

Министерство высшего и среднего
специального образования республики
Узбекистан
Ташкентский государственный технический
университет
Кафедра «Геология, минералогия и
петрография»

Методическое руководство к описанию лабораторных работ
по курсу «Петрология» для магистров специальности 5А44081
Геология рудных и нерудных месторождений, поисковые
работы, металлогения

Ташкент-2008

Методическое руководство к описанию лабораторных работ по курсу «Петрология», Т.З.Шермухамедов. Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 2007.

Методическое руководство рассчитано на изучение магматических и метаморфических горных пород. В руководстве даётся краткая характеристика магматических и метаморфических пород, пересчет химического состава магматических пород на числовые характеристики по методу А.Н.Заварицкого, а также пересчет химического состава метаморфических пород для классификации метаморфических пород по методу А.А.Маракушева. Руководство рассчитано для магистров специальности 5А44081 Геология рудных и нерудных месторождений, поисковые работы, металлогения.

Кафедра «Геология, минералогия и петрография»

Рецензенты:

Зам. директора института
минеральных ресурсов

кгмн Мирусмонов М.А

Ташкентский государственный
технический университет,
к-ра Геология, минералогия и
петрография

Доц. Абдурахманов А.

Методическое руководство рассмотрено и утверждено научно-методическим Советом Ташкентского государственного технического университета

1 лабораторная работа

Цель проведения лабораторной работы.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУР И ТЕКСТУР МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД.

2. ИЗУЧЕНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД:

а. ГРУППА ПЕРИДОТИТОВ – МЕЙМЕЧИТОВ (ГИПЕРБАЗИТЫ ИЛИ УЛЬТРАОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ.

б. ГРУППА ГАББРО-БАЗАЛЬТОВ

в. ГРУППА ДИОРИТА-АНДЕЗИТА.

г. ГРУППА СИЕНИТОВ – ТРАХИТОВ.

Материалы для проведения лабораторной работы:

1. Петрографические шлифы и образцы пород.
2. Плакаты

Теоретическая основа

Формирование магматических горных пород происходило как на глубинах Земли, так и на ее поверхности. Магматические породы, образованные на глубинах называется интрузивными (абиссальные-глубинные, гипабиссальные-среднеглубинные), а если сформировались на поверхности, то они называются эффузивными или вулканическими (вулканиты). Последние по степени сохранности подразделяются на кайнотипные (неизмененные) и палеотипные (измененные). Эффузивные породы результат остывания жидкой лавы на поверхности земли и существуют еще вулканические туфы – выброшенные в твердом состоянии продукты вулканического извержения.

Петрографическая характеристика горных пород, помимо определения количественно-минерального состава и описания минералов, включает изучения их текстурных и структурных особенностей. Вся совокупность полученных признаков дает основание отнесения породы к определенной классификационной группе пород.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ СТРУКТУР И ТЕКСТУР МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД.

СТРУКТУРА ПОРОДЫ характеризуется степенью кристалличности, абсолютным и относительным размерами зерен, формой соотношением составляющих породу минералов.

ТЕКСТУРА ПОРОДЫ определяется расположением минеральных компонентов в пространстве и способом их заполнения пространства.

Наиболее распространенными текстурами, характеризующими взаимное расположение минералов, являются однородные (или массивные), такситовые (не однородные), направленные (директивные). По характеру выполнения пространства выделяют компактные и миндаликаменные текстуры. Последние изучаются главным образом в полевых условиях. При отчетливой ориентированности призматических или столбчатых выделений текстура будет линейной, а при ориентированном расположении таблитчатых или уплощенно-призматических кристалликов текстура принимает трахитоидный характер.

В излившихся породах (чаще в кислых) наблюдается флюидальная текстура, выраженная в ориентированном расположении микролитов и микровключений с чередованием полос стекла с разной окраской.

В палеотипных эффузивных может наблюдаться миндаликаменная текстура. В последней миндалины имеют неправильные очертания и они представлены хлоритом, карбонатами, цеолитами, халцедоном, опалом, эпидотом и т. д.

При изучении структур оценивают ее равномерно - зернистость, неравномерно – зернистость, затем порфиرويدный или порфиновый характер. Равномернозернистая структура представлена зернами относительно одинаковыми. При неравномерно-зернистой структуре между мелкими и крупными зернами расположены зерна промежуточной размерности. Порфировая структура характеризуется наличием хорошо образованных кристаллов-порфириновых вкрапленников, погруженных в плотную

скрытокристаллическую и стекловатую афанитовую основную массу, а в порфировидной структуре относительно крупные кристаллы погружены в основную полнокристаллическую массу.

По абсолютной величине зерен структуры делятся на гигантозернистые (свыше 2 см.), крупнозернистые (20-5 мм), среднезернистые (5-1 мм.) мелкозернистые (менее 1 мм.).

По степени кристалличности выделяют структуры полнокристаллические, неполнокристаллические и стекловатые. Неполнокристаллические структуры бывают микролитровые и скрытокристаллические (эффузивные породы).

1. Полнокристаллические структуры

- 1.1. Панидиоморфнозернистая**___ – все минералы идиоморфные (пироксениты, дуниты, горблендиты).
- 2. Гипидиоморфнозернистая** (имеются идиоморфные, гипидиоморфные и ксеноморфные минералы).
 - 2.1. Гранитная структура** - идиоморфны цветные минералы, плагиоклаз, ксеноморфные калишпат, кварц (граниты, диориты).
 - 2.2. Агпайтовая структура**__ - идиоморфные щелочные полевые шпаты, нефелин, ксеноморфные – цветные минералы (нефелиновые сиениты).
 - 2.3. Сидеронитовая структура** – идиоморфны оливин, пироксен, ксеноморфны рудные минералы, выполняющие роль цемента (пироксениты, перидотиты)
 - 2.4. Офитовая, диабазовая, долеритовая**_– резко, идиоморфны плагиоклаз, ксеноморфны цветные минералы (диабазы, долериты, реже габбро).
 - 2.5. Перидотитовая**_– оливин более правильные кристаллы, а пироксен неправильные зерна, находящиеся между оливином (перидотиты).
 - 2.6. Пойкилоперидотитовая**___– оливин беспорядочно включается в пироксен (перидотиты)
 - 2.7. Пойкилитовая** – более мелкие бесформенные зерна беспорядочно включены в более крупные зерна другого минерала (гранодиориты, нефелиновые сиениты-калишпат включает нефелин).

- 2.8. Диоритовая** __– плагиоклаз идиоморфнее цветных минералов (диориты).
- 2.9. Монцонитовая** – калиевый полевой шпат включает идиоморфные кристаллы плагиоклаза (габбро – сиениты, диорито-сиениты).
- 3. Все минералы ксеноморфные** (аллотриоморфнозернистая).
- 3.1 Аплитовая структура** – цветные минералы имеют одинаковый идиоморфизм__с плагиоклазами (габбро, нориты, трактолиты)

СТРУКТУРА С ЗАКОНОМЕРНЫМ СРАСТАНИЕМ МИНЕРАЛОВ.

- 1.Пертитовая** – закономерное срастание калиевого шпата с альбитом.
- 2.Пегматитовая** – закономерное срастание калиевого полевого шпата с кварцем.

3.МИКРОЛИТОВЫЕ СТРУКТУРЫ: 1) интерсертальная (базальты, реже андезиты). 2) Андезитовая-гиалопилитовая (андезиты, реже базальты). 3) пилотакситовая (порфириты, спилиты, реже андезиты). 4) трахитовая (трахиты), ортофирровая (порфиры). 5) фонолитовая-нефелинитовая, (фонолиты, нефелиниты).

СКРЫТОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ: 1) фельзитовая (криптокристаллический кварц – полевошатовый агрегат). 2) сферолитовая (кислые эффузивы с радиально-лучистым кварц-полевошатовым агрегатом, вулканическим стеклом, микрофельзитом). 3) микропойкилитовая (зерна кварца с включениями игольчатых микролитов полевых шпатов).

СТЕКЛОВАТАЯ СТРУКТУРА– при наличии преобладающей массы вулканического стекла (обсидиан и др.)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ ТИПОВ ПОРОД

Согласно классификации Заварицкого А.Н. и др. все магматические породы объединены в семь групп пород . Каждая

группа сложено близкими по химическому и минеральному составу породами интрузивной и эффузивной фации.

Названия группам придаётся по наиболее распространенным глубинным и эффузивным породам. Группы пород нижеследующие:

1. Перидотиты – меймечиты (ультроосновные породы или гипербазиты).
2. Габбро – базальты (основные породы).
3. Диориты – андезиты (средние породы).
4. Сиениты – трахиты (средние породы).
5. Граниты – липариты (риолиты) кислые породы.
6. Гранодиориты – дациты-кислые породы.
7. Нефелиновые сиениты – фоналиты (щелочные породы).
8. Щелочные габброиды – базальтоиды (щелочные породы).

ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА КАЙНОТИПНЫЕ (свежие-неизмененные) и **ПАЛЕОТИПНЫЕ** (измененные).

Кайнотипные породы и соответствующие им палеотипные имеют несколько различные название. Например, кайнотипный аналог гранитов называется липарит, а палеотипный липаритовый порфир или кварцевый порфир. Палеотипные эффузивы содержат натриево - калиевые полевые шпаты, кварц, иногда без него, а порфириты лишены натриево-калиевых полевых шпатов и кварцев.

Прежде чем начинать микроскопическое изучение магматических пород их сначала студенты должны изучить макроскопический (об этом смотрите ниже).

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД В ПРОЗРАЧНЫХ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ШЛИФАХ.

Излагаются краткие минеральные, структурно – текстурные и другие особенности главных пород каждой группы.

ГРУППА ПЕРИДОТИТОВ – МЕЙМЕЧИТОВ (ГИПЕРБАЗИТЫ ИЛИ УЛЬТРАОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ).

В состав перидотитов входят оливин, пироксены (ромбические и моноклинные). Второстепенные минералы серпентин, тальк, брусит, хлорит, амфиболы, лейкоксен, иддингсит и др. породы группы с содержанием SiO_2 -40-43%

Главные разновидности интрузивных пород: 1) олевиниты (дуниты), в них оливина 85-100%, пироксена 0-15%, 2) перидотиты: оливина 30-70% пироксена 30-70%, 3) горнблендиты – существенно роговообманковые породы, 4) пироксениты: оливина менее 10%, пироксена 90-100%, 5) гарцбургиты – перидотиты с ромбическим пироксеном.

Все интрузивные породы группы преимущественно меланократовые (зеленые, зеленовато – серые, черные, каричневатое и т.д.). Структуры: перидотитовая, пойкилоперидотитовая, панидиоморфнозернистая.

Гипабиссальные, дайковые и вулканические разновидности меймечиты, кимберлиты, пикритовые порфириды, пикриты. Последние состоят из оливина (часто серпентинизированного), авгитового пироксена, измененного вулканического стекла, также амфибола, биотита и основного плагиоклаза. Структура: порфировая, микролитовая.

МЕЙМЕЧИТЫ – единственная эффузивная породы группы, она содержит вкрапленники оливина (до 50%), реже авгит, рудный, биотит, хромит, апатит, редко вулканическое стекло.

КИМБЕРЛИТЫ - сероватые, голубоватые и зеленоватые породы, брекчиевидной структуры. Состав: оливин, флогопит, бронзит, перофскит, апатит, ильменит, алмазы и др. Связующая масса к кимберлитах: серпентин, карбонаты, хлорит. Полезные ископаемые группы гипербозитов: хронит, хризолит – асбест, тальк, платина, сульфиды, титана-магнетит, флогопит, алмазы и т.д.

ГРУППА ГАББРО-БАЗАЛЬТОВ (основные породы или базиты, содержащие SiO_2 до 50%). Габбровые породы сложены плагиоклазом (N 50-70), моноклинными и

ромбическими пироксенами, реже оливином, роговой обманкой: необязательными минералами являются калиевый полевой шпат и кварц. Акцессорные минералы: магнетит, сфен и др.

Интрузивные габбровые породы средне и крупнозернистого сложения, темно-серого и темно-зеленоватого цвета (меланократовые).

По соотношению между плагиоклазами и цветными минералами выделяют: 1) **АНОРТОЗИТЫ**, состоящие на 100-85% из плагиоклаза. 2) **ЛЕЙКОКРАТОВОЕ ГАББРО**, где 70-30% плагиоклаза, пироксена (диалог или авгит), 4) меланократовое габбро, состоящее из 15-30% плагиоклаза и 85-70% цветного минерала. По цветному компоненту породы делаются:

1) **СОБСТВЕННОЕ ГАББРО** (плагиоклаз, авгит, диалог, титано-авгит, и др.). 2) **НОРИТОВОЕ ГАББРО**, сложенное ромбическим пироксеном (энстатит, гиперстен и др.); если порода одновременно содержит ромбические и моноклинные пироксены она называется **ГАББРО-НОРИТ**. Существует также **ОЛИВИННОВЫЕ, РОГОВООБМАНКОВЫЕ, КВАРЦЕВОЕ, ОРТАКЛАЗОВОЕ ГАББРО И ДР.**

Структуры Габбровых пород габбровая, габбро – офитовая и др.

КВАРЦЕВОЕ ГАББРО содержит до 5% кварца, в данной породе отсутствует оливин.

ГАББРО-СИЕНИТИ (МОНЦОНИТЫ). В породе одновременно в равных количествах находятся плагиоклаз и ортоклаз, могут быть также гиперстен, авгит, оливин и др. Структура породы монцонитовая.

ГИПАБАССАЛЬНЫЕ И ДАЙКОВЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ.

Данные породы имеют генетическую связь с интрузивными габбровыми телами.

ГАББРО-ПЕГМАТИТЫ – породы грубо – и крупнокристаллического строения

МИКРОГАББРО – имеет микрозернистое строение, структура микрогаббровая, афитовая. Если порода включает

вкрапленники (порфиновые выделения породообразующих минералов, то она называется габбро-порфиритом.

ДИАБАЗЫ – темные, зеленоватые массивные средне-мелкозернистые породы с диабазовой или офитовой и пойкилоофитовой структурами. Разновидности диабазов: 1) **ОБЫЧНЫЕ**, разложенным плагиоклазом, пироксеном, и малых количествах кварцем и ортоклазом, иногда стекловатой массой. 2) **ОЛИВИНОВЫЕ ДИАБАЗЫ** – с повышенным количеством оливина, плагиоклаза, пироксена. Диабазы от базальтов отличаются зеленоватым или серовато-зеленоватым цветом и полнокристаллической структурой. Диабазы, содержащие небольшое количество кварца или кварц – ортоклазового гранофира называются конгодиабазами.

ЭФФУЗИВНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ.

Среди вулканических пород выделяются базальты – кайнотипные и **базальтовые порфиры** – палеотипные породы. **Базальты** – афанитовые породы черного или темно-серого цвета. Структура порфировая интерсертальная, реже гиалопилитовая и стекловатая и др. Полнокристаллические разновидности называются **эффузивными долеритами** и они с трудом отличаются (щелочные породы) от жильных долеритов. В состав базальтов входят плагиоклаз (лаблдор), авгит, гиперстен, реже титан-авгит, оливин, амфиболит, (базальтическая роговая обманка) и вулканическое стекло. К палеотипным разновидностям относятся **спилиты**. Последнее афанитового сложения, образующие типичные шаровые лавы. Порода – результат подводного излияния базальтовой лавы. Состав спилитов: микролиты кислого плагиоклаза (N5-10), частично замещенного соссюритом, пироксен (хлоритизирован). Структура породы интерсертальная или спилитовая, беспорядочная, радиально лучистая; текстура миндалекаменная. С габбровыми породами связаны месторождения титаномагнетита, никеля, меди, колчеданные месторождения, а также кантакто-метасоматические магнетитовые руды. Сами породы как облицовочный, скульптурный, строительный материал.

ГРУППА ДИОРИТА-АНДЕЗИТА.

Минеральный состав диоритов: плагиоклаз-андезин (N 33-44), обыкновенная роговая обманка, биотит, моноклинные пироксены – чаще авгит, из ромбических – гиперстен. Суммарно цветных минералов 25-40%, кремнезема в породах группы 56-58%. По цветному минералу выделяются роговообманковые, пироксеновые и биотитовые диориты. Второстепенные минералы: кварц (до 10-15% - кварцевые диориты), калиевый полевой шпат, оливин. Акцессорные минералы: апатит, сфен, магнетит, титаномагнетит. Диориты, содержащие кварц свыше 15% переходят в плагиограниты. Диориты, средне- и крупнозернистые. Структура диоритов диоритовая (плагиоклаз идиоморфнее цветных минералов).

РАЗНОВИДНОСТИ ПОРОД: сиенито-диориты-породы содержащие одновременно андезин и ортоклаз, первый преобладает над вторым, **габбро-диориты** сложении лабрадором, андезином (N 45-55) и цветными (около 40%).

ГИПАБИССАЛЬНЫЕ И ДАЙКОВЫЕ РАЗНОСТИ.

Гипабиссальные и дайковые породы представлены **микродиоритами и диорит-порфиритами**. В микродиоритах основной агрегат сложен мелкими зернами с микродиоритовой структурой. В диорит-порфиритах присутствуют порфиновые выделения зонального плагиоклаза, пироксен, амфиболы. **Дайковые породы – диорит – аплиты и диорит – пегматиты.**

Эффузивные аналоги: андезиты (кайнотипные) и андезитовые порфириты – палеотипные породы. **Андезиты** – серые до черных породы, афанитового, реже микрокристаллического сложения. Структура их порфировая с основной андезитовой (гиалопилитовой) основной массой. Вкрапленники - зональный плагиоклаз (N 50-60), базальтическая роговая обманка (бурая), иногда пироксен, оливин, биотит. Основная масса породы сложена микролитами андезина, пироксена, магнетита и вулканического стекла.

АНДЕЗИТОВЫЕ ПОРФИРИТЫ интенсивно изменены в которых вулканическое стекло замещено хлорит – карбонатным агрегатом, а плагиоклазы серицитизированы и соссуритизированы.

Порфириты темно-серые с зеленоватым оттенком породы.

С диоритами связаны месторождения свинца, цинка, золота, вольфрама. Сами диориты красивый облицовочный и строительный материал.

ГРУППА СИЕНИТОВ – ТРАХИТОВ

Породы группы по химико – минеральному составу делятся на **нормальные (щелочноземельные) и щелочные сиениты**. Кремнезена в породах до 60%.

Нормальные сиениты розовые, серовато-розовые, среднекрупнозернистые. Состав: Щелочные полевые шпаты (ортоклаз, микроклин, перциты-албитовые), меньше рлагноклаз. (алигоклаз-андезин.) Если в породе преобладает олигоклаз – андезин калиевыми полевые шпатами, то она называется сиенита-диоритом. Цветные минералы: роговая обманка, реже диопсид, авгит, биотит, изредка оливин. Цветных минералов (суммарно) 20-30%. По присутствию с сиенитах того или иного цветного минерала они подразделяются на **слюдные, роговообманковые, пироксеновые**. Если порода содержит кварц (до 5%), то она называется **кварцевым сиенитом**, а при увеличении кварца переходит в **граносиенит**. Акцессорные минералы: апатит, сфен, рудные минералы: вторичные: серицит, каолин (пелит), хлорит и др.

Структуры сиенитов: гипидиоморфная, порфириовидная, монзонитовая, текстура массивная, трахитоидная и др.

ЩЕЛОЧНЫЕ СИЕНИТЫ. В их составе: ортоклаз (или микроклин, альбит, пертиты, микропертиты), эгирин – альбит, арфведзонит, биотит. Второстепенные минералы: фельдшпатоиды, очень редко кварц (до 7%). Акцессорные минералы: сфен, циркон, магнетит, ортит и др.

ГИПАБИССАЛЬНЫЕ ДАЙКОВЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ

К гипабиссальным представителям относятся мелкозернистые **сиениты и сиенит-порфиры**. Дайковые породы (асхизтовые) сиенит-порфиры и микро сиениты (нормальные и щелочные).

ДИАСХИСТОВЫЕ ПОРОДЫ: сиениты – аплиты нормального и щелочно-кислого ряда. В нормальных присутствуют калиевые полевые шпаты, кислый, средний плагиоклаз; в щелочных сиенитах – аплитах плагиоклаз отсутствует. Второстепенные минералы: кварц, фельдшпатоиды, цветные минералы. **ЛАМПРОФИРЫ:** минетта и вогезиты. В породах ортоклаз резко преобладает над плагиоклазом.

МИНЕТТА содержит их цветных минералов биотит, а вогезиты амфибол или пироксен.

ВУЛКАНИЧЕСКИЕ АНАЛОГИ сиенитов представлены трахитами кайнотипные трахитовыми порфирами (палеотипные). **ТРАХИТЫ** с вкрапленниками санидина и среднего плагиоклаза. Структура трахитовая, реже андезитовая. Микролиты по составу аналогичны вкрапленникам.

ТРАХИТОВЫЕ ПОРФИРЫ с вкрапленниками ортоклаза, преобладающие над другими минералами и плагиоклазами. Порода сильно изменена (если вулканическое стекло, то оно перекристаллизовано). Структура основной массы ортофириновая, фельзитовая, микрокристаллическая.

ОРТОФИРЫ – палеотипные эффузивные аналоги щелочных сиенитов, в которых калиевый полевой шпат представлен ортоклазом.

КЕРАТОФИРЫ ИЛИ АЛБИТОФИРЫ – палеотипные породы, сложенная главным образом альбитом, с переменным количеством микроперита или анортклаза.

С сиенитовыми породами связаны месторождения меди, серебра, свинца, цинка, золота, молибдена, а сами породы используются как строительный и облицовочный материал.

Указание по сдаче лабораторных работ,

1. Студент должен изучить макро ультраосновные, основные и средние магматические горные породы
2. Студент должен запомнить породы и показать на образцах.

Вопросы:

1. Какой минеральный состав характерен для ультраосновных пород?
2. Какие главные породы относятся к каждой группе?

2 лабораторная работа

Цель проведения лабораторной работы.

Изучение пород следующих групп:

1. Группа гранит липаритов, гранодиорит-дацитов
2. Группа нефелиновых сиенитов- фонолитов.
3. Группа щелочных габброидов – базальтоидов.
4. Петрографическое описание магматических пород.

Материалы для проведения лабораторной работы:

1. Петрографические шлифы и образцы пород.
2. Плакаты

Теоретическая основа.

ГРУППА ГРАНИТОВ – ЛИПОРИТОВ И ГРАНОДИРИТОВ – ДАЦИТОВ.

Эти породы по содержанию кремнезема (от 60 до 75 %) считаются кислыми. По химико – минеральному составу гранитные породы подразделяются на: 1) нормальные (щелочноземельные), 2) плагиоклазовые и 3) щелочные.

НОРМАЛЬНЫЕ ГРАНИТЫ средне – и крупнозернистые, окрашенные в розоватые, красноватые, сероватые и красные цвета (лейкократовые породы). Структура гранитов – гранитная, реже пегматитовая, порфириовидная и др. Состав: (в процентах) кварц – 30-35, полевые шпаты 50-60, ортоклаз или микроклин – 40, плагиоклаз (№ 10-20) – 40-15, цветного компонента – 10. Цветные компоненты: биотит, реже роговая обманка, пироксен или мусковит (бесцветная слюда). Калиевые полевые шпаты могут включать пертитовые выростки. Акцессорные минералы: апатит, циркон, монацит,

турмалин, флюорит, гранаты, сфен, магнетит и др. Вторичные минералы: каолин или пелит (по калиевым полевым шпатам), серицит (по плагиоклазу), хлорит, эпидот, мусковит (по биотиту). По присутствию цветного минерала и структурно – текстурным особенностям выделяют: аляскиты – средне и крупнозернистые, содержащие цветной компонент до 5%. По цветным минералам: **биотитовые, двуслюдяные, амфиболовые и пироксеновые граниты (чарнокиты)**. Своеобразной разновидностью являются **граниты – рапакивы**, в которых ортоклазовые или микроклиновые выделение – овоиды (до 12 мм) обрамленные каймой олигоклаза.

ПИСЬМЕННЫЕ ГРАНИТЫ – с графической или пегматитовой структурой обусловленной закономерным срастанием кварца и калиевого полевого шпата.

ПЛАГИОКЛАЗОВЫЕ ГРАНИТЫ – серые породы, средне и крупнозернистого сложения. Структура гранитная, текстура массивная, трахитоидная, гнейсовидная. Минеральный состав (в процентах) – кварц – 25-30, плагиоклаз (№ 30-40) – 50, цветные компоненты – биотит, роговая обманка, редко пироксен – 20-25. аксессуарные минералы подобны нормальным гранитом. Главные разновидности характеризующихся гранитов: трондьемит – лейкократовый (светлый) плагиокловый гранит с роговой обманкой и биотитом: **тоналит (кварцевый диорит)** – меланократовый (темный). Плагиогранит сложен кварцем, роговой обманкой и биотитом, иногда пироксеном.

ЩЕЛОЧНЫЕ ГРАНИТЫ. По окраске и структурно – текстурно особенностям близко к нормальным гранитам. В составе щелочных гранитов: микроклин – микропертит, ортоклаз – микропертит, щелочные роговые обманки и щелочные пироксены. Аксессуарные минералы: апатит, сфен, магнетит и др.

ГРАНОДИОРИТЫ – ДАЦИТЫ. Отличаются от гранитов более темными окрасками, затем уменьшением количество калиевого полевого шпата, кварца, увеличением цветных минералов (в породе чаще преобладает роговая обманка) и повышается основность плагиоклазов.

ГИПАБИССАЛЬНЫЕ И ДАЙКОВЫЕ ПОРОДЫ.

Среди гипабиссальных пород гранитного состава преобладают **гранит – порфиры, мелкозернистые граниты**, а среди дайковых пород – пегматиты и аплиты.

Гранит - порфиры с одноименной структурой, а у **микрозернистых гранитов** микрогранитная структура. Кроме гранит – порфиров существуют гранодиорит – порфиры и микрозернистые гранодиориты.

ПЕГМАТИТЫ – гиганто – и крупнокристаллические породы, сложенные полевыми шпатами, кварцем, реже сподуменом, турмалином. Пегматиты чаще письменной структурой. Они являются носителями тантала, кастерита, берилла и др.

АПЛИТЫ – мелкозернистая (до 1 мм.) , лейкократовая порода, состоящая из калиевых полевых шпатов, плагиоклаза (кислого), кварца и очень мало цветного компонента. Структура породы аплитовая (аллотриоморфнозернистая).

ЭФФУЗИВНЫЕ АНАЛОГИ.

В кислых эффузивных часто встречаются вулканическое стекло. Вулканическими аналогами нормальных гранитов является липариты, пемза, обсидианы (кайнотипные) и липаритовые порфиры, фельзитовые порфиры (палеотипные).

ЛИПАРИТЫ – желтые, сероватые, зеленоватые, плотные породы с афировой и порфировой структурами, текстура флюидальная. Микротекстуры стекловатая (витрофирровая), сферолитовая, слабо фельзитовая. Вкрапленниками являются кварц, санидин, плагиоклаз (№ 10-35).

ПЕМЗА – темноцветные минералы: биотит, реже роговая обманка. Порода стекловатая, светло – серая, беловатая, светло коричневатая порода образованная за счет излияния кислой лавы в подводных условиях.

Обсидианы – темные , часто черные, коричневатые породы со стеклянным блеском и характерным раковистым изломом. Структура стекловатая.

ЛИПАРИТОВЫЕ ПОРФИРЫ. Палеотипные аналоги нормальных гранитов. Они красноватой и буроватой окраски, часто с порфировой структурой. Вкрапленники: измененные

(пелитизированные) калиевые полевые шпаты, серицитизированные плагиоклазы и хлоритизированные темноцветные минералы. Структура основной массы фельзитовая (кварц – полевошпатовый криптовый агрегат), микрогранитная, микроаплитовая.

Вулканическими аналогами щелочных гранитов являются **щелочные липариты** (кайнотипные породы). Палеотипные аналоги: кварцевые **ортофиры**, **кварцовые кератофиры** и **албитофиры**.

ЩЕЛОЧНЫЕ ЛИПАРИТЫ сложены санидином (или анортоклазом), кварцем, биотитом, эгирин – диопсидом. **Кварцевые ортофиры** содержат вкрапленники ортоклаза или микроклина, а **кварцевые кератофиры** - альбит, микропертит или анортоклаз. Цветные минералы: биотит, щелочные пироксены. Породы интенсивно измененные.

ДАЦИТЫ – эффузивные аналоги (кайнотипные) гранодиоритов. Они отличаются от липаритов увеличением количества плагиоклаза (и его основности), цветных минералов, уменьшением калиевых полевых шпатов и кварца. **ДАЦИТОВЫЕ ПОРФИРЫ** – палеотипные эффузивы, интенсивно измененные.

С группой кислых пород связано большинство месторождений цинка, свинца, золота, вольфрама, висмута, бериллия, олова, тантало – необатов, фтора и т.д. сами граниты строительный, облицовочный и поделочный материал.

ГРУППА НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТОВ – ФОНОЛИТОВ.

Породы данной группы пересищены щелочами (16-18%) и недосыщены кремнеземом. Это обстоятельство вызвало появление в их составе фельдшпатоидов, калиевых полевых шпатов, щелочных амфиболов и пироксенов. Минеральный их состав следующий: ортоклаз (или микроклин) часто пелитизированные, плагиоклаз, нефелин, щелочные амфиболы и пироксены (арфведсонит, гастингстит, рибекит, эгирин – авгит, эгирин и др.) в породах часто присутствуют цирконо – силикаты – циркон, эвдиалит, из титано – силикатов – сфен; мелилит, канкренин, кальцит, апатит, флюорит. В нефелиновых породах

наблюдается интенсивная альбитизация полевых шпатов. Интрузивные породы – хибиниты, миаскиты, мариуполиты.

ХИБИНИТЫ – крупнозернитые, зеленовато – серые породы, состоящие из ортоклаза или микроклина, албита (до 40%), нефелина (до 35%), эгирина и арфведсонита, суммарно до 15-20%.

МИАСКИТЫ они состоят из нефелина (20 %) альбита, микроклина или ортоклаза, из темноцветных минералов - бурый лепидомелан (бурый биотит), реже щелочной амфибол. Текстура гнейсовидная.

МАРИУПОЛИТЫ состав: нефелин (около 25%), альбит, эгирин. Помимо вышеперечисленных пород группы меньшим развитием пользуются канкренитовые сиениты, содалитовые и анальцимовые сиениты, а богатые калием разновидности соответствуют псевдолейцитовым сиенитом (нефелин, калиевые полевые шпаты, диопсид, диопсид– эгирин, флагопит и др.)

ШОНКИНИТЫ – меланократовые щелочные породы, содержащие до 15% нефелина, ортоклаз (или анортоклаз), биотит, авгит, эгирин авгит, редко оливин. В породе повышенное количество окиси калия, реже натрия.

ГИПИБИССАЛЬНЫЕ И ДАЙКОВЫЕ ПОРОДЫ. Гипабиссальные породы – микрозернистые сиениты и дайковые нефелин – сиенитовые порфиры и пегматиты. **МИКРОЗЕРНИСТЫЕ сиениты** от абиссельных сиенитов отличаются лишь свою микрозернистостью. Эти породы также образуют дайковые тела.

Нефелин – сиенитовые порфиры. В этих породах вкрапленники представлены ортоклазом, иногда санидином, нефелином, а основная масса состоит из эгирин – авгита, щелочного амфибола и полевых шпатов.

ПЕГМАТИТЫ чаще ассоциируются с нефелиновыми сиенитами, залегая в виде даек и шлировых тел. Пегматиты с гиганто – кристаллической структурой. В составе пегматитов полевые шпаты, нефелины, минералы тантала, ниобия, редких земель, титано – цирконовых силикатов, эвдиалита, астрофиллита и др.

ЭФФУЗИВНЫЕ АНАЛОГИ представлены фоналитами, породами светло – серого или зеленого цвета с характерными

для них вкрапленниками санидина и нефелина, иногда диопсида, эгирина и щелочного амфибола. Основная масса фонолитов сложена теми же минералами, что и нефелиновые сиениты, но с повышенным количеством аксессуарных минералов. Структура пород фонолитовая. Измененные фонолиты называются фонолитовыми порфирами.

С нефелиновыми сиенитами связаны апатитовые, графитовые титаномагнетитовые руды, месторождения редких элементов и др.

ГРУППА ЩЕЛОЧНЫХ ГАББРОИДОВ – БАЗАЛЬТОИДОВ.

Породы донной группы имеют ограниченное распространение. Они по содержанию кремнезема, железа, кальция и магния близки к химизму габбро – базальтов отличаясь от последних повышенным количеством щелочной (K_2O+Na_2O до 7-10%). В составе щелочных габброидов присутствуют калиевые полевые шпаты, плагиоклазы, нефелин, эгирин – авгит, оливин.

Интрузивными представителями группы являются эссекситы, тералиты и др. Большая часть щелочных габброидов имеют серый, темно – серый, до черного цвета, средне – и крупнозернистую структуру, текстура, трахитоидная или массивная.

ЭССЕКСИТЫ. Минеральный состав: титан – авгит, основной или средний плагиоклаз, калиевый полевой шпат, оливин, биотит, щелочные амфиболы, редко нефелин и содалит. Цветных минералов в породе до 40 %. Микроструктура гипидиоморфнозернистая, характеризуются идиоморфизмом плагиоклаза и цветными минералами относительно калиевых полевых шпатов и нефелина.

ТЕРАЛИТЫ (НЕФЕЛИНОВЫЕ ГАББРО). Они состоят из титан – авгита (50 %), лабродорита (35 %) и нефелина (15%).

ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ. Наиболее распространенными эффузивными породами щелочных габброидов являются: трахибазальты и тефриты.

ТРАХИБАЗАЛЬТЫ по минеральному составу близки эссекситам. Вкрапленники представлены оливином,

пироксеном, щелочными амфиболами, плагиоклазом (№35-45), щелочными полевыми шпатами, редко нефелином. Структура гиалопилитовая, пилотакситовая (трахитовая).

ТЕФРИТЫ по составу соответствуют тералитам, главными минералами являются: оливин, авгит, титан – авгит, основной плагиоклаз, лейцит, нефелин, редко санидин и вулканическое стекло.

С щелочными габброидами связаны месторождения редких и рассеянных руд.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД.

Петрографическое описание магматических пород начинается в полевых условиях. Прежде чем описывать породы необходимо провести несколько рекогносцировочных маршрутов, затем наметить типичные направления по которым следует составить профили. Последние должны перечень полностью магматическое тело. По намеченному профилю, начиная с вмещающих пород, берутся образцы через определенные расстояния из магматического тела. Образцы эти этикетировуются и тщательно подвергаются макроскопическому описанию. Из пород параллельно берутся пробы для их детального изучения в лабораторных условиях (на химические, спектральные и другие анализы определение абсолютного возраста и т.д.). Наряду с крупными образцами из магматических пород, берутся образцы (4x4 см.) из которых изготавливаются прозрачные петрографические шлифы, которые затем изучаются с помощью поляризационного микроскопа.

МАКРОСКОПИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПОЛНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОД.

Порода полнокристаллическая, равномернозернистая. Отмечается цвет породы, который зависит от минерального состава. Макроскопически минералы возможно определить по их цвету, блеску, формам зерен, спайности, изломом, твердости и т.д. Определяют минеральный состав (визуально), отмечают количественные соотношения главных минералов, а затем описывается каждый минерал. Приводят размер зерен и их

продукты вторичных изменений. При характеристике текстурных особенностей указывают на полосчатость, гнейсоватость, трещиноватость и т.д.

3 лабораторная работа

Цель проведения лабораторной работы.

1. Пересчет химических анализов окислов магматических пород в молекулярные количества.

Материалы для проведения лабораторной работы:

1. Химический анализ изверженных пород.
2. Метод.указание по выполнению лабораторных работ по петрологии.

4 лабораторная работа

Цель проведения лабораторной работы.

1. Пересчет числовых характеристик магматических пород.

Материалы для проведения лабораторной работы:

1. Химический анализ изверженных пород.
2. Заварицкий А.Н. Пересчет химических анализов изверженных горных пород. М, Госгеолтехиздат,1960
3. Метод.указание по выполнению лабораторных работ по петрологии.

5 лабораторная работа

Цель проведения лабораторной работы.

Составление векторной диаграммы и определение название породы по Дели.

Материалы для проведения лабораторной работы:

1. Химический анализ изверженных пород.
2. Заварицкий А.Н. Пересчет химических анализов изверженных горных пород. М, Госгеолтехиздат, 1960
3. Метод. указание по выполнению лабораторных работ по петрологии.

Теоретическая основа

Порядок вычисления молекулярного количества окислов, числовых характеристик магматических пород и составление векторной диаграммы и определение название породы по Дели.

О рациональной форме числовых характеристик

Стремясь внести наибольшую простоту в расчет и удовлетворить остальным указанным выше правилам расчета, мы можем ограничиться такими операциями для образования числовых характеристик химического состава горной породы.

Основная числовая характеристика может быть выражена отношением четырех чисел:

a: c: b: s,

причем $a+b+c+s=100$. Величины a , c , b и s обозначают:

a - относительное число атомов щелочных металлов, входящих в алю-осиликаты и, следовательно, комбинирующихся в атомных решетках минералов с атомами Al ;

c - относительное число атомов кальция, которые могут войти в алюмосиликаты (в сочетании $CaAl_2$). В некоторых породах известковый алюмосиликат отсутствует и вместо него может появиться феррисиликат натрия. Этот случай мы рассмотрим особо;

b - относительное число всех остальных металлических атомов за исключением кремния (и титана), не входящих в алюмосиликаты и феррисиликат натрия, и принимающих участие главным образом в строении решеток простых силикатов;

s - относительное число атомов кремния (и титана).

Величина **c** определяется условно тем же приемом, что и так называемая полевошпатовая известь во всех числовых характеристиках, предложенных различными авторами, т. е. из разностей молекулярных количеств $Al_2O_3 - (Na_2O + K_2O)$; такой расчет по существу является лишь определенно выбранным условным математическим приемом. В зависимости от того, будет ли написанная разность больше молекулярного количества CaO или меньше его, или, наконец, будет величиной, отрицательной, мы можем различать три различных ряда химических составов пород—ряды составов: пересыщенных глиноземом, нормальных и пересыщенных щелочами. В дальнейшем мы подробно изложим способ вычисления основной характеристики отдельно на примерах пород каждого из этих рядов.

В группу **b** попадают все атомы железа, кроме входящих в ферриилит натрия, все атомы магния и те атомы кальция, которые не вошли в алюмосиликаты. Число последних можно подсчитать из разности молекулярных количеств $CaO - [Al_2O_3 - (Na_2O + K_2O)]$. Далее, в некоторых случаях молекулярное количество $Al_2O_3 > K_2O + Na_2O + CaO$, тогда избыточные атомы алюминия, определяемые из разности $Al_2O_3 - (K_2O + Na_2O + CaO)$, также необходимо отнести к группе **b**, как не входящие в силикатные алюмосиликаты. В некоторых породах молекулярное количество $Na_2O + K_2O > Al_2O_3$; в этом случае мы имеем избыток щелочей $(Na_2O + K_2O) - Al_2O_3$, который не может войти в алюмосиликаты; параметр **c** в этом случае как бы принимает «отрицательное» значение. Атомы щелочных металлов, отвечающие указанному избытку щелочей, мы могли бы включить в группу **b**, как не входящие в силикатные алюмосиликаты, но мы можем также подсчитать их отдельно и внести в основную характеристику как величину c^- на месте **c**.

В виду противоположности петрохимической роли щелочей, не входящих в алюмосиликаты, и известкового алюмосиликата, эту группу атомов щелочных металлов мы обозначим c^- (со знаком — над буквой), вовсе не считая, конечно, отрицательной величиной в настоящем смысле слова. Каждому атому **Na**, входящему в группу c^- отвечает атом железа, участвующий в

строении феррисиликата натрия. Подсчитывая отдельно c^- атомов Na удобно и логично не включать связанные с этим Na атомы Fe железа в группу b . Число этих атомов Fe, равное c^- видно непосредственно из характеристики; удобства такого способа будут видны из дальнейшего изложения.

Указанные расчеты позволяют разделить все химические составы изверженных пород на три класса, определенно характеризующиеся соотношением молекулярных количеств Al_2O_3 ; CaO и (Na_2O+K_2O) ;

1) нормальные составы: $CaO+Na_2O+K_2O > Al_2O_3 > Na_2O+K_2O$

2) пересыщенные глиноземом: $Al_2O_3 > CaO+Na_2O+K_2O$;

3) пересыщенные щелочами: $Na_2O+K_2O > Al_2O_3$

Иногда их обозначают особыми названиями: 1 — нормальный ряд,

2—плюмазитовый, 3—агпайтовый.

Образованная по указанному только что принципу основная числовая характеристика действительно выражает те особенности химизма изверженных горных пород, которые мы выше перечислили как главные особенности их химического состава. В самом деле, об отношении силикатных и фемических составных частей породы мы можем судить по величине b , так как эта величина выражает как раз относительное число атомов элементов, входящих в фемические минералы.

Об избытке или недостатке кремнезема в породах дает представление относительная величина s . Понятно, что наибольшее число атомов Si, которое может войти в щелочные алюмосиликаты, равно $3a$, соответственно формуле полевых шпатов $(Na,K)Al_2O_8$; в известковых алюмосиликатах связано $2c^-$ атомов кремния, согласно формуле $CaAl_2Si_8$; наибольшее количество кремния, которое может быть связано в простых силикатах, вместе с металлическими атомами, не входящими в алюмосиликаты, будет b , согласно формуле бисиликатов $RO \cdot Si_2$. Отсюда видно, что число

$$Q = s - (3a + 2c + b)$$

будет представлять относительное число «избыточных» атомов кремния и, следовательно, избыток кремнезема, если оно

положительно и, наоборот, выражать недостаток кремнезема, если оно отрицательно.

В случае составов, пересыщенных щелочами, вместо известкового алюмосиликата — анортита, в норме породы мы имеем натровый **феррисиликат—акмит** (эгирин $\text{NaFeSi}_2\text{O}_8$). На каждый атом **Na**, входящий в группу с, придется два атома **Si**, т. е. c^- свяжет **2** c^- атомов кремния, и, следовательно, избыточное (или недостающее) число атомов; кремния может быть подсчитано по аналогичной формуле:

$$Q = s - (3a + 2c^- + b)$$

Таким образом, сравнивая **s** с другими параметрами характеристики, мы получаем выражение второй главной особенности **состава**. О характере силикатных составных частей (характере полевых шпатов) мы можем судить по отношению параметров **a** и **c**, отражающих отношение щелочных и известкового алюмосиликатов, в частности характер полевого шпата.

Таким образом, три из четырех существенных признаков химизма **изверженной** горной породы, которые были отмечены выше, находят себе выражение в основной числовой характеристике. При составлении ее нами, однако, не были приняты во внимание еще такие признаки:

1) различия в отношении содержания **K** и **Na** и 2) различия в отношениях между элементами, входящими в нашу группу **b**, т. е. в фемические, составные части породы. Для того чтобы выразить и эти **признаки** и этим достичь полного однозначного соответствия числовых характеристик и данных анализа, нам нужны дополнительные числовые характеристики. Начнем с отношения атомов элементов, входящих в группу **b**.

В нормальном ряде (классе) химических составов в группу **b**, как мы видели, войдут все атомы **Fe** и **Mg**, часть атомов **Ca**, остающаяся после того, как из всего их числа будут взяты атомы, могущие войти в алюмосиликаты. Это остающееся число атомов кальция, очевидно, найдется таким путем:

$$\text{Ca}' = \text{CaO} - [\text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})],$$

так как величина в прямых скобках выражает молекулярное количество **CaO**, идущее в алюмосиликаты.

Таким образом, нужная нам дополнительная характеристика класса нормальных пород будет

$$f' : m' : c' = (2Fe_2O_3 + FeO) : MgO : CaO - [Al_2O_3 - (Na_2O + K_2O)] ?$$

В случае класса пород, пересыщенных глиноземом, т.е. если $Al_2O_3 > (Na_2O + K_2O)$ —

— $(Na_2O + K_2O) > CaO$, мы имеем, как мы видели, избыток глинозема

$Al_2O_3 - (Na_2O + K_2O + CaO)$, который не может по расчету входить в состав алюмосиликатов щелочей и извести. Этот избыток приходится считать входящим в состав фемических минералов, и соответственное число атомов Al включается в группу *b*. Дополнительная числовая характеристика, вместо $f' : m' : c'$, в этом случае будет

$$a' : f' : m' : c' = 2[Al_2O_3 - (Na_2O + K_2O + CaO)] : 2Fe_2O_3 + FeO : MgO$$

Наконец, в классе пород, пересыщенных щелочами $Na_2O + K_2O > 2Al_2O_3$, только часть атомов щелочных металлов, именно равная $2Al_2O_3$, может войти в силикатные алюмосиликаты. Избыток их, равный $2(Na_2O + K_2O - Al_2O_3)$, приходится считать особо, обозначая условно как c'' , т. е. как недостаток алюминия, нужного для образования кальциевого алюмосиликата.

При этом способе основная характеристика будет иметь вид:

$$a : c : b : s$$

где c'' — пропорционально $2(Na_2O + K_2O - Al_2O_3)$, но при этом из *b* исключается эквивалентное количество атомов железа, идущее вместе со щелочными на образование акмита и, как и раньше, $a + c + b + s = 100$ и остается трехчленная дополнительная характеристика

$$f' : m' : c' = [2Fe_2O_3 + FeO - 2(Na_2O + K_2O - Al_2O_3)] : MgO : CaO =$$

$$= \{2[(2Fe_2O_3 + Al_2O_3) - (Na_2O + K_2O) + FeO] : MgO : CaO.$$

Наконец, как мы видели, при образовании основной числовой характеристики мы оставили без внимания разницу в отношении **Na : K**, входящих в состав породы- Поэтому нам надо ввести еще одну дополнительную характеристику. За такую характеристику мы примем молекулярное отношение: **Na₂O : (Na₂O + K₂O)** для щелочей, входящих в силикатные алюмосиликаты. Это отношение или отношение атомов **Na : (Na+K)** в алюмосиликатах мы обозначим **n** (без индекса).

Как видно из изложенного, все производимые расчеты исходят из разделения алюмосиликатов и простых силикатов так, как это делается при расчете нормативного или виртуального (не модального или реального) минералогического состава. В реальном составе некоторая часть глинозема или щелочей может войти в цветные металлы. Поэтому в расчетах виртуального (нормативного) состава мы, очевидно, подсчитываем максимальное возможное количество щелочных и известкового алюмосиликатов. С другой стороны, часть окислов железа присутствует в горной породе в виде магнетита, не входя в силикаты. По-этому важная характеристика $Q = s - (3a + 2c + b)$ или для пересыщенных щелочами пород $Q = s - (3a + 2c + b)$ выражает минимальное количество свободной **кремнекислоты** в породах.

Изложив принцип образования числовых характеристик, **мы** приведем четыре примера, из которых будет совершенно ясен порядок подсчетов для определения этих характеристик.

Порядок подсчета числовой характеристики

1. Перечисляем весовое процентное содержание окислов **молекулярные** количества их. Для этого служат таблицы.
2. Складываем **молекулярные** количество **SiO₂** и **TiO₂** эту сумму S.
3. Берем сумму молекулярных количество **Na₂O + K₂O**. Если эта сумма меньше **Al₂O₃** или равна этому количеству, то, **удваивая сумму Na₂O + K₂O**, получаем A.

За. Если, **Na₂O + K₂O > Al₂O₃** то величину A получим, удваивая **Al₂O₃**

а избыток **Na₂O' = Na₂O + K₂O - Al₂O₃**, умножив на 2,

обозначаем C .

4. Берем разность $Al_2O_3 - (Na_2O + K_2O)$. Если она меньше или по крайней мере равна CaO , то обозначаем ее C .

4а. В случае, если $Al_2O_3 > CaO + Na_2O + K_2O$, то C равно CaO и в этом случае избыток $Al_2O_3' = Al_2O_3 - (K_2O + Na_2O + CaO)$, **умножив** на 2, присоединяем к величине B .

5. Удваивая количество Fe_2O_3 и складывая его с количеством FeO (+MnO) получаем FeO' . В случае пород, **пересыщенных щелочами**, величину FeO' убавляем на величину C^{--} (см. п. 3а).

5а. В некоторых весьма редких случаях может случиться, что $C^{--} > FeO'$, тогда обозначим разность $C^{--} - FeO'$ **через Na'** , что **представляет** избыток окиси натрия, умноженный на 2, т. е. **излишние атомы Na** после образования C^{--} .

6. Определяем $CaO' = CaO - C$ (см. п. 4).

7. Складывая $FeO' + MgO + CaO'$, получаем величину B . Сюда же присоединяем, как сказано, удвоенный избыток Al_2O_3' , **когда он имеется** (пункт 4а), или в указанном выше редком случае избыток Na' (тогда очевидно, отсутствует FeO').

8. Приводим отношения $A : C : B : S$ или $A : C^{--} : B : S$ 100 к по формулам

$$a = \frac{100 \cdot A}{N}; \quad c = \frac{100 \cdot C}{N}; \quad b = \frac{100 \cdot B}{N}; \quad s = \frac{100 \cdot S}{N};$$

где $N = A + C + B + S$, т. е. **мы** выражаем отношения $a : c : b : s$ (или $a : c^{--} : b : s$) в процентах.

Так получается основная числовая характеристика **химического состава**

породы $a : c : b : s$. Кроме нее, для характеристики состава могут служить следующие дополнительные коэффициенты или **параметры**:

$$f' = \frac{FeO' \cdot 100}{B}; \quad m' = \frac{MgO \cdot 100}{B}; \quad c' = \frac{CaO' \cdot 100}{B};$$

$$n = \frac{\text{Na}_2\text{O} \cdot 100}{A}; \quad t = \frac{\text{Ti O}_2 \cdot 100}{S}; \quad w = \frac{2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 100}{B},$$

а в породах, пересыщенных глиноземом, вместо c' присоединяется, как мы видели,

$$a' = \frac{2\text{Al}_2\text{O}_3' \cdot 100}{B}$$

В породах, пересыщенных щелочами, в написанном виде для выражении f' величина FeO' обозначает количество закиси железа, уменьшенное на величину C'' . В редких случаях, когда $C'' > \text{FeO}'$ получается, как мы видели, избыток Na' , и тогда имеем дополнительный параметр n' ;

$$n' = \frac{\text{Na}'}{B} \cdot 100$$

В этом случае отсутствует f' .

Величина Q вычисляется следующим образом;

$$Q = s - (3a + 2c + b)$$

Таким образом, мы имеем в зависимости от результатов четыре класса или ряда химических составов горных пород, такие числовые характеристики:

1) составы нормальные $a : c : b : s; f : m' : c' : n; t; w;$

2) составы, пересыщенные глиноземом $a: c : b:s ; a':f :m': n ; t ; w$;

3) составы, пересыщенные щелочами $a: c^- : b : s ; f' :m': c' ; n;t ; w$;

4) в очень редких случаях сильно пересыщенные щелочами составы; $a: c^- : b:s ; n'; m'; c'; n; t ; w$;

Заметим следующее важное обстоятельство: параметры основной характеристики являются числами именованными, а параметры дополнительных отвлеченными. Для пояснения способа вычисления числовых характеристик приведем следующие четыре примера.

1. Состав нормального ряда

Андезито-базальт, лава 1909 г., вулкан Авача на

Камчатке

	Вес. %	Мол. колич.	
SiO ₂	54.30	905 }	
TiO ₂	0.98	012 }	917 S
Al ₂ O ₃17.56	172-061 =111C
Fe ₂ O ₃	5,75	036X2=072 }	}
FeO	2.70	39 }	} 112 }
MnO.....	0.10	001 }	} 300B
MgO	5.65	141 }	}
CaO	8.85	158—111 =047 }	}
Na ₂ O.....	3.14	51 }	}
K ₂ O.....	0.93	10 } 61 + 2= 122 A
P ₂ O ₅0.15		
S0.22		
Cl	0.05		
<u>H₂O</u>	<u>0.10</u>		
Сумма ...	100.48	A = 122	a = 8,4
		C = 111	c = 7.6
		B = 300	b = 20.7

$$S = \underline{917} \quad s = \underline{63.3}$$

$$N = 1450 \quad \text{Сумма} \quad 100$$

От весовых процентов переходим к молекулярным количествам.

Складывая SiO_2 и TiO_2 , получаем число S (917). Складывая $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, получаем молекулярное число $R_2\text{O}$ (или $R_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), а так как за параметр

| (A) мы берем число атомов Na_2O и K_2O , то для получения A (122) надо сумму щелочей (61) умножить на 2. Вычитая сумму щелочей из Al_2O_3 , вычитаем молекулярное количество щелочей ($172 - 61 = 111$), получим число C (молекулярное количество CaO , входящие в полевой шпат). Вычитывая из молекулярное количество CaO число C , получим свободное молекулярное количества CaO (47). Fe_2O_3 пересчитываем на закись FeO , для чего надо это количество умножить на 2. К полученному числу прибавляем FeO и MnO , что обозначим FeO' (112). Складывая FeO' , MgO и CaO' , получим B (300). Сумма

$$A + C + B + S = N (1450)/$$

| Пересчитывая относительные количества A , C , B и S на проценты (приводя сумму к 100), получим a , c , b , s .

Дополнительные числовые характеристики будут:

$$f' = \frac{112}{300} \cdot 100 = 37; \quad m' = \frac{141}{300} \cdot 100 = 47;$$

$$c' = \frac{47}{300} \cdot 100 = 16; \quad n = \frac{51}{61} \cdot 100 = 84; \quad t = \frac{12}{917} \cdot 100 = 1,3;$$

$$w = \frac{\quad}{300} \cdot 100 = 24 ; \quad Q = 63 - (25,2 + 15,2 + 20,7) = 2,2$$

Следует отметить, что на составы нормальные падает 74%, на составы пересыщенные глиноземом и щелочами—по 12%, а на сильно пересыщенные щелочами составы—2% **изверженных** горных пород, приведенных в таблице В.

II Состав, пересыщенный глиноземом

Андезит **Мон-Пелё**, извержение 1902 г., Мартиника

Вес. %	Мол. колич.
SiO₂ , 60.60	1010 }
TiO₂ 0,56	008 } 1018S
Al₂O₃18.63	182-056=126—116=010X2=020}
Fe₂O₃1.77	011x2=022 } .93 }
FeO 5.10	071 } } 182... B
MgO 2.76	069 . } }
CaO6.52	116 C
Na₂O2.80	045 }
K₂O 0.97	011 } X2-112 A
P₂O₅ 0.09	
П п п 0.25	

Сумма. .100.05

$$\begin{array}{ll}
 A = 112 & a = 7,8 \\
 C = 116 & c = 8,1 \\
 B = 182 & b = 12,7 \\
 S = 1018 & s = 71,4
 \end{array}$$

N = 1428 100

Как и в предыдущем случае, находим A ; после вычитания $Al_2O_3 - (Na_2O + K_2O)$ как видно, что полученная величина (126) больше CaO . В таком случае все число атомов Ca (116) уйдет в C и будет равно 116. Остается избыток Al_2O_3 , именно разность $126 - 116 = 10$. Удвоенный, он представит число атомов Al , которые пойдут в B вместе с Fe_2O_3 (перечисленным на FeO) FeO и MgO . Дальнейший подсчет, как в предыдущем случае. Дополнительные числовые характеристики этого состава:

$$a' = \frac{20}{182} \times 100 = 11; \quad f' = \frac{93}{182} \times 100 = 51; \quad m' = \frac{69}{182} \times 100 = 38;$$

$$n = \frac{451}{56} \times 100 = 80; \quad t = \frac{8}{1018} \times 100 = 0,8;$$

$$w = \frac{22}{182} \times 100 = 12;$$

III. Состав, пересыщенный щелочами"
Пантеллерит, Пантеллярия, Коста Ценети

Вес. %	Мол. колич.	
SiO ₂ 64.54	1075 }	
TiO ₂ 0.90	011 }	1080S
Al ₂ O ₃ 11:49	113X2=226	A
Fe ₂ O ₃ 5.14	032X2=064-50=014 }	}
FeO. 2.99	042	} = 56 }
MgO 0.89	023	} 91B
.CaO 0.64	012	}
Na ₂ O..... 5.46	088 }	
K ₂ O. 4.66	050 }	138-113=025x2=50C
П.п.п. . . . 3.23		
P ₂ O ₅ 0.16		

Сумма. **100.10**

A = 226	a = 15.6
C ⁺⁺ = 50	c ⁻ = 3.4
B = 91	b = 6.3
S = 1086	s = 74.7
-----	-----
N = 1450	100

Сложив молекулярные количества **Na₂O + K₂O**, видим, что сумма их (138) больше **Al₂O₃** (113). Следовательно, весь **Al₂O₃** войдет в алюмосиликат щелочей, и число атомов **Na +K** в алюмосиликатах будет равно **2Al₂O₃=226 (A)**. Остается еще избыток щелочей 025. Этот избыток удвоенный равен числу атомов натрия, входящих в C⁻, в A остается 88x2—50=126 атома **Na** (или 88—25=63 мол. **Na₂O**).

На то же число (50) должно быть уменьшено число атомов железа; остальное входит в B. >

Дополнительные числовые характеристики здесь будут

$$f' = \frac{50}{91} \cdot 100 = 62; m' = \frac{22}{91} \cdot 100 = 25; c = \frac{12}{91} \cdot 100 = 13$$

63

11

$$n = \frac{63}{113} \cdot 100 = 56; \quad t = \frac{11}{1086} \cdot 100 = 0,8;$$

113

1086

14

$$w = \frac{14}{91} \cdot 100 = 15;$$

91

IV. Состав, сильно пересыщенный щелочами

Уртит. Кольский полуостров

	Вес. %	Мол. Колич	
SiO ₂	45.26	761S
TiO ₂	-		
Al ₂ O ₃	27.37	270X2=540A
Fe ₂ O ₃	3.53	022 x 2 = 44	}_
FeO	0.49	009	} 56C
MnO	0.19	003	}
MgO	0.33	008	
CaO	1.22	022	}
Na ₂ O	17.29	281	}319-270=49X2=98-56=42 } 72 .B
K ₂ O	3.51	038	}
H ₂ O	0.40		
<hr/>			
Сумма	99.59	A = 540	a = 37.8
		C ⁻ = 56	c ⁻ = 3.9
		B = 72	b = 5.0
		S = 76	s = 53.3

		N = 1429	100

Избыточное число атомов Na, не входящее в алюмосиликаты, равно 98, больше числа атомов железа

(+Mn) на 98—56=42. Все железопойдет в C⁻ 42 атома Na в B.

Дополнительные числовые характеристики:

$$n' = \frac{42}{72} \times 100 = 59; \quad m' = \frac{8}{72} \times 100 = 11; \quad c' = \frac{22}{72} \times 100 = 30$$

$$(12 \times 281) - 98$$

$$n = \frac{\text{-----}}{540} \times 100 = 86;$$

ТЕХНИКА ПОСТРОЕНИЯ ВЕКТОРНОЙ ДИАГРАММЫ А.Н. ЗАВАРИЦКОГО

Построение векторной диаграммы производится на листе миллиметровки длиной в 90 см и шириной в 70 см (нормальная ширина рулона). В верхней части листа горизонтальной линией отделяется полоса шириной в 10 см для надписи. Начиная от этой горизонтальной линии, лист делится по длине на две части (правую и левую) вертикальной линией **SB**, которая проводится на расстоянии 25 см от левого края листа. Таким образом, ширина правой части диаграммы равна 45 см. Линия **SB** называется линией раздела. Верхний конец этой линии в точке **S** отмечается нулем, так как от этой точки ведутся отсчеты главных числовых характеристик.

Для построения векторной диаграммы практически используются основные характеристики **a**, **c** и **b**, а в породах пересыщенных щелочами соответственно - **a**, **c⁻**, **b**. Эти основные числовые характеристики служат для построения двух фигуративных точек - одной в правой части диаграммы и другой - в левой ее части. Следует при этом оговориться, что в случае пород, пересыщенных щелочами, обе фигуративные точки, а следовательно, и оба вектора, располагаются в правой части диаграммы.

Следует твердо помнить, что числовые значения основных характеристик, т.е. величины **a, c, b** откладываются на диаграмме в сантиметрах, т.е. единица числового значения характеристики равна одному сантиметру.

Фигуративные точки являются начальными точками векторов, для построения которых в свою очередь используются дополнительные характеристики **m'**, **c'**, и для пород нормального ряда или же **m'**, **a'**, для пород пересыщенных глиноземом.

При этом **m'**, **c'** или же **m'**, **a'** используются для построения вектора в правой части диаграммы, **m'** - для построения векторов в левой части диаграммы.

Нужно также твердо помнить, что при построении векторов числовые величины дополнительных характеристик **m'**, **c'**, откладываются на диаграмме в миллиметрах, т.е. единица числового значения характеристики равна одному миллиметру.

Для построения вектора в левой части диаграммы (при левой фигуративной точке) предлагается пользоваться вырезанным из миллиметровки, равнобедренным прямоугольным треугольником с гипотенузой, равной 100 мм (см. рис.1). Этим же треугольником можно пользоваться и при чтении диаграммы для определения величины **n**.

Принимая во внимание некоторую разницу построения векторной диаграммы для пород различных типов, рассмотрим по одному примеру для каждого типа. При этом будем пользоваться сугубо условными значениями числовых характеристик, как главных, так и дополнительных. Последнее диктуется необходимостью сохранить на рисунках натуральный масштаб диаграммы при ограниченных размерах самих рисунков. Поэтому в рассматриваемых примерах не следует искать какой-либо аналогии с реальными составами горных пород.

1. Порода нормального типа.

Главные числовые характеристики; **a=6,0**, **c=2,0**, **b =4,0**.
Дополнительные характеристики: **m'=40,0**, **c'= 30,0**, **n- 40,0**.
Построение ведется в следующем порядке (см.рис.2): от

нулевой точки на линии раздела вниз откладывается числовое значение b в сантиметрах, т.е. в данном случае откладывается 4 см, а затем вправо от линии раздела откладывается величина a , также в сантиметрах, т.е. в данном случае 6 см.

Таким способом подучается фигуративная точка в правой части диаграммы.

Для получения фигуративной точки в левой части диаграммы от конца на линии раздела откладывается влево величина c в сантиметрах, т.е. в данном случае 2 см.

Вектор при фигуративной точке в правой части диаграммы строится таким образом: от фигуративной точки вниз откладывается величина m в миллиметрах, т.е. в данном случае откладывается 40 мм, а затем вправо откладывается величина c' также в миллиметрах, т.е. в данном случае откладывается 30 мм, после чего фигуративная точка соединяется с вновь полученной точкой линией вектора (см. рис. 2).

Таким образом, для пород нормального типа вектор в правой част, диаграммы направлен вправо.

Вектор при фигуративной точке, в левой части диаграммы строится следующим образом: от фигуративной точки откладывается вниз величина m' в миллиметрах, т.е. 40 мм. В данном случае величина w определяет длину вектора, конец которого в левой части диаграммы должен находиться на одной линии с концом правого вектора. Для получения направления левого вектора используется предложенный нами треугольник, вырезанный из миллиметровки. Этот треугольник накладывается на диаграмму таким образом, чтобы вершина прямого угла совместилась с фигуративной точкой, а катеты расположились параллельно линиям миллиметровки, т.е. горизонтально и вертикально. После этого на гипотенузе от левого верхнего угла отсчитывается величина n в миллиметрах, т.е. в данном случае отсчитываются 40 мм. Полученная точка, соединенная с фигуративной точкой, и дает направление вектора. Однако, линия последнего проводится от фигуративной точки только до уровня, определяемого величиной m' (см. рис.2).

2. Порода, пересыщенная глиноземом.

Главные числовые характеристики: $\mathbf{a}=6,0$, $\mathbf{c}=3,0$, $\mathbf{b}=8,0$.

Дополнительные характеристики: $\mathbf{m}' = 30,0$, $\mathbf{a}'=40,0$, $\mathbf{n}=70,0$.

Построение в этом случае ведется вполне аналогично предыдущему примеру за исключением построения вектора в правой части диаграммы (см. рис.3).

Для построения вектора в правой части диаграммы в данном случае, как и в предыдущем от фигуративной точки вниз откладывается величина \mathbf{m}' в миллиметрах (в данном примере 30 мм), а затем влево откладывается величина \mathbf{a}' также в миллиметрах (в данном примере 40 мм) и прочерчивается вектор.

Таким образом, для пород, пересыщенных глиноземом, вектор в правой части диаграммы направлен влево. Вектор в левой части диаграммы и в этом случае строится с помощью треугольника.

3. Порода, пересыщенная щелочами.

Главные числовые характеристики: $\mathbf{a}=8,0$, $\mathbf{c}^- =4,0$, $\mathbf{b} =11,0$.

Дополнительные характеристики: $\mathbf{m}' = 30,0$, $\mathbf{c}' = 20,0$, $\mathbf{n} =50,0$.

Как было уже сказано выше, для пород пересыщенных щелочами обе фигуративные точки располагаются в правой части диаграммы. Построение их в этом случае ведется следующим образом (см.рис.4): от нулевой точки на линии раздела откладывается числовая величины \mathbf{b} в сантиметрах, т.е. для данного примера 11 см, а затем вправо откладывается величина \mathbf{a} также в сантиметрах, т.е. для данного примера 8 см, В результате получаем первую фигуративную точку в правой части диаграммы.

Для получения второй фигуративной точки, отложив на линии раз

дела величину \mathbf{b} (II см), отсчитываем вправо же величину \mathbf{c}^- в сантиметрах, т.е. в данном примере 4 см. Вторая фигуративная точка, для отличия от первой, обводится кружочком.

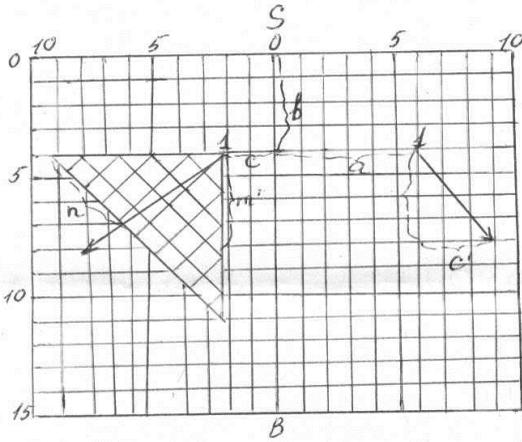
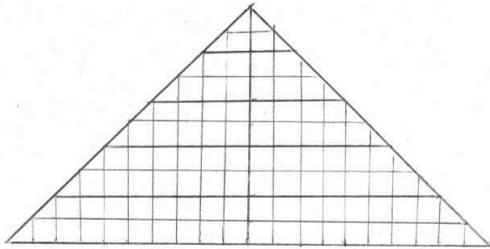
Вектор при первой фигуративной точке строится аналогично вектору пород нормального типа для правой части диаграммы и, следовательно, направлен вправо, а вектор при второй фигуративной точке строится аналогично вектору в левой части диаграммы с помощью треугольника и, следовательно, направлен влево.

В окончательном оформлении векторная диаграмма для трех наших пород будет иметь вид, представленный на рис.1-5.

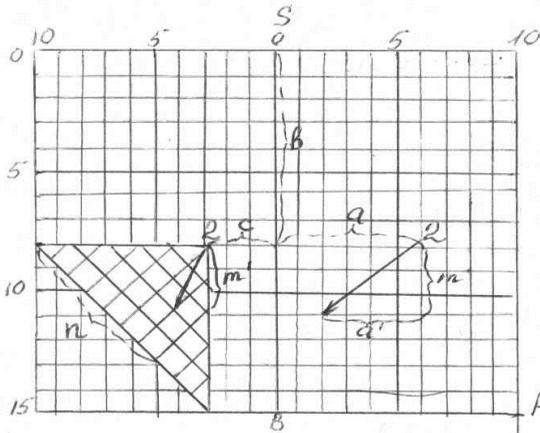
При построении векторной диаграммы могут иметь место несколько частных случаев. Ниже приводятся лишь те из них, которые хотя бы изредка встречаются в обычной петрохимической практике.

1. $\mathbf{a}=0$ - правая фигуративная точка располагается на линии раздела.
2. $\mathbf{c}=0$ - левая фигуративная точка располагается на линии раздела,
3. $\mathbf{a}=0$ и $\mathbf{c}=0$ - обе фигуративные точки сливаются в одну, которая располагается на линии раздела.
4. $\mathbf{m}'=0$ - вектор в правой части диаграммы располагается горизонтально, а в левой части диаграммы отсутствует (остается только фигуративная точка).
5. $\mathbf{c}'=0$ - вектор в правой части диаграммы располагается вертикально и по длине равен \mathbf{m}' .
6. $\mathbf{n}=0$ - вектор в левой части диаграммы располагается горизонтально и выходит за пределы диаграммы. (Вектор выходит за пределы диаграммы и при малых значениях \mathbf{n}).
7. $\mathbf{n}=100$ - вектор в левой части диаграммы располагается вертикально и подлинеравен \mathbf{m}' .

Puc 1



Puc 2 (1/2 HAT. BEA)



Puc 3 (1/2 HAT. BEA)

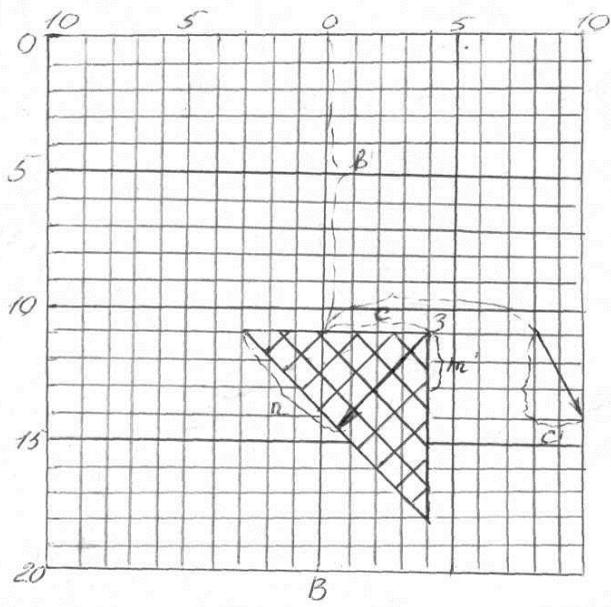


Рис. 4 (1/2 NAT. ВЕР.)

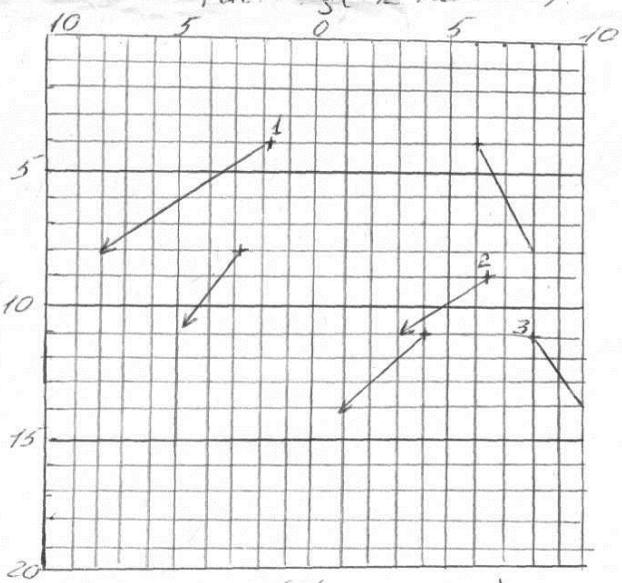


Рис. 5 (1/2 NAT. ВЕР.)

Указание по сдаче лабораторных работ,

1. Студент должен научиться вычислить молекулярные количества окислов и числовые характеристики магматических пород.
2. Студент должен построить векторную диаграмму и определить название породы по ДЭЛИ и составить отчет по проделанной работе.

Вопросы:

1. Как вычисляются молекулярные количества окислов и числовые характеристики магматических пород?
2. Как строится векторная диаграмма и как определяется название породы по ДЭЛИ ?

6 лабораторная работа

Цель проведения лабораторной работы.

1. Изучение пород контактового метаморфизма в шлифах и в породах.
2. На основе изучения петрографических шлифов и образцов пород выделить фации контактового метаморфизма

Материалы для выполнения лабораторной работы:

1. Петрографические шлифы и коллекция пород
2. Метод.указание по выполнению лабораторных работ по петрологии.

Теоретическая основа:

ПОРОДЫ КОНТАКТОВОГО МЕТАМОРФИЗМА

Породы контактового метаморфизма подразделяются на:
1) контакто- термальные (результат теплового воздействия остывающих интрузии на вмещающие породы); 2). контакто-метасоматические.

Породы контактово- термального метаморфизма: роговики, мраморы, кварциты и др.

Среди роговиков выделяются следующие фации: 1) мусковит- роговиковая, расположенная во внешней зоне контактовых ореолов, 2) амфибол – роговиковая, развитая на контактах с гранитами и габбровыми интрузиями, 3) пироксен – роговиковая , приуроченная к внутренним частям контактовых ореолов. Роговики плотные породы, чаще с раковистым изломом, окраски различные.

Мусковит-роговиковая фация. Роговики, образованные по глинистым породам состоят из кварца, альбита, серицита, биотита, кордиерита, андалузита, реже эпидота. Основные и средние магматические и их туфогенные породы, затем мергели преобразуются в тёмные, зеленовато-серые, тонкозернистые альбит-эпидот-актинолитовые породы. Вулканические стёкла полностью замещаются мелкочешуйчатым хлоритом и слюдистыми минералами.

Амфибол- роговиковая фация. В этой фации устойчивыми минералами являются обыкновенная роговая обманка, средние и основные плагиоклазы, реже пироксен (диопсид). Пелиты (глинистые породы) превращаются в тёмные плотные роговики, состоящие из кварца, полевых шпатов, слюд, биотита, андалузита или кордиерита. Известковосиликатные роговики (скарноиды)содержат доломит, тремолит, диопсид, кальцит, форстерит, кварц. Базиты (основные магматические породы) превращаются в амфиболовые роговики. Их состав: роговая обманка, плагиоклаз.

Пироксен-роговиковая фация. Породы данной фации приурочиваются непосредственно к контакту. Они сложены высокотемпературными минералами: пироксенами, силлиманитом, волластонитом, форстеритом ($Mg_2 SiO_4$ – магнезиальный оливин), калишпатами. **Пелиты** превращаются в тёмные роговики кварц- биотит-

полевошпатового состава, а метабазиты в плагиоклаз-пироксеновые роговики.

Мраморы чаще всего кальцитосодержащие (CaCO_3) породы, образованные за счёт перекристаллизации известняков. Мраморы средне и крупнозернистые породы различных окрасок.

Доломиты- $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ при контактовом метаморфизме перекристаллизуются в доломитовые мраморы.

Кварциты образованы за счёт перекристаллизации кварцевых песков, песчаников и кремнийсодержащих или кремнистых осадочных пород. Кварциты плотные породы разнообразных окрасок, состоящие преимущественно из зёрен кварца и примесей других минералов.

Структуры роговиков, мраморов и кварцитов: гранобластовая, реже гетеробластовая, а текстуры массивная, реже другие.

Указание по сдаче лабораторных работ,

1. Студент должен научиться определять метаморфических пород.

Вопросы:

1. Какие фации выделяются в контактовом метаморфизме?

2. Мраморы и кварциты за счет каких пород образуются?

7 лабораторная работа

Цель проведения лабораторной работы.

1. Изучение пород контактового метасоматизма в шлифах и в породах.
2. Изучение пород автосоматизма и гидротермального метасоматизма.
3. Изучение пород катакластического метаморфизма

Материалы для выполнения лабораторной работы:

1. Петрографические шлифы и коллекция пород.

Теоретическая основа

ПОРОДЫ КОНТАКТОВОГО - МЕТАСОМАТИЗМА

Эти породы чаще образуются на контакте кислых интрузией с карбонатами (известняками), реже доломитами при участии постмагматических гидротермальных растворов и газов. Таким образом образуются **скарны**, в корне отличные по минеральному и химическому составу от исходных пород (например: известняков и гранитов) . Скарны содержат: пироксен, гранаты, амфиболы, везувиан, скаполит, минералы группы оливина, флогопит и т.д. Скарны могут содержать промышленные руды магнетита, ($\text{FeO Fe}_2\text{O}_3$) шеелита (CaWO_3), касситерита (SnO_2), молибденита (MoS_2 халькопирита (CuFeS_2), галенита (PbS), сфалерита (ZnS), арсенопирита (FeAsS) и т.д. Скарны имеют различную степень кристалличности и окраску. Структура их чаще гранобластовая.

ПОРОДЫ АВТОМЕТАСОМАТИЗМА И ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО МЕТАСОМАТИЗМА

Автометаморфические породы образовались за счет воздействия на остывающие магматические породы растворов и газов, выделяющихся из того же магматического очага. В результате автометаморфизма возникают породы существенно отличающиеся от первоначальных и они содержат ценные полезные ископаемые. Наиболее распространенными автоморфическими породами являются грейзены, серпентиниты (змеевики), «вторичные кварциты», пропилиты, березиты, листвениты и т.д.

Грейзены – результат метасоматоза (растворы, газы, пары) чаще всего наложенного на гранитные породы. Грейзены светлоокрашенные, почти белые породы., сложенные главным образом кварцем, мусковитом и в подчиненном количестве турмалином, флюоритом, литиевой слюдой, топазом, апатитом и др. Из рудных минералов могут быть – касситерит, вольфрамит, висмутин, сульфиды и т.д. Структура грейзенов; гранобластовая, лепидобластовая, а текстура массивная. Из грейзенов извлекают минералы бора, топаза, касситерит, вольфрамит, молибденит, берилл, висмутин и т.д.

Серпентиниты (змеевики) образуются при воздействии низкотемпературных гидротермальных растворов на ультраосновные магматические породы. Серпентиниты темно – зеленой или светло – зеленой пятнистой окрасками, плотные, тонкозернистые, волокнистой и петельчатой структурами. Состав; хризотил, бастит, антигорит, а также прожилки хризотил – асбеста. А в качестве реликтовых минералов: оливин, пироксен и др. Серпентиниты являются объектом для извлечения асбеста, иногда хромита, титано – магнетита, кобальта, платины (самородной) и т.д.

Вторичные кварциты образуются за счет изменения вулканических кислых и средних пород под влиянием поствулканических растворов. В результате воздействия

последних большая часть первичных порообразующих минералов замещается вновь образованными. Состав вторичных кварцитов; кварц, алунит, каолинит, диаспор, пирофиллит, из рудных минералов могут присутствовать сульфиды меди, свинца цинка, серебра и др. Иногда они содержат корунд.

Пропилиты. Эти породы своим происхождением обязаны воздействию гидротермальных растворов на средние и основные вулканы. В составе пропилитов; альбит, актинолит, хлорит, кальцит, эпидот, а из рудных бывают золото, серебро, свинец и т.д

Березиты по своему образованию близки к грейzenам, отличаясь от них лишь меньшей степенью кристалличности. В составе березитов; мусковит, кварц, сульфиды железа. Порода также может содержать золото.

Листвениты. Порода массивная, зеленого, беловатого, и светло-желтоватого цвета. В состав её; кварц, карбонаты, зеленая слюда (фускит). Листвениты образованы за счет гидротермального метасоматоза, наложенного на серпентиниты. Листвениты являются поисковым признаком на золото и на кобальто-медных руд.

ПОРОДЫ КАТАКЛАСТИЧЕСКОГО МЕТАМОРФИЗМА.

Данный вид метаморфизма осуществляется при одностороннем давлении и невысокой температуры. Тектонические процессы, наложенные на породы вызывали их дробление и перетирание. К рассматриваемому метаморфизму относятся катаклазированные породы, катаклазиты, милониты, тектонические брекчии и др.

Катаклазированные породы. В них еще наблюдается отчетливая первичная структура. В породе дроблены наиболее хрупкие минералы (кварц, калиевые полевые шпаты), а пластичные минералы (например слюды) несколько сминаются

и изгибаются. Кварц приобретает волнистое и мозаичное погасание. Эти породы по составу могут отвечать гранитам, габбро и др. Структура катакластическая.

Катаклазиты. От предыдущей породы отличаются более сильной раздробленностью. В катаклазитах чаще порфиروкластическая и blastsцементная структура. По реликтам минералов можно установить исходный состав породы. Перетертая мелкозернистая масса может замещаться хлоритом, серицитом и другими вторичными минералами.

Милониты-породы интенсивно раздробленные. Они почти нацело состоят из тонкого, пылеватого материала с редкими обтертыми (сглаженными) зернами (реликты первичной структуры). Милониты располагаются вдоль разломов, а поэтому они обычно рассланцованы. Тонкозернистый материал может замещаться серицитом, хлоритом эпидотом и другими материалами.

Тектонические брекчии развиты в складчатых областях и в зонах дизъюнктивных (разрывных) нарушений. Брекчии сложены различными по размерам угловатыми обломками, сцементированными более мелкими частицами того же или иного состава.

Указание по сдаче лабораторных работ,

1. Студент должен научиться определять породы автометасоматизма, гидротермального метасоматизма и катакластического метаморфизма и показать в образцах.

Вопросы:

1. Какие породы образуются при автометасоматизме, гидротермальном метасоматизме и катакластическом метаморфизме?

2. Какой минеральный состав серпентинита, грейзена, ливсвениата, березита?

8 лабораторная работа

Цель проведения лабораторной работы.

1. Изучение породы регионального метаморфизма
2. На основе изучения петрографических шлифов и образцов пород выделить фации регионального метаморфизма

Материалы для выполнения лабораторной работы:

1. Петрографические шлифы и коллекция пород.
2. Метод. указание по выполнению лабораторных работ по петрологии.

Теоретическая основа

ПОРОДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО МЕТАМОРФИЗМА

Породы фации зеленых сланцев. Образование этих пород

происходило при T до $400^{\circ}C$ и $P=4000$ атм. В этих условиях глины и глинистые сланцы переходят в филлиты, серицит – хлоритовые сланцы, средние и основные вулканические породы в зеленокаменные породы и зеленые сланцы.

Филлиты – мелкозернистые обычно тонкоплитчатые или рассланцованные породы серого, темно-серого цвета. Филлитовые сланцы часто имеют шелковистый блеск на плоскостях раскола. Состав: серицит, в подчинении хлорит, углистое вещество, кварц. Структура лепидобластовая, нематобластовая, а текстура сланцеватая.

Зеленокаменные породы и зеленые сланцы – результат превращения основных и средних магматических пород (андезиты, базальты, диориты, габбро) и их туфов. В этих породах средние основные плагиоклазы замещены альбитом,

цветные минералы хлоритом, актинолитом, кальцитом. Зеленокаменные породы с массивной текстурой и с лепидобластой и нематобластовой структурами. В двух этих породах могут отмечаться реликтовые структуры и текстуры.

Породы эпидот – амфиболитовой фации образовались при $T=500^0-650^0$ С и $P=7500-10\ 000$ атм. В этих условиях устойчивыми минералами являются обыкновенная роговая обманка, биотит эпидот, средний плагиоклаз, андалузит, силлиманит, ставролит, гранат (альмандин).

Глинистые породы в условиях характеризуемой фации превращаются в силлиманит (андалузит) – мусковитовые или ставролит – силлиманитовые кристаллические сланцы, более крупнозернистые, чем филлиты, лучше раскристаллизованы, утратившие реликты первичных структур и текстур. Эти сланцы темно – серые, светло – серые. Структуры: равномернозернистая (гомеобластовая), мелко–, среднезернистая, порфиробластовая, лепидобластовая и нематобластовая, а текстура чаще сланцеватая.

Кварцевые песчаники превращаются кварцитовидные сланцы и кварциты, сложенные бластами зерен кварца и другими второстепенными минералами.

Граниты, аркозовые песчаники преобразуются в слюдяные сланцы, кварц – мусковит – полевошпагатого состава с гранобластовой и гемеобластовой структурой. Исходные известняки преобразуются в мраморы, чаще имеющие гранобластовую структуру и массивную структуру.

ПОРОДЫ АМФБОЛИТОВОЙ ФАЦИИ. Породы амфиболитовой фации образовались в условиях $P= 4000-8000$ атм. $T=650-800^0$ С. В них устойчивыми минералами являются обыкновенная роговая обманка, кордиерит, ставролит, биотит, гранат, плагиоклаз и появляются натриево-калищпатовые полевые шпаты. В условиях амфиболитовой фации наступает

частичное её расплавление (анатексис) с образованием гранитного расплава, приводящего к образованию мигматитов.

Амфиболиты по происхождению могут быть пара и ортопородами, причем первые по глинисто – карбонатным породам, а вторые по средним и основным магматическим породам. Амфиболиты зеленой, серо – зеленой до темной окраски, кристалличность их различная. Структуры: гранобластовая, порфиробластовая, реже реликтовая, а текстура обычно массивная. В составе амфиболитов; обыкновенная, бурая и щелочные роговые обманки, плагиоклазы (свыше №25), гранат, биотит, пироксены, силлиманит, кварц, калишпаты, ставролит и т.д.

В амфиболитой фации из метапелитов (глинистых пород) образуются различные по минеральному составу парагнейсы, а из интрузивных кислых пород ортогнейсы. Последние по минеральному составу отвечают гранитам и гранодиоритам. Структуры гнейсов; гранонематобластовая, порфиронематобластовая, гранобластовая, а текстура гнейсовидная. Степень кристалличности и окраски гнейсов разнообразные.

Мигматиты – породы в которых наблюдается чередование полос субстрата (сходного материала) с полосами гранитного состава. Карбонатные породы преобразуются в мраморы и силикатные мраморы. В их составе кальцит, реже диопсид, гранат, эпидот, основные плагиоклазы и др. Структура гранобластовая, а текстура массивная. Окраски пород чаще светлые.

ПОРОДЫ ГРАНУЛИТОВОЙ ФАЦИИ образовались при Р до 13 000 атм и T-750-1000⁰ С поэтому они почти не содержат воду. В составе гранулитов гиперстен, диопсид, кварц, гранат, (сильно пиропистый), ортоклаз, кордиерит.

Гранулиты – породы мелко, реже среднезернистые, светло или темноокрашенные. Светлые гранулиты образовались

за счет кварц – полевошпатовых пород и по внешности сходны с гранитами. Эти гранулиты характеризуются наличием доскообразной формы зерен кварца, чередующего с гранобластовыми обособлениями зерен кварца, полевого шпата, пироксена (гиперстена) и граната. Темные гранулиты содержат плагиоклаз, гиперстен, гранат (альмандин). Последние образованы за счет основных магматических пород, а также по мергелям. Структура гранулитов гранобластовая, текстура массивная, линзовидная (или полосчатая).

ЭКЛОГИТОВАЯ ФАЦИЯ. Породам данной фации характерны более высокое давление - свыше 17000 атм , температура $-550-1000^{\circ}$ С. По химическому составу эклогиты близки к группе габбро – базальта. Эклогиты породы средние – крупнозернистые, темно – зеленые, почти черные. В их составе жилистый буровато – красный гранат (пироповый), зеленый, травяно-зеленый, моноклинный пироксен (омфацит), рутил, второстепенными минералами являются дистен, диопсид, и др. Структура гранобластовая.

ПОРОДЫ ЗОНЫ УЛЬТРАМЕТАФОРИЗМА И ГРАНИТИЗАЦИИ

При значительном погружении (свыше 8-10км,) исходных пород в пределах складчатых участков земной коры и повышение температур может вызвать их расплавление. Первоначально выплавляются ($650-700^{\circ}$ С) легкоплавкие компоненты – кварц, полевые шпаты (селективное плавление - анатексис).

Метаморфизм, который проходит с частичным расплавлением субстрата называется ультраметаморфизмом. При еще большем погружении и повышении температур до $800 - 900^{\circ}$ С наступает полное расплавление (палингенез) пород, превращенные в магму. При частичном **расплавлении** субстрата исходных пород, например, гнейсов, метаморфизованных магматических пород и т.д. образуются мигматиты, в которых субстрат (исходная порода) чередуется с кварц полевошпатовым агрегатом.

Инъекционные гнейсы представляют собою разновидность мигматитов, в которых магматический расплав закристаллизовался в виде послонных и секущих прожилков расположенные среди субстрата. Прожилки с последним имеют чаще постепенной переход. Это может говорить о метасоматическом происхождении инъекционных гнейсов. Последние в данном случае – результат граннитизации. Граннитизация это образование гранитов по любым исходным породам в магматическую стадию. По Д.С. Коржинскому преобразование метаморфических пород в граниты происходило под влиянием мигрирующих через них магматических растворов, обогащенных летучими компонентами. При гранитизации происходит привнос щелочей и кремнезема и вынос из субстрата магния и железа.

ПОРЯДОК ИЗУЧЕНИЯ И ОПИСАНИЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

Изучение метаморфических пород начинается в полевых условиях, где решаются вопрос об условиях их залегания, взаимоотношения с интрузивами, разрывными и складчатами структурами, о характере метаморфизма и его интенсивности в пространстве. Изучая формы залегания регионально – метаморфизованных пород необходимо учитывать, что они могут унаследовать морфологию (форму) исходных осадочных и магматических пород. В первом случае метаморфические породы могут иметь форму пластов, линз, толщ, в во втором - жил, штокверков и т.д. Контактново-метаморфизованные породы чаще образуют ореолы различной мощности вокруг интрузивных тел, повторяющие форму их контактов. Характеристика метаморфических пород проводится таким же образом как и пород генетических групп. Описание метаморфических пород в шлифах под микроскопом начинается с перечисления минералов (в порядке их убывания). Далее описываются оптические свойства каждого минерала, их формы взаимоотношения и т.д. В заключении называют структуру и текстуру породы. Название метаморфической породы, приводят согласно всех проведенных наблюдений, устанавливая тип

породы, например- роговик, сланец и т.д. Обычно название породы приводят по двум или трем главным минералам, например, пироксен – плагиоклазовый роговик, кварц – мусковит - биотитовый сланец, кордиерит-силлиманитовый гнейс и т.д.

Указание по сдаче лабораторных работ,

1. Студент должен научиться определять породы автомета соматизма, гидротермального метасоматизма и катакластического метаморфизма и показать в образцах.

Вопросы:

1. В региональном метаморфизме какие фации выделяются ?
2. При региональном метаморфизме какие породы образуются?
3. Какой минеральный состав гнейса, сланцев, амфиболита, гранулита, эклогита ?

9 и 10 лабораторные работы

Цель проведения лабораторной работы.

Пересчет химического состава метаморфических пород по методу Маракушева А.А.

Материалы для выполнения лабораторной работы:

1. Химический состав метаморфических пород.
2. Методическое указание по пересчету метаморфических пород по методу Маракушева А.А.

Теоретическая основа

ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ СИСТЕМАТИКА ИЗВЕРЖЕННЫХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Бинарная диаграмма А. А. Маракушева для классификации метаморфических пород [114].

Бинарная диаграмма строится в координатах SiO_2 - $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$, представленных в массовых содержаниях химических анализов (рис. 1). Диаграмма является эмпирической и построена путем обобщения большого количества химических анализов метаморфических пород. Последние с точки зрения петрохимической систематики аналогичны магматическим породам. На диаграмме выделены две большие группы пород по химизму: щелочноземельный (А) и щелочной (Б) ряды пород. Поля пород разделены на ряд более дробных групп. В ряду щелочноземельных пород (А) по крем-некислотности различаются группы: II (серпентинитов), А-I (амфиболитов), III (тальковых сланцев), А-III (основных гнейсов), А-IV (гнейсов), А-V (кварцито-гнейсов). В ряду щелочных пород (Б) выделяются группы: Б-1 (хлоритовых и рибекитовых сланцев), Б-II (глаукофановых сланцев), Б-III (щелочных жадеититов), Б-IV (щелочных гнейсов и кварцито-гнейсов).

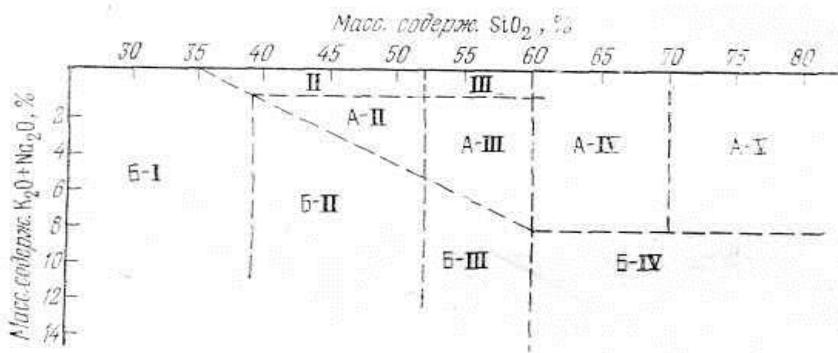
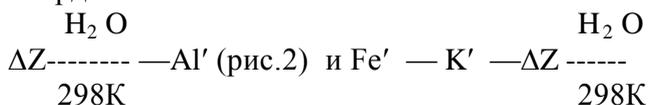


Рис. 1 Диаграмма А.А. Маракушева для систематики метаморфических пород.

Реконструкции первичной природы метаморфических пород

Диаграмма А.А.Маракушева и В.И. Фельдмана для реконструкции первичной природы метаморфических пород представляет собой сведенные бинарные диаграммы в координатах:



Общая основность пород $\Delta Z \frac{H_2O}{298K}$ рассчитывается для стандартных 'условий. В результате вычисления стандартных формул Al, Fe и $\Delta Z \frac{H_2O}{298K}$ выделено десять петрохимических

типов пород, которые сопоставляются на диаграмме. Для удобства расчета общей основности приведены величины основности оксидов (в кДж) в пересчете на числа катионов эквивалентной формулы: Si = 7,5; Ti = —18,6; Al = 10,0; Fe³⁺ = —5,9; Fe²⁺ = 13,4; Mn = 25,1; Mg = 27,4; Ca = 42,4; Na = 44,9; K = 56,4; P = 22,7; C = —11,7. Для расчета $\Delta Z \frac{H_2O}{298K}$ породы эти

коэффициенты перемножаются на числа катионов формулы, произведения складываются и сумма делится на 100. Предварительно химический состав породы приводится к единым эквивалентным формулам. Подавляющее большинство типов метаморфических пород хорошо сопоставляется с осадочными аналогами. Кварциты ложатся в поле силицитолитов (V) и лишь частично в верхнюю часть полей аркозов (IV) и граувакк (VI). Кварцито-гнейсы располагаются в поле граувакк VI и аркозов IV. Кварцево-сланцевые и слюдяно-полевошпатовые сланцы и гнейсы располагаются в полях VI—IX, что отражает их формирование по хемо-генным, глинистым и кластогенным глинисто-псаммитовым осадкам. Закономерное положение занимают мраморы (I и II поля), кальцифи-ры и пироксен-плагноклазовые породы (III), корундиты дистен-корундовые породы (поля I, II, III, X). Часть пород попадает в зону перекрытия осадочных и магматических образований. Эклогиты, амфиболиты, зеленые сланцы и порфиритоиды

попадают в поля III-A и VIII-A, часть сланцев и гнейсов—в поля VI-A, VII-A, VIII-A, часть кварцито-гнейсов — в поле IV-A.

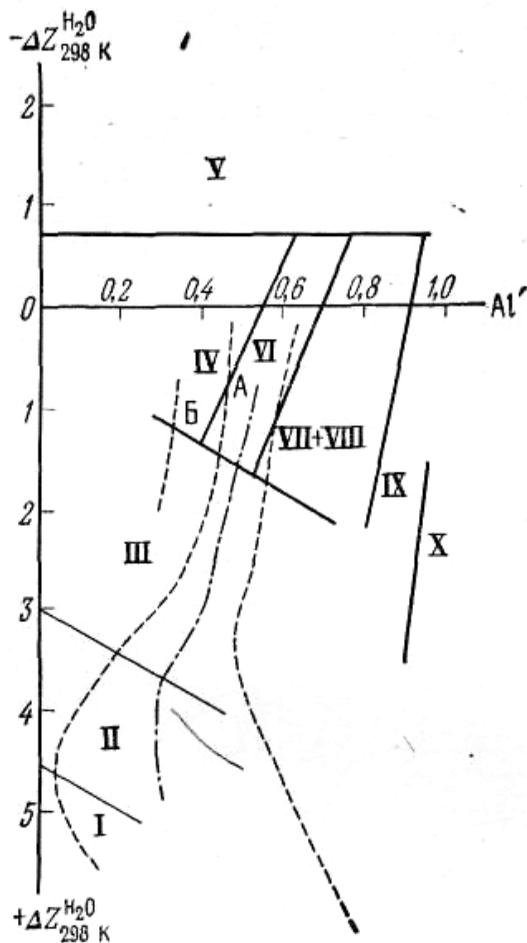


Рис. 182. Диаграмма $\Delta Z-\Delta V$ А. А. Маракушева и В. И. Фельдмана для главных типов метаморфических пород

Основная литература

1. Заварицкий А.Н. Пересчет химических анализов изверженных горных пород. М, Госгеолтехиздат, 1960
2. Кузнецов Е.А. Петрография магматических и метаморфических пород. Изд. МГУ, 1956 г.
4. Саранчина Г.М. Шинкарев Н.Р. Петрология магматических и метаморфических пород. Изд-во НЕДРА, Ленинградское отделение, Ленинград, 1973
5. Методическое указание по пересчету метаморфических пород по методу Маракушева А.А.

Дополнительная литература

1. Мирходжаев И. М., Попок Т.М. Методическое указание по изучению метаморфических пород. Гаш ГТУ, 1998.
2. Метод. указание по выполнению лабораторных работ по петрологии.
3. Кочурова Р.Н. Основы практической петрографии. Изд-во ЛГУ, Ленинград, 1972

8 лабораторная работа

1. Изучение породы регионального метаморфизма
2. На основе изучения петрографических шлифов и образцов пород выделить фации регионального метаморфизма

9 и 10 лабораторные работы

Цель проведения лабораторной работы.

Пересчет химического состава метаморфических пород по методу Маракушева А.А. 55