят к увеличению степени окисленности железа. Одно из главных следствий этого эффекта заключается в осаждении значительного количества магнетита на ранних стадиях кристаллизации магмы, сопровождающемся удалением из расплава железа, которое уже не может входить в состав силикатов последующих стадий кристаллизации.

4. Взаимодействие (смешение) базальтов и кислых расплавов, за счет плавления корового материала;

5. Результат ассимиляции без плавления корового материала

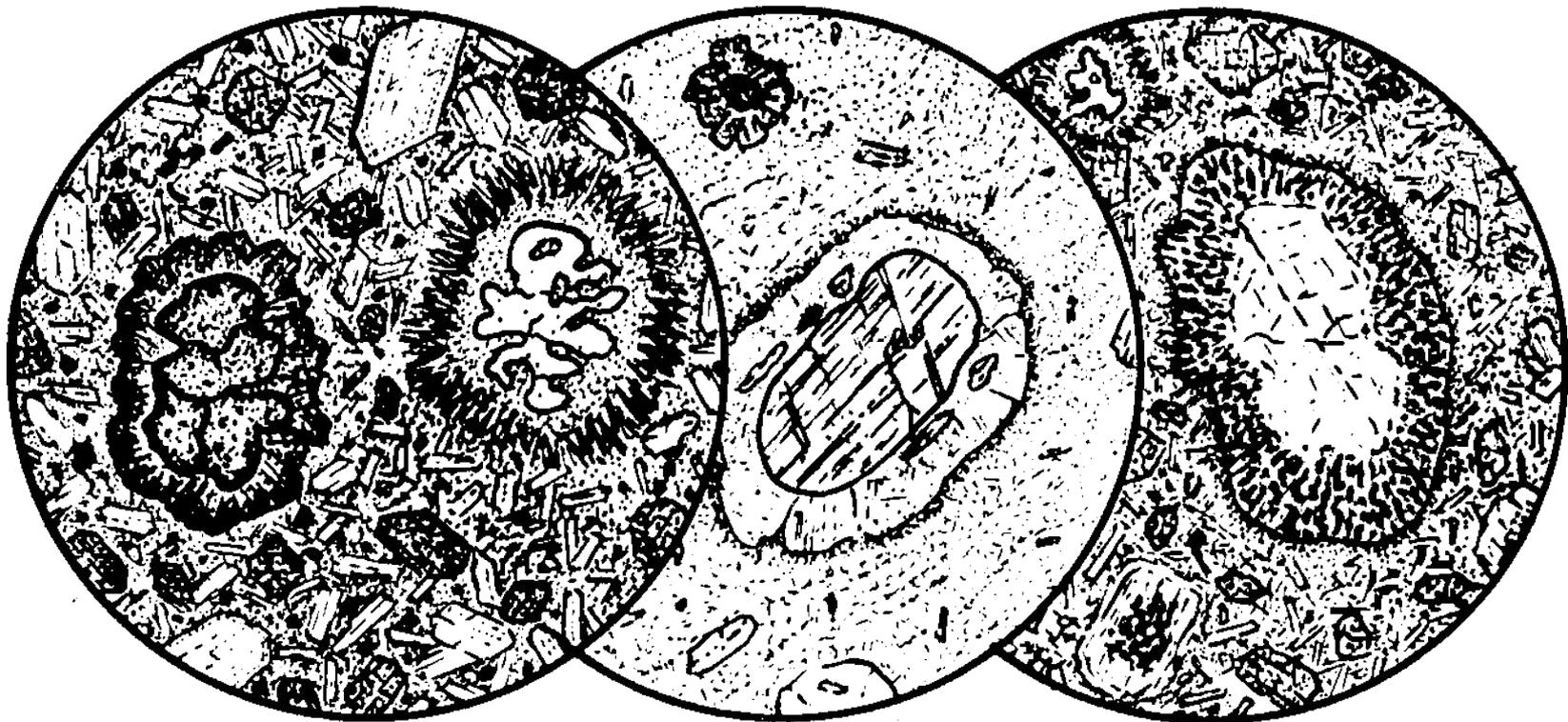


а

б

в

Некоторые типы структур контаминированных вулканических пород. а — толеитовый базальт, лава содержит ксенокристаллы оливина (слева), которые прореагировали с магмой с образованием «рубашки» пироксена, и кристаллы кварца (справа), иллюстрирующий простейший случай ассимиляции фазы, в отношении которой расплав недосыщен. На ранней стадии реакции между кристаллом и расплавом вдоль границ зерен и трещин проникают прожилки стекла; по мере того как процесс растворения продвигается, зерна кварца уменьшаются вплоть до реликтов, окаймленных или полностью погруженных в бледно-бурое стекло с венчиками авгита, частично растворенные и окруженные стеклом и пироксеном..



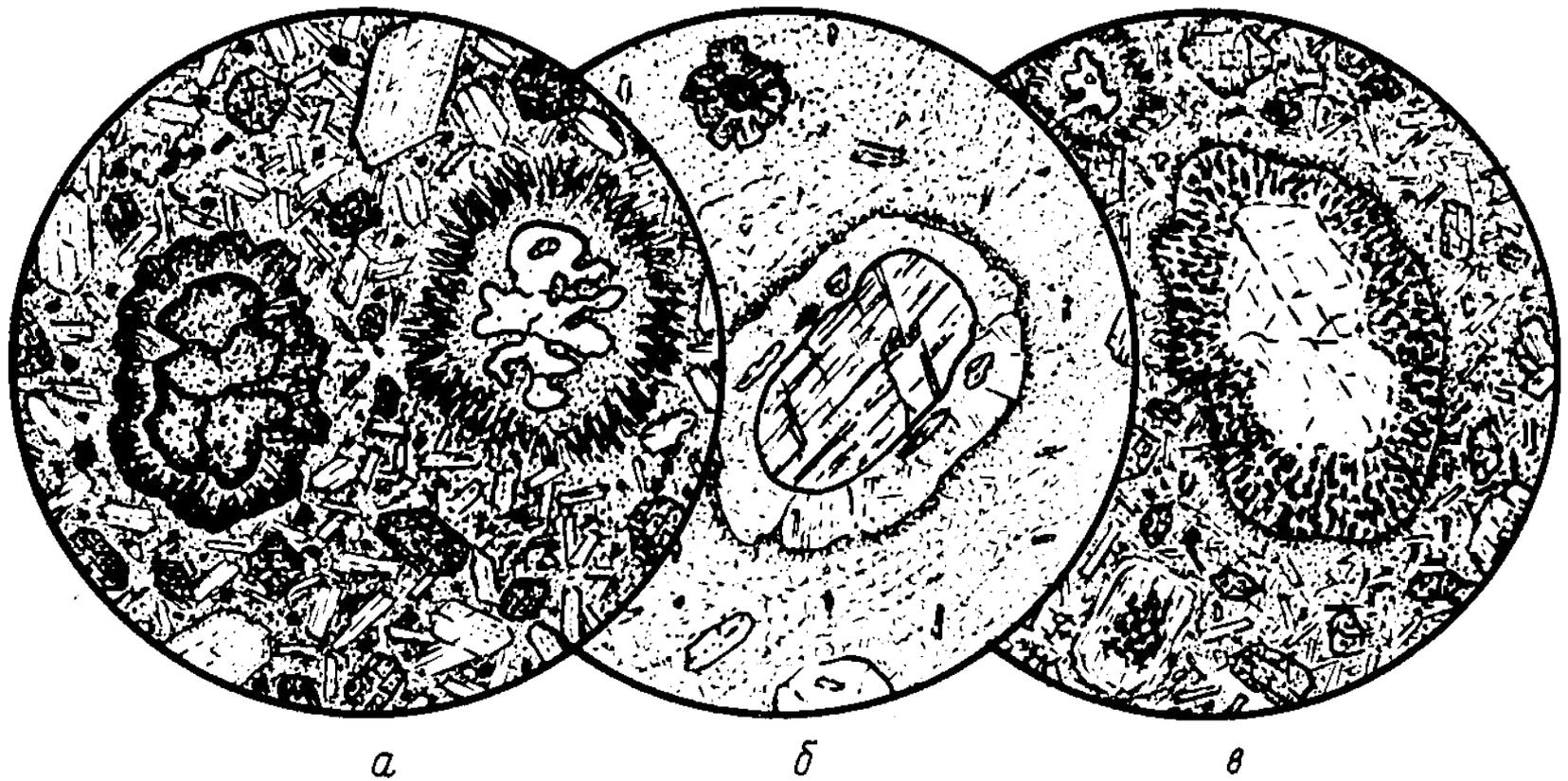
а

б

в

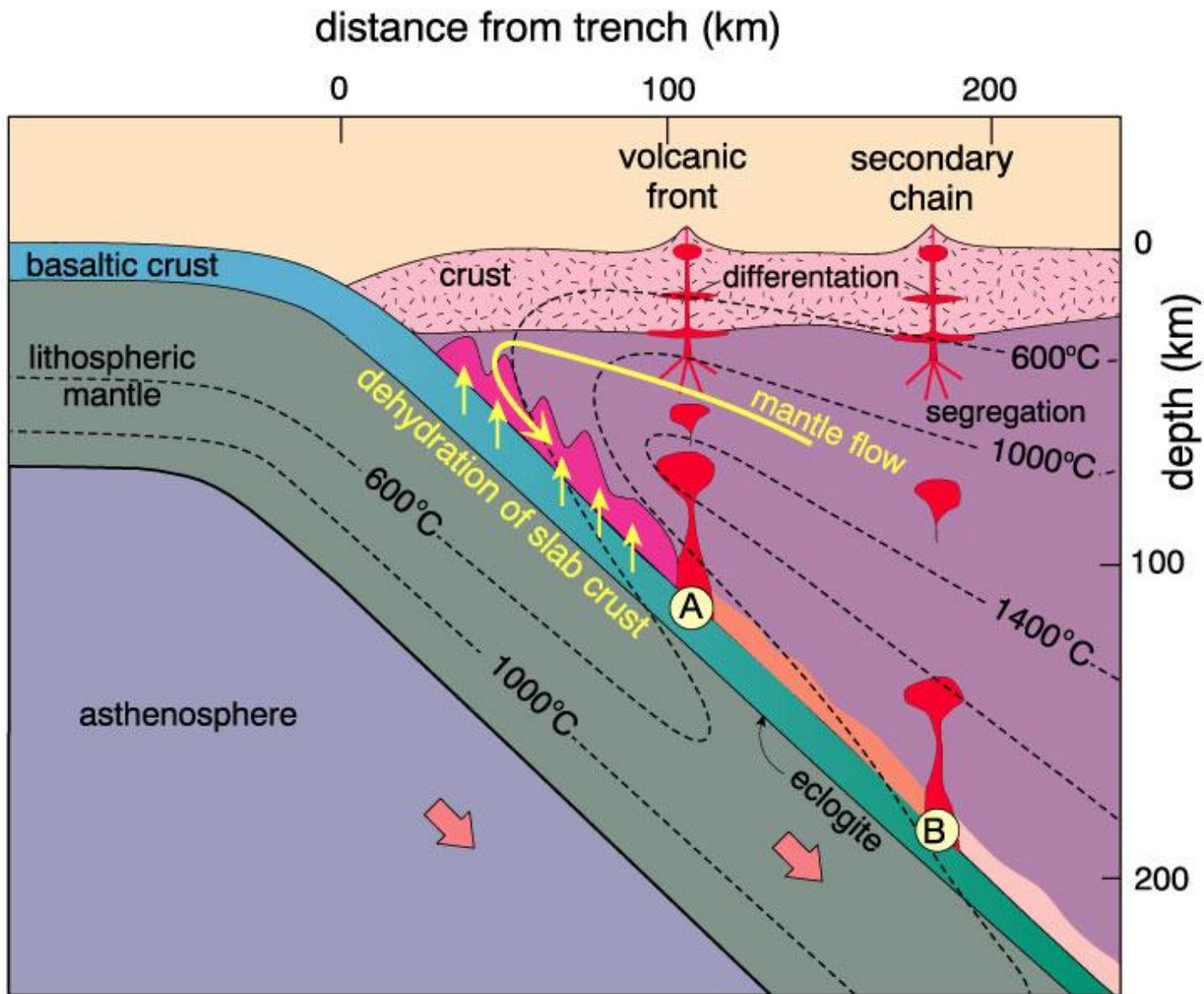
Противоположные взаимоотношения наблюдаются, если добавленный минерал представляет собой фазу, которая в ходе эволюции расплава выделилась значительно раньше. Они иллюстрируются ксенокристаллами форстерита в силикатных магмах (а, слева). Стекло в каймах вокруг оливина обычно отсутствует, вместо этого ксенокристаллы облекаются другим железомagneзиальным минералом, как правило пироксеном. Возникает вопрос: почему стекло, столь обильное вокруг ксенокристаллов кварца, растворяемых эндотермически, отсутствует вокруг кристаллов оливина, который реагирует с магмой экзотермически? Это кажущееся несоответствие объясняется при рассмотрении изменений, возникающих в окружающем расплаве в каждом из этих случаев. В первом — растворение кварца вызывает добавление SiO_2 к окружающему расплаву, в результате чего новый состав расплава отклоняется от ликвидуса и попадает в поле жидкости. Реакция с оливином имеет противоположный эффект — она сдвигает состав расплава ниже ликвидуса. Увеличение вязкости и снижение скорости диффузии в стекле, обогащенном кремнеземом, усиливают эти различия.

Поведение ксенокристаллов полевых шпатов отвечает подобным отношениям. На рис. б показан пример, когда основной плагиоклаз добавлен в риолитовый расплав, насыщенный в отношении калиевого полевого шпата, а на рис. в — обратный случай, когда кристалл калиевого полевого шпата добавлены в базальт, из которого выделяется основной плагиоклаз. В первом случае плагиоклаз реагирует окружающим расплавом и облекается каймой щелочного полевого шпата, во втором - кристалл калиевого полевого шпата частично растворяется.



б — риолит, округлые частично растворенные ксенокристаллы плагиоклаза прореагировали с расплавом и окаймлены вновь образованным калиевым полевым шпатом. Небольшое зерно оливина (в верхней части поля) окаймлено пироксеном, в — щелочной оливиновый базальт содержит ксенокристаллы калиевого полевого шпата и кварца, заимствованные из подстилающей толщи. Калиевый полевой шпат окаймлен зоной волокнистого стекла.

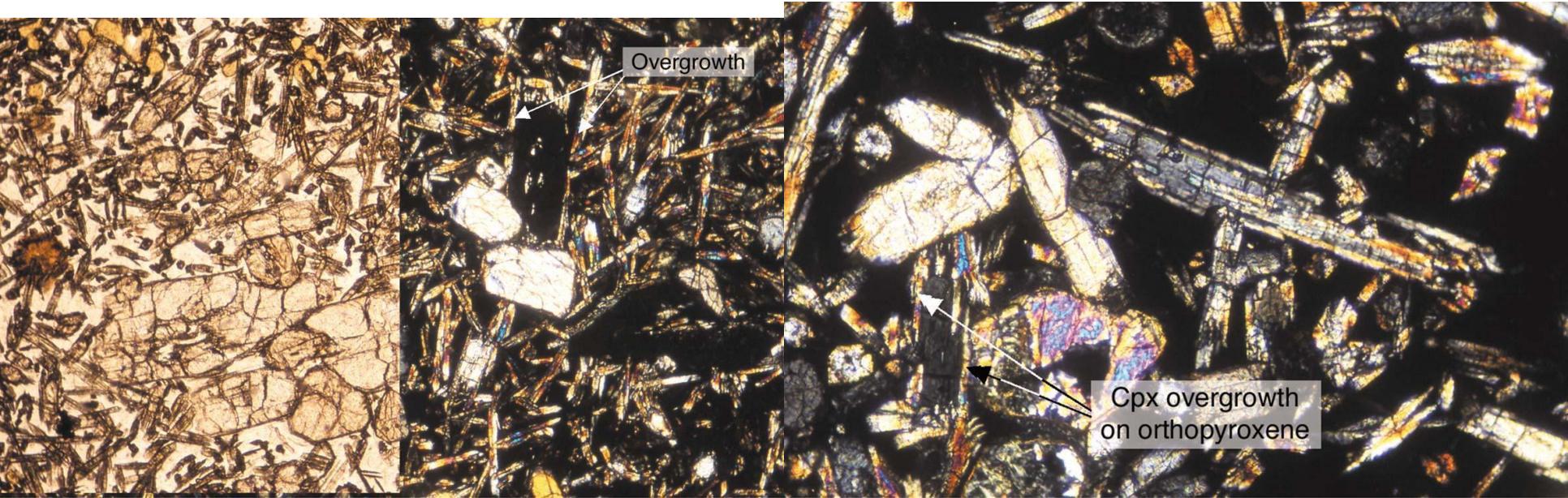
На рис. б показан пример, когда основной плагиоклаз добавлен в риолитовый расплав, насыщенный в отношении калиевого полевого шпата, а на рис. в — обратный случай, когда кристалл калиевого полевого шпата добавлены в базальт, из которого выделяется основной плагиоклаз. В первом случае плагиоклаз реагирует окружающим расплавом и облекается каймой щелочного полевого шпата, во втором - кристалл калиевого полевого шпата частично растворяется.



Бониниты (их происхождение, диагностика и геодинамическая позиция);

Впервые описаны среди пород слагающих основания островных дуг расположенных на офиолитовом фундаменте (Тонго-Кермадекская, Идзу-Бонинская, Марианская и др.). Главные породы таких островных дуг-базиты, средние и кислые породы занимают подчиненное место. Бониниты и марианиты – специфические высокомагнезиальные андезиты, обладающими одновременно признаками ультраосновных (MgO 20-25%, $Cr < 2500$ г/т) и средних пород (SiO_2 59%, стекло среднего и кислого состава). Особенности минералогии – клиноэнстатит, ортопироксен широкого состава, хромит. Располагаются в разрезах дуг непосредственно выше офиолитов или среди них. Типичный бонинит: вкрапленники оливина (40-45%) и ортопироксена (10%), редкими зернами клинопироксена, реже пижонита, погруженными в ОМ, состоящую из кристаллов зональных пироксенов, оливина и буроватого прозрачного стекла. Клинопироксен вкрапленников почти чистый диопсид, это самая ранняя генерация, характеризующиеся высокой магнезиальностью и хромистостью, второй клинопироксен – авгит. Особенность – кислое стекло SiO_2 60-65%, Al_2O_3 16-17%. Ассоциация минеральных фаз и стекла неравновесна, что четко фиксируется по реакционным взаимоотношениям минералов и окружающего мезостаза. Подобная ассоциация могла образоваться только при очень высоких температурах в перегретых магмах. Температура кристаллизации вкрапленников около 1400 С. Своеобразие петролого-геохимических и минералогических особенностей пород входящих в состав бонинит-марианитовой ассоциации не позволяет относить последние к породам толеитовой серии. Возможно, что эти породы следует рассматривать в качестве самостоятельной серии, типоморфной исключительно для ранних этапов развития островных дуг. Предполагается, что генерация бонинитов происходит за счет частичного плавления мантийного вещества на небольших глубинах, возможно в присутствии заметных количеств воды. Оба эти фактора способствуют выплавлению магм с повышенными содержаниями кремнезема даже в равновесии с оливинсодержащими твердофазовыми ассоциациями. Вероятно такой же механизм характерен для генерации расплавов типа магнезиальных андезитов. Так из высококремнистого основного или среднего расплава легче путем кристаллизационной дифференциации получить кислые магмы, то часто бонинит-марианиты ассоциируют с дацитами и риолитами. Марианиты должны содержать клиноэнстатит во вкрапленниках. В тоже время геохимические особенности свидетельствуют о происхождении высококремнистых пород только из подходящего субстрата при высоких степенях плавления.

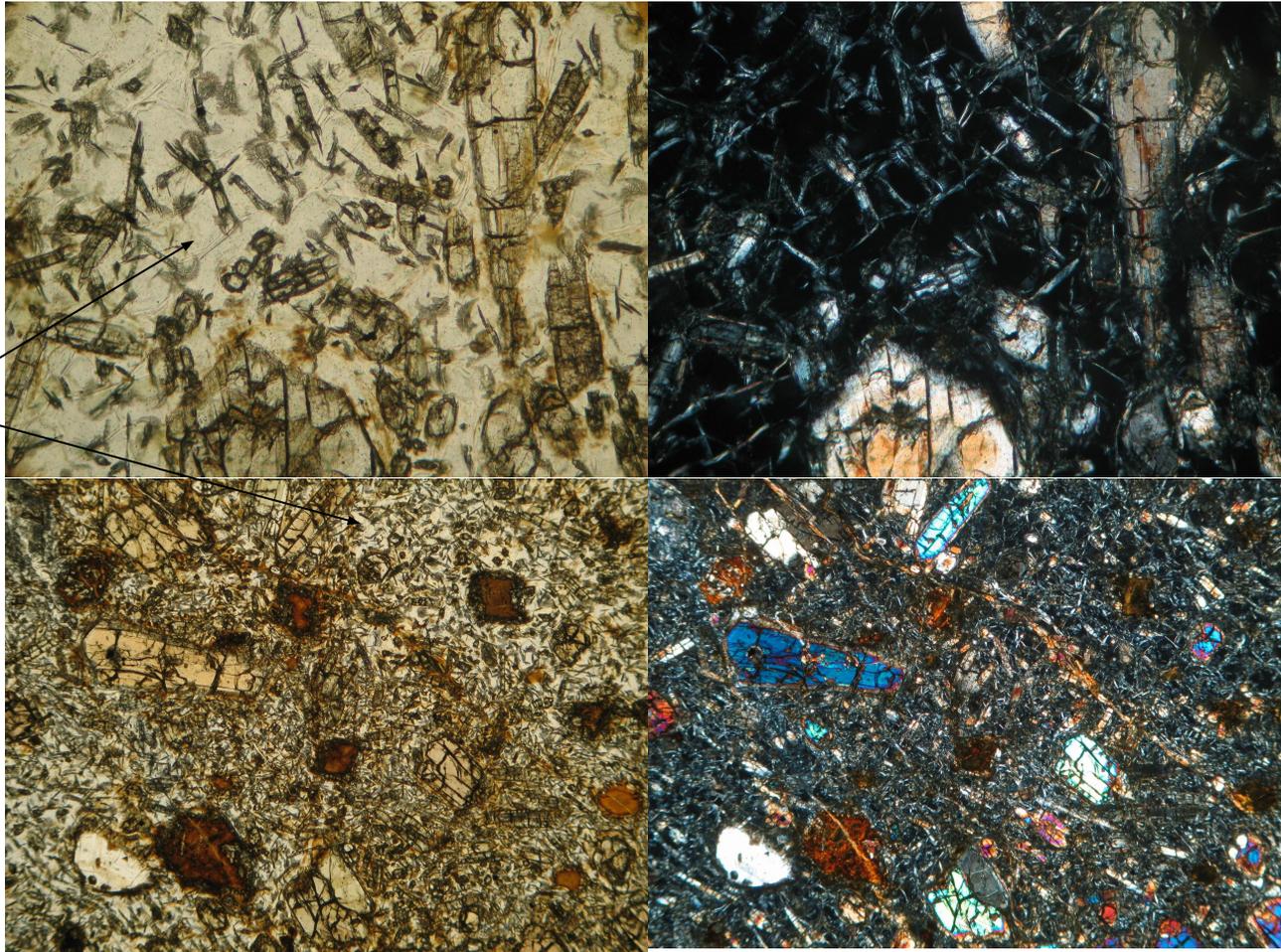
Бониниты



Enstatite-microphyric boninite lava from Chichijima, Bonin Islands, Japan; field of view 1.4 mm wide in total (PPL on left; XP on right) (Gill, 2010, plate 6.4).

Нарастание клинопироксена на энстатит
Overgrowth of clinopyroxene on an enstatite crystal (in extinction) in the same thin section as Plate 6.4. Crossed polars, field of view 0.55 mm wide (Gill, 2010, plate 6.5).

Бониниты



Бесцветное
стекло в ОМ

Средние плутонические породы нормального ряда

Средние плутонические породы; $53 < \text{SiO}_2 < 64$; петрохимический ряд нормальный $3 < (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) < 7,5$			
Семейство горных пород	Диориты		
Виды горных пород	Габбродиорит	Диорит	Кварцевый диорит
Модальный минеральный состав, об. %	Pl (An₄₀₋₆₀) 50-60 Hbl 0-20 Срх 20-30 Ol 0-10	Pl (An₂₅₋₆₀) 60-80 Hbl 0-40 Bt 0-30 Срх редко до 5-20 Q до 5	Pl (An ₂₅₋₄₅) 50-70 Bt 0-30 Hbl 0-30 Q 5-15 Орх, Срх редки
Некоторые разновидности по составу цветных компонентов	Роговообманковый	Двупироксеновый, биотит-гиперстеновый, роговообманковый, биотит-роговообманковый	Биотитовый, авгит-биотитовый, биотит-роговообманковый

Таблица 113. Количественный минеральный состав диоритов (в об. %)

Местоположение	Плагиоклаз	Пироксен	Роговая обманка	Биотит	Кварц	Акцессорные и рудные минералы	Литературный источник
Узбекистан	68,3	—	25,8	1,6	3,3	1	Геология СССР, 1972
Там же	61,9	—	19,3	13,4	4,8	0,6	То же
Бурятия	44–48	—	34–40	до 11	до 7		Геология СССР, 1964
Тува, Буренский массив	60–70	—	30–40	0–10	2–6		Ковалев, Бухаров, 1979
Там же, таннуольский комплекс	$\frac{49,7-77,9}{63,75}$	$\frac{0-5,5}{2,39}$	$\frac{4,5-44,9}{28,25}$	$\frac{0-5,2}{0,6^A}$	$\frac{0-4,5}{1,23}$	$\frac{0-9,9}{3,75}$	Пинус, 1961
Кузнецкий Алатау, куудустуюльский комплекс	42,6–59,8	—	5,2–26,5	14,6–29	0–4,3	4–7,9	Кортусов, 1967
Там же, мартайгинский комплекс, Дудетский массив	54,6	—	36,4	7	—	2	То же
Там же, Ольгинский массив	$\frac{67,4}{65-69,8}$	—	$\frac{26,6}{24,6-28,6}$	$\frac{2,6}{2,3-3,0}$	Ед. зн.	$\frac{3,1}{2,8-3,5}$	"
Там же Кундатский массив	78,4	17,9	—	—	1,3	2,4	"



Структуры диоритов.

а — диорит меланократовый (мелодиорит). Зеленая роговая обманка, андезин и акцессорные -магнетит и апатит.

Призматическизернистая (диоритовая) структура. Урал, Бердяуш. $d = 3,3$ мм (Заварицкий, 1937);

б — диорит с субофитовой структурой. Зеленая роговая обманка, в ксеноморфных зернах частично замещенная бледно-окрашенным актинолитом; плагиоклаз серицитизирован. Урал, гора Куйбас. $d=5,6$ мм (Заварицкий, 1956);

в — биотит-гиперстеновый диорит. Гиперстен, биотит, андезин в таблитчатых кристаллах и акцессорные — апатит и магнетит. Немного кварца в резко ксеноморфных зернах. ФРГ, Оденвальд. $d=-4,3$ мм (Заварицкий, 1956) ;

г — гиперстеновый диорит. Гиперстен большей частью замещен бледно-зеленым волокнистым актинолитом; плагиоклаз и акцессорный магнетит. Единичные чешуйки биотита. Типичная призматическизернистая структура. ВНР, Хеймниц. $d =-4$ мм (Половинкина и др., 1948);



На основе обширной литературы и оригинальных полевых данных выделено 28 признаков орбикулярных структур в гранитах. Главные из них следующие. Орбикулы имеют ядро, состоящее из обломков оболочки, крупнокристаллических агрегатов, или вмещающих пород. Ядро окружают concentрические оболочки, характеризующиеся накоплением мафических фаз. Орбикулы подвергаются пластическим деформациям при формировании; происходят повторные внедрения материала ядра в оболочку. Межорбикулярный материал также иногда внедряется в виде жил. Орбикулы часто пространственно сопряжены с зонами гребневидной расслоенности в апикальных частях гранитных тел и краевых частях даек. Миароловые текстуры и интенсивные гидротермальные изменения гранитов указывают на высокое давление воды при формировании орбикул. По этим признакам орбикулы сопоставляются с хорошо изученными структурами сланцев, яшм, доломитов и других пород, возникших при диагенезе в коллоидных системах. Предполагается, что процесс формирования орбикул происходит в изотермичных условиях при аккреции и дегидратации пасты или геля, состоящего из мелких протокристаллов гидроосиликатов. Скорость и характер протекания процесса консолидации контролируются потерей системой воды.

[Orbicules: an indication of the crystallization of hydrosilicates. I. Elliston J.N. Earth-Sci. Rev.», 1984, 20, №4, 265-344.

8.5 Polished slab of orbicular diorite (origin unknown); inset shows one orb in detail. Pen 14 cm long, 1.2 cm wide. Note how the middle layers of several orbs are defined by the radial growth of black acicular crystals; this is present though less conspicuous in the outer layer of the enlarged orb too. Large black crystals in the core also show partial radial arrangement.



Орбикулярные диориты, Шаратологыйский массив, Западная Монголия

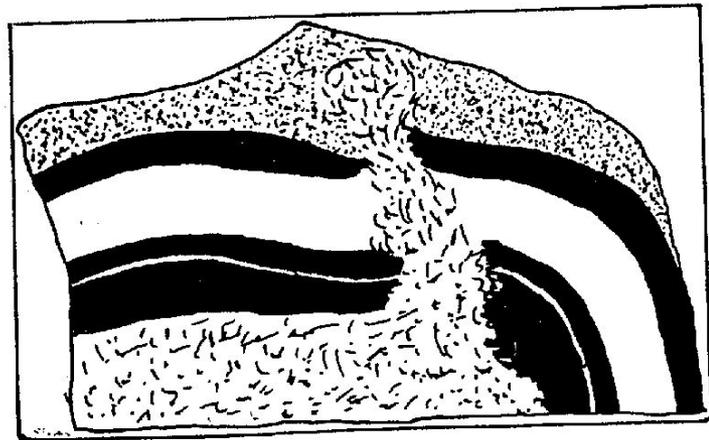


Fig. 18. Remobilised core material injecting through from Sederholm, 1928, fig. 8, p. 37.)



Корсит, наполеанит – диориты с орбикулярной текстурой.

Образование связано с кристаллизацией из высоководного расплава.



M. Bräunlich
www.kristallin.de

1 cm

**Кварц всегда в
интерстициях
КПШ отсутствует**

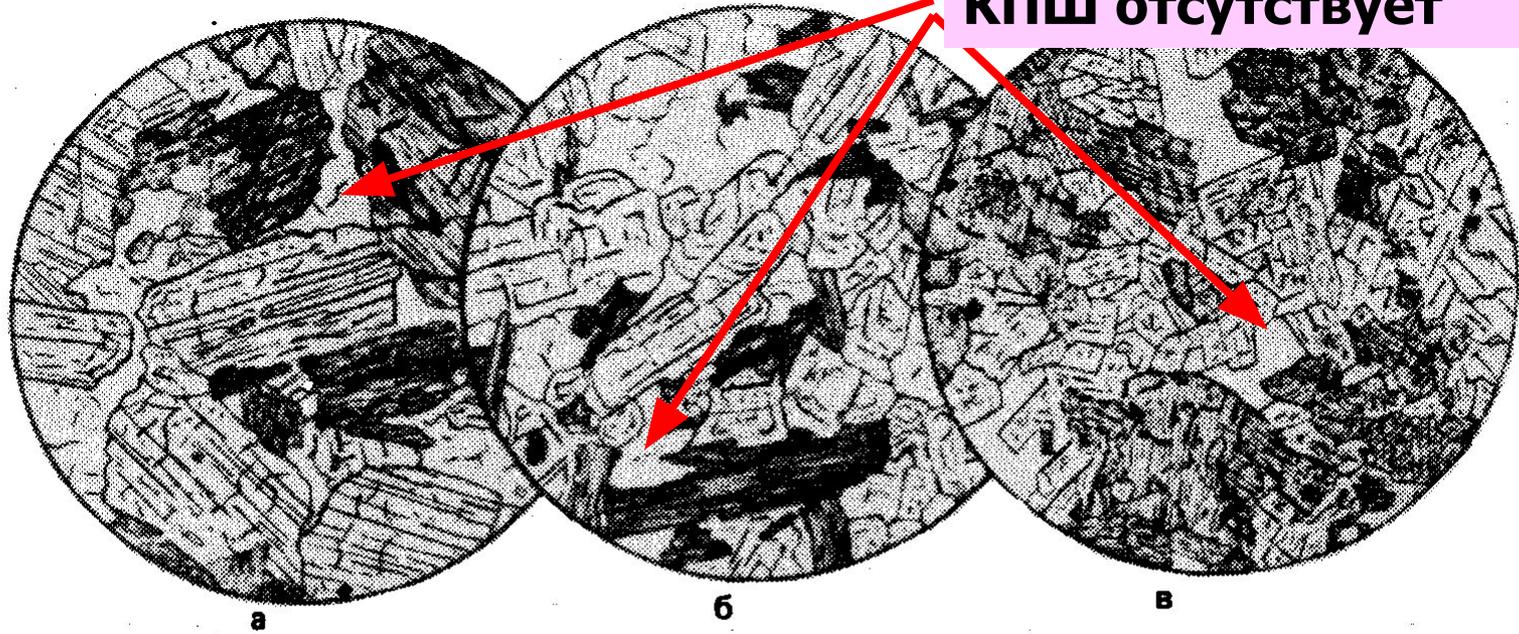


Рис. 71. Кварцевые диориты

а — кварцевый диорит биотит-роговообманковый. Зеленая роговая обманка, биотит, таблички которого либо срastaются с зернами роговой обманки, либо находятся в последних в виде включений, андезин и аксессуарный магнетит. Гипидиоморфнозернистая структура. Урал, массив Рай-Из. $d = 4,4$ мм (Заварицкий, 1932);

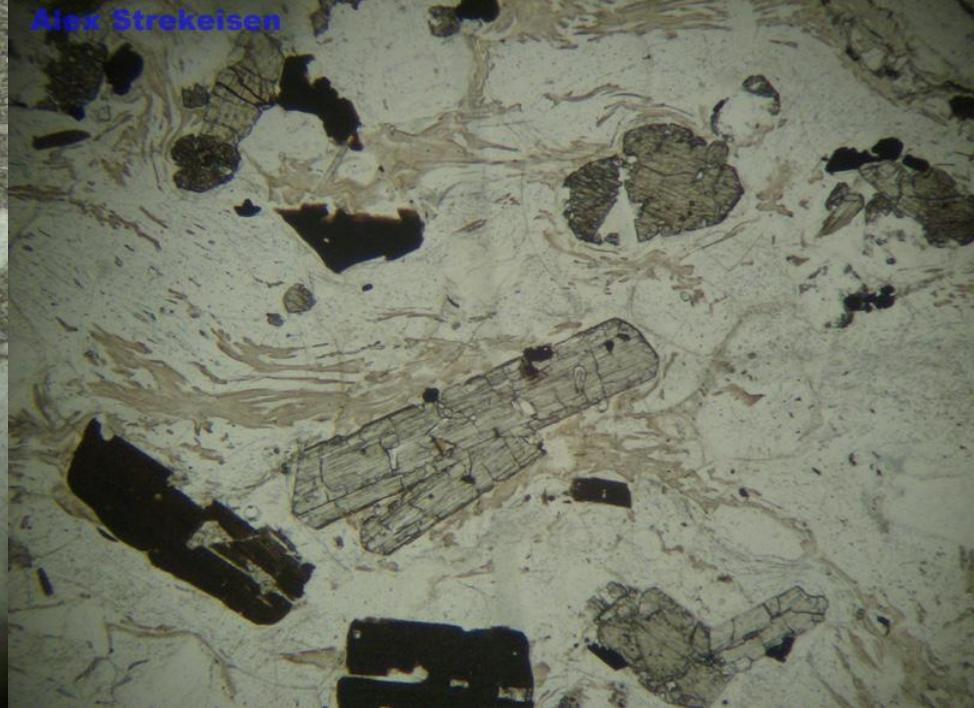
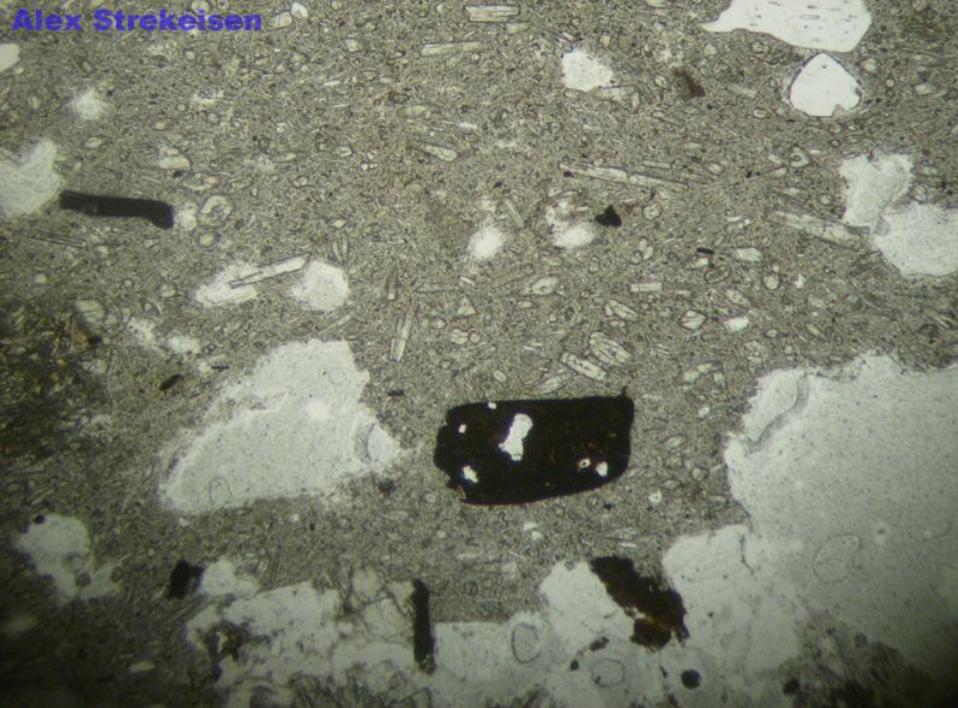
б — кварцевый диорит биотитовый. Биотит, плагиоклаз (андезин) с неотчетливым зональным строением, кварц в резко ксеноморфных зернах, аксессуарный апатит. Типичная гипидиоморфнозернистая структура. Камчатка, Срединный хребет. $d = 3,3$ мм (Заварицкий, 1956);

в — кварцевый диорит роговообманковый меланократовый. Роговая обманка, плагиоклаз, частично серицитизированный в центральной части зерен, кварц в резко ксеноморфных зернах, аксессуарные — апатит и магнетит. Типичная гипидиоморфнозернистая структура. Западная Сибирь. $d = 4$ мм (Половинкина и др., 1948)

Средние вулканические породы
(петрохимический ряд умеренно-щелочной:
 $53 \leq \text{SiO}_2 \leq 64$; $6 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 10$ мас. %)

Семейства горных пород	Трахиандезибазалты		Трахиандезиты — латиты				Трахиты	
Виды горных пород	<i>Трахиандезибазалт</i>	<i>Шошонит</i>	<i>Банакит</i>	<i>Трахиандезит</i>	<i>Латит</i>	<i>Кварцевый латит</i>	<i>Трахит</i>	<i>Кварцевый трахит</i>
Модальный минеральный состав, об. %	Вкрапл.: Pl, Cpx, ± Ol				Вкрапл.: Cpx, Pl, ± Hbl, Opx, Fsp, Ol, Bt		Вкрапл.: Fsp, ± Pl (An ₂₀), Hbl, Cpx, Bt, Opx	
	Вкрапл.: ± Hbl О.м.: Pl, Cpx, Mag,	О.м.: Pl, Fsp, Bt, Cpx, Hbl,	О.м.: Fsp, Pl, Bt, ± Qtz, Lct,	Hbl, ± Bt О.м.: Pl, Cpx,	О.м.: Pl, Fsp Cpx, ± Opx, Ol, Bt, стекло		О.м.: Pl, Fsp, стекло	
	стекло, ± Anl, Fsp	стекло, ± Lct	Mag	Am, стекло, ± Fsp		Qtz > 5	± Qtz < 5	Qtz > 5
Тип щелочности	Калиево-натриевый	Калиевый		Калиево-натриевый	Калиевый и калиево-натриевый			
Некоторые разновидности	Оливин-, амфибол-, фойдсодержащие и др.				Двупироксеновые, оливин-, биотитсодержащие и др.			
				Бенморейт (богат Na ₂ O)			Щелочнополевошпатовые (бесплагноклазовые), санидиновые; лейкотрахит, меланотрахит	
Характерные особенности	Присутствие Fsp в виде самостоятельных зерен или кайм вокруг Pl или примеси в Pl							
	Cpx – Tiaug	Cpx – Aug		Cpx – Tiaug	Fsp и Pl приблизительно в равных количествах. Вулканический эквивалент монцонита		Структура порфировая с ортофировой или трахитовой структурой о. м.	

БАНАКИТ - banakite. Термин, отнесенный к абсарокиту и шошониту, для трахиандезитовых пород, содержащих фенокристы авгита и иногда оливина в основной массе из санидина, обрастающего лабрадор-андезин, авгита, биотита, анальцима и непрозрачного минерала. Он подобен абсарокиту, но содержит меньше оливина и авгита, и характеризуется преобладанием полевых шпатов как во вкрапленниках, так и в базисе (*назван по индейскому племени баннок, Йеллоустонский национальный парк, Вайоминг, США*)



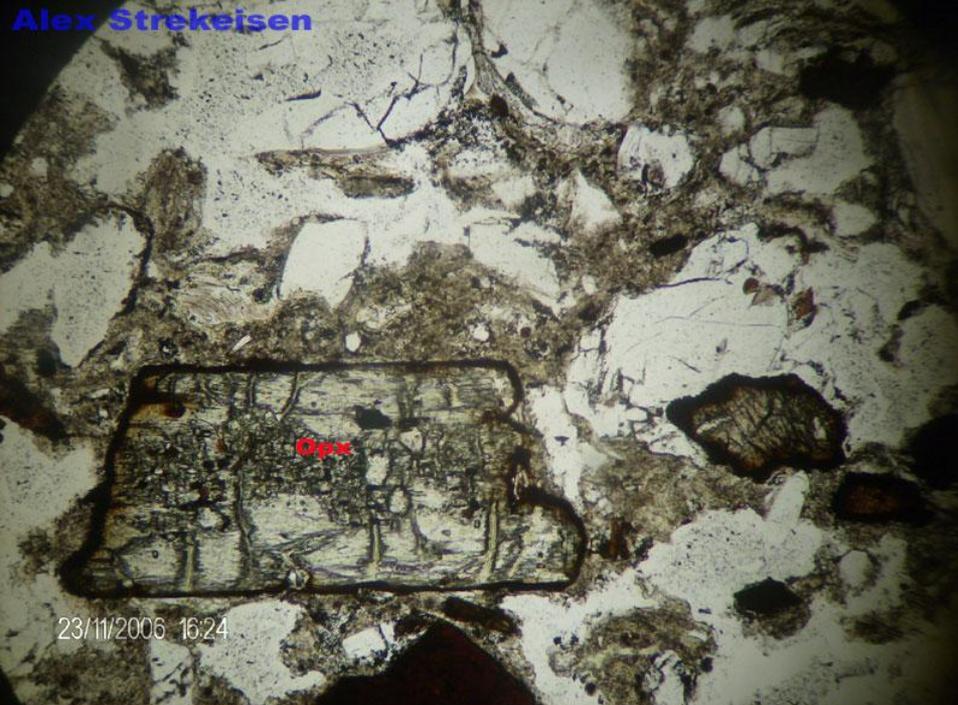
Fenocristalli di Pl, Sa, Bt in Latite. La pdf è a grana molto fine. Immagine a N//, 2x (lato lungo = 7mm)

[http://www.alexstrekeisen.it/immagini/vulc/latite\(12\).jpg](http://www.alexstrekeisen.it/immagini/vulc/latite(12).jpg)

Биотит и ортопироксен погруженные в стекловатый матрикс с фдьюидальностью.

Biotite ed Ortopirosseni immersi in una matrice vetrosa fluidale. Immagine a N//, 2x (lato lungo = 7mm)

<http://www.alexstrekeisen.it/immagini/vulc/shoshonite010.jpg>



Fenocristallo fratturato di Ortopirosseno. In questo caso la frammentazione dei cristalli è dovuta al carattere esplosivo del Magma.

Immagine a N//, 10x (lato lungo = 2mm)

[http://www.alexstrekeisen.it/immagini/vulc/shoshoniteesplosiva\(2\).jpg](http://www.alexstrekeisen.it/immagini/vulc/shoshoniteesplosiva(2).jpg)

Опацитизация ортопироксена.

Опацитовая кайма – бурая до черной непрозрачная каемка вокруг вкрапленников темноцветных минералов. При резком изменении условий кристаллизации, например, при образовании основной массы, вкрапленники становятся неустойчивыми и разлагаются с образованием магнетита и других минералов.



г — авгитовый трахит. Во вкрапленниках — санидин, плагиоклаз, авгит. Те же минералы составляют основную массу с неотчетливой трахитовой структурой. Италия, о-в Понца. $d = 3$ мм (Заварицкий, 1956);

д — оливин-роговообманково-авгитовый трахит. Во вкрапленниках — плагиоклаз, санидин, авгит, бурая роговая обманка с опалитовой каймой и оливин. Основная масса состоит из санидина, олигоклаза и небольшого количества пироксена и магнетита. Трахитовая структура. Италия, лавовый поток Арсо на о-ве Исхия. $d = 3$ мм (Заварицкий, 1956);

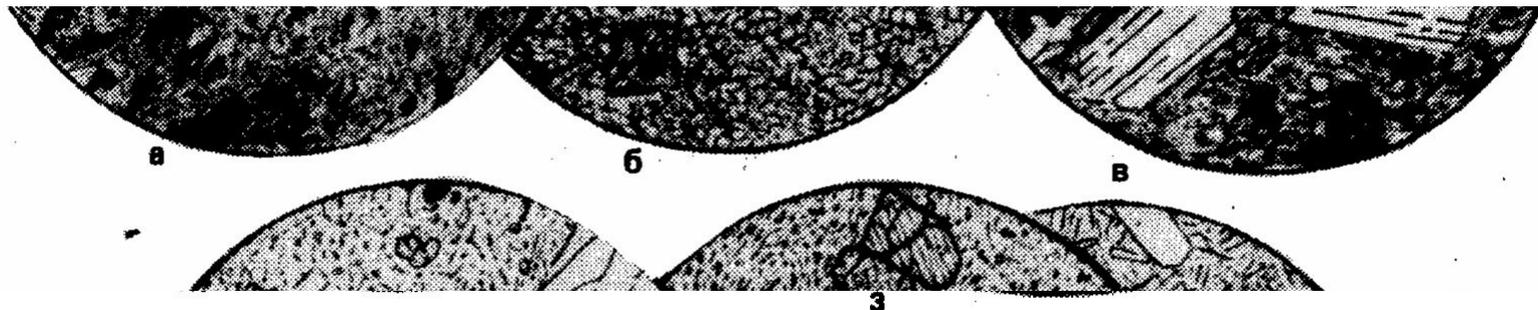


Рис. 74. Трахиты

а — эгириновый трахит. Во вкрапленниках — санидин; основная масса пилотакситовая, состоящая из микролитов санидина и эгирина. Италия, о-в Исхия, Кастелло. $d = 4$ мм (Половинкина, 1966);

б — биотит-авгитовый трахит. Во вкрапленниках — плагиоклаз (олигоклаз-андезин), авгит и биотит. Основная масса состоит из калиевого полевого шпата и подчиненного ему плагиоклаза. Трахитовая структура выражена слабо. Франция, Пью-Де-Дом, Овернь. $d = 4,7$ мм (Заварицкий, 1956);

в — биотитовый трахит. Во вкрапленниках — санидин, плагиоклаз (андезин-олигоклаз), биотит. Основная масса состоит из микролитов санидина, аксессуарных апатита, титанита, рудного минерала и незначительных количеств кварца, выполняющих интерстиции. ФРГ, Драхенфельз, Зибенгебирге. $d \approx 3$ мм (Вильямс и др., 1957);



Средние плутонические породы; петрохимический ряд умеренно-щелочной (субщелочной)
 $53 < \text{SiO}_2 < 64$; $5 < (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) < 12$

Семейства горных пород	Монцониты			Сиениты	
Виды горных пород	Монцонит	Монцодиорит	Кварцевый монцонит	Сиенит	Кварцевый сиенит
Модальный минеральный состав, об. %	PI 20-40 Fsp 20-40 (Bt+Hbl+Cpx)=25-40, Q 0-5, ±Opx	PI 45—60 Fsp 10—25 (Bt+Hbl+Cpx)= 20—35 Q 0—5 ±Opx	PI 45—60 Fsp 10—25 (Bt+Hbl+Cpx)=20—30 Q 5—15	PI 10—30 Fsp 60—80 (Bt+Hbl+Cpx+Opx)= 10-20 Q 0—5	PI 10—20 Fsp 55—75 (Bt+Hbl+Cpx+ Opx)= 5-20 Q 5-15
Тип щелочности	Калиево- натриевый			Калиево- натриевый и калиевый	
Некоторые разновидности	Биотит-авгитовые, биотит-роговообманковые, диопсидовые			Биотит-роговообманковый, энстатитовый, андрадитовый, корундовый, редко оливиновый и т. д.	Биотитовый, пироксен-амфиболовый, амфиловый и т. д.
	Гиперстеновый или авгит-гиперстеновый (мангерит)				
Характерные особенности семейств и видов	PI (An ₃₀₋₅₀); обязательное присутствие K-Na полевого шпата			PI (An ₁₅₋₃₀)	PI (An ₁₀₋₂₅)

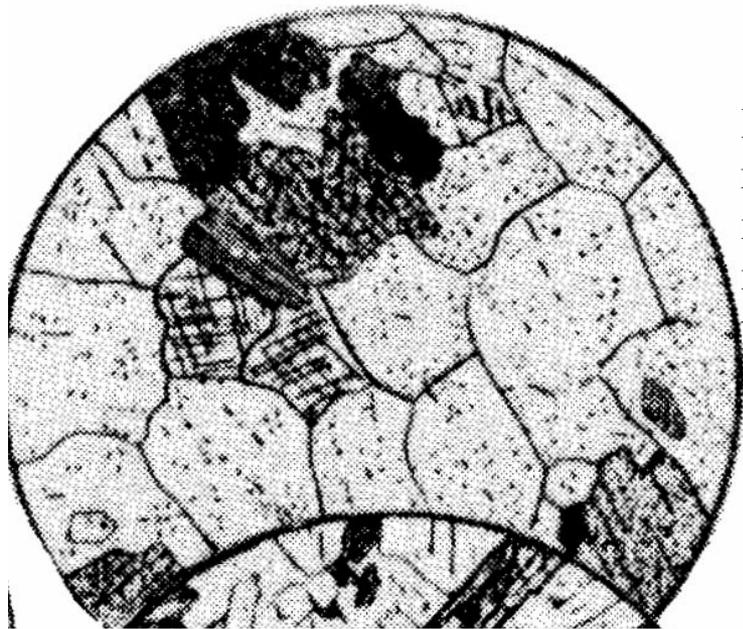
В связи с имеющимися расхождениями в употреблении этого термина необходимо иметь в виду, что в данной классификации как и в международной номенклатуре, монцонит — это промежуточная между сиенитом и габбродиоритом порода содержащая примерно равное количество плагиоклаза и калиевого полевого шпата с подчиненными количествами амфибола и (или) пироксена. Термин «монцодиорит» предлагается употреблять вместо термина «сиенодиорит» для плутонической породы, промежуточной между сиенитом и диоритом. В других названиях плутонических пород приставка монцо- означает повышенную щелочность за счет наличия калиевого полевого шпата.

Тонкозернистые разновидности сиенитов и монцонитов (микросиениты, микромонцониты) в зарубежной литературе обозначаются термином «акерит» (akerite). чем подчеркивается их структурное сходство (обилие прямоугольных лейст олагоклаза- окаймленных щелочным полевым шпатом) с акеритами района грабена Осло, откуда происходит этот термин.

$Pl < Fsp$

$Pl > Fsp$

Pl



Роговообманковый монцодиорит. Состоит из изометричных, гипидиоморфных зерен андезин-олигоклазз, небольшого количества роговой обманки, биотита, единичных зерен микроклина, рудного минерала, апатита, сфена. Швеция, район Стокгольма, $d = 3$ мм (Вильямс и др., 1957)

г — монцонит. Идиоморфные лейсты андезина, ксеноморфный непрозрачно-мутный ортоклаз, диопсид-авгит частично окаймлен зеленой роговой обманкой и бурым биотитом, небольшое количество кварца в интерстициях, акцессорные — рудный минерал, апатит, кварц. Италия, Тироль, Монцони. $d = 2,55$ мм (Вильямс и др., 1957);

д — монцонит кварцсодержащий. Идиоморфные кристаллы андезина, крупные ксеноморфные зерна калиевого полевого шпата, роговая обманка, редкие мелкие зерна кварца, акцессорные — рудный минерал, титанит, игольчатый апатит. США, Невада, Пайн-Нат-Рейндж. $d = 2,5$ мм (Вильямс и др., 1957);

е — кварцевый монцодиорит. Плагиоклаз, авгит, роговая обманка, биотит, кварц, калиево-натриевый полевой шпат, акцессорные — титанит, апатит, магнетит. Структура гилпидиоморнозернистая. ГДР, район Грёба. Увел. 9,6, с анализатором (кол. К.Г. Стафеева);



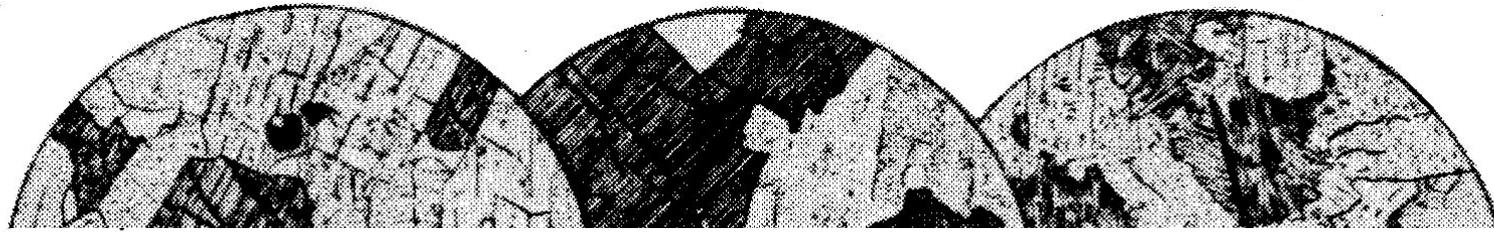
Рис. 75. Монцониты и кварцевые монцониты

а — монцонит. Плагиоклаз (андезин), калиевый полевой шпат в ксеноморфных зернах, авгит, биотит, акцессорные — магнетит, апатит. Структура монцонитовая. Италия, Тироль, Монцони. $d = 4$ мм (Хэтч, 1926);

б — монцонит. Плагиоклаз (андезин), иногда заметно сосюритизирован; калиевый полевой шпат в ксеноморфных зернах, авгит, биотит, акцессорные — магнетит и апатит. Структура монцонитовая. Казахстан, Ишим. $d \sim 4$ мм (Заварицкий, 1956);

в — монцонит. Плагиоклаз, калиево-натриевый полевой шпат в ксеноморфных зернах, авгит, акцессорные — магнетит, апатит. Центральный Сихотэ-Алинь, Улунгинский массив, верхнее течение р. Бикин. $d = 1,8$ мм (Половинкина, 1966);





г — сиенит авгит-биотитовый. Ортоклаз, биотит, уралитизированный авгит, мелкие идиоморфные зерна андезина, акцессорный апатит. Британская Колумбия, Ймир. $d = 3$ мм (Вильямс и др., 1957);
д — сиенит биотитовый кварцсодержащий. Крупные микропертитовые кристаллы калиево-натриевого полевого шпата окаймляются альбитом. Присутствуют биотит и кварц, акцессорные — рудный минерал, циркон, титанит. Норвегия, Осло. $d = 2,5$ мм (Вильямс и др., 1957)

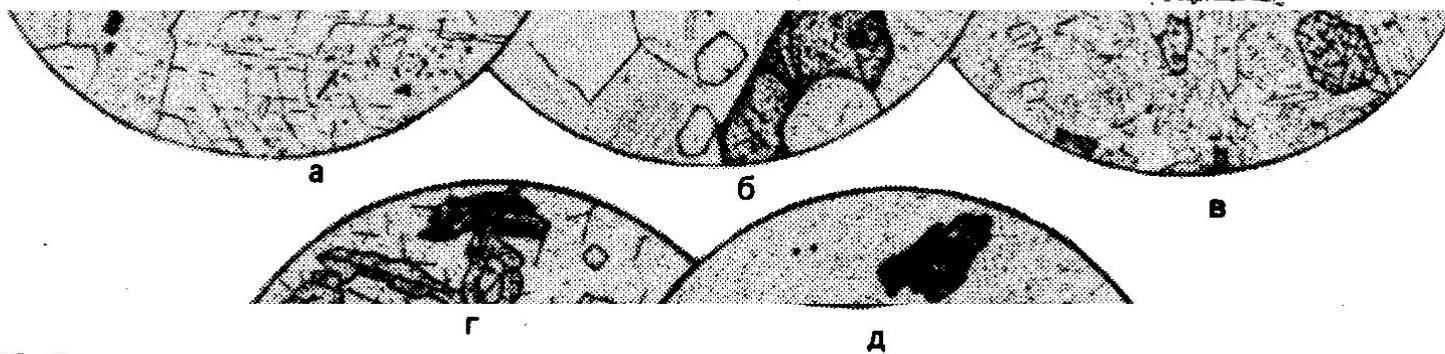


Рис. 76. Сиениты

а — сиенит роговообманковый. Калиевый полевой шпат, олигоклаз, зеленая роговая обманка, акцессорные — сфен, апатит и магнетит. Гипидиоморфнозернистая структура. ГДР, район Мейсена. $d = 3$ мм (Заварицкий, 1956);

б — сиенит роговообманковый. Калиево-натриевый полевой шпат, роговая обманка, плагиоклаз, кварц, крупные кристаллы акцессорных минералов — титанита, апатита. ГДР, район Дрездена. $d = 2,6$ мм (Заварицкий, 1956);

в — сиенит авгит-биотитовый. Калиевый полевой шпат, олигоклаз, биотит, авгит, кварц, акцессорный апатит. Гипидиоморфнозернистая структура. ФРГ, Шварцвальд, Фронау. $d = 3$ мм (Заварицкий, 1956);



Семейства горных пород	Щелочные трахиты	Фонолиты	
Виды горных пород	Щелочной трахит	Фонолит	Лейцитовый фонолит
Модальный минеральный состав, об. %	Pl 0—25 Fsp 40—50 alkCpx 0—20 Am 0—10 Q 0—5 или Ne 0—10 Стекло	Fsp 40—60 Ne 10—40 alkCpx 10—20 alkAm 0—10 Pl 0—10 ± Стекло	Fsp 40—60 Lc' 20—30 alkCpx 5—10 Bt 0—5 Pl 0—5 Ol 0—5 ± Стекло
Тип щелочности	Калиево-натриевый		Калиевый
Некоторые разновидности	Анортоклазовый, кросситовый, рибекитовый, диопсид-эгириновый, эгирин-авгит-биотитовый и др.	Гаюиповый, анальцимовый, санидиповый, <i>кеннит</i> – со стекловатым базисом и микролитами Fsp, Aeg, Ol	Биотитовый, гаюиновый, нозеановый
Характерные особенности видов горных пород	Pl — An ₅₋₂₅ ; Fsp-анортоклаз, санидин, Ам-арфведсонит, рибекит, катафорит	Pl – An ₀₋₁₀ в основной массе преобладает либо нефелин, либо анортоклаз	Pl — An ₅₀₋₆₀ ; известны разновидности, в которых лейцит резко преобладает над санидином

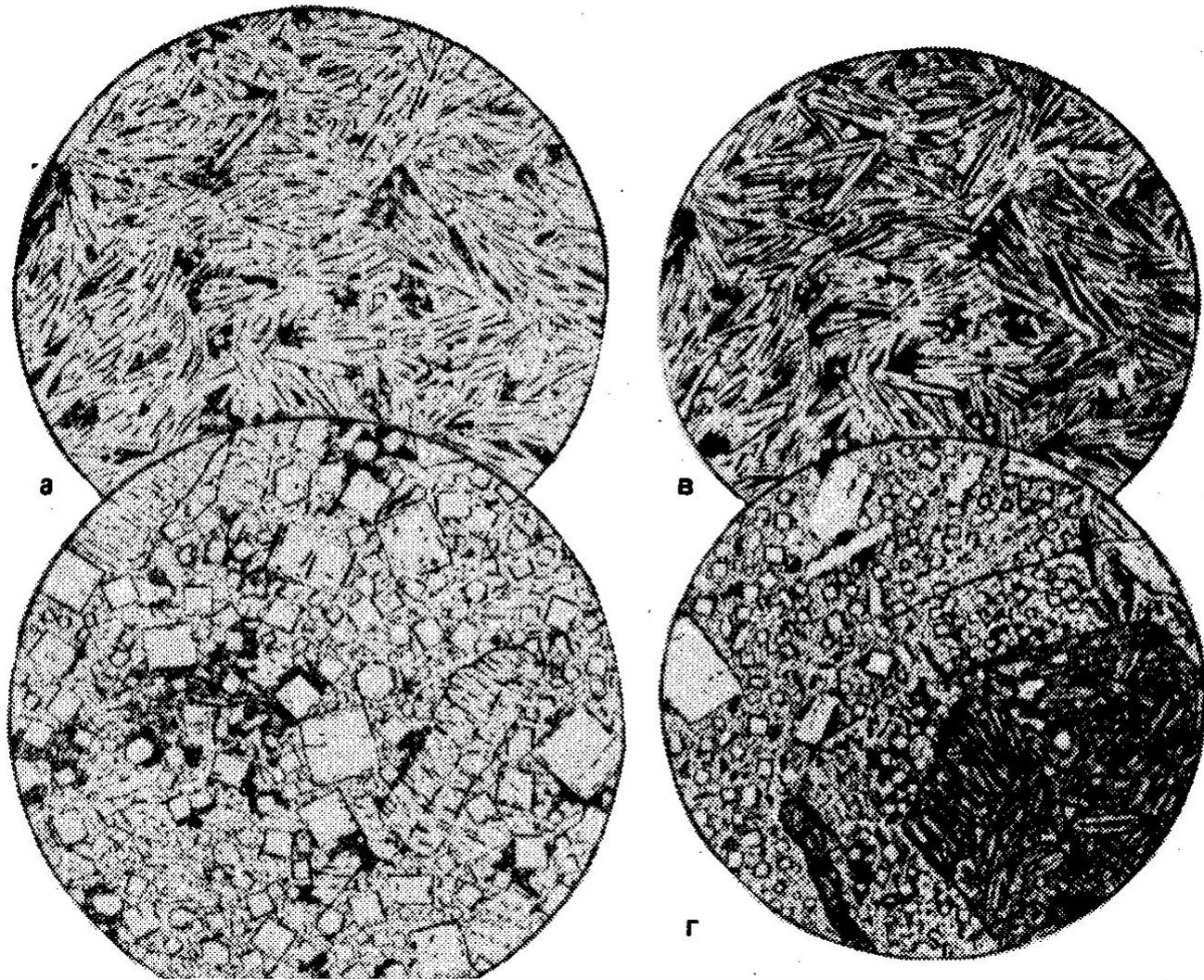
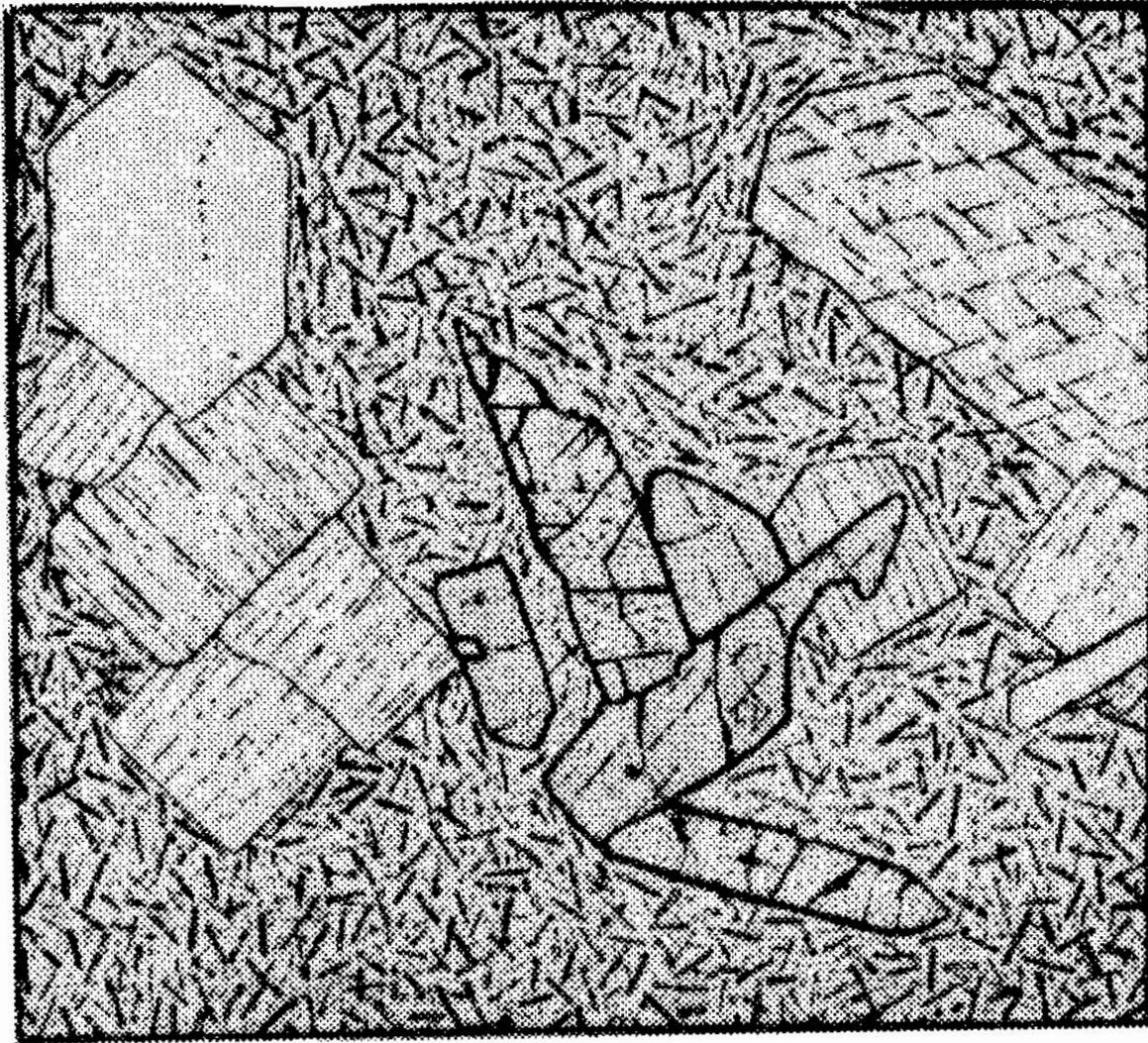


Рис. 78. Фонолиты

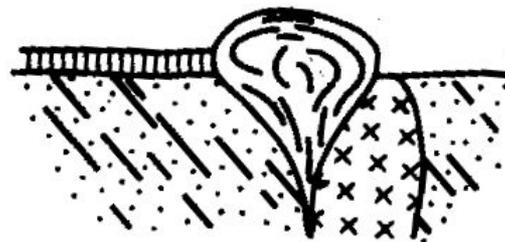
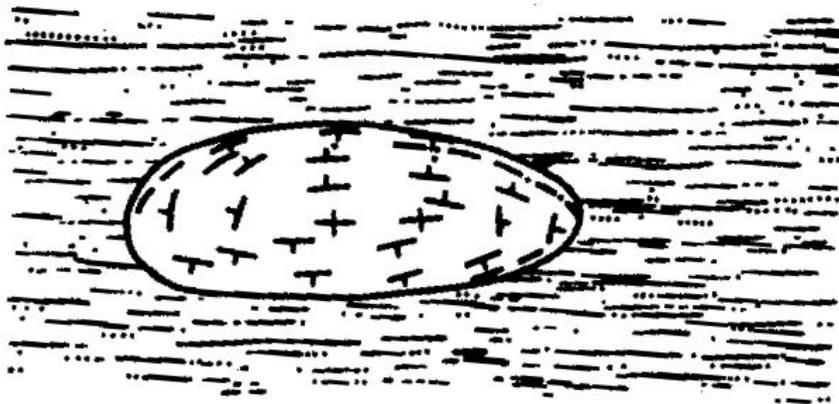
- а* — фонолит с трахитовой структурой. Южная Дакота, Блек-Хиллс (Заварицкий, 1956);
б — фонолит с нефелинитоидной структурой основной массы. Чехословакия, Брюкс (Заварицкий 1956);
в — мезократовый трахитовый фонолит. Новая Зеландия, район Данедин (Nockolds et al., 1979);
г — амфиболовый фонолит порфировидный с нефелинитоидной основной массой. Чехословакия, Брюкс (Nockolds et al., 1979);

... с трахитовой основной массой, насыщенный игольчатыми...



Эгириновый порфировый фонолит с трахтовой ОМ, насыщенной игольчатыми кристаллами эгирина, Бразилия (Хэтч и др., 1975).

Формы экструзивных тел фонолитов



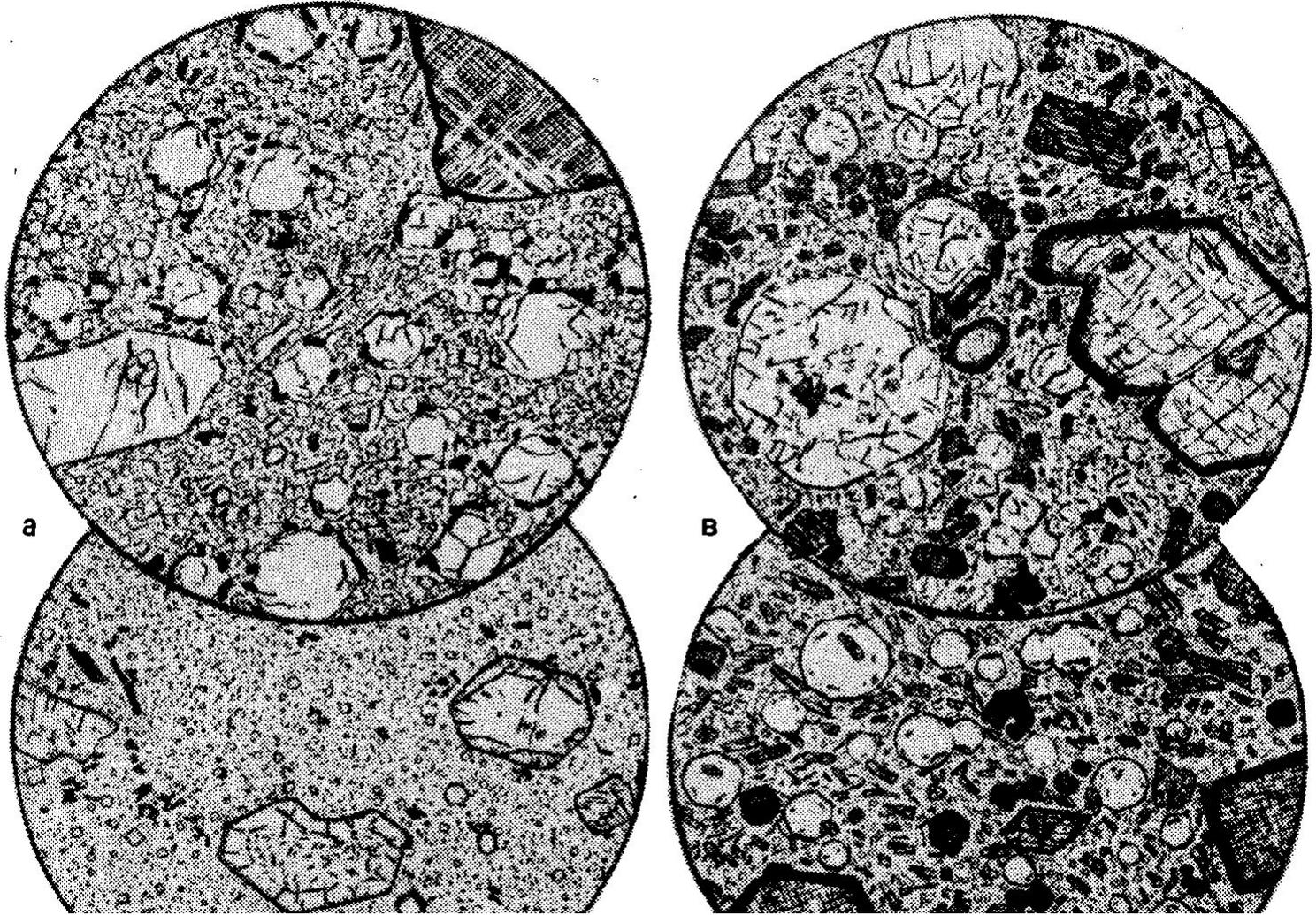


Рис. 82. Лейцитовые фонолиты

а — лейцитовый фонолит с фенокристаллами лейцита (изометричные зерна), санидина и гаюина. Основная масса микрозернистая, состоит из нефелина, лейцита, санидина и редких призмочек эгирина, окружающих вкрапленники лейцита. ФРГ, район Лаахерского озера (Заварицкий, 1956) ;

б — лейцитовый фонолит с фенокристаллами нозеана. Основная масса скрытокристаллическая, насыщенная микрокристаллами лейцита, нефелина и иглочками эгирина. ФРГ, район Лаахерского озера (Заварицкий, 1956) ;

в, з — лейцитифиры, содержащие гаюин с характерной темной каймой, лейцит (светлые округлые выделения) и эгирин-авгит. Основная масса микрозернистая, состоит из нефелина, лейцита и санидина с иглочками пироксена. ФРГ, Эйфель (Заварицкий, 1956) ;

Средние плутонические породы; петрохимический ряд щелочной $53 < \text{SiO}_2 < 64$; $7 < (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) < 21$

Семейства горных пород	Щелочные сиениты (бесфельдшпатоидные)	Фельдшпатоидные сиениты (нефелиновые, псевдолейцитовые, кальсилитовые)					
Виды горных пород	Щелочной сиенит	Фойяит	Луяврит	Мариуполит	Миаскит	Псевдолейцитовый сиенит	Сыннырит
Модальный минеральный состав, об. %	Ab 0-50 Fsp 20-70 alkCpx (Am) 1-35 Q 0-5 Ne 0-5	Fsp 30-50 Ne 25-40 alkCpx 5-10 alkAm 0-15 Ab 5	Fsp 35-50 Ne 20-45 Ab 5-10 alkCpx 10-30 alkAm 0-0	Ab 40-60 Ne 5-30 Aeg 15-30 alkAm Lep (Bt)	Fsp 20-60 Ne 20-30 Lep (Bt) 5-20 Am 0-20 Ab (Olg) 0-20	Fsp 20-50 Lct' 25-70 Cpx 5-20 Bt (Lep) 0-10 Ne 0-10, Ks 0-10	Fsp 55 - 75 Lct' 20-80 Ks 10-35 Ne 0-10, Cpx 0-5, Bt (Lep) 0-5
Тип щелочности	Натриевый и калиево-натриевый	Калиево-натриевый		Натриевый	Калиево-натриевый	Калиевый	
Некоторые разновидности	Эгириновый, рибекитовый, арфведсонитовый, нефелинсодержащий (Ne<5) - <i>пуласкит</i> ; при отсутствии Ab и при ромбовидных выделениях Fsp – <i>тенсбергит</i> ; кварцсодержащий (<i>нордмаркит</i>)	Амфиболовые, биотит-амфиболовые авгитовые, арфведсонитовые, эгириновые, эгирин-авгитовые, лепидомелановые, эвдиалитовые (хибинит), меланитовые, либенеритовые (при замещении нефелина чешуйчатым агрегатом белой слюды), содалитовые, канкринитовые, анальцимовые.				Амфиболовый, биотитовый, порфиоровидный	Бнотитовый, диопсидовый, гранатовый
		не содержащий Ab или Pl - ювит		меланократовый не содержащий Fsp — канадит			
Характерные особенности видов	Наличие alkPx и alkAm при широких колебаниях количества калиевого и калиевого полевых шпатов и альбита	Гипидиоморфно-зернистая или трахитовая (фойяитовая) структура, образованная лейстами Fsp	Средне- и мелкозернистая порода с трахитоидной структурой игольчатый эгирин, прорастающий полевые шпаты и нефелин: обычно богат REE, U, Th, Li и другими некогерентными элементами	ведущая роль альбита, нефелина и эгирина (часто игольчатого) акцессории: циркон пироклор, апатит, ильменит; непостоянство структуры и состава	Структура аллотриоморфно озернистая, гнейсовидная; акцессории: апатит, ильменит, циркон, сфен, канкринит, пироклор.	Псевдолейцит (смесь Ort и Ne) сохраняет форму кристаллов первичного Lct или образует округлые или многоугольные скопления Ort и Ne	Порфиоровидные скрытокристаллические скопления ооидов со структурой распада лейцита на Ks и Ort, а также на Ne и Ort

* Горные породы этого семейства обычно обозначаются общим названием «нефелиновый сиенит» (кроме псевдолейцитового сиенита и сыннырита), так как они состоят существенно из щелочного полевого шпата и нефелина. редко другого фельдшпатоида, и небольшого количества цветных минералов. Видовые названия этим породам даются после детального петрографического изучения и точной диагностики фельдшпатоидов.

** В зарубежной литературе чаще применяется его синоним — «пералькалиновый сиенит».

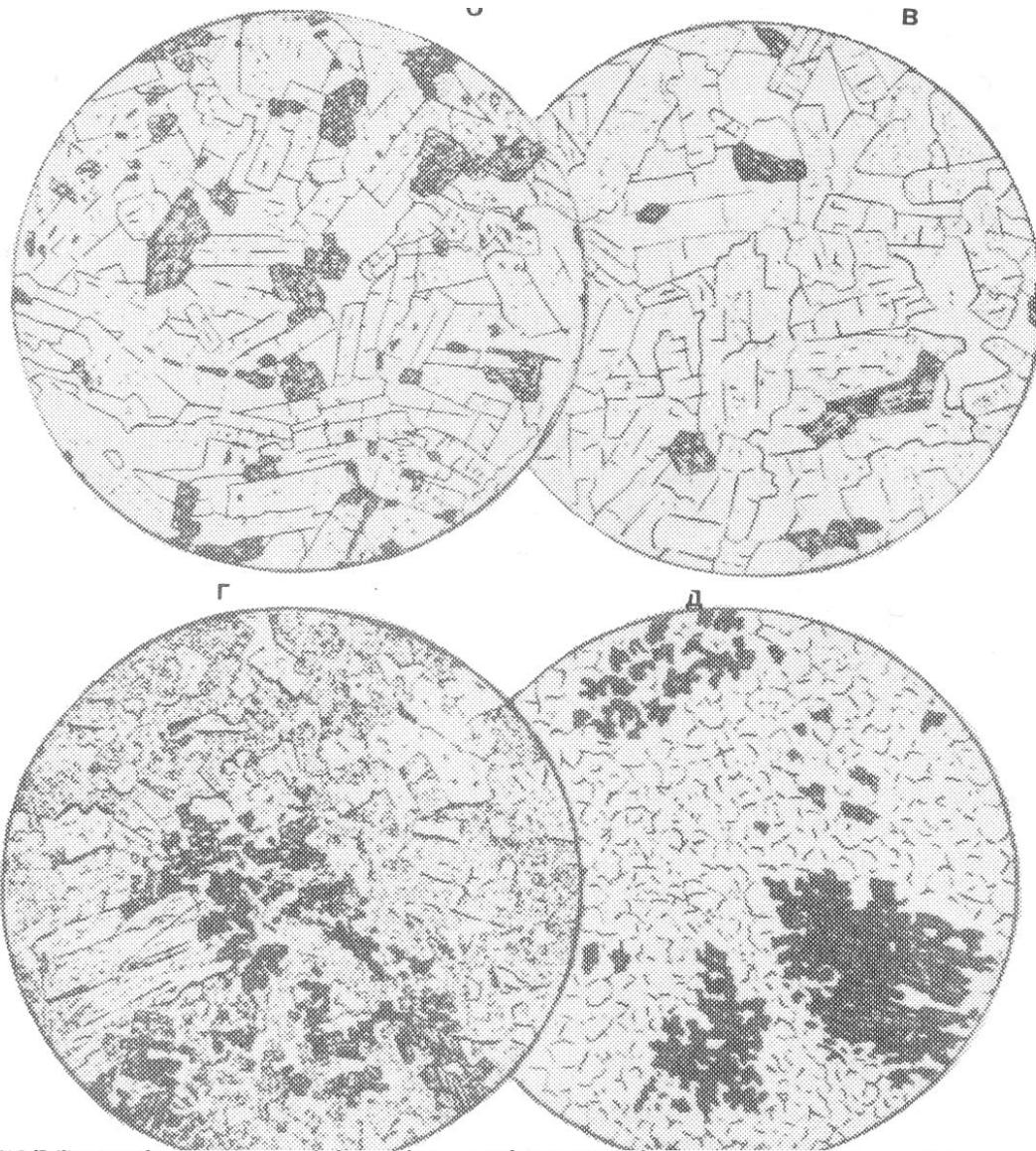


Рис. 106. Нордмаркиты и кварцевые сиениты

а — кварцевый сиенит авгитовый. Калиевый полевой шпат, плагиоклаз, авгит. Норвегия, район Осло. $d = 3,5$ мм (Заварицкий, 1956);

б — нордмаркит. Микроклин-пертит с большим количеством пертитовых вростков альбита пятнистого типа, кварц, щелочной амфибол. Гипидиоморфнозернистая структура, Кузнецкий Алатау, Бериккуль. $d = 5,6$ мм (Заварицкий, 1956);

в — нордмаркит. Калиевый полевой шпат, кварц, щелочной амфибол, акцессорные — магнетит и титанит. Гипидиоморфнозернистая структура. Норвегия, район Осло. $d = 2,6$ мм (Харкер, 1935);



а — арфведсонитовый нордмаркит. Калиевый полевой шпат, кварц и арфведсонит. Гипидиоморфнозернистая структура. Норвегия, район Осло. $d = 1,2$ мм (Йохансен, 1932);

б — рибекитовый нордмаркит. Калиевый полевой шпат, рибекит, кварц. Типичная гипидиоморфнозернистая структура. Кузнецкий Алатау, Бериккуль. $d = 3,2$ мм (В.А. Заварицкий, 1945);

в — рибекитовый нордмаркит. Калиевый полевой шпат, кварц и неправильные лапчатые зерна рибекита. Шотландия, Аилза-Грэг. $d = 3$ мм (Рейниш, 1920);

г — рибекитовый нордмаркит. Лапчатые зерна рибекита в кварц-полевошпатовой массе. Западная Англия, Карнавоншир. $d = 2,6$ мм (Харкер, 1935)

Виды фельдшпатоидных сиенитов

Средние щелочные породы

Фояит	Ne+Fsp+Px (или Am)
Луяврит	Ne+Fsp+Ab+Aeg (или Am)
Мариуполит	Ne+Ab+Aeg (или Arf)
Миаскит	Pl+Ne+Fsp+Am (гастингсит)+Bt
Псевдолейцитовый сиенит	Lct'+Fsp+Aeg+Bt

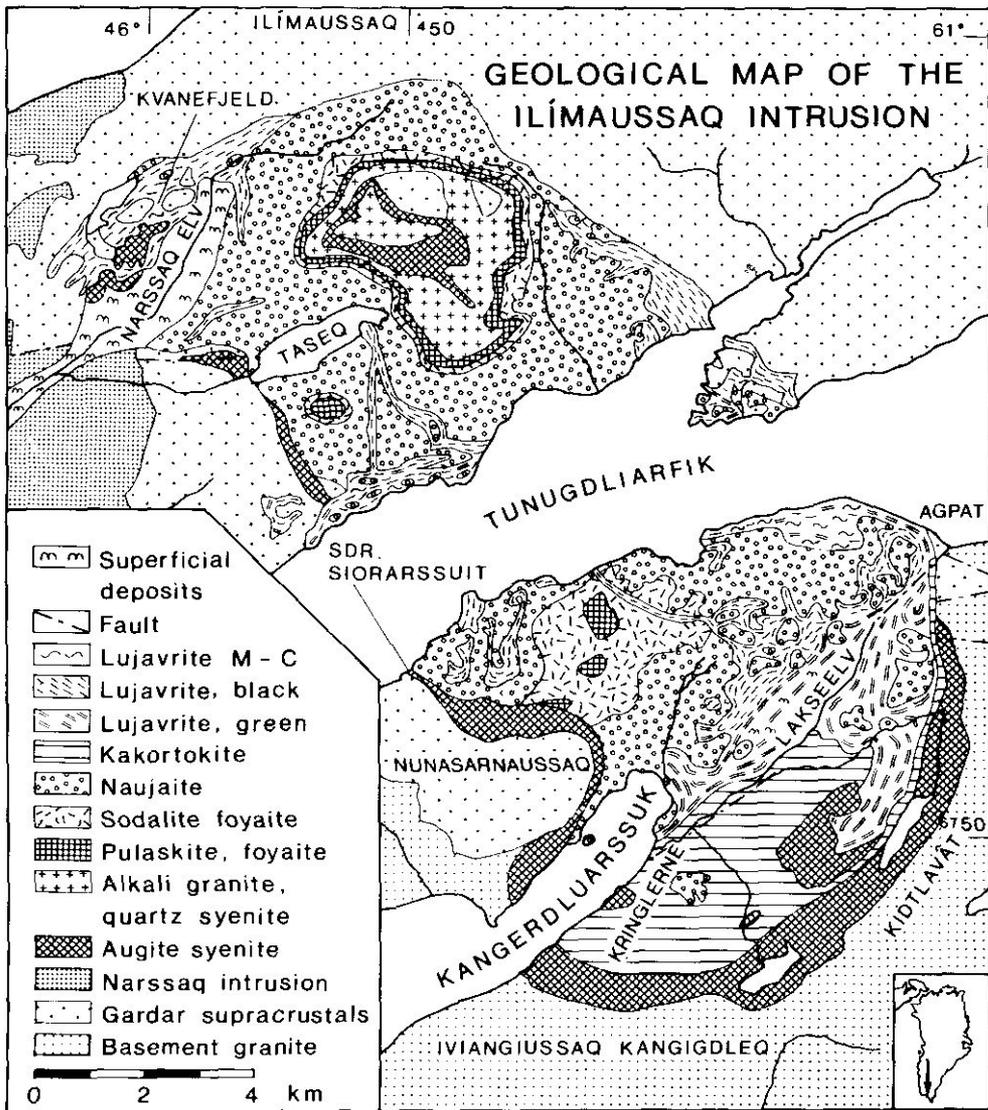
Основные щелочные породы

Рисчоррит	Ne+Ks+Fsp+Mg-Kat+Bt (мало Aeg-Aug)
Науяит	Ne+Sod+Fsp+Aeg (Fe-Arf или Arf)
Сэрнаит	Ne+Can+Fsp+Aeg-Aug

Рисчоррит – крупнозернистый нефелиновый сиенит с пойкилитовым прорастанием полевого шпата нефелином. Цветная составная часть изменчива, в типичных разновидностях это лепидомелан, в других – эгирин, в третьих – оба эти минерала, иногда с примесью астрофиллита.

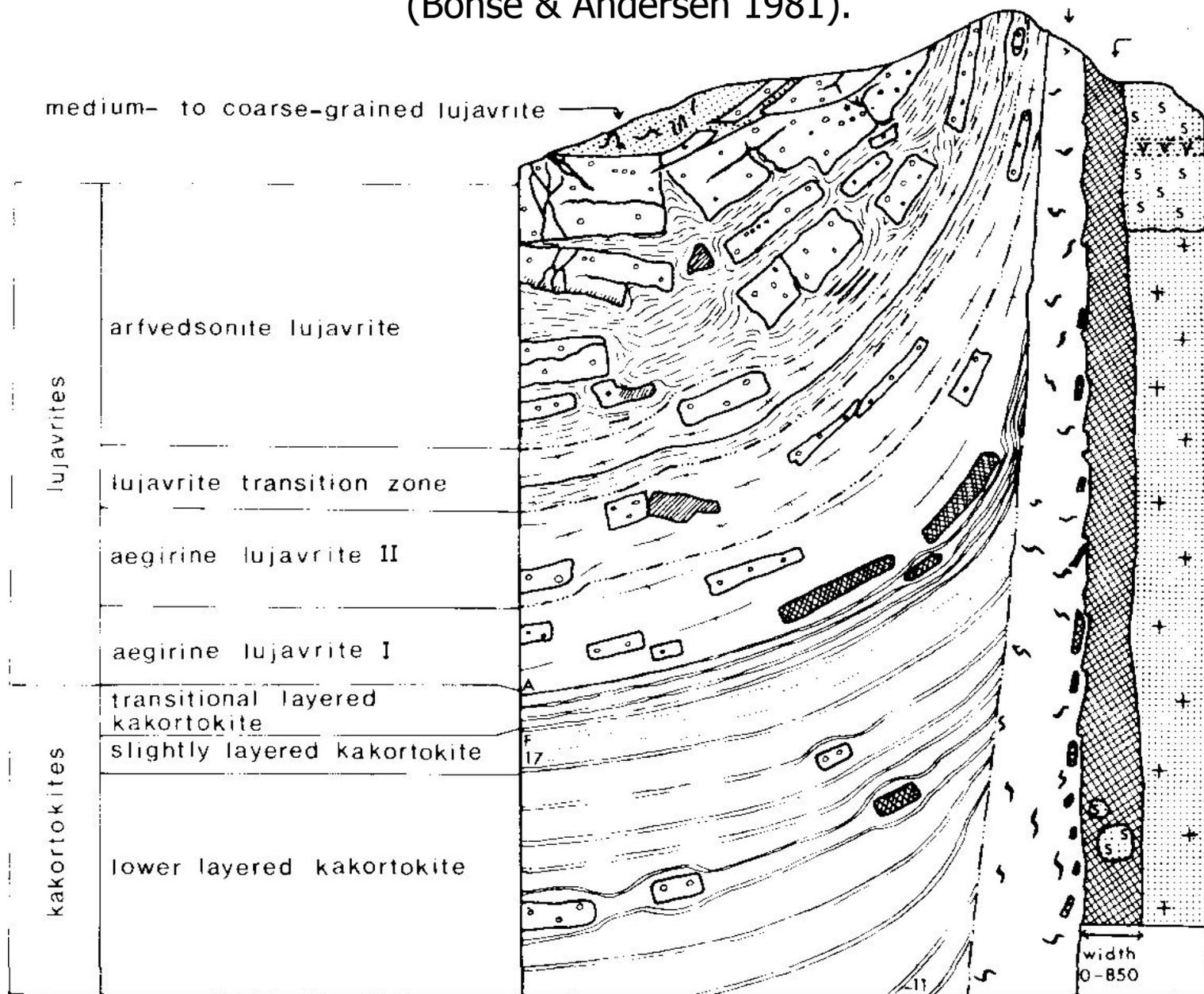
Сэрнаит – канкринито-эгириновый сиенит, двуфельдшпатоидный сиенит, в котором помимо щелочного полевого шпата (ортоклаз, микроклин) и нефелин, значение породообразующего минерала имеет магматогенный канкринит. Акцессорные минералы: титаномагнетит, апатит, шорломит, редко оливин. Вторичные минералы– биотит, альбит, пренит, цеолиты, редко содалит. Синоним – бузорит.

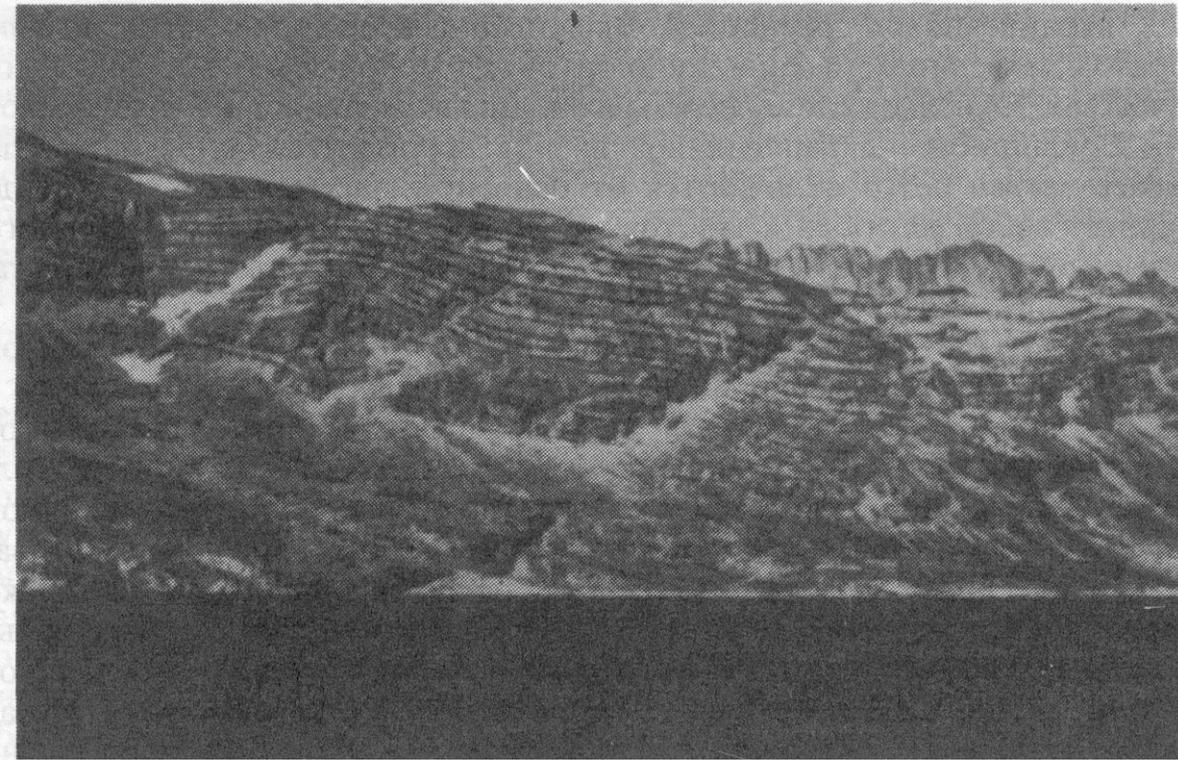
Геологическая карта Илимаусакского интрузива, Южная Гренландия



Какортоkit - kakortokite. Местное название для разновидности аптаитового нефелинового сиенита, проявляющей резко выраженную кумулатовую структуру и магматическое расслоение с повторением слоев, обогащенных щелочным полевым шпатом, эвдиалитом и арфведсонитом. (Ussing, 1912, p. 43; Какорток (теперь Квакворток), Илимауссак, Гренландия; Trog, 879; Joh. v. 4, p. 118; Tomk. p. 287)

Разрез Илимаусакского интрузива, Южная Гренландия (Bohse & Andersen 1981).





Ритмическая слоистость в расслоенной серии массива Илимауссак, юго-западная Гренландия, обнажающейся в 400-метровом обрыве Кангердлуарссук-фьорда. Слоистость образована светлыми нефелиновыми сиенитами и темными арфведсонитовыми и эвдиалитовыми породами. Слоистая толща на половину своей мощности перекрыта блоком кровли, погружившимся в нижнюю часть интрузива

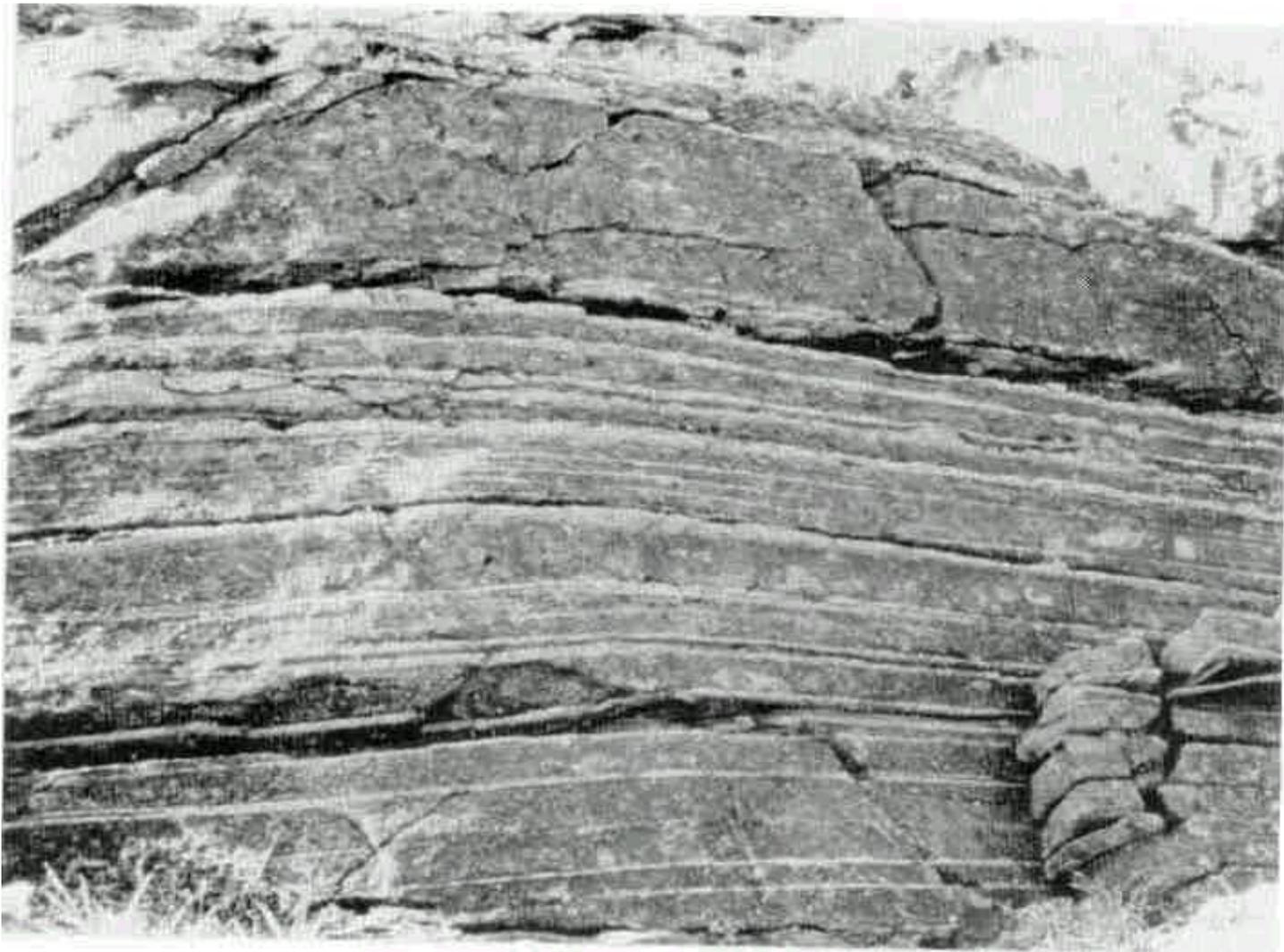


Black (arfvedsonite-rich), pink (eudialyte-rich) and white (nepheline- and alkali feldspar-rich) layers in peralkaline nepheline syenite cumulate rock ('kakortokite') in the lower exposed part of the Ilímaussaq complex, S Greenland. Macrorhythmic layering can be seen in the cliffs behind. Hammer shaft 45 cm. (Gill, 2010, plate 9.21)

Eudialyte (pink), arfvedsonite (black) and alkali feldspar (white) oikocrysts surrounding smaller cumulus sodalite crystals (grey-blue) in peralkaline nepheline sodalite syenite ('naujaite'), Ilímaussaq complex, S Greenland. (Gill, 2010, plate 9.22)

Расслоенная серия
ритмичное повторение трех слоев





расслоенность в луяврите, показывающая обогащенные нефелином слои (белое) и слои с нормальным арфедсонитовым луявритом (серое).

Образование щелочных пород

1. Щелочные породы – **результат взаимодействия базальтовой и гранитной магмы с известняками**, приводящего к образованию ферромагнезиальных минералов, которые при погружении выделяются из магмы, вызывая ее обогащение щелочами и глиноземом. Лишь несколько точек, где, по-видимому, действительно наблюдается образование щелочных пород в результате ассимиляции известняков, правда в очень малых масштабах. Среди них Скот-Хилл в графстве Антрим, Камас-Мор, на острове Мак и Крисмес-Маунтин в Техасе, где отмечаются интрузии габбро в известняках. В каждом из этих пунктов зона нефелинсодержащих пород имеет мощность всего от нескольких сантиметров до 3 м, что, вероятно, доказывает весьма ограниченную возможность образования щелочных пород путем ассимиляции известняков.
2. **Частичное плавление.** От фонолитов, ассоциирующихся с базальтами и с нефелинитами, резко отличается их третья разновидность, которая не связана с вулканами центрального типа. Эти фонолиты образуют покровы очень крупных размеров и характеризуются весьма однородным составом. Для таких фонолитов предполагается возникновение в результате частичного плавления земной коры.

3. Дифференциация. А) Боуэн указал, что медленная дифференциация базальтовой магмы, сопровождаемая перемешиванием приведет к возникновению трахита (фонолита?). Современным подтверждением точки зрения Боуэна могут служить вулканические поля Восточной Африки. В некоторых вулканах центрального типа обнаруживаются полно дифференцированные серии оливиновых базальтов, муджиеритов, гавайитов, трахибазальтов, трахитов и фонолитов.

В) Согласно более поздним геологическим наблюдениям в Кении, происхождение трахитов и фонолитов в результате фракционной кристаллизации нефелинитовой магмы. Такие фонолиты в виде небольших трубок и потоков встречаются во внутренних частях и на флангах очень крупных нефелинитовых вулканов.

С) Влияние кристаллизации на дифференциацию щелочных магм ярко проявлено в некоторых интрузивах, сложенных агпайтовыми породами. Одним из таких примеров, описанных Боуэном в 1928 г., служит массив Илимауссак в юго-западной Гренландии. Он состоит из неполного кольца авгитовых сиенитов с оторочкой закалки на контакте с вмещающими породами, которое включает расслоенную серию агпайтовых нефелиновых сиенитов и их дифференциатов. Каждый слой расслоенной серии четко отграничен от подстилающего и перекрывающего, которые резко различаются по составу. Своим обликом эти породы напоминают хорошо известную слоистую серию Скергаардского массива, но благодаря отчетливой разнице в окраске отдельных слоев здесь картина еще более поразительная. Так, слои белых нефелиновых сиенитов контактируют как с черными слоями обогащенных арфведсонитом пород, так и с красными слоями пород, обогащенных эвдиалитом. Расслоенные серии являются придонными аккумулятами, а содалитовые сиениты, расположенные на другом берегу фьорда, принадлежат к флотационным аккумулятам, образовавшимся вследствие флотации содалита к поверхности магматической камеры и последующей кристаллизации щелочного полевого шпата, арфведсонита и эвдиалита, которые включают пойкилитовые вроски содалита. Исходная магма имела состав авгитового сиенита, а весь ряд горных пород образовался на месте путем фракционной кристаллизации.

АГПАИТНОСТЬ — особый ход кристаллизации магматического расплава, когда силикатные минералы (полевые шпаты, фельдшпатоиды) выделяются раньше мафических (метасиликатов, слюд и др.). Агпаитовый порядок кристаллизации часто наблюдается в щелочных горных породах. По А. Е. Ферсману, агпаитность — это и особенность химизма горной породы, когда молекулярные отношения $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ в одних видах щелочных пород больше единицы (агпаитовые), в других — меньше единицы (миаскитовые).

Образование псевдолейцита

Псевдолейцит представляет собой сложные сростания нефелина и полевого шпата, обычно санидина, которые зачастую имеют форму кристаллов лейцита. Эта морфология и навела на мысль о том, что агрегаты каким-то образом возникли из кристаллов лейцита, хотя считалось, что при реакции скорее должны образоваться корродированные зерна, нежели прекрасно сохранившиеся кристаллы.

1. Одно из первых описаний псевдолейцита было сделано Найтом, который привел доводы, что если кристаллизуется не обычный калиевый лейцит, а разновидность, обогащенная натрием, то в условиях субсолидуса она должна разлагаться на нефелин и ортоклаз.

2. Поскольку натровый лейцит неизвестен в природе, Боуэн и Эллестад предположили, что обычный калиевый лейцит непосредственно после кристаллизации вступает во взаимодействие со все более натровой магмой, так что его кристаллы превращаются в нефелин-полевошпатовые псевдоморфозы. Этот вопрос экспериментально не изучался в течение почти пятидесяти лет, пока Фудали не показал, что при атмосферном давлении замещение калия натрием в лейците происходит, в широких пределах, но с увеличением давления воды его рамки сужаются. Именно Фудали доказал, что натровые лейциты могут претерпевать субсолидусный распад с образованием сростаний нефелина и калиевого полевого шпата. Но природный натровый лейцит по-прежнему неизвестен, и следует думать, что если бы он существовал, то, чтобы он сохранился, содержащая его вулканическая порода должна была охладиться достаточно быстро.

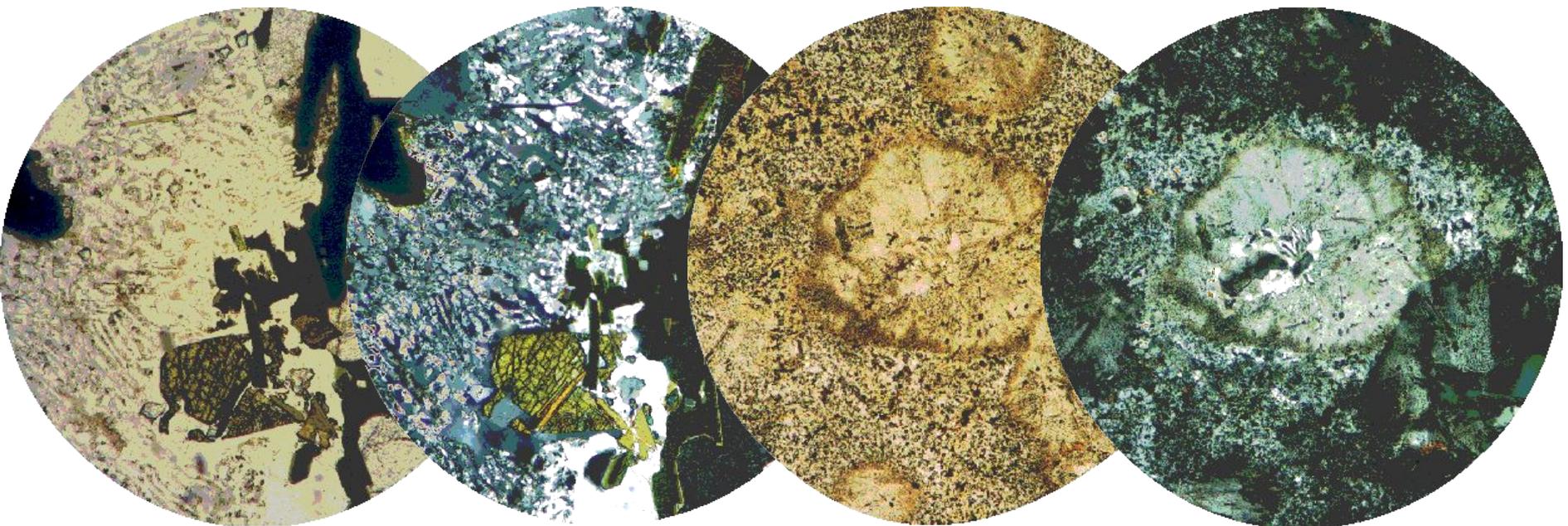
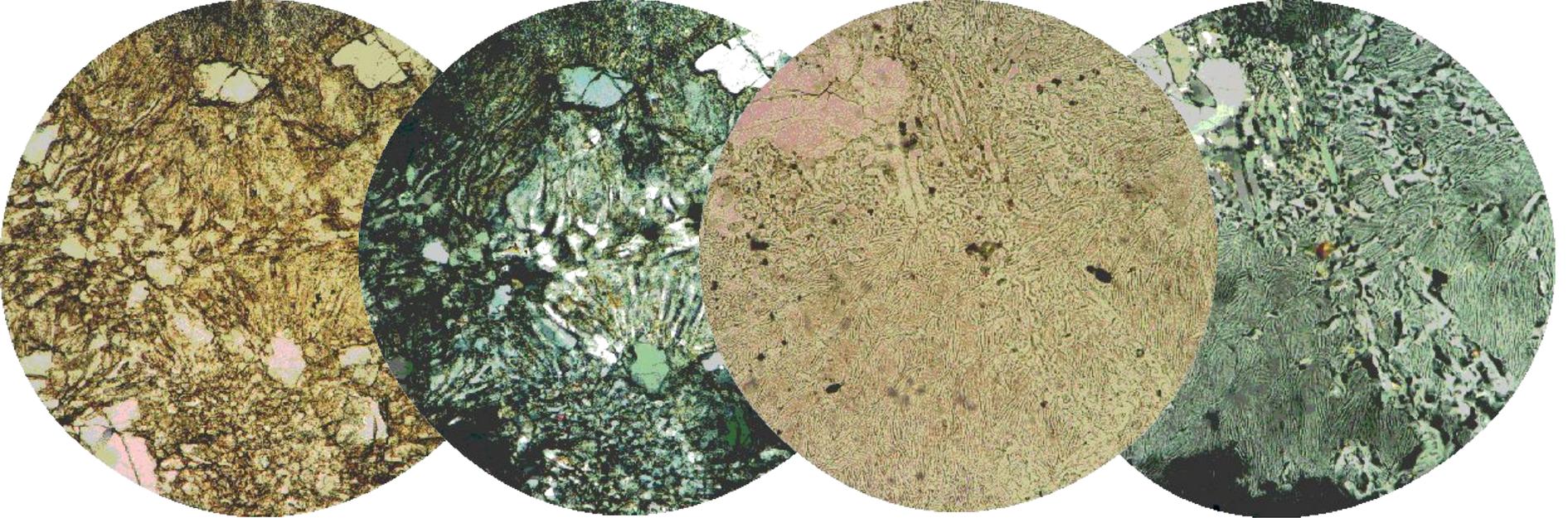
3. Сравнительно недавно в качестве возможного решения этой дилеммы была рассмотрена роль процессов ионного обмена. Экспериментальными исследованиями Тейлора и Мак-Кензи, а также Гупты и Файфа было установлено, что твердый раствор лейцита претерпевает обменную реакцию с натровым стеклом или водяным паром, обогащенным натрием. В горных породах посредством этого механизма ионного обмена в области субсолидуса калиевый лейцит, вероятно, может превратиться в более натровую разновидность, а последующее охлаждение вызовет распад твердого раствора с образованием нефелина и щелочного полевого шпата. Структура лейцита при этом разрушается, но образовавшиеся псевдоморфозы сохраняют морфологию его кристаллов.



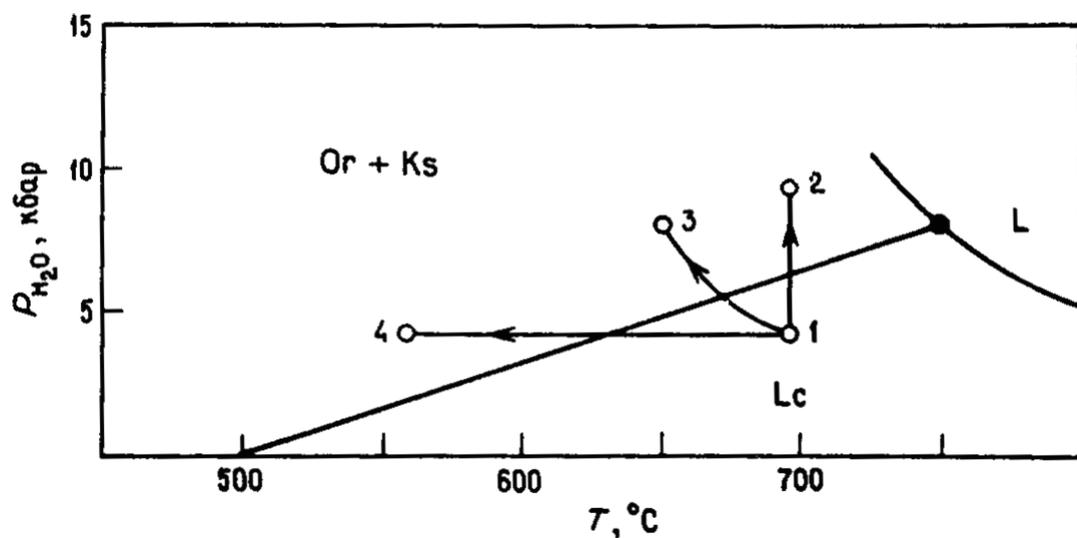
Cristais de Pseudoleucita transformados em caolinita.
Origem: Morro de São João, Rio de Janeiro, Brasil. Size: 1.5
x 1.5 cm

As amostras pertencem ao Professor José Luis Peixoto
Neves (FGEL-UERJ).

<http://www.answers.com/topic/leucite>



Другой тип сростаний нефелина со щелочным полевым шпатом также называют псевдолейцитом, хотя в этом случае имеется целый ряд особенностей, отличающих эти образования от только что рассмотренных псевдоморфоз. Они характеризуются червеобразным обликом или напоминают рисунок отпечатков пальцев и не имеют кристаллических очертаний. Примеры такого рода агрегатов описаны в нескольких щелочных интрузивах, в частности в массиве Каминак-Лейк, Северо-Западные территории, Канада, где Дейвидсон объяснил их как следствие котектической кристаллизации в остаточной системе. Другой пример обнаружен в массиве Батбьберг, восточная Гренландия, где перистые выделения нефелина и калиевого полевого шпата в субграфических сростаниях друг с другом ассоциируются с нефелином и зернами, которые являются беспорядочными сростками кальсилита и калиевого полевого шпата. Последние, по-видимому, представляют собой продукты субсолидусного распада лейцита.



Субсолидусное разложение лейцита Lc на кальсилит и калиевый полевой шпат (Ks + Or). Показаны кривые распада: 1-2 — при повышении давления воды и постоянной температуре, 1-4 - при охлаждении и постоянном давлении воды, 1-3 - при охлаждении с повышением давления воды. Кривая распада и кривая плавления пересекаются в невариантной точке.