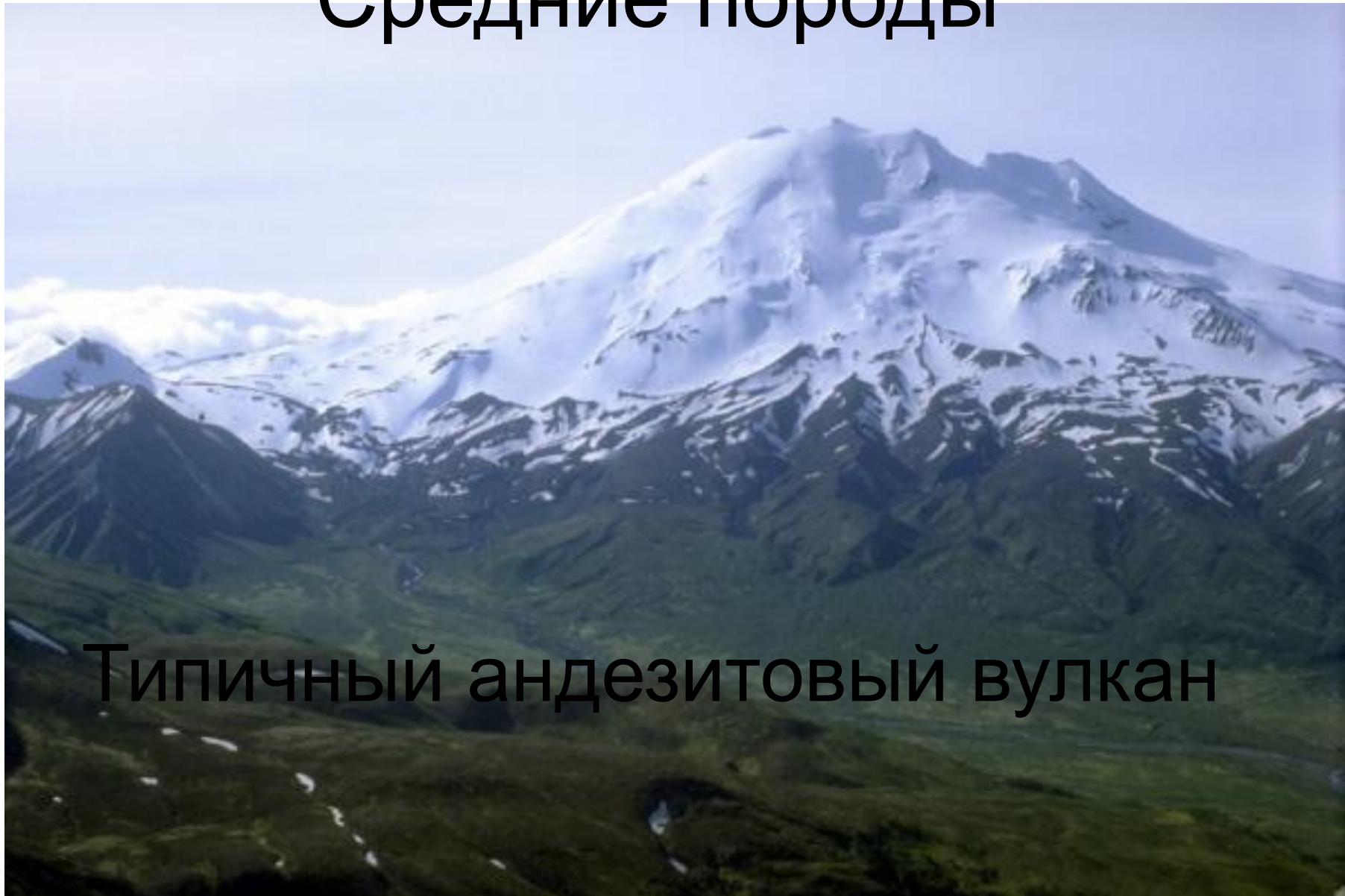


Средние породы



Типичный андезитовый вулкан

Средние породы насыщены, а некоторые пересыщены кремнеземом и содержат модальный кварц.

Для них установлены значительные колебания **SiO_2 - от 52 до 63%.**

Количество CaO (5-10%), MgO (1-6%) и $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (5-8%) несколько меньше, а щелочей больше (3.5-10%), чем в основных породах.

По щелочности выделяются три группы пород: нормальной щелочности (**диориты, андезибазальты и андезиты**), повышенной щелочности (**сиениты и трахиты**) и щелочные (**нефелиновые и щелочные сиениты, фонолиты**).

Наиболее распространенными из них являются породы нормальной щелочности вулканогенного происхождения (андезибазальты и андезиты), которые в некоторых континентальных областях (Северная Америка) слагают до 1/4 от всех пород.

Систематика пород среднего состава

Щелочной ряд

Умереннощелочной ряд

Нормальный ряд

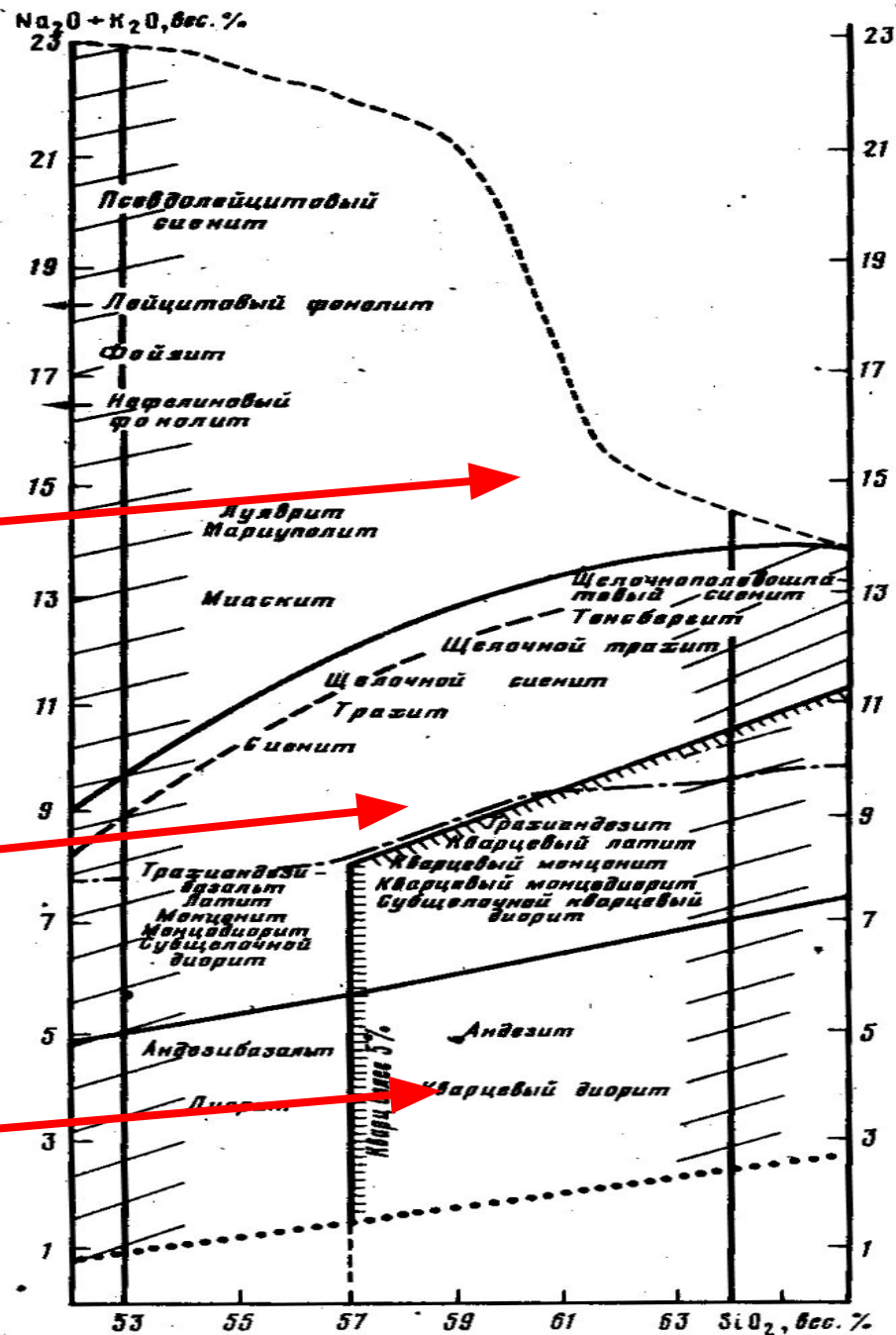


Таблица 12

Средние плутонические породы; подотряд нормально- и низкощелочных
 $52 \leq \text{SiO}_2 \leq 63$; $1,5 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 7$

Семейство горных пород	Диориты		
Виды горных пород	Габбродиорит	Диорит	Кварцевый диорит
Модальный мине- ральный состав, об. %	Pl (An_{40-60}) 50–60 Hbl 0–20 Cpx 20–30 Ol 0–10	Pl (An_{25-50}) 60–80 Hbl 0–35 Bt 0–30 Cpx редко до 5–20, KFsp, Q до 5	Pl (An_{20-45}) 50–70 Bt 0–30 Hbl 0–30 Q 5–15 KFsp до 5 Орх, Срх редки

Глубинные породы данной группы тесно связаны по геологическим условиям залегания с габброидами или с гранитоидами. Среди них выделяются две главные разновидности: диориты и кварцевые диориты.

Диориты - это зернистые, иногда порфировидные породы, сложенные главным образом плагиоклазом, амфиболом и (или) пироксенами. Состав плагиоклаза в среднем отвечает андезину (напомним, что в габбро плагиоклаз представлен лабрадором), а темноцветные представлены преимущественно роговой обманкой, реже биотитом

Общие колебания состава плагиоклаза в диоритах значительные - от лабрадора до битовнита в ядре зерен, до андезина и олигоклаза в краевых зонах. Роговая обманка представлена двумя разновидностями - бурой или зеленой, пироксены - моноклинными (авгит или диопсид) и ромбическими типами. Среди второстепенных минералов типовыми являются кварц и калиевый полевой шпат, как примесь отмечается биотит, в редких случаях встречается высоко железистый оливин. Акцессорные минералы представлены апатитом, титанитом, цирконом, магнетитом и ильменитом, вторичные - хлоритом, эпидотом, альбитом, серицитом, карбонатом и каолинитом.

Диориты содержат преимущественно 30-35% темноцветных минералов, при меньшем содержании они переходят в лейкократовые, а при большем - в меланократовые разновидности. Существуют взаимные переходы между диоритами и габбро.

По составу темноцветных минералов выделяются следующие разновидности: роговообманковые, биотит-роговообманковые, гиперстеновые, диопсидовые и авгитовые, из которых преобладает первые.

Для диоритов характерна гипидиоморфнозернистая структура и хорошо выраженные формы породообразующих минералов. Широко развиты реакционные взаимоотношения, при этом зерна пироксенов обрастают роговой обманкой, а затем каймой биотита. Диориты имеют массивную однородную или такситовую, реже полосчатую текстуры.

Плагиоклаз в диоритах встречается в виде широких или тонких таблиц, очень часто обладающих зональным строением. В ядрах он имеет более известковистый состав, чем во внешней кайме. Роговая обманка кристаллизуется в виде удлиненно-призматических кристаллов преимущественно зеленого или темно-зеленого цвета, ксеноморфных, реже идиоморфных по отношению к плагиоклазу. Биотит развивается в виде чешуек бурого цвета и замещает роговую обманку или встречается независимо от нее. Пироксены образуют короткопризматические кристаллы различной окраски и отвечают по составу авгиту, диопсиду, гиперстену, реже бронзиту. Пироксены в диоритах имеют идиоморфную форму, а в кварцсодержащих диоритах - ксеноморфную относительно плагиоклаза. Вторичные изменения в диоритах выражаются в сосюритизации плагиоклаза, уралитизации и хлоритизации клинопироксена, и хлоритизации биотита.

Кварцевые диориты, в отличие от диоритов, содержат кварц (до 15%) и меньше темноцветных минералов (20-30%). Они представлены преимущественно роговообманковыми или биотит-роговообманковыми разновидностями, реже встречаются биотитовые. В виде реликтов, полностью незамещенных роговой обманкой, отмечается авгит или ортопироксен. В виде примеси встречается калиевый полевой шпат. Структура кварцевых диоритов гипидиоморфнозернистая или типичная гранитная, текстура массивная.

Средние вулканические породы; подотряд нормально- и низкощелочных
 $52 \leq \text{SiO}_2 \leq 63$; $1,5 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 7$

Семейства горных пород	Андези- базальты	Бониниты — марианиты		Андезиты			
Виды горных пород	Андезибазальт	Бонинит	Марианит	Андезит	Магнезиальный андезит	Исландит	Дациандезит
Модальный минеральный состав	Вкрапл.: Pl (An ₄₀₋₆₅)<75, Cpx, Орх, Mt, ±Ol, Hbl Осн. масса: Pl, Cpx, Орх, Mt, стекло, ±Ol, Hbl, Q	Вкрапл.: Cpx (Di)<60, Орх, Ol Осн. масса: Cpx, Орх, стекло, ±Pl	Вкрапл.: Орх (энстатит, бронзит)<60, Cpx, Ol Осн. масса: Орх, Cpx, Ol, стекло, ±Pl	Вкрапл.: Pl (An ₄₀₋₅₀), Cpx, Орх, Hbl, Bt Осн. масса: Pl, Cpx, Орх, Hbl, стекло, ±Fsp, Q	Вкрапл.: Pl, Cpx, ±Ol, Орх Осн. масса: Pl, Cpx, Орх, Q, стекло	Вкрапл.: Pl, Cpx, ±Орх, Ol Осн. масса: Pl (An ₃₀₋₅₀), Mt<20, Hbl, стекло, ±Q	Вкрапл.: Pl (An ₃₀₋₄₅), Hbl, Bt, ±Cpx, Орх, Q Осн. масса: Pl, Hbl, Bt, стекло, ±Cpx, Орх, Q, Fsp

Андезибазальты (или в старой транскрипции андезито-базальты) и **андезиты** почти всегда имеют порфировое строение.

Вкрапленники, большей частью, имеющие зональное строение, представлены плагиоклазом, и цветными минералами (моноклинным и ромбическим пироксенами, реже роговой обманкой). Основная масса сложена плохо различимыми микролитами плагиоклаза и вулканическим стеклом.

Она имеет пилотакситовую, реже гиалопилитовую структуры. Текстура пород массивная, часто миндалекаменная.

Андезибазальты сложены плагиоклазом, моноклинным (диопсид-авгит) и ромбическим пироксенами, реже роговой обманкой, а также магнетитом и титаномагнетитом, титанитом и апатитом. Изредка они содержат зерна оливина. Плагиоклаз наблюдается в виде зональных вкрапленников или микролитов. Состав его во вкрапленниках меняется от лабрадора, реже битовнита в ядрах и до андезина в краевых зонах. Среди пироксенов преобладает ортопироксен, имеющий заметный плеохроизм. Роговая обманка представлена бурой, реже зеленой или базальтической разновидностью. Очень часто они опацифицированы в результате разложения их и замещения тонким агрегатом рудного минерала и пироксена. Магнетит и титаномагнетит часто слагают мелкие вкрапленники, а также встречаются в основной массе. Андезиты имеют минеральный состав сходный с андезибазальтами, отличаясь преобладанием плагиоклаза, полным отсутствием оливина и частым присутствием биотита

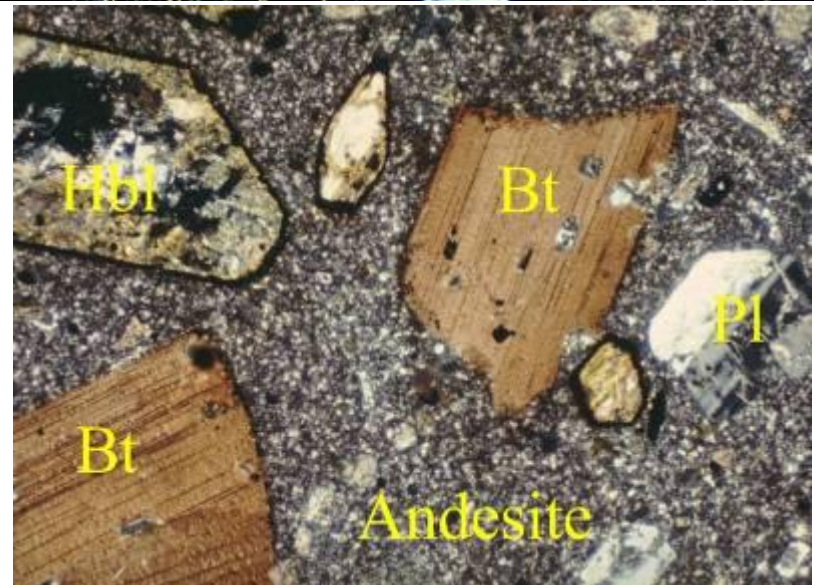
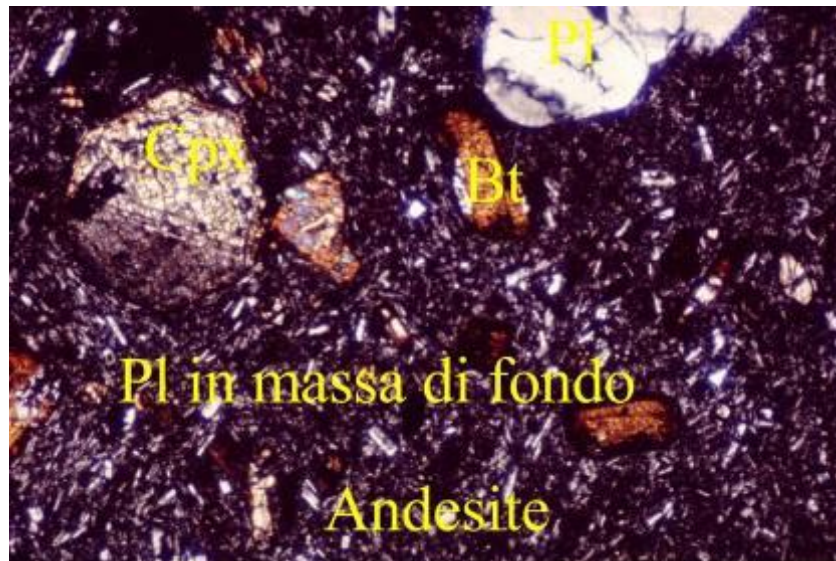
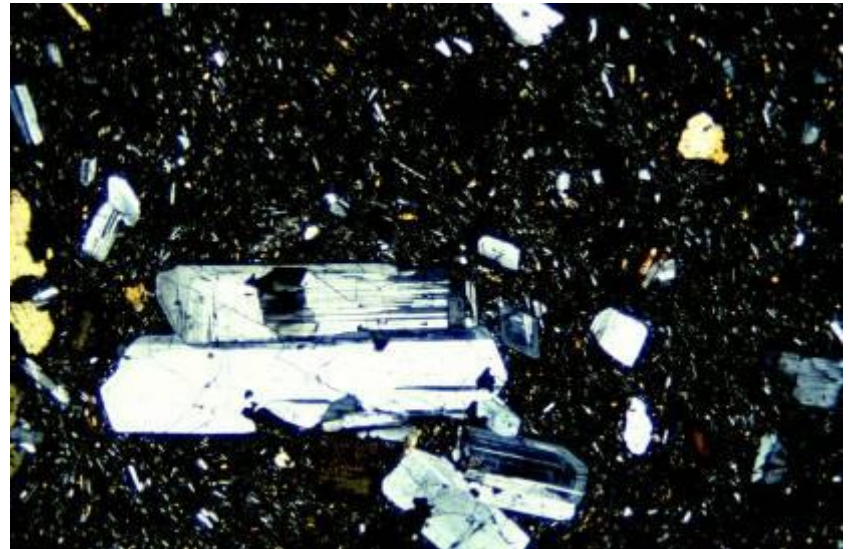
Типичные для андезитов порфировые текстуры



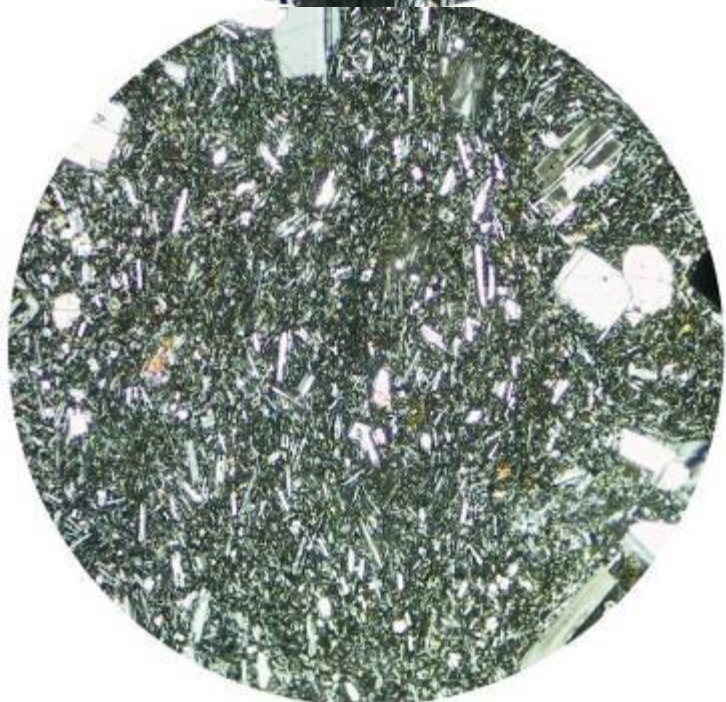
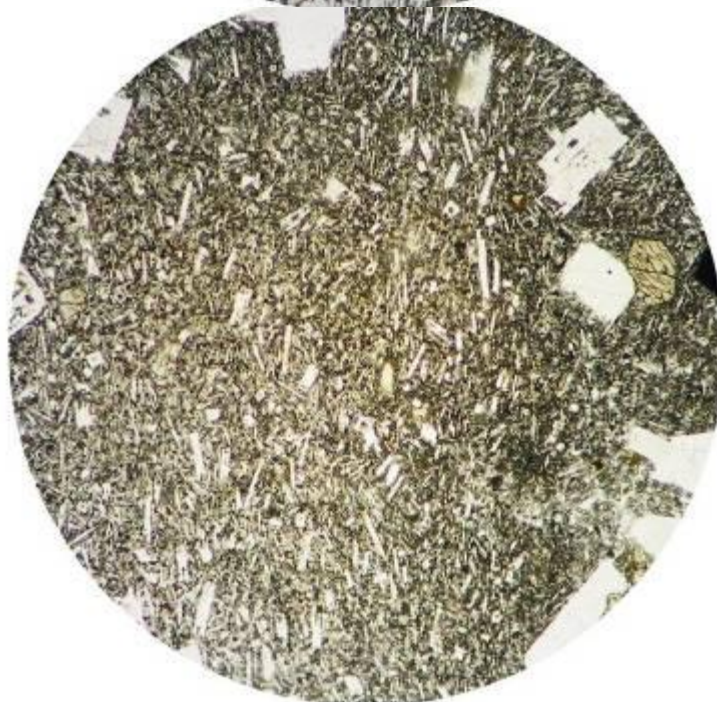
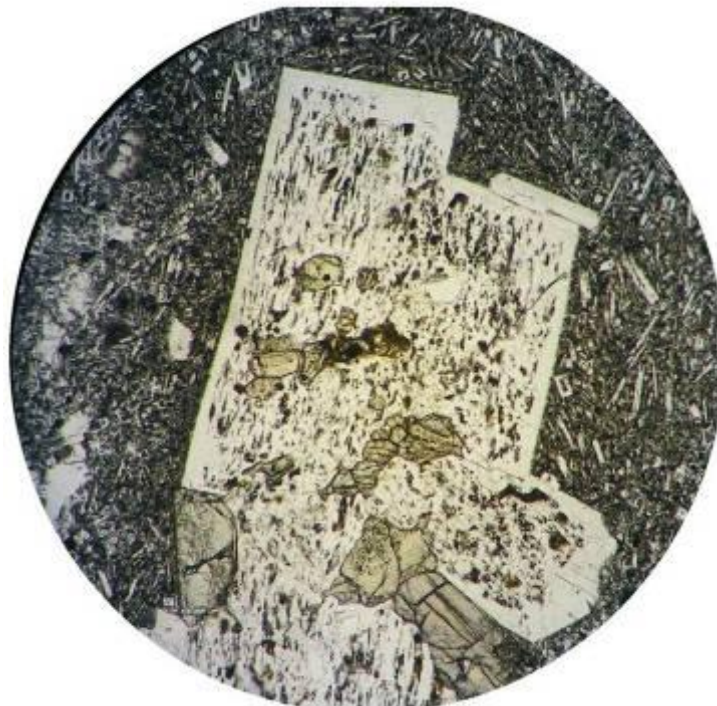
Вкрапленники плагиоклаза, амфибола и биотита (для трахиандезитов)



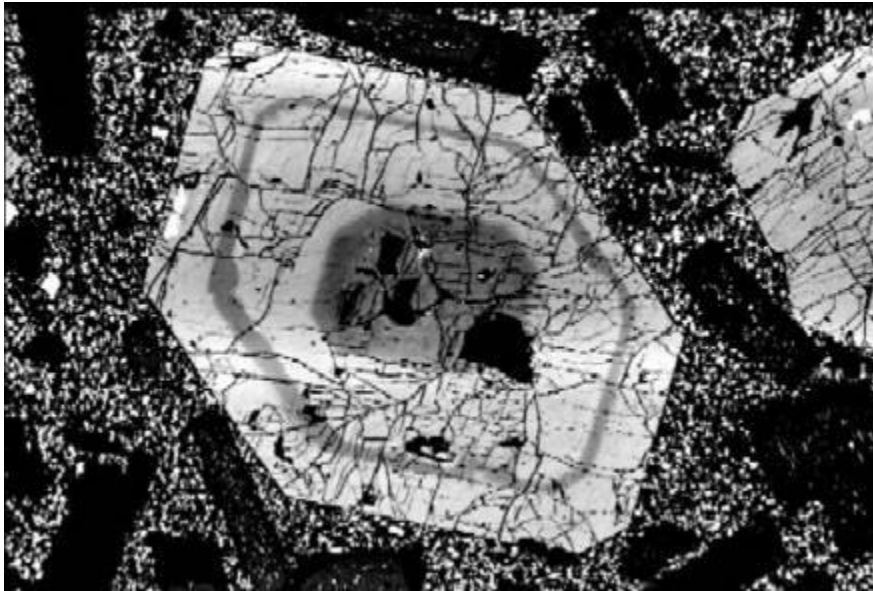
Вкрапленники: зональный плагиоклаз, клинопироксен амфибол, биотит



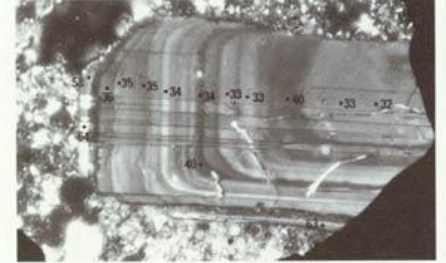
Андезиты



Зональные вкрапленники плагиоклаза



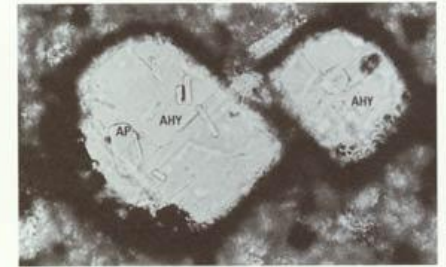
G



H



I



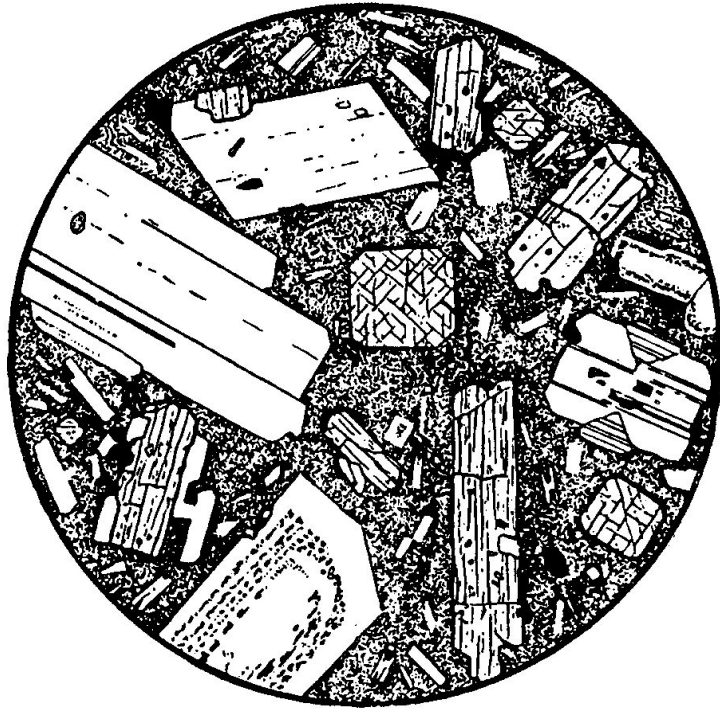
J

Вкрапленники плагиоклаза имеют основное ядро и более кислый состав (до олигоклаза) в наружных каймах.

Сопоставление базальтов и андезитов

Порода	вкрапленники	ОМ		Структура породы
		Состав	структура	
Базальт	Срх (Aug и/или Pig), Pl относительно мелкие основные слабо зональные, $\pm Ol$, 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)	Афанитовые, афировые чаще чем порфировые, серийнопорфировые (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	□ Pl, стекло, $\pm Px$ если есть, то его мало □ без стекла редкость	Гиалопилитовая (андезитовая), пилотакситовая, гиалиновая.	Чаще порфировые чем афировые

При возрастании содержания магния ($MgO > 8\%$) наблюдается переход от высоко-магнезиальных андезитов к *бонинитам*. Последние содержат крупные вкрапленники и более мелкие феннокристаллы оливина, клиноэнстатита, энстатита и кальциевого клинопироксена (авгита), которые погружены в гиалопилитовую или стекловатую основную массу, пересыщенные кремнеземом.



Энстатитовый андезит или бонинит (Асама, Япония).

Вкрапленники представлены корродированными и зональными плагио-клазами и призматическими зернами энстатита, основная масса – полустекловатая, содержит микролиты плагиоклаза. Из работы (Hatch et al., 1972).

Для бонинитов характерным является отсутствие гидроксилсодержащих минералов, наличие клиноэнстатита и акцессорной высокохромистой шпинели, которая наблюдается как в виде микровключений в темноцветных минералах, так и образует отдельные кристаллы в стекле.

Бониниты широко развиты на океанических островах Тихого океана (дуга Идзу-Бонин, Папуа-Новая Гвинея, Новая Каледония, Новая Зеландия).

Кратер вулкана



Для вулканической деятельности характерно обилие взрывчатых веществ.

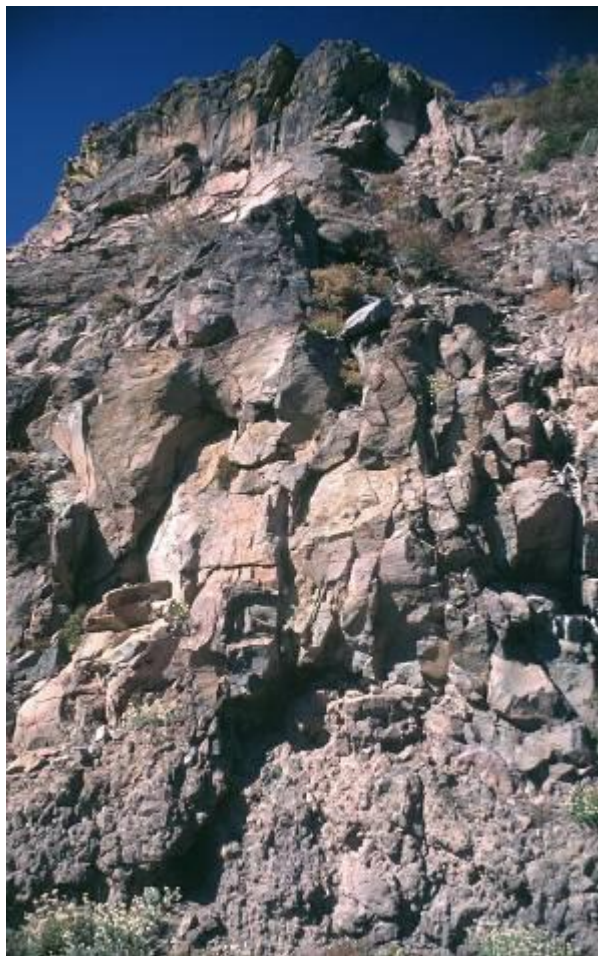
Для андезитовых вулканов характерны
высокая эксплозивность извержений



Вулканические бомбы



Потоки андезитов



Семейства горных пород	Щелочные трахиты	Фонолиты	
Виды горных пород	Щелочный 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 <75	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	Лпортоклазовый, кроссито-вый, рибекитовый, диопсид- эгириновый, эгирин-авгит- биотитовый и др.	Гаюиповый, анальцимовый, санидиповый, кеннит – со стекловатым базисом и мик ролитами Fsp, Aeg, Ol	Биотитовый, гаюиновый, но- зеановый
Характерные особенности видов горных пород	Pl— An ₅₋₂₅ ; Fsp- анортоклаз, санидин, Ам- арфведсонит, рибекит, катаферит	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

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

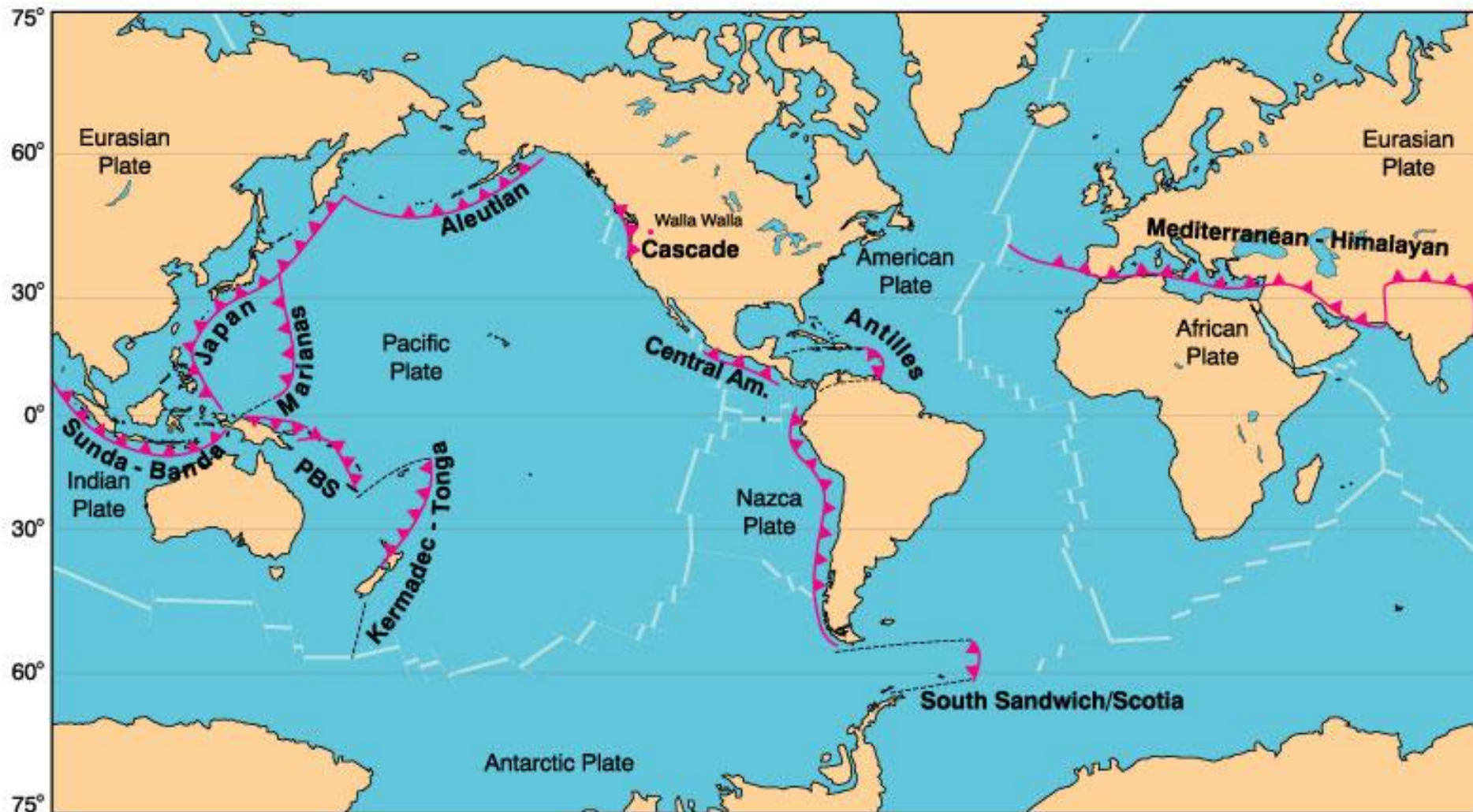


Figure 16-1. Principal subduction zones associated with orogenic volcanism and plutonism. Triangles are on the overriding plate. PBS = Papuan-Bismarck-Solomon-New Hebrides arc. After Wilson (1989) *Igneous Petrogenesis*, Allen Unwin/Kluwer.

Средние породы повышенной щелочности

- К средним породам повышенной щелочности относятся плутонические (**сиениты, монцониты**) и вулканические (**трахиты и трахитовые порфиры, а также трахибазальты и трахиандезиты**).

Средние plutонические породы; подотряд умереннощелочных
 $50 \leq \text{SiO}_2 \leq 67,5; 5 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 12$

Семейства горных пород	Монцониты *			Сиениты	
Виды горных пород	Монцонит	Монцодиорит	Кварцевый монцодиорит	Сиенит	Кварцевый сиенит
Модальный минеральный состав, об. %	Pl 20–40 Fsp 20–40 Bt+Hbl+Cpx 25–40 Q 0–5 ±Opx	Pl 40–50 Fsp 10–25 Bt+Hbl+Cpx 20–35 Q 0–10 ±Opx	Pl 45–55 Fsp 10–25 Bt+Hbl+Cpx 20–30 Q 5–15	Pl 10–30 Fsp 60–80 Bt+Hbl+Cpx+Opx 10–20 Q 0–5	Pl 10–20 Fsp 55–75 Bt+Hbl+Cpx+Opx 5–20 Q 5–15
Характерные особенности	Pl (An _{30–50}); обязательное присутствие К-На полевого шпата. Монцонит — промежуточная между сиенитом и габбродиоритом порода, содержащая примерно равное количество Pl и Fsp с подчиненными количествами амфибола и (или) Px. Термин «монцодиорит» предлагается употреблять вместо термина «сиенодиорит» для plutонической породы, промежуточной между сиенитом и диоритом. Тонкозернистые разновидности сиенитов и монцонитов (микросиениты, микромонцониты) в зарубежной литературе обозначаются термином «акерит»			Pl (An _{15–30})	Pl (An _{10–25})

Сиениты представляют собою равномернозернистые породы, большей частью, имеющие порфировидную структуру. Крупные выделения сложены полевыми шпатами. Для сиенитов характерным является высокое содержание калиевого полевого шпата и плагиоклаза при отсутствии кварца или небольшой его примеси. В случае повышения количества кварца до 5-15% сиениты переходят в кварцевые разновидности или до 15-20% в граносиениты. В зависимости от содержания цветных минералов выделяются меланократовые, мезократовые и лейкократовые разновидности. Сиениты обладают гипидиоморфнозернистой структурой и однородной массивной текстурой.

Главными минералами в сиенитах являются плагиоклаз (олигоклаз или андезин) и калиевый полевой шпат (от 30 до 70%), а также роговая обманка, пироксен или биотит; второстепенными - кварц, оливин; акцессорными - апатит, титанит, рудный минерал, циркон, монацит; вторичными - эпидот, серицит, хлорит, карбонат, пелитовые частицы.

Плагиоклаз и калиевый полевой шпат образуют хорошо ограненные кристаллы таблитчатой формы. Роговая обманка располагается в интерстициях между зернами полевых шпатов и часто содержит в ядре пироксен. Кварц также приурочен к интерстициям.

Монцониты - крупнозернистые породы, отличающиеся непостоянством количественных соотношений породообразующих минералов, и являющиеся переходными между сиенитами и габбро. Они отличаются от сиенитов более известковистым составом плагиоклаза (лабрадор или битовнит) и некоторым преобладанием плагиоклаза над калиевым полевым шпатом. Темноцветный минерал чаще представлен пироксеном, к которому присоединяется роговая обманка, биотит, реже гиперстен или оливин. При повышении содержания кварца выделяется кварцевый монцонит. Типичной для данных пород является пойкилитовая и монцонитовая структуры (последняя характеризуется резким идиоморфизмом плагиоклаза по отношению к ортоклазу) и массивная текстура.

Средние вулканические породы; подотряд умереннощелочных
 $50 \leq \text{SiO}_2 \leq 67$; $5 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 12$

Семейства горных пород	Трахиандешибазальты		Трахиандезиты—латиты				Трахиты	
Виды горных пород	Трахианде- зибазальт	Шошонит	Трахиан- дезит	Банакит	Латит	Кварцевый латит	Трахит	Кварцевый трахит
Модальный ми- неральный состав	Вкрапл.: Pl, Cpx, $\pm$ Ol, Hbl Осн. мас- са: Pl, Cpx, Mt, стекло, $\pm$ Anc, Fsp	Вкрапл.: Pl, Cpx, $\pm$ Ol Осн. масса: Pl, Fsp, Bt, Cpx, Hbl, стекло, $\pm$ Lc	Вкрапл.: Pl, Hbl, Cpx, $\pm$ Ol, Bt Осн. масса: Pl, Cpx, Am, стекло, $\pm$ Fsp	Вкрапл.: Pl, Cpx, $\pm$ Ol Осн. масса: Fsp, Pl, Bt, $\pm$ Q, Lc, Mt	Вкрапл.: Cpx, Оpx, Pl, $\pm$ Fsp, Ol, Bt Осн. масса: Cpx, Оpx, Ol, Pl, Fsp, Bt, стекло	Вкрапл.: Cpx, Оpx, Pl, Bt, $\pm$ Fsp, Ol Осн. масса: Cpx, Оpx, Ol, Pl, Fsp, Q>5, стекло	Вкрапл.: Fsp, $\pm$ Pl (An ₂₀), Hbl, Cpx, Bt, Оpx, Осн. мас- са: Pl, Fsp, $\pm$ Q<5, стек- ло	Вкрапл.: Fsp, $\pm$ Pl, Hbl, Cpx, Bt, Оpx Осн. масса: Pl, Bt, Fsp, Q>5, стекло

В зависимости от состава цветных минералов различаются биотитовые, роогообманковые, пироксеновые и смешанные разновидности.

Трахиты имеют серые, желтоватые и розоватые окраски и шероховатую поверхность. Последнее свойство дало название породе [греческое '*трахис*' - шероховатый или неровный]. Они имеют большей частью порфировое, реже афировое строение.

Главными минералами являются санидин, анортоклаз и плагиоклаз, имеющий состав от лабрадора до андезина. Среди цветных минералов встречается роговая обманка, биотит, реже моноклинный или ромбический пироксены.