

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева
Кафедра геологии нефти и газа

А.В. Сергеев

**Учебно-методическое пособие
к лабораторным и практическим занятиям
по петрографии**



Ижевск
2022

УДК 552(078.5)
ББК 26.314я73-5
С322

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ

Рецензент: д-р. техн. наук, проф. А.А. Липаев

Сергеев А.В.

С322 Учебно-методическое пособие к лабораторным и практическим занятиям по петрографии – Ижевск : Удмуртский университет, 2022 – 134 с.

ISBN 978-5-4312-1044-0

Пособие содержит теоретический материал и задания для выполнения практических и лабораторных работ по петрографии. Разделы 1-8 знакомят обучающихся с классификацией и особенностями строения кристаллических горных пород. Разделы 9-11 содержат сведения по методике выполнения работ и непосредственно перечень заданий.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов направления подготовки «Прикладная геология» по профилю «Геология нефти и газа», изучающих дисциплину «Петрография».

УДК 552(078.5)
ББК 26.314я73-5

ISBN 978-5-4312-1044-0 © А.В. Сергеев, 2022
© ФГБОУ ВО «Удмуртский
государственный университет», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Общие сведения о петрографии	6
2. Методика петрографических исследований	8
3. Классификация кристаллических пород	11
4. Магматические горные породы	14
4.1. Классификация магматических пород	14
4.2. Строение магматических пород	16
4.3. Описание магматических пород	26
5. Метаморфические горные породы	29
5.1. Классификация метаморфических пород	29
5.2. Строение метаморфических пород	32
5.3. Описание метаморфических пород	34
6. Метасоматические горные породы	35
7. Мигматиты	37
8. Импактные горные породы	39
9. Методика работы и техника безопасности	41
Практические работы	49
Лабораторные работы	64
Список рекомендуемой литературы	70
Интернет-ресурсы	71
Приложение 1. Краткая классификация магматических пород	72
Приложение 2. Структуры магматических пород	73
Приложение 3. Текстуры магматических пород	94
Приложение 4. Распространенные магматические породы	108
Приложение 5. Распространенные метаморфические породы	110
Приложение 6. Структуры метаморфических пород	111
Приложение 7. Текстуры метаморфических пород	122

Приложение 8. Распространенные метасоматические породы	127
Приложение 9. Классификация мигматитов	130
Приложение 10. Строение мигматитов	131
Приложение 11. Строение импактитов	132

ВВЕДЕНИЕ

Цель данного издания состоит в методическом обеспечении лабораторных и практических работ по дисциплине «Петрография», которая проводится у студентов, обучающихся по направлению подготовки «Прикладная геология» по профилю подготовки «Геология нефти и газа».

Задачи настоящего методического пособия: 1 – познакомиться с классификацией магматических и метаморфических горных пород; 2 – дать краткое описание кристаллических горных пород; 3 – выработать навыки обращения с каменным материалом и средствами их исследований.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны:

знать:

- сущность процесса формирования магматических и метаморфических горных пород;
- строение и состав магматических и метаморфических горных пород;

уметь:

- диагностировать магматические и метаморфические горные породы;
- восстанавливать механизм и условия их формирования;

владеть:

- навыками работы с определителями, справочниками и простыми диагностическими инструментами.

Приобретение навыков изучения магматических и метаморфических горных пород будет способствовать успешному освоению дисциплины «Петрография», позволит перейти к изучению ряда геологических дисциплин («Литология», «Основы учения о полезных ископаемых»), прохождению учебной и производственной геологической и геолого-съёмочной практик, а также поможет в профессиональной деятельности.

Кроме того, данное пособие может использоваться при прохождении полевой физико-географической практики, а также учителями географии, естествознания, краеведения.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЕТРОГРАФИИ

Петрография занимается изучением горных пород (ГП), которые слагают земную кору. Этот термин переводится как «описание горных пород». Горная порода представляет собой минеральный агрегат – совокупность минералов, сформировавшихся в близких геологических и физико-химических условиях земной коры. Горные породы слагают геологические тела размером от долей миллиметра (прожилки) до тысяч километров.

В соответствии с ведущими геологическими процессами, в результате которых они образовались, ГП подразделяются на три главных генетических типа:

- магматические ГП – продукты эндогенных процессов затвердевания преимущественно силикатных растворов-расплавов (магм);

- осадочные ГП – продукты экзогенных процессов накопления осадков на земной поверхности в результате других, ранее существовавших ГП или в процессе жизнедеятельности организмов;

- метаморфические ГП – продукты эндогенных процессов перекристаллизации первично магматических или осадочных пород.

В ходе своего развития петрография изучала все разновидности горных пород примерно до последней четверти XX в. Однако в настоящее время петрография осадочных пород выделилась в отдельную область геологии – литологию. Таким образом, современная петрография является наукой, изучающей ГП, образованные или преобразованные эндогенными процессами, а также сформировавшиеся в результате метеоритной бомбардировки земной коры – это т. н. «импактные» породы. Совокупность перечисленных ГП исторически получила достаточно условное название «кристаллические породы», которое используется и в новом Петрографическом кодексе (2009).

Главным объектом петрографических исследований является земная кора, однако предметами ее исследований являются участки земной коры, сложенные эндогенными «кристаллическими» ГП.

Горная порода является промежуточным или конечным продуктом геологических процессов. Можно выделить три серии процессов: эндогенная, экзогенная и метаморфогенная, каждая из которых состоит из конкретных геологических процессов (табл. 1).

Таблица 1

Схема процессов пороодообразования и их параметры

Серия процессов	Группа процессов, процесс и его результат		Глубина, км	Температура, °С	Давление, МПа
Эндогенная	<i>1. Магматическая группа</i>				
	плавление мантии / земной коры, накопление остаточного расплава	дуниты, габбро, диориты, граниты, базальты	60-20 / 20-1	1400-800 / 900-700	1800-900
	<i>2. Пегматитовая группа</i>				
	выделение флюидов	пегматиты	20-1	800-300	800-20
	<i>3. Автометасоматическая группа</i>				
	замещение минералов растворами	альбититы и грейзены	5-1	550-220	100-20
	<i>4. Контактново-метасоматическая группа</i>				
	переход флюидов в жидкость	скарны	2,5-0,5	700-200	50-10
Метаморфогенная	<i>5. Гидротермальная группа</i>				
	осаждение минералов из растворов	гидротермалиты	4,5-0	400-50	90-1
	<i>6. Регионально-метаморфическая группа</i>				
	перекристаллизация	гнейсы и др.	3-50	250-950	60-5400
	<i>7. Контактново-метаморфическая группа</i>				
перекристаллизация	мраморы и др.	1-1,5	700-800	20-30	

2. МЕТОДИКА ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования ГП выполняются в полевых и камеральных условиях. Сначала ГП изучаются в «поле» на месте своего залегания в естественных и искусственных обнажениях, а затем в лабораториях.

В полевых условиях, используя методы наблюдения и описания, определяют, измеряют следующие особенности тел ГП:

- 1) форму, размеры и морфологический тип массива;
- 2) условия залегания (согласное, несогласное) тел исследуемых ГП среди окружающих, характер контактов (резкий – постепенный, холодный – горячий) тел с вмещающими породами;
- 3) элементы залегания контактов (азимут и угол падения);
- 4) геологический возраст магматического массива (по характеру соотношения с осадочной толщей);
- 5) внутреннее строение пород, жильные и гидротермальные образования, трещиноватость тел эндогенных и вмещающих пород.

Документируются макроскопически видимые свойства самих ГП, слагающих исследуемое геологическое тело. Определяются:

1. название породы;
2. цвет породы;
3. минеральный состав;
4. структура;
5. текстура.

Название породы устанавливается исходя из ее состава и строения. Состав определяется на основании породообразующих минералов и преобладающих химических соединений. Главными минералами являются полевые шпаты, кварц, оливин, авгит (пироксены), роговая обманка (амфиболы), слюды, нефелин и т. д. Примеры определения наиболее распространенных магматических и метаморфических пород приведены в Прилож. 1 и 2.

Строение (структура и текстура) свидетельствуют об условиях образования породы. Для каждого класса магматических и метаморфических пород характерны свои структуры и текстуры.

В вулканогенных толщах в основании обычно залегают туфобрекчии и лавы, выше они сменяются мелкообломочными и слоистыми туфами. Типичны случаи изменения вещественного состава.

Описывают жильные образования, их состав, размеры и залегание.

Вулканогенно-осадочные (-обломочные) ГП содержат продукты взрывной вулканической деятельности и собственно осадочный обломочный материал, поэтому их соотношение и положено в основу классификации. Эти породы подразделяются на туфы (>90 % пирокластического материала), туффиты (50–90 %) и туфоосадочные породы (10–50 %). Зерна этих пород неотсортированы, остроугольны и представлены продуктами вулканических извержений.

При наличии ориентировки минералов в одном направлении или видимой полосчатости измеряют их элементы залегания.

Массивы метаморфических ГП расчленяются на свиты, серии или литолого-петрографические комплексы (например, ортопороды – парапороды). Внимательно изучаются процессы метаморфизма, тектоника и присутствующие здесь же магматические породы с целью выявления тектоно-магматических циклов.

Для прослеживания зон метаморфизма важно выделить ГП, обладающие определенным парагенезисом минералов; проследить связи этих пород между собой по условиям залегания и возраста; изучить изменения минеральных ассоциаций по вертикали; проследить выделенные типы пород по простиранию.

Отмечаются вторичные эндогенные (окварцевание, серицитизация и др.) и экзогенные (лимонитизация, карбонатизация) изменения пород.

В процессе документации делаются зарисовки и фотографии.

Выполняется отбор образцов ГП для лабораторных петрографических исследований. Обязательно указывается геологическая и географическая привязка положения исследуемого тела ГП и отобранных образцов.

В лабораторных условиях уточняют полевую диагностику ГП и составляющих их минералов. Для этого используются кристаллооптический и петрохимический методы.

Кристаллооптический анализ является ведущим. Он заключается в исследовании с помощью поляризационного микроскопа тонких срезов пород – прозрачных шлифов, в проходящем свете. Метод позволяет диагностировать минералы, слагающие породу, выявлять ее микроструктуру и микротекстуру, тем самым определять наименование вида ГП.

Петрохимический анализ заключается в определении содержания макроэлементов. Он позволяет не только диагностировать ГП путем нахождения ее места на петрохимических диаграммах, но и после определенных пересчетов результатов анализов определять тектонические и термобарические условия ее образования.

Прецизионные методы применяют для уточнения состава микроэлементов в минералах и ГП (различные методы спектрального анализа), диагностики минералов (рентгено-структурный, термовесовой, электронно-микроскопический анализы). Для определения возраста и условий образования ГП используются методы изотопной геохимии.

При обобщении результатов исследований применяется петрографическое картирование, позволяющее проследить изменение состава ГП в пространстве, выделить этапы и стадии пороодообразования.

Важным элементом петрографических исследований является формационный анализ ГП, который заключается в обобщении петрографических и палеотектонических данных для выявления формационной принадлежности тел ГП.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОД

Классификация ГП необходима для:

- систематизации многообразия видов;
- выяснения условий формирования;
- прогнозирования месторождений полезных ископаемых, которые бывают приурочены к определенным породам.

Традиционно основу классификации ГП составляют два критерия: генетический и вещественный. Генетический критерий подразумевает обобщение сведений о ГП на основе реконструкции процессов их образования. Вещественный критерий подразумевает объединение ГП в зависимости от их химического и минерального состава. Из двух названных критериев ведущим является генетический, именно он кладется в основу выделения наиболее крупных совокупностей ГП.

Межведомственным петрографическим комитетом Российской Федерации составлен Петрографический кодекс России (2009), содержащий классификацию ГП. В классификации используется иерархия подразделений из шести таксонов: *тип* → *класс* → *отряд* → *семейство* → *вид* (табл. 2).

Таблица 2

Генетические типы и классы кристаллических пород

Тип	Класс	Процесс	Условия размещения	Пример вида
Магматический	плутонический	магматический	орогены, активизированные платформы	гранит
	гипабиссальный			гранодиорит-порфир
	вулканический			базальт
Метаморфический	контактово-метаморфический	термальный метаморфизм	экзоконтакты магматических ГП	роговик, мрамор
	регионально-метаморфический	динамотермальный метаморфизм	щиты, орогены	гнейс, амфиболит

	дислокационно-метаморфический	динамометаморфизм	зоны дислокаций	катаклазит
Мигматитовый	метасоматический	метасоматоз	щиты, орогены	мигматит
	метаморфический	динамотермальный метаморфизм		
	инъекционно-магматический	инъекционно-магматический		
Метасоматический	контактово-метасоматический	автометасоматоз	экзо- и эндо-контакты интрузий	грейзен
		контактовый метасоматоз		скарн
	регионально-метасоматический	региональный метасоматоз	фундамент платформ	метасоматический гранит
	гипергенно-метасоматический	гипергенез	кора выветривания	латерит
Импактный	ударно-метаморфизованный	ударно-метаморфический	астроблемы	ударно-метаморфизованный песчаник
	брекчиевый			коптокатаклазит
	импактитовый	ударно-расплавный		витрокласты
Вулканогенно-осадочный	-	вулканогенно-осадочный	области вулканизма	вулканический туф

В Кодексе выделяются пять типов ГП:

1. магматические – продукты затвердевания природных расплавов;

2. метаморфические – продукты перекристаллизации магматических и осадочных пород в изменившихся термобарических условиях;

3 мигматитовые – продукты интенсивного метаморфического преобразования исходных пород вплоть до их частичного плавления;

4. метасоматические – продукты замещения первичных пород под действием растворов;

5 импактные – продукты преобразования ГП при ударе и взрыве космических тел.

Кроме того, выделяется промежуточный тип вулканогенно-осадочных пород, образовавшиеся в процессе взрывного извержения и содержащие чуждый извергающейся магме по составу и условиям образования материал.

4. МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

4.1. Классификация магматических пород

Тип объединяет ГП, одинаковые по генезису, т. е. по способу образования. *Классы* выделяются по фациальным условиям формирования ГП. *Отряды* (надотряды, подотряды) выделяются по химическому составу, например, по содержанию кремнезема (SiO_2), глинозема (Al_2O_3) и т. п. В *семейства* объединяют ГП, близкие по минеральному составу. *Вид* обособляется по специфическому минеральному составу, геологическим условиям размещения и физико-химическим условиям образования. Исторически сложилось так, что названия видам даются по облику ГП (например, гранит – зернистый), по месту первоначального обнаружения (например, дунит – по г. Дун), по названиям входящих в породу минералов (например, апанеит – апатит-нефелиновая порода).

В зависимости от условий образования магматические породы делятся на три класса: интрузивные, эффузивные, жильные (Прилож. 1).

Интрузивные (плутонические, глубинные, абиссальные) магматические ГП кристаллизуются в недрах земной коры на глубинах от 3-5 до 10-15 км и температурах 750-1100 °С. В таких условиях магма остывает медленно, что благоприятствует образованию полнокристаллических структур и массивных текстур (без пустот, миндалин).

Эффузивные (вулканические, излившиеся) магматические породы образуются в результате быстрого застывания расплава на земной поверхности (лавы) или вблизи ее – в подводящих каналах и субвулканических камерах на глубинах от 0 до 1-1,5 км. Для них характерны стекловатые и порфириновые структуры, пористые и миндалекаменные текстуры.

Жильные (гипабиссальные) магматические ГП формируются на умеренных глубинах, т. е. от 1-1,5 до 3-5 км. Породы этого класса имеют структур от скрытокристаллической до гигантокристаллической, часто с крупными минеральными выделениями на фоне

мелкокристаллической основной массы. Тела легко опознаются по жильной форме залегания.

По степени вторичных изменений эффузивные ГП делятся на *кайнотипные* – «молодые», неизменные, и *палеотипные* – «древние», в той или иной степени, измененные и перекристаллизованные главным образом под влиянием времени.

Однако в качестве главного классификационного признака магматических пород используют их химический состав, в первую очередь, содержание кремнезема SiO_2 , которое может колебаться от 24 до 84 %. По этому признаку магматические породы делятся на шесть отрядов: некремнеземистые ($\text{SiO}_2 < 30\%$), ультраосновные ($\text{SiO}_2 30\text{--}45\%$), основные ($\text{SiO}_2 45\text{--}52\%$), средние ($\text{SiO}_2 52\text{--}63\%$), кислые ($\text{SiO}_2 63\text{--}78\%$), ультракислые ($\text{SiO}_2 > 78\%$).

Магматические породы каждого отряда по отношению суммы щелочей $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ к глинозему Al_2O_3 делятся на два ряда. Если это отношение меньше 1, то порода принадлежит к *нормальному* ряду, а если больше 1 – к *щелочному* ряду. Сумма $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ служит критерием для выделения четырех подотрядов: низкощелочной, нормальнощелочной, умереннощелочной (субщелочной), щелочной. Значения $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ в каждом из отрядов различно.

Подотряды по соотношению содержаний SiO_2 и $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ подразделяются на семейства, которые именуются по названиям интрузивных и эффузивных пород близкого минерального состава. Например, породы семейства перидотитов-пикритов содержат оливин и пироксены.

Наконец, вид ГП выделяется по петрохимическому и минеральному составам. Первичные минералы (собственно магматические) по их количественному содержанию в составе породы делят на главные, или пороодообразующие (от 5 до 100 % объема породы), второстепенные (менее 5 %) и аксессуарные (менее 1 %).

Светлоокрашенные породы (из светлых – салических минералов) называют *лейкократовыми*, а темные (из темных и цветных минералов) – *меланократовыми*. Промежуточное положение занимают *мезократовые* породы (цветовой индекс М – 35-65).

По минеральному составу магматические породы делятся на семь групп:

- 1) группа перидотитов (Ol+Py);
- 2) группа габбро-базальтов (Py+Pl);
- 3) группа диоритов-андезитов (Amph+Pl);
- 4) группа сиенитов-трахитов (Amph+Ort);
- 5) группа гранитов-риолитов и гранодиоритов-дацитов (Ort+Amph+Pl+Q+Bi);
- 6) группа нефелиновых сиенитов-фонолитов (Ort+Amph+Neph);
- 7) группа щелочных габброидов-базальтоидов.

Кроме того, виды отличаются по структурно-текстурным, количественно-минералогическим и другим признакам.

4.2. Строение магматических пород

Структура – это особенности строения ГП, обусловленные внутренним строением, кристалличностью, формой минеральных зерен, абсолютными и относительными их размерами и взаимными отношениями минералов и вулканического стекла (Прилож. 2).

По внутреннему строению индивидов структура может быть однородной и неоднородной, вторая – зональной (с зонами роста), секториальная (с секторами роста) и двойниковая (при наличии двойников).

Структура по степени кристалличности бывает:

- полнокристаллическая, сложенная исключительно кристаллами различных минералов, стекло отсутствует;
- неполнокристаллическая (полукристаллическая), состоящая из кристаллов и стекла в различных количественных соотношениях;
- стекловатая (витрофировая), состоящая из стекла, возможно, с единичными микролитами или зародышами кристаллов (кристаллитов).

Полнокристаллическая структура по абсолютной величине зерен может быть:

– афанитовая – скрытокристаллическая (мелкие кристаллы (микролиты) макроскопически не видны, $<0,001$ мм) и микрокристаллическая (зерна с трудом видны невооруженным глазом, $0,2-0,001$ мм);

– фанеритовая (явнокристаллическая) – зерна видны невооруженным глазом: мелкокристаллическая ($0,2-2,0$ мм); среднекристаллическая ($2-5$ мм); крупнокристаллическая ($5-10$ мм); грубокристаллическая ($10-100$ мм); гигантокристаллическая (>100 мм).

– разнокристаллическая.

Структуры по относительной величине зерен:

– равнозернистые (равномернозернистые) – до 90 % зерен в одной градации;

– разнотернистые (неравномернозернистые):

- порфиоровые характерны для вулканических пород, где основная масса афанитовая или стекловатая, а на ее фоне наблюдаются вкрапленники (фенокристаллы) размером $1-10$ мм;

- порфировидные характерны для интрузивных пород, где на фоне основной полнокристаллической массы наблюдаются крупные фенокристаллы, иногда размером в несколько сантиметров.

Структуры по форме зерен:

– идиоморфные – характерны для мономинеральных пород, где все зерна имеют четкую кристаллическую форму, с хорошо выраженными контурами; если все минералы в породе идиоморфны, то такую структуру называют панидиоморфной;

– гипидиоморфные – характерны для пород, где высокотемпературные минералы имеют хорошо образованную кристаллическую форму, а низкотемпературные занимают промежутки между ними;

– аллотриоморфные (ксеноморфные) – характерны для пород, где минералы не имеют четких ограничений.

Среди гипидиоморфных структур выделяется множество разновидностей.

Гранитовая структура встречается в породах, содержащих кварц, при этом полевые шпаты обычно идиоморфнее кварца.

Офитовая структура свойственна основным породам, формирующимся в условиях быстрого остывания. Характеризуется резким идиоморфизмом плагиоклаза по отношению к фемическим минералам.

Сидеронитовая структура встречается в ультрамафитовых (группа магматических бесполевошпатовых и не содержащих фельдшпатоидов горных пород нормального петрохимического ряда) и основных породах, богатых рудным минералом. Для нее отмечается идиоморфизм силикатов относительно рудных минералов.

Агпаитовая структура характерна для щелочных пород и характеризуется идиоморфизмом нефелина по отношению к щелочным фемическим минералам.

Если же все минералы аллотриоморфны, то структура будет паналлотриоморфной. Эти структуры свидетельствуют о том, что все минералы кристаллизовались одновременно.

К разновидностям паналлотриоморфных структур относятся аплитовые (неправильная форма изометричных полевых шпатов и кварца) и габбровые (неправильные изометричные или короткопризматические кристаллы плагиоклаза и пироксена).

Существует ряд структур, обусловленных характерными прорастаниями и срастаниями минералов. Эти структуры могут быть первичными, сформированными в процессе кристаллизации расплава (пегматитовая, друзитовая). Однако чаще такие структуры являются вторичными, появившимися в результате постмагматических процессов (реакционные каймы, структуры распада твердых растворов: пертиты и антипертиты, мирмекиты, а также другие срастания минералов) и перекристаллизации (гранобластовая).

Пегматитовая (графическая) структура – это закономерные (параллельные удлиненные) сростки кварца и калиевого полевого шпата. Микропегматитовая структура называется гранофировой. Форма кварца в пегматитовых сростках клиновидная, в гранофировой структуре – неправильная.

Друзитовая (венцовая) структура в виде реакционной каймы наблюдается на фемических минералах. Каждая магматическая (первичная) реакционная кайма представляет собой монокристалл, заключающий реликтовое зерно ранее выделившегося минерала.

Пойкилитовая структура характеризуется наличием включений одних минералов в другие. Среди этих структур наиболее распространены пойкилоофитовая (идiomорфные мелкие кристаллы плагиоклаза включены в более крупные кристаллы фемических минералов – пироксена или оливина) и монзонитовая (крупные ксеноморфные зерна калиевого полевого шпата включают более мелкие идиоморфные кристаллы плагиоклаза и фемических минералов).

Постмагматические (вторичные) реакционные каймы – келифитовые – состоят не из одного кристалла, а из множества индивидов. К постмагматическим образованиям относятся также симплектиты – взаимные червеобразные прорастания двух разных минералов.

Пертиты представляют собой закономерные сростания, в которых альбит в виде вростков располагается внутри кристаллов калиевого полевого шпата. По форме вростки могут быть волокнистые, пленочные, жилковатые и пятнистые.

Антипертиты – плагиоклазы (обычно кислые) с вростками калиевого полевого шпата. Как правило, вростки калиевого полевого шпата имеют изометричные очертания.

Мирмекиты представляют собой зерна плагиоклаза, проросшие по границе с калиевым полевым шпатом червеобразными вростками кварца. Кварцевые вростки в плагиоклазе появляются при замещении плагиоклазом калиевого полевого шпата, в результате чего освобождается кремнезем.

Гранобластовая структура возникает в результате перекристаллизации интрузивных пород при медленном охлаждении. При этом кристаллы с зональной структурой превращаются в однородные крупные кристаллы – гранобласты.

По степени раскристаллизации структуры вулканических пород различаются в зависимости от соотношения стекла и микролитов (микроскопических кристаллов): витрофировая (>74:25), гиалопили-

товая (50:50), интерсертальная (<25:75). Высокую степень раскристаллизации характеризуют структуры: пилотакситовая (волоконнокристаллическая – отличается отсутствием или ничтожным содержанием стекла и субпараллельным расположением микролитов плагиоклазов), трахитовая (аналогична пилотакситовой, микролиты сложены калиевым полевым шпатом), ортофирровая (стекло отсутствует, микролиты калиевого полевого шпата изометричны), фельзитовая (основная масса состоит из субмикроскопических зерен кварца и полевого шпата), сферолитовая (присутствуют сферолиты – сферические образования диаметром 0,1-0,3 мм, сложенные радиально расположенными волокнами калиевого полевого шпата и кварца; если их строение концентрически скорлуповатое, то эти сферические образования называются литофизами).

Текстура – это внешний признак породы, обусловленный распределением компонентов и способов заполнения их в пространстве. Внутреннее строение, форма, размеры и пространственные соотношения минеральных агрегатов являются морфологическими параметрами.

Морфологические группы текстур

По минеральному составу агрегаты могут быть полиминеральными и мономинеральными (Прилож. 3).

По характеру распределения минеральных индивидов в плотном агрегате выделяют два класса текстур – однородные и неоднородные.

Однородная (массивная) текстура свидетельствует об одинаковых спокойных условиях кристаллизации магмы во всех участках тела; минеральный состав всюду одинаков, зерна не имеют какой-либо ориентировки.

По плотности сложения различают плотные и пористые текстуры.

Неоднородная текстура может быть такситовой и директивной.

Такситовая (пятнистая, разнозернистая, шлировая) текстура обусловлена неравномерным распределением компонентов

или структурных признаков в породе. Например, *шаровая* текстура, в которой минералы располагаются в виде концентрических слоев вокруг некоторых центров, причем к центру увеличивается степень раскristаллизации и, часто, количество вкрапленников. Она характерна для подводных «подушечных» лав (пиллоу-лавы).

Директивные (однонаправленные) текстуры проявляются в ориентировке зерен минералов. Они бывают следующих видов.

Полосчатая текстура характеризуется чередованием субпараллельно расположенных полос различного состава и структуры. Она является следствием течения магматического расплава во время кристаллизации.

Гнейсовидная (гнейсовая, линейная) текстура отличается субпараллельным расположением темноцветных минералов.

Трахитоидная – субпараллельное расположение светлоокрашенных минералов.

Флюидальная – обусловлена направленным течением застывающей лавы.

Пористые текстуры характерны для вулканических пород и обусловлены выделением газов из расплава при его остывании. Поры могут быть разного размера и формы (сферические, эллипсоидные, неправильные). По этим признакам выделяются:

– *собственно пористая* текстура – количество пор незначительное, их диаметр не более 2 мм;

– *пузыристая* – много пор с диаметром более 2 мм;

– *пемзовая* – пор больше, чем материала породы;

– *шлаковая* – аналогична пемзовой, но отличается от нее большими размерами неправильных, сильно вытянутых пустот и большей толщиной перегородок между пустотами;

– *миндалекаменная* – характерны для палеотипных вулканических пород и обусловлены заполнением пустот вторичными поствулканическими гидротермальными низкотемпературными минералами (кальцит, халцедон, цеолиты, гидроксиды железа);

– *миаролитовая* – редкая текстура, встречающаяся в интрузивных полнокристаллических породах, в которых пустоты (миаролы) имеют зональное строение.

Среди текстур по форме минеральных агрегатов целесообразно различать агрегаты изометричные, вытянутые в двух и одном направлении.

Текстуры изометричных агрегатов (*шлирово-такситовая текстура*) характеризуются наличием в породе шлиров (изометричные скопления минеральных агрегатов, образовавшихся из расплавов) или близких к ним по морфологии образований (ксенолитов, эндогенных включений, пегматитовых гнезд). Типичным примером является *шаровая* текстура, рассмотренная выше. Если скопления минералов небольшие и из таких скоплений сложена вся порода, то текстура называется *гломерокристаллической*.

В зависимости от размеров агрегатов используют понятия вкрапленная текстура (размер вкрапленников 0,1-10 мм), пятнистая (более 10-100 мм), шлировая (более 10 см).

Текстуры плоских агрегатов (*слоисто-такситовая текстура*) называют также директивными, охарактеризованные выше – полосчатая, гнейсовидная, трахитоидная, флюидальная.

Для продуктов поздней кристаллизации характерны плоские агрегаты, секущие тела горных пород. Это жильная, прожилковая, решетчатая и сетчатая текстуры.

У *жильной текстуры* жилы имеют субпараллельные границы и толщину более 10 мм. *Прожилковая текстура* характеризуется аналогичными образованиями толщиной менее 10 мм. *Решетчатую текстуру* имеют породы с системой пересекающихся жил, а *сетчатую* – с системой пересекающихся прожилков.

Шлирово-такситовая текстура может иметь линзовидные агрегаты. Мелкие линзочки – нодули (до 20 мм) – отличают *нодулярную текстуру*.

Текстуры агрегатов, вытянутых в одном направлении представлены текстурой *червячковой* (длиной менее 10 мм), *трубчатой* (длиной более 10 мм) и линейной (рассмотренной выше).

Текстуры по размерам минеральных агрегатов делятся на группы – по абсолютному и относительному размеру.

Текстуры по абсолютному размеру делят на *мегатекстуры* (десятки и сотни метров, например, дайковая), *макротекстуры* (от миллиметров до единиц метров, например, шлировая, толстополосчатая, тонкополосчатая, жильная) и *микротекстуры* (устанавливаемые под микроскопом, например, микровкрапленная, микрослоистая, прожилковая).

Текстуры по относительному размеру минеральных агрегатов определяют путем сравнения их размеров. Для агрегатов одинакового размера используется понятие «*равномерно*», например, равномерно вкрапленная, равномерно слоистая текстуры и т. д. Если агрегаты существенно отличаются по размеру, то используют понятие «*неравномерно*», например, неравномерно вкрапленная, неравномерно шлировая, неравномерно слоистая и т. д.

Текстуры по пространственным соотношениям минеральных агрегатов различаются по характеру контактов, по форме границ агрегатов, по соотношению агрегатов друг с другом.

Текстуры по характеру контактов бывают с *четкими* (резкими) границами, характерные для эпигенетических агрегатов (ксенолитовая, жильная); а бывают *постепенно переходящие* один в другой, характерные для текстур отложения, замещения (полосчатая, шлировая, зональная).

Текстуры по форме границ агрегатов делятся на текстуры с *прямолинейными границами*, характерные для текстур выполнения полостей и текстур отложения (полосчатая, жильная); текстуры с *криволинейными границами*, обычно отражающие процессы магматического или метасоматического замещения (жильная, зональная).

Текстуры по соотношению агрегатов между собой в пространстве породы делятся на три подкласса: текстуры последовательного примыкания одного агрегата к другому, текстуры нахождения одного агрегата внутри другого, текстуры окаймления одного агрегата другим.

Текстуры последовательного примыкания одного агрегата к другому включает полосчатые и слоистые текстуры. Последние целесообразно применять для расслоенных интрузивов.

Текстуры нахождения одного агрегата внутри другого свидетельствуют о стадийном образовании породы. Например, брекчиевидно-такситовая текстура (автобрекчия) отличается неправильно-пятнистым расположением агрегатов, обусловленным первоначально частичной кристаллизацией расплава, катаклизмом и последующей цементацией обломков агрегатом из остаточной магмы. Сюда также относится брекчиевая, жильная, прожилковая, такситовая, атакситовая (незакономерное распределение агрегатов) текстуры.

Текстуры окаймления одного агрегата другим включают крустификационные (зональные), характерные для миарол в гранитах и пегматитах, а также вторичные корковые текстуры, возникающие при гипергенезе.

На основе рассмотренных морфологических текстур делаются выводы об условиях образования пород. О них также могут свидетельствовать генетические группы текстур, среди которых различают первичные магматические и вторичные постмагматические текстуры. Первичные текстуры обусловлены процессами застывания магматического расплава, вторичные – связаны с наложением на магматические породы постмагматических и экзогенных процессов.

Группа первичных текстур включает три класса – текстуры магматического замещения (ассимиляционные), текстуры магматического внедрения, текстуры кристаллизации.

Текстуры магматического замещения формируются в процессе ассимиляции магмой окружающих пород, наследуя особенности строения последних. В зависимости от строения вмещающих пород в магматической породе образуются *пятнистые, полосчатые, линейные* текстуры, которые называют «теневыми».

Текстуры магматического внедрения формируются в краевых частях интрузивов, где в магму попадают обломки вме-

щающих пород. Так образуются текстуры *эруптивных (магматических) брекчий*.

Текстуры кристаллизации более разнообразны, поэтому среди них выделяется четыре подкласса генетических текстур: ликвационные, гомогенной кристаллизации, гетерогенной кристаллизации, кристаллизации текущей магмы.

Ликвационные.....текстуры включают *нодулярную* и *полосчатую*. Первая образуется при быстром остывании магматической камеры, вторая – при медленном остывании.

Текстуры гомогенной кристаллизации формируются в остывающей гомогенной среде, на которую внешние факторы не влияют. Так образуются *однородные массивные* или *пористые* текстуры в зависимости от глубины остывания магмы.

Текстуры гетерогенной кристаллизации формируются под влиянием разной температуры кристаллизации минералов и действием силы тяжести. В зависимости от соотношения плотности кумулятов (скоплений высокотемпературных минералов) и расплава образуются *полосчатые* текстуры; при наличии конвективных течений в магме – *шлировая* текстура; в случае кристаллизации в камере – *трахитоидная* текстура.

Текстуры кристаллизации текущей магмы формируются чаще всего на земной поверхности. В процессе движения магмы ранние минералы ориентируются вдоль направления течения. Так возникают ориентированные текстуры течения: *трахитоидная*, *флюидальная*, *гнейсовидная*.

Вторичные текстуры включают три класса – текстуры постмагматические, текстуры тектонических деформаций, текстуры выветривания (гипергенеза).

Постмагматические текстуры обусловлены воздействием на закристаллизованную породу содержащихся в магме флюидов. По способу образования их можно разделить на два подкласса – текстуры замещения и текстуры заполнения полостей.

При замещении в массивных породах в условиях градиента температуры возникают *зональные* и *полосчатые* текстуры; при движении растворов по трещинам – *жильные* и *прожилковые* текстуры.

При заполнении полостей флюидом образуются *миндалекаменные*, *жильные* и *прожилковые* текстуры отложения.

Текстуры тектонических деформаций также делятся на два подкласса – дизъюнктивные и пликативные.

Дизъюнктивные нарушения приводят к образованию в зонах разрывов *брекчиевых* и *жильных* текстур.

При пликативных нарушениях возникают *линейные* и *будинированные* текстуры.

Гипергенные текстуры образуются на земной поверхности. Переход от неизмененных пород к сильно измененным корам выветривания происходит постепенно с формированием *зональных* текстур. В случае резкого перехода образуются *корковые* текстуры.

4.3. Описание магматических пород

Интрузивные породы

а) Цвет интрузивных пород очень разнообразный. Если некоторые минералы образуют изолированные скопления – шпирь или полосы, то окраска будет пятнистой, полосчатой и др., т. е. надо указать характер пространственного распределения цвета. Можно дополнить окраской (светлая, темная, очень темная). Породы, окрашенные в светлые тона, называют *лейкократовыми*, а темные – *меланократовыми*. Количество (объемная доля, %) темноцветных минералов определяет *цветное число*, или *цветной индекс* (M).

б) Структура интрузивных пород также весьма разнообразна и кратко описана в подглаве 4.2. Необходимо описать структуру по разным признакам. Указывается абсолютный и относительный размер минеральных индивидов, их взаимоотношение.

в) Текстура интрузивных пород наиболее характерна массивная, полосчатая, пятнистая и т. д. Она хорошо распознается при макроскопическом исследовании и охарактеризована в предыдущей

подглаве. Надо указывать виды текстур как морфологической, так и генетической групп.

г) Минеральный состав с достаточной степенью точности можно определить на глаз. При этом указываются объемные соотношения минералов. Необходимо выявить и оценить количественные соотношения (объемная доля, %) *породообразующих, акцессорных* и *вторичных* минералов, причем последние учитываются вместе с теми первичными минералами, по которым они развились.

д) Описание главных минералов включает преобладающие размеры кристаллических зерен, их форму и их диагностические признаки, по которым они были определены. Кроме главных минералов могут быть описаны представляющие интерес минералы других групп.

е) Вторичные изменения породы (эндогенные: серпентинизация, серитизация и проч.; экзогенные: лимонитизация, окисление и проч.).

ж) Включения в породе, их форма (жильные, прожилковые, вкрапленные) и минеральный состав.

Эффузивные и жильные породы

а) Цвет описывается также, как и при изучении интрузивных пород.

б) Структура, как правило, либо порфировая (с вкрапленниками), либо афировая (без вкрапленников).

в) Текстуры эффузивных пород чаще всего таковы: массивная, полосчатая, пятнистая, пузыристая, миндалекаменная; при наличии ориентировки минералов – флюидальная, трахитовая. Следует быть очень внимательным, чтобы не принять за флюидальность тонкую слоистость осадочных пород или гнейсовидность – метаморфических: флюидальность отличается крайней невыдержанностью, отдельные «слойки» на небольшом расстоянии меняются по толщине, прерываются, изгибаются в различные складки.

г) Минеральный состав описывается отдельно для вкрапленников (при наличии) и основной массы. Указываются количественные соотношения (объемная доля, %) вкрапленников друг с другом и с основной массой.

д) Описание вкрапленников (при наличии) включает их размеры, форму и диагностические признаки минералов. Форма зерен вкрапленников может быть *идиоморфной* (с хорошей кристаллической огранкой), *ксеноморфной* (отсутствуют собственные кристаллические очертания) и *скелетной* (зерна как бы изъедены основной массой). Скелетные формы хорошо видны только у крупных вкрапленников; в большинстве же случаев они не распознаются.

е) Описание основной массы. При описании особо надо обращать внимание на цвет – зеленые оттенки могут указывать на интенсивные вторичные изменения и принадлежность породы к палеотипным разновидностям. Наличие стекла, наоборот, свидетельствует о кайнотипном облике породы. Если нельзя уверенно отнести породу к палеотипной или кайнотипной, что бывает часто при макроскопическом обследовании, то ее следует определять как кайнотипную.

ж) Вторичные изменения породы (эндогенные: серпентинизация, серитизация и проч.; экзогенные: лимонитизация, окисление и проч.).

5. МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

5.1. Классификация метаморфических пород

Метаморфизм – процесс преобразования в твердом состоянии без расплавления ранее существовавших осадочных, магматических и других ГП под воздействием температуры, давления и глубинных флюидов, с сохранением в общих чертах их первичного химического состава. Классификация метаморфических ГП также определяется сочетанием этих факторов.

Метаморфизм охватывает изменения минерального состава, структуры и текстуры первичных ГП в недрах Земли, происходящие ниже зоны эпигенеза.

Различают *прогрессивный метаморфизм*, который протекает в условиях увеличения температуры и давления, и *регрессивный метаморфизм*, протекающий в условиях уменьшения этих параметров.

Области термодинамической устойчивости метаморфических минералов называются *степенями метаморфизма*. Последние объединяются в *минеральные фации*. Границы между степенями метаморфизма и минеральными фациями определяются термодинамическими условиями и набором *минералов-индикаторов*, устойчивых при данном режиме температуры и давления.

Метаморфические породы, образующиеся в результате преобразования магматических пород, называются *ортометаморфическими*, а при преобразовании осадочных пород – *параметаморфическими*. Однако известны метаморфические ГП, не имеющие эквивалентов среди магматических и осадочных пород.

Если метаморфизм приурочен к контактам интрузивов или эффузивов, то он называется *контактовым метаморфизмом*. *Региональный метаморфизм* охватывает огромные объемы ГП и протекает на значительных глубинах. Выделяют и другие типы метаморфизма: динамический, инъекционный, приразломный, автометаморфизм.

В соответствии с Петрографическим кодексом РФ (2009) *тип* метаморфических ГП подразделяется на три *класса*:

- 1) регионально-метаморфический (динамо-термальный);

- 2) контактово- (термально-) метаморфический;
- 3) динамо-метаморфический (дислокационный).

Дальнейшая классификация основывается на петрохимических критериях. По содержанию кремнезема (SiO_2) выделяется шесть надотрядов/отрядов метаморфических ГП:

1. низко- и некремнеземистые – содержание SiO_2 менее 30 мас. %, включает известковистый, магнезиальный и железистый отряды;
2. ультраосновные – 30–44 %;
3. основные – 45–52 %;
4. средние – 53–64 %;
5. кислые – 65–78 %;
6. ультракислые – более 78 %.

По содержанию $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ выделяются следующие подотряды, аналогичные магматическим: низкощелочные, нормальнощелочные, умереннощелочные, щелочные. Аналогично магматическим, выделяются и типы щелочности: натриевый, натриево-калиевый, калиево-натриевый, калиевый.

Отряды по устойчивому минеральному парагенезису разделяются на петроминеральные семейства, отвечающие определенной минеральной фации метаморфизма (табл. 3). **Фацией метаморфизма** называют комплекс метаморфических пород, сложенных минеральными ассоциациями, равновесными для определенных условий метаморфизма. Региональный класс включает семейства – зеленосланцевое, эпидот-амфиболитовое, амфиболитовое и гранулитовое; контактовый класс – альбит-эпидот-роговиковое, амфибол-роговиковое, пироксен-роговиковое, санидинитовое; динамо-метаморфический – зеленосланцевое, эпидот-амфиболитовое, глаукофановое и эклогитовое.

В ряде случаев семейства объединяют по температурам образования ГП в группы (*ступени метаморфизма*) – высокотемпературную (750-1000 °С), средне- (500-650 °С) и низкотемпературную (350-550 °С).

Петроминеральные семейства по особенностям строения ГП разделяются на текстурно-структурные роды. В качестве главного

текстурного признака принимается делимость породы в плоскости естественного раскола, а структурного признака – доминирующая структура породы.

Таблица 3

Краткая классификация метаморфических пород

Генетический класс	Петроминеральное семейство	Текстурно-структурный род
Регионального метаморфизма	Зеленосланцевое	Сланцы
	Эпидот-амфиболитовое	Сланцы, гнейсы
	Амфиболитовое	Амфиболиты, гнейсы, кристаллосланцы
	Гранулитовое	Кристаллосланцы
Контактового метаморфизма	Альбит-эпидот-роговиковое	Полосчатые роговики
	Амфибол-роговиковое	
	Пироксен-роговиковое	Массивные роговики
	Санидинитовое	
Динамо-метаморфизма	Зеленосланцевое	Брекчии, катаклазиты
	Эпидот-амфиболитовое	Гнейсы
	Глаукофановое	Сланцы
	Эклогитовое	Милониты

Наконец, в состав рода входят минеральные виды метаморфических пород. Например, гранат-роговообманковый амфиболит, эпидот-альбит-хлоритовый сланец, биотит-гиперстен-кордиеритовый гнейс, магнетитовый кварцит и т. п.

5.2. Строение метаморфических пород

В названии *структур* метаморфических ГП принимается за корень греческое слово «бласто» (с греч. – рост), означающее перекристаллизацию пород в твердом состоянии без их расплавления. В отличие от магматических ГП степень идиоморфизма связана не с последовательностью выделения минералов, а с их «кристаллизационной силой». При кристаллизации в твердой фазе растущие зерна как бы расталкивают окружающие. Наиболее хорошо ограненные кристаллы называют *идиобластами*. В порядке снижения идиобластеза можно разместить минералы метаморфических ГП в следующем порядке: рутил (и примерно равноценные сфен, магнетит, гранат, турмалин, ставролит, дистен) → эпидот → пироксен (амфибол) → плагиоклаз → слюды (хлориты) → кальцит → кварц → калиевый полевой шпат.

Структуры метаморфических пород можно разделить на три группы – кристаллобластовые, катакластические и реликтовые (Прилож. 5 и 6). Наиболее широко распространены структуры первой группы.

1. По форме зерен различают виды структур:

– *гранобластовая* – породы сложены изометричными кристаллами близкого размера (кальцит, кварц, полевые шпаты, гранаты);

– *лепидобластовая* – если в состав породы входят чешуйчатые или листоватые минералы (серпентин, тальк, серицит, хлорит, минералы глин, слюды);

– *фибробластовая* – если породы сложены игольчатыми или волокнистыми кристаллами (хризотил-асбест, актинолит);

– *нематобластовая* – породы образованы удлинено-призматическими кристаллами (роговая обманка, дистен, пироксен).

2. По относительному размеру зерен выделяют следующие наименования структур:

– *гомеобластовая* – равномернозернистая;

– *гетеробластовая* – разномзернистая;

– *пойкилобластовая* отличается наличием большого числа включений в зернах породообразующих минералов (плагиоклазов,

пироксенов, роговой обманки, граната); если включения очень мелкие и обильные, то структура называется *ситовидной*;

– *порфиробластовая* – на фоне мелкозернистой массы наблюдаются крупные выделения фенокристаллов.

3. Название структуры по абсолютному размеру зерен дается как у магматических ГП.

Неравномернoзернистые структуры возникают также при раздроблении пород под влиянием давления, особенно одностороннего. Они объединяются под названием *катакластических* (от греч. «катаклаз» – разрушаю). В результате катаклаза образуются тектонические брекчии (с крупными обломками) и катаклазиты (30–40 % уплощенных обломков размером не более 1 см).

Раздроблению легче подвергаются хрупкие минералы – кварц, полевые шпаты. Гибкие пластинки слюд, хлорита, талька изгибаются, расщепляются. Между сохранившимися крупными обломками располагается раздробленный материал. Если его много и он как бы цементирует крупные обломки, то структура называется *бластоцементной*.

При интенсивном перетирании пород, когда они почти полностью превращены в агрегат мелких обломков и обычно сильно рассланцованы, выделяют *милонитовую* структуру.

Наконец, структуры третьей группы – *реликтовые* структуры. Они сохраняются в метаморфических образованиях от изначальных магматических или осадочных ГП (протолитов). Такие структуры еще называют палимпсестовыми или бластоструктурами. Их наименования унаследуют название исходной структуры с добавлением корня «бласто» (бластогаббровая, бластогипидиоморфнозернистая, бластопорфировая, бластодиабазовая, бластопсаммитовая и т. п.).

Текстуры метаморфических пород, так же как и в магматических породах, могут быть однородные (массивные) и неоднородные (такситовые). Наряду с ними встречаются и специфические текстуры.

Пятнистая текстура близка к массивной, но отличается от нее неравномерным распределением зерен отдельных минералов, образующих скопления разной величины.

У *полосчатой* текстуры, в отличие от пятнистой, отдельные компоненты концентрируются в параллельных зонах (это могут быть реликты слоистости).

Сланцеватая текстура – субпараллельная ориентировка листоватых, чешуйчатых, длиннопризматических и игольчатых зерен минералов, возникшая под односторонним давлением.

Если ГП оказывалась под боковым давлением, то появляются *плойчатые* текстуры (микроскладчатые).

Рассланцовка может быть перекрученной, переплетенной. Когда сильно перетертая масса обтекает обломки, текстура называется *волокнутой* (свилеватой).

Если темноцветные минералы образуют параллельные направления течения кристаллизации, то текстура именуется *гнейсовой*.

В породе с *очковой* текстурой мелкозернистая масса обтекает крупные или гигантские кристаллы.

5.3. Описание метаморфических пород

Описание метаморфических пород производится по следующему плану (подробнее см. подглаву 4.3):

- а) Цвет.
- б) Структура (по относительному и абсолютному размеру, по форме зерен).
- в) Текстура.
- г) Минеральный состав (породообразующие, второстепенные, акцессорные минералы).
- д) Описание вкрапленников (при наличии).
- е) Описание основной массы.
- ж) Включения в породе.
- з) Тип метаморфизма и фации, название исходной породы (или ряда пород).

6. МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Метасоматоз, это процесс реакционного приспособления химического состава ГП к изменению физико-химических условий ее существования. Он обусловлен привнесом флюидами в реакционную среду одних химических компонентов и выносом других, которые приводят к изменению химического и минерального состава, а также текстурно-структурных особенностей преобразуемой исходной породы. Главным агентом метасоматоза является жидкий или газообразный термальный флюид, содержащий хлориды щелочных металлов, серу, фтор, бор и другие компоненты.

Метасоматоз различают *инфильтрационный* и *диффузионный*. Первый осуществляется под давлением флюида в зонах повышенной проницаемости, которыми могут быть участки трещиноватых и сланцеватых ГП. Второй протекает в застойных зонах земной коры, где просачивание растворов идет по межпоровому пространству.

Как и метаморфизм, метасоматоз может быть прогрессивным и регрессивным.

Тип метасоматических ГП подразделяется на три генетических класса: контактово-, регионально- и гипергенно-метасоматический (Прилож. 7).

Контактово-метасоматический класс включает ГП, образовавшиеся в зоне контактового воздействия флюидов и теплового потока остывающего магматического тела как на вмещающие его породы, так и на затвердевшие части интрузива.

Регионально-метасоматические ГП образуются под воздействием обширного регионального эндогенного тепломассопереноса, захватывающего громадные участки земной коры.

Гипергенно-метасоматический класс включает ГП, образовавшиеся в зоне гипергенеза в коре выветривания под действием фильтрующихся сквозь нее сверху вниз метеорных водных растворов.

Метасоматические породы каждого класса подразделены на петрохимические отряды по кислотно-щелочным свойствам фильтрующегося флюида – щелочные (калиевые и натриевые), кис-

лотные (глиноземистые и кремнеземистые) и основные (кальциевые и железо-магнезиальные).

По температурным условиям породообразования выделяются следующие семейства метасоматических ГП:

- низкотемпературные метасоматиты, выделяющиеся по наличию минералов, содержащих кристаллизационную воду; соответствуют минеральным ассоциациям зеленосланцевой и более низкотемпературных фаций метаморфизма;

- среднетемпературные метасоматиты отличаются широким распространением гидроксилсодержащих минералов; соответствуют минеральным ассоциациям метаморфических пород амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций;

- высокотемпературные метасоматиты, характеризующиеся отсутствием гидроксилсодержащих минералов; соответствующие парагенезу гранулитовой фации метаморфизма.

Конечным членом классификации является минеральный вид, который включает породы с близким минеральным составом и структурно-текстурными особенностями.

Пример классификации метасоматических пород представлен в Прилож. 7, которое может служить в качестве краткого определителя.

Структурно-текстурные особенности метасоматических пород во многом аналогичны строению метаморфических пород.

Описание метасоматических пород производится аналогично описанию магматических и метаморфических пород.

7. МИГМАТИТЫ

Мигматит, это полигенная ГП, в которой макроскопически устанавливаются две разнородные части – палеосома и неосома.

Палеосома представляет собой древний субстрат породы, имеющий состав и структуру, аналогичные метаморфическим породам.

Неосома, это новообразованный жильный материал породы, чаще всего представленный гранитом, аплитом или пегматитом. Среди этого материала различают *лейкосому* – материал более лейкокоратовый, чем палеосома, и *меланосому* – более меланократовый материал. Лейкосома рассматривается как продукт гранитизации исходного вещества, поскольку состоит из кварца и полевого шпата. Меланосома считается продуктом базификации палеосомы, т. е. привноса в систему железа и магния.

Мигматизация (плавление) приводит к образованию силикатного расплава – *мигмы*. При этом происходит смешение вещества субстрата и жильного материала, имеющего иной химический состав. Мигматизация может происходить путем инъекции расплава в метаморфические породы, путем метасоматического замещения, путем выплавления жильного вещества из субстрата в результате анатексиса (частичного выплавления низкотемпературных компонентов, таких как кварц и калиевые полевые шпаты) или, наконец, путем метаморфической дифференциации. Все это определяет большое количество генетических и текстурных разновидностей мигматитов.

Классификация мигматитов строится аналогично метаморфическим и магматическим породам (Прилож. 8). Генетические классы делятся петрохимические отряды, которые подразделяются по температуре образования (минеральные фации) на два семейства: высокотемпературные (гранулитовые породы) и среднетемпературные (амфиболитовые породы). Каждое семейство по текстурному признаку выделяют роды пород, а по минеральному составу – виды пород.

По структуре различаются равномерно- и неравномернозернистые, а также порфиробластические (очковые и др.) инъекционные мигматиты (Прилож. 9).

По текстурным особенностям выделяются роды мигматитов: полосчатые (послойные), линозовидно-жильные, брекчиевидные и глыбовые (агматиты), ветвистые и сетчатые (диктиониты, крокидиты), птигматитовые, плейчатые, пятнистые (такситовые) теневые и др.

Калиевые мигматиты бывают ортоклазовыми и микроклиновыми. Натриевые мигматиты (с альбитом) называют «плагиомигматитами».

Наименование вида составляется из названия семейства, рода и нескольких типичных минералов. Например, *биотитовый полосчатый мигматит*, *двуслюдной очковый мигматит*. Обычно используются наименования темноцветных минералов. Бывают мигматиты биотитовые, роговообманково-биотитовые, биотит-гранатовые, биотит-гиперстеновые, гранат-гиперстеновые и др.

В наименовании может быть указано название первичного субстрата, например, *биотитовый ветвистый мигматит по биотитовому гнейсу*.

8. ИМПАКТНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Импактные (коптогенные) ГП образуются при падении метеоритов на земную поверхность. В результате возникают особые кольцевые структуры – метеоритные кратеры (астроблемы), в которых находятся импактные породы. Вследствие высокоскоростного удара происходит растрескивание земного субстрата, его плавление и мгновенное испарение вещества. В итоге полностью теряются структурно-текстурные признаки исходной породы (Прилож. 10).

В процессе удара расплавленный материал в виде капель разлетается на расстояние до десятков километров. Образуются *тектиты*, представляющие собой каплевидные стекловатые формы, похожие на обсидиан, с содержанием кремнезема до 75 % и включающие космические минералы – высокотемпературные полиморфные модификации кремнезема (стишовит, коэзит).

Таким образом, к *коптогенным* относят ударно-метаморфизованные ГП, а также породы, возникшие при их плавлении, дроблении, переносе и аккумуляции.

Тип коптогенных пород делится на три класса: ударно-метаморфизованные, импактные литические брекчии и импактиты.

Класс ударно-метаморфизованных ГП включает земные породы, преобразованные в результате ударного метаморфизма под воздействием космического тела.

Класс импактных литических брекчий объединяет кластиты, возникшие в результате дробления пород субстрата под действием ударного метаморфизма. Сюда относятся аутигенные (неперемещенные) и аллотигенные (перемещенные) брекчии.

Класс импактитов представлен продуктами плавления вещества исходных пород мишени, его перемешивания, переноса и последующей закалки или кристаллизации в результате охлаждения. Они включают протоимпактиты и собственно импактиты. Первые состоят из застывших разнородных продуктов ударного плавления; могут быть апоосадочными, апомагматическими и апометаморфическими образованиями. Собственно импактиты представляют собой застывшие продукты гомогенизированных импактных распла-

вов. Среди них различают тагамиты – массивные импактиты, застывшие из расплава; зювиты – обломочные импактиты, в которых импактное стекло присутствует в виде фрагментов или бомб. Импактиты отличаются от импактных брекчий содержанием продуктов ударного плавления не менее 10 %.

9. МЕТОДИКА РАБОТЫ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

С образцами горных пород (штуфами и шлифами) следует обращаться аккуратно, ни в коем случае не ронять и не бросать их.

В процессе работе с образцами необходимо быть предельно осторожными во избежание порезов и царапин. При работе со стеклом нельзя проводить диагностику, держа стекло в руке, поскольку под давлением твердого минерала оно может разломиться. Надо положить стекло на стол и только после этого проводить с ним манипуляции.

При работе с разбавленной соляной кислотой следует избегать ее попадания на поверхность кожи, в глаза или в рот. Если же это произошло, нужно промыть пораженные участки водой.

Для изучения шлифов применяется поляризационный бинокулярный микроскоп. Он предназначается для исследований прозрачных объектов в проходящем обыкновенном или поляризованном свете, а также непрозрачных объектов в отраженном обыкновенном или поляризованном свете.

Поляризационный микроскоп является сложным и точным прибором, поэтому требует бережного и аккуратного обращения. Микроскопы выпускаются тщательно проверенными и могут безотказно работать длительное время, но для этого необходимо содержать их в чистоте и предохранять от повреждений.

Микроскопы нормально работают в не запыленных помещениях с температурой от +10 до +40 °С и относительной влажностью не более 80 %.

В нерабочее время микроскоп рекомендуется убирать в ящик (шкаф) или накрывать чехлом. Пыль с микроскопа следует смахивать мягкой чистой кистью, а затем нужно обтирать прибор мягкой чистой тряпкой. Если смазка в направляющих грубого движения микроскопа загрязнится и загустеет, то, смыв ее ксилолом или бензином и обтерев трущиеся поверхности чистой тряпкой, следует слегка смазать направляющие бескислотным вазелином или специальной смазкой.

Много внимания нужно уделять чистоте оптических деталей микроскопа, особенно объективам. Для предохранения внутренних поверхностей объективов от пыли рекомендуется всегда оставлять один из окуляров в насадке микроскопа. Окуляры также нужно беречь от пыли.

Нельзя касаться руками поверхностей линз. Пыль с внешних поверхностей линз удаляют мягкой кистью, хорошо промытой в эфире, а затем протирают их мягкой полотняной тряпочкой, слегка смоченной эфиром или ксилолом.

Разбирать микроскоп и объективы для ремонта и чистки самостоятельно нельзя, для этого следует отправлять их в специальную мастерскую.

Перед началом работы микроскоп необходимо установить на расстоянии 15-20 см от ближнего края стола прямо перед собой.

При работе с естественным освещением следует избегать положения, при котором прямые солнечные лучи попадают в микроскоп и этим ослепляют наблюдателя.

Уложить шлиф горной породы на столик микроскопа и закрепить его зажимами. Шлиф надо положить покровным стеклом вверх. Наблюдая в окуляры микроскопа, с помощью барашков грубой настройки объективы опускают к столику до появления изображения объекта. Закрепив объективы винтом, барашками тонкой настройки изображение доводят до наибольшей четкости и контрастности.

Для работы в проходящем свете включают лампу, встроенную в столик микроскопа прямо под шлифом.

Как указывалось ранее, описание горной породы производится по следующему плану:

- а) Цвет.
- б) Структура (по относительному и абсолютному размеру, по форме зерен).
- в) Текстура.
- г) Минеральный состав (породообразующие, второстепенные, аксессуарные минералы).
- д) Описание вкрапленников (при наличии).

е) Описание основной массы.

ж) Включения в породе.

Цвет минералов различается в образце, т. е. в свете, отраженном от его поверхностей, и цвет кристалла в шлифе, в свете, проходящем через тонкую прозрачную пластинку минерала. Обусловленные разными условиями прохождения света, эти окраски не всегда сопоставимы.

Методика изучения окраски минерала в образце (штуфе) излагается в курсе «Кристаллография и минералогия» [13].

В шлифе минералы по-разному реагируют на проходящий свет. Одни минералы полностью пропускают его, другие – избирательно, гасят световые волны определенной длины. Благодаря этому выходящий свет придает минералу цвета непогашенных участков видимой области спектра. Таким образом, в шлифе под микроскопом одни минералы кажутся бесцветными, другие – окрашенными. Например, к числу наиболее распространенных окрашенных минералов относится обширная группа амфиболов. Они имеют различные окраски, представленные сочетаниями зеленого цвета с бурым, желтым и синим.

Окраски минералов, как правило, очень сложны, поэтому в описании необходимо указывать не только основной тон, но и его густоту и оттенки. Вначале указывается общая интенсивность окраски, затем оттенки и, наконец, основной тон. Например, темный синева-зеленый, светлый зеленова-бурый и т. п.

При вращении столика микроскопа можно заметить, что цвет или интенсивность окраски минералов изменяются. Это следствие *плеохроизма* (или александритовый эффект – способность некоторых анизотропных минералов обнаруживать различную окраску в проходящем через них свете при рассматривании по различным направлениям).

Абсолютные размеры зерен минералов в шлифах точно измеряют микрообъективами, в нашем случае можно определять приближенно. Для приблизительной оценки величины зерен минералов достаточно определить видимую величину диаметра поля зрения

в миллиметрах. Сравнивая поперечник зерна с диаметром поля зрения, можно примерно определить величину зерна (рис. 1).

Величина зерна минерала всегда дается в двух измерениях: по короткой и по длинной осям. Диаметр поля зрения наиболее просто измерить, положив на столик микроскопа вместо шлифа небольшой лист миллиметровки. Надо отфокусировать объектив и сосчитать количество клеточек, расположенных поперек поля зрения, это и будет величина его диаметра в миллиметрах.

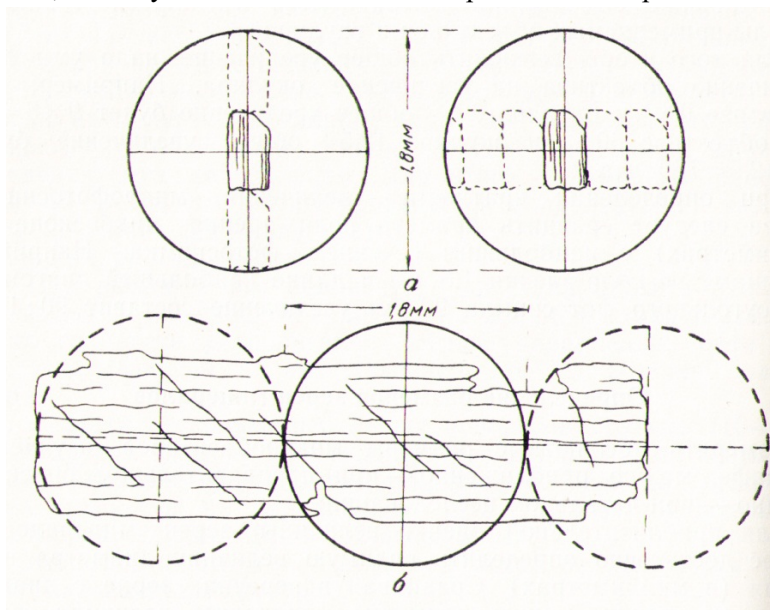


Рис. 1. Определение размера зерен минералов по соотношению их с диаметром поля зрения.

а – мелкое зерно, в несколько раз меньше поля зрения;

б – крупное зерно, в несколько раз больше поля зрения.

Например, диаметр поля зрения 1,8 мм. Зерно по своей длинной оси укладывается в поперечнике поля зрения три раза (рис. 1а), а по короткой – шесть раз, следовательно, длина зерна $1,8 : 3 = 0,6$ мм; ширина его $1,8 : 6 = 0,3$ мм. Размеры зерна 0,6 X 0,3 мм.

При том же диаметре поля зрения (рис. 1б) само поле укладывается два с половиной раза по длине кристалла и составляет $\frac{2}{3}$

его ширины. В этом случае длина кристалла равна $1,8 \cdot 2,5 = 4,5$ мм, ширина его $1,8 \cdot \frac{2}{3} = 1,2$ мм. Размеры зерна $1,2 \times 4,5$ мм.

Форма зерен минералов охарактеризована в методическом пособии по курсу «Кристаллография и минералогия» [13].

В благоприятных условиях минерал образует присущие ему формы выделений и характеризуется правильными кристаллографическими ограничениями (идиоморфные кристаллы). В неблагоприятных условиях развития минерал приобретает случайные, не свойственные ему формы (ксеноморфные кристаллы). Поэтому в различных условиях один и тот же минерал может иметь разную форму (рис. 2). Для того чтобы получить представление о форме идиоморфного кристалла, необходимо иметь в шлифе не менее двух ориентированных разрезов.

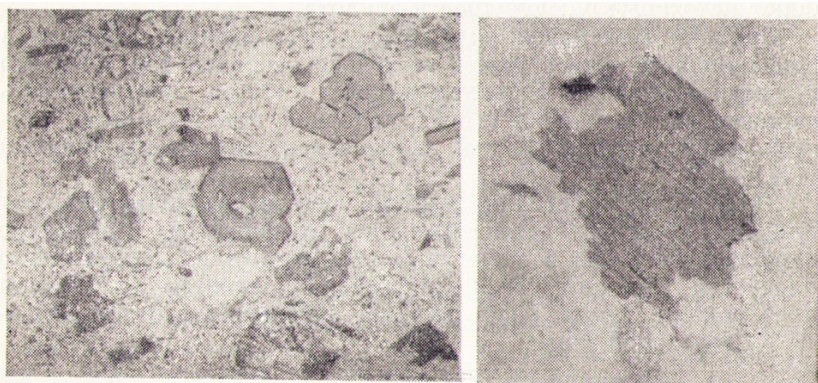


Рис. 2. Кристаллы биотита идиоморфные (слева) в жильной породе и ксеноморфные (справа) в интрузивной породе.

Важно выяснить общий облик минерала. Наиболее часто встречаются кристаллы призматического, таблитчатого, пластинчатого, игольчатого и волокнистого облика. При необычных соотношениях длины и ширины следует уточнить характеристику формы (например, кристаллы короткопризматические, широко таблитчатые и т. п.).

У ксеноморфных кристаллов следует отмечать наиболее общие особенности формы, например, удлиненные, изометричные, угловато-неправильные, округло-неправильные и т. п.

Иногда выделения минералов характеризуются не столько формой индивидов, сколько формой их срастаний в агрегаты. Среди последних можно выделить радиально-лучистые, перистые и др. Формы агрегатов также представлены в пособии по «Кристаллографии и минералогии» [13].

Структурно-текстурные особенности кристаллических ГП достаточно подробно представлены выше и в Прилож. 2, 3, 6, 7, 10, 11.

Минеральный состав. Для диагностики минералов помимо окраски и формы зерен большое значение имеет спайность. Этот устойчивый и поэтому важнейший параметр охарактеризован в указанном выше пособии [13].

В штуфах спайность определяется невооруженным глазом по характеру скола или излома. В шлифах спайность имеет вид тонких параллельных полосок-трещинок. По степени прямизны, длины и параллельности трещин различают весьма совершенную, совершенную и несовершенную спайность (рис. 3–5).

В разрезах минералов с весьма совершенной спайностью трещинки идут через весь кристалл, не прерываясь. Сами трещинки очень выдержаны по ширине. Для них характерны строгая параллельность и прямолинейность (рис. 3).

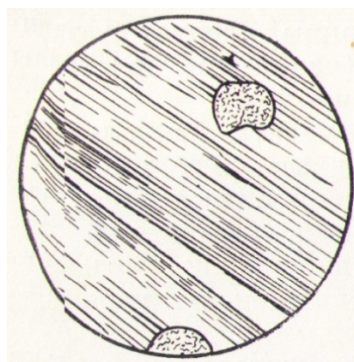


Рис. 3. Весьма совершенная спайность в одном направлении (биотит).

Минералы с совершенной спайностью характеризуются общим параллельным расположением трещинок. Но трещинки пре-

рывисты, неравномерны по ширине (рис. 4). Рядом расположенные элементы двух трещинок не всегда параллельны друг другу. Они несколько извилисты.

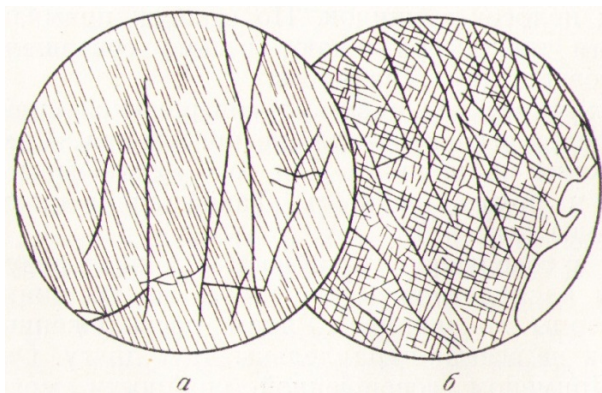


Рис. 4. Совершенная спайность кристалла пироксена на продольном (а) и поперечном (б) разрезах.

У минералов с несовершенной спайностью трещинки расположены прерывисто, элементы смежных трещин не совпадают, нет строгой параллельности, они то сближаются, то расходятся, иногда ветвятся и пересекаются, но вместе с тем общее направление в расположении трещин легко улавливается (рис. 5).

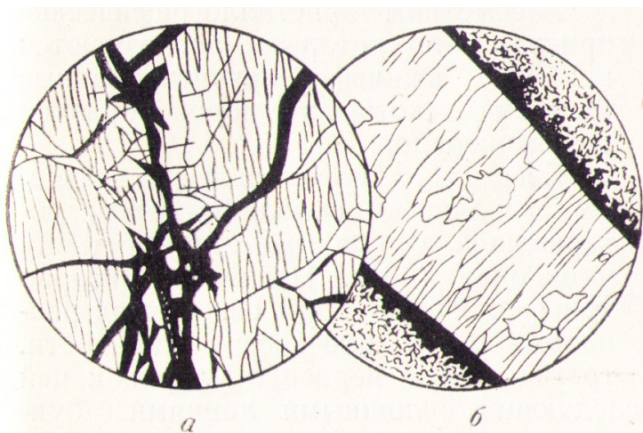


Рис. 5. Несовершенная спайность в кристаллах оливина (а) и турмалина (б).

Некоторые минералы вообще не обнаруживают спайности. В шлифах в них наблюдаются беспорядочно расположенные трещины, обычно неровные и извилистые (рис. 6).

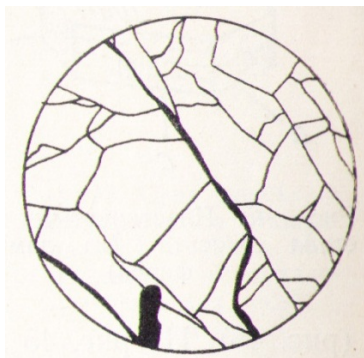


Рис. 6. В кристалле граната спайность отсутствует, развита трещиноватость.

Трещины спайности могут быть развиты в одном или в нескольких направлениях. Угол между трещинами является важным диагностическим признаком минерала.

Сопоставляя со справочными материалами результаты описания минералов, можно достаточно уверенно диагностировать минеральный состав горной породы.

Описание основной минеральной массы, вкрапленников и включений производится аналогично описанию зерен и агрегатов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

«ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ»

Какие из перечисленных минералов являются породообразующими магматических, какие метаморфических горных пород, а какие обоих классов? Приведите примеры.

Допустимо использование лекций и литературных источников.

Пример ответа. Дано: оливин, кварц, хлорит, халцедон.

Оливин является породообразующим минералом магматических ультраосновных пород (перидотит, дунит), хлорит – метаморфических пород (хлоритовый сланец), кварц – как магматических кислых пород (гранит, липарит и др.), так и метаморфических пород (гнейс, кристаллический сланец). Халцедон не является магматическим или метаморфическим минералом.

№№	минералы	№№	минералы
1	Лабрадор, мусковит, кальцит, эпидот	8	Доломит, геденбергит, ортоклаз, ставролит
2	Ортоклаз, каолинит, биотит, олигоклаз	9	Серицит, каолинит, амазонит, турмалин
3	Гипс, роговая обманка, авгит, серицит	10	Биотит, арагонит, апатит, серпентин
4	Микроклин, опал, апатит, хлорит	11	Лимонит, кварц, лабрадор, флогопит
5	Амазонит, доломит, альбит, антофиллит	12	Авгит, кальцит, нефелин, волластонит
6	Битовнит, нефелин, галит, кианит	13	Форстерит, магнезит, глауконит, скаполит
7	Кварц, монтмориллонит, эгирин, мусковит	14	Роговая обманка, опал, лейцит, тремолит
15	Оливин, сильвин, плагиоклаз, глаукофан	18	Мусковит, микроклин, каолинит, тальк
16	Лейцит, ангидрит, анортит, актинолит	19	Хромит, анортит, бейделлит, гиперстен
17	Магнетит, биотит, гипс, нефрит	20	Пирротин, халцедон, олигоклаз, диопсид

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

«УНИВЕРСАЛЬНЫЕ МИНЕРАЛЫ»

Какие из перечисленных минералов являются породообразующими магматических, метаморфических и обоих классов горных пород? Приведите примеры.

Допустимо использование лекций и литературных источников.

Пример ответа представлен в задании практической работы № 1, но следует выделить минерал, образующийся как магматическим, так и метаморфическим путем. Необходимо объяснить это явление, например, широким распространением соединения, унаследованностью при метаморфизме, химической устойчивостью при перекристаллизации, образованием в сходных условиях в магме и твердой фазе (растворе и т. д.) и т. п.

№№	минералы	№№	минералы
1	Магнетит, флогопит, асбест	11	Микроклин, хлорит, апатит
2	Авгит, серпентин, нефелин	12	Лейцит, гроссуляр, анортит
3	Мусковит, микроклин, кианит	13	Фаялит, эпидот, альбит
4	Тальк, геденбергит, ортоклаз	14	Биотит, тремолит, апатит
5	Хромит, анортит, глаукофан	15	Ортоклаз, алмандин, биотит
6	Пирротин, волластонит, олигоклаз	16	Лабрадор, мусковит, тальк
7	Нефелин, энстатит, андезин	17	Актинолит, кварц, лабрадор
8	Кварц, пироп, эгирин	18	Серицит, роговая обманка, авгит
9	Серицит, роговая обманка, амазонит	19	Роговая обманка, ставролит, лейцит
10	Форстерит, магнезит, диопсид	20	Оливин, андрадит, плагиоклаз

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

«ХАРАКТЕРИСТИКА МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД»

Задание № 1

Укажите происхождение, минеральный состав, структуру, текстуру горных пород, отметьте их основные свойства и значение.

Допустимо использование лекций и литературных источников.

№№	горные породы	№№	горные породы
1	гранодиорит	11	пегматит
2	трахит	12	перидотит
3	кварцевый порфир	13	дунит
4	порфирит	14	дацит
5	габбро	15	диабаз
6	лабрадорит	16	сиенит
7	обсидиан	17	андезит
8	гранит	18	диорит
9	базальт	19	нефелиновый сиенит
10	липарит	20	кварцевый диорит

Пример ответа

УРТИТ (от местного названия Ловозерского массива – Лужавр-Урт, где уртит впервые был обнаружен) – полнокристаллическая лейкократовая плутоническая горная порода щелочного ряда, состоящая из нефелина (70-90 %), клино-пироксена (10-20 %), второстепенных минералов: титаномагнетита, апатита и др. Вторичные минералы (содалит, канкринит и др.) могут составлять до 50 %. Структура крупно-, среднезернистая, иногда пегматоидная, гипидиоморфнозернистая, текстура массивная, реже такситовая; цвет светло-серый. Средний химический состав (% по массе): SiO_2 43,71; TiO_2 0,58; Al_2O_3 26,63; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 3,53; MgO 1,69; CaO 5,02; Na_2O 13,22, K_2O 4,08. Уртиты образуют самостоятельные интрузивы, чаще входят в состав комплексных массивов с щелочными габброидами, нефелиновыми сиенитами, ультраосновными

ми породами и карбонатитами. Уртиты распространены на Кольском полуострове, в восточной Сибири; в Гренландии, восточной Африке и др. Уртит – руда для получения глинозема и ряда побочных продуктов (сода, цемента и др.). С уртитамы связаны месторождения апатита, титано-ниобиевых руд.

Задание № 2

Назовите магматическую горную породу указанного генетического типа и дайте ее краткую характеристику.

Допустимо использование лекций и литературных источников.

№№	горные породы	№№	горные породы
1	Эффузивная средняя	11	Интрузивная щелочная
2	Жильная кислая	12	Жильная основная
3	Интрузивная средняя	13	Интрузивная щелочная средняя
4	Эффузивная щелочная	14	Жильная средняя
5	Интрузивная основная	15	Жильная ультракислая
6	Эффузивная кислая	16	Интрузивная кислая палеотипная
7	Интрузивная ультраосновная	17	Эффузивная основная палеотипная
8	Эффузивная основная	18	Интрузивная средняя палеотипная
9	Интрузивная кислая	19	Эффузивная кислая палеотипная
10	Жильно-эффузивная ультраосновная	20	Жильная основная палеотипная

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

«КЛАССИФИКАЦИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД»

Задание № 1

К какому классу по содержанию кремнезема относится названная магматическая порода? Укажите их эффузивные аналоги, минеральный состав.

Допустимо использование лекций и литературных источников.

№№	горные породы	№№	горные породы
1	перидотит	11	монцонит
2	гранодиорит	12	горнблендит
3	дунит	13	граносиенит
4	габбро	14	кварцевый диорит
5	диабаз	15	лейкогранит
6	оливинит	16	нефелиновый сиенит
7	лабрадорит	17	аляскит
8	диорит	18	кварцевый сиенит
9	пироксенит	19	габбродиорит
10	гранит	20	нельсонит

Задание № 2

Как классифицируются перечисленные ниже горные породы по условиям образования и содержанию кремнекислоты? Какими основными признаками они характеризуются? Дайте краткое описание. В чем сходство и различие пород?

Допустимо использование лекций и литературных источников.

№№	горные породы	№№	горные породы
1	дунит, фонолит	3	габбро, риолит
2	диабаз, базальт	4	граносиенит, пикрит
5	лейкогранит, трахибазальт	13	нефелиновый сиенит, дацит
6	аляскит, кварцевый трахит	14	монцонит, лавобрекчия
7	гранит, щелочной трахит	15	кварцевый сиенит, туфолава
8	лабрадорит, обсидиан	16	габбродиорит, трахит
9	перидотит, андезит	17	нельсонит, спилит
10	пироксенит, перлит	18	кварцевый диорит, андезибазальт
11	диорит, игнимбрит	19	горнблендит, щелочной базальт
12	оливинит, пемза	20	долерит, трахит

Пример ответа

ГРАНОДИОРИТ – глубинная интрузивная кислая ($\text{SiO}_2 > 65\%$) порода, содержит кварц, полевые шпаты, имеет полнокристаллическую структуру, массивную текстуру.

ТРАХИТ – излившаяся (эффузивная) средняя (SiO_2 52-65 %) порода, содержит в основном полевые шпаты, структура порфировая, текстура пористая или ноздреватая.

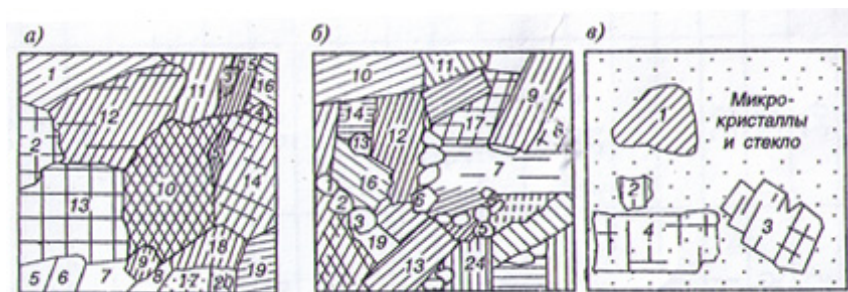
Сходство – все породы прочные, магматического происхождения. Различаются по структуре, составу и условиям образования.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

«СТРОЕНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД»

Задание

- 1) Определить наименование магматической породы (по вариантам), изображенной на рисунке.
- 2) Назвать ее структуру и текстуру.
- 3) Указать, к какому классу по глубине кристаллизации и по химическому составу относится данная порода.



Вариант 1	Рис. а Увеличено в 2 раза. Минералы: оливин, авгит, роговая обманка
Вариант 2	Рис. б Уменьшено в 2 раза. Минералы: кварц, ортоклаз, биотит.
Вариант 3	Рис. в Увеличено в 5 раз. Минералы: 1. кварц, 2 и 3. – полевые шпаты
Вариант 4	Рис. б Увеличено в 2 раза. Минералы: средний плагиоклаз, биотит, роговая обманка, кварца нет.
Вариант 5	Рис в Не увеличено. Минералы: основной плагиоклаз, авгит.
Вариант 6	Рис. в Не увеличено. Минералы: 1, 2, 3 и 4 – плагиоклазы светлые на фоне темно-серой массы

Методические указания

Решая задачу, прежде всего, определите по масштабу размер частиц, вспомните или найдите наименование частиц такого размера (структуру) и название породы (по минеральному составу), сложенной частицами такого размера.

Охарактеризуйте степень идиоморфизма кристаллов.

Оцените степень неоднородности (текстуру): если большинство частиц отличаются по линейному размеру в 1,5-2 раза, то порода однородна; наименование текстуры определите по степени упорядоченности расположения обломков.

Используя свое описание, определите условия образования породы и дайте ее классификацию.

Все определения (название породы, структуры, текстуры, класса) необходимо обосновать.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

«ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД»

Задание № 1

Укажите происхождение, минеральный состав, структуру, текстуру горной породы, отметьте ее основные свойства и значение.

Пример ответа представлен в задании практической работы № 3.

Допустимо использование лекций и литературных источников.

№№	горные породы	№№	горные породы
1	Тальк-антигоритовый сланец	11	Кварц-серицитовый сланец
2	Гранатовый амфиболит	12	Плагиогнейс
3	Габбровый сланец	13	Дистен-слюдяной сланец
4	Чарнокит	14	Пироксеновый амфиболит
5	Амфиболитовый сланец	15	Санидинит
6	Грейзен	16	Скаполитовый мрамор
7	Хлорит-альбитовый сланец	17	Филлитовый сланец
8	Порфиритоид	18	Альбитит
9	Гиперстеновый ортогнейс	19	Слюдисто-хлоритовый сланец
10	Глаукофановый сланец	20	Антигоритовый серпентинит

Задание № 2

Назовите и охарактеризуйте метаморфическую горную породу указанного типа.

Пример ответа представлен в практической работе № 3.

Допустимо использование лекций и литературных источников.

№№	Ряд, степень	№№	Ряд, степень
1	Глинистый, низшая	13	Кислые интрузивные, средняя
2	Основные/средние эффузивные, низшая	14	Песчаный с кремнистым цементом, высшая
3	Силикатные карбонаты, средняя	15	Гипербазиты, низшая
4	Основные/средние эффузивные, средняя	16	Песчаный с глинистым цементом, средняя
5	Глинистый, средняя	17	Чистые карбонаты, средняя
6	Интрузивные, высшая	18	Гипербазиты, средняя
7	Песчаный с кремнистым цементом, средняя	19	Кислые эффузивные, низшая
8	Основные/средние эффузивные, высшая	20	Песчаный с глинистым цементом, низшая
9	Чистые карбонаты, высшая	21	Интрузивные, средняя
10	Песчаный с кремнистым цементом, низшая	22	Песчаный с глинистым цементом, высшая
11	Интрузивные, низшая	23	Гипербазиты, высшая
12	Силикатные карбонаты, высшая	24	Глинистый, высшая

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

«КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД»

Задание № 1

Как классифицируются перечисленные ниже горные породы по происхождению (тип метаморфизма) и минеральному составу (по исходным породам)? Какими основными признаками они характеризуются? Дайте краткое описание. В чем сходство и различие пород?

Пример ответа дан в задании № 2 практической работы № 4. Допустимо использование лекций и литературных источников.

№№	горные породы	№№	горные породы
1	Мрамор белый, амфиболит	13	Березит, антигоритовый сланец
2	Магнезиальный скарн, слюдяной сланец	14	Слюдяной кварцит, волластонитовый скарн
3	Кварцит, парагнейс	15	Серпентинит, кварцевый сланец
4	Филлит, ортогнейс	16	Габбровый сланец, гранатовый гнейс
5	Хлоритовый сланец, эклогит	17	Глинистый сланец, слюдяной гнейс
6	Серый гнейс, роговик	18	Силикатный скарн, лиственит
7	Чарнокит, серицитовый сланец	19	Кальцифир, антофиллитовый сланец
8	Мезогнейс, катаклазит	20	Диорит-амфиболит, офиокальцит
9	Альбитовый сланец, мрамор зеленый	21	Полевошпатовый кварцит, серпентиновый сланец
10	Карбонатный скарн, амфиболовый сланец	22	Габбро-амфиболит, графитовый сланец
11	Фенит, биотитовый роговик	23	Пропилит, тектоническая глинка
12	Милонит, карбонатный сланец	24	Наждак, силлиманитовый гнейс

Задание № 2

К какому изохимическому ряду, ступени и фации относится названная метаморфическая порода? Укажите ее исходную породу, минеральный состав.

Допустимо использование лекций и литературных источников.

№№	горные породы	№№	горные породы
1	Железистый кварцит	11	Цоизитовый амфиболит
2	Силлиманит-алемандиневый сланец	12	Ставролит-слюдяной сланец
3	Пироксеновый амфиболит	13	Бруситовый мрамор
4	Кордиерит-слюдяной сланец	14	Плагиоклазовый амфиболит
5	Периклазовый мрамор	15	Серицит-хлоритовый сланец
6	Гранат-гиперстеновый гнейс	16	Плагиогнейс
7	Глаукофан-жадеитовый сланец	17	Джеспилит
8	Пироксеновый гнейс	18	Диопсид-тремолитовый мрамор
9	Плагиоклаз-роговообманковий роговик	19	Гранат-пироксеновый сланец
10	Андалузит-слюдяной сланец	20	Авантюрин

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

«ДИАГНОСТИКА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОД»

По представленной краткой характеристике горной породы определите ее наименование, дайте классификацию и укажите условия образования.

Использование каких-либо источников информации не допускается.

№№	характеристика горной породы
1	ГП сложена линейными волокнами и радиально-лучистыми агрегатами актинолита. Структура мелкокристаллическая, текстура кристаллизационно-сланцеватая, радиально-лучистая.
2	Лейкократовая ГП, состоящая из кварца (30-40 % по объему) и кислого плагиоклаза (60-70 %). Второстепенные минералы: биотит, мусковит, роговая обманка и др. Структура гипидиоморфнозернистая, текстура массивная.
3	ГП состоит из тонких глинистых частиц с примесью пылеватых частиц кварца, а иногда и частиц хлорита. Окраска зеленоватая, сероватая, черноватая, желтоватая, бурая, красноватая. Структура сланцеватая, текстура листоватая.
4	Состав: гранат ~ 5 %, биотит ~ 12 %, кварц ~ 25 %, полевые шпаты (плагиоклаз и калишпат) ~ 50 %, амфибол + ортопироксен ~ 6 %. Структура гетеробластовая, текстура гнейсовидная.
5	ГП состоит главным образом из основного плагиоклаза, моноклинного пироксена, оливина, вулканического стекла. Структуры – интерсертальная, афировая, реже гиалопилитовая, текстуры – массивная, пористая, миндалекаменная.
6	Состав: кварц, плагиоклаз, щелочной полевой шпат, в небольших количествах биотит, гранат, кордиерит, силлиманит, гиперстен и др. Структура гранулитовая, гранобластовая, текстура гнейсовая.
7	ГП характеризуется присутствием сильно деформированных, изогнутых, раздробленных зерен минералов и часто наличием мелкогранулированной полиминеральной связующей массы (цемента). 30-40% уплощенных обломков размером не более 1 см. Структура бластоцементная, текстура пятнистая.
8	Состав: основной плагиоклаз (от лабрадора до битовнита), моноклинный пироксен, оливин или роговая обманка. Структура полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, крупно- и среднезернистая. Текстура массивная, иногда пятнистая, полосчатая, такситовая.

9	ГП состоит главным образом из кварца, до 20 % слюды. Окраска светлая. Структура: зернистая (обычно гранобластовая), афанитовая. Текстура: массивная, сланцеватая, пятнистая.
10	Состав: 50 % CaCO_3 , 35-40 % MgCO_3 , SiO_2 до 25 %. Структура крупнозернистая, среднезернистая, мелкозернистая, тонкозернистая. Текстура массивная.
11	ГП содержит силикатного стекла 80 % и более. Может содержать вкрапленники кварца, полевых шпатов, темноцветных минералов, поэтому окраска весьма разнообразна. Текстура полосчатая, массивная, пятнистая, флюидальная. Структура стекловатая.
12	ГП состоит преимущественно из мусковита и биотита. Структура полнокристаллическая, сланцеватая, зернисто-чешуйчатая (гранолепидобластовая и лепидобластовая), нередко порфириобластовая. Текстура параллельно-полосчатая либо однородная.
13	ГП содержит оливин (40-90 % по объему) и пироксен. Структура гипидиоморфнозернистая (грубозернистая, гранулярная), пойкилитовая. Текстура массивная.
14	ГП с порфириобластической, чешуйчатой или полосчатой текстурой; округлые порфириобласты полевого шпата в поперечном разрезе выступают в виде глазков.
15	Состав: кислый полевой шпат, кварц. Структура гигантозернистая, графическая, симплектитовая. Текстура эвтектоидная.
16	ГП состоит главным образом из минералов группы серпентина с примесью карбонатов, оливина, пироксена, амфиболов, талька, рудных минералов. Окраска зеленая с пятнами разных цветов. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая. Структура порфириобластовая, тонко- и мелкозернистая, скрытокристаллическая, реликтовая.
17	Темноокрашенная ГП, состоящая главным образом из богатого глиноземом амфибола (роговой обманки), плагиоклаза (андезина) и иногда граната. Структура — гранобластовая, немаглобластовая или фибробластовая. Текстура массивная, листоватая или линейная.

18	Состав: щелочной полевой шпат, нефелин, до 10-15 % биотита, щелочного пироксена и амфибола. Структура обычно среднезернистая. Текстура массивная, иногда полосчатая, трахитоидная.
19	ГП состоит из низкохромистого пироп-альмандин-гроссулярового граната и жадеит-диопсидового клинопироксена (омфацита). Структура аллотриоморфнозернистая, гранобластовая, текстура массивная.
20	ГП состоит преимущественно из кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза и темноцветных минералов (пироксенов, роговой обманки, слюд). Тонкополосчатая текстура и гранобластовая, порфиробластовая или пойкилобластовая структура.

ЛАБАРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

«ОПИСАНИЕ ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОД»

По индивидуальным образцам описать штуф (обломок) или шлиф магматической породы по следующему плану:

- название горной породы, ее классификация;
- цвет;
- текстура;
- структура;
- минеральный состав;
- описание минералов (вкрапленников и основной массы);
- включения и вторичные изменения (при наличии: эндогенные (серпентинизация, серицитизация...), экзогенные (лимонитизация, гематитизация, окисление...), а также трещины (длина и ширина, группировка, направление и материал выполнения), форма и размер пустот, миндалин и их заполнение в породе; степень измененности (кайнотипная, палеотипная, выветрелая).

Оборудование: лупа, бинокулярный микроскоп, стекло, шкала Мооса, компас, стальная игла.

Студенту необходимо визуально невооруженным глазом или с помощью оборудования описать образец горной породы, пользуясь представленным планом, текстом Главы 4 и Приложениями 1-4 настоящего Методического пособия.

Допустимо использование лекций. Применение электронных средств при выполнении задания не допускается.

Пример описания штуфа

Дан образец интрузивной магматической породы – лабрадорита. Это основная нормальнощелочная горная порода семейства габброидов, группы анортозитов.

Цвет темно-серый, пятнами наблюдается иризация в виде переливов бирюзово-синих отблесков на гранях кристаллов или плоскостях спайности.

Текстура массивная.

Структура полнокристаллическая, панидиоморфнозернистая.

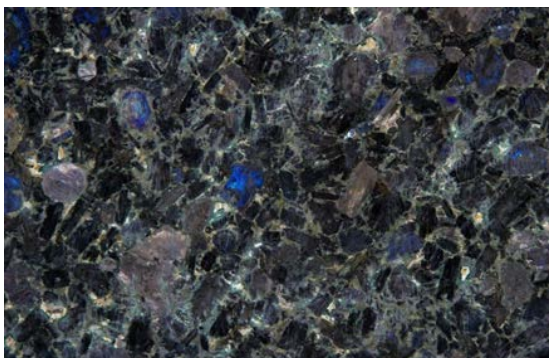


Рис. Отполированная поверхность штуфа лабрадорита

Порода состоит преимущественно из плагиоклаза – лабрадора (80–85 % объема штуфа), клинопироксена (около 5 %), авгита (около 5 %), ильменита (до 5 %) и, вероятно, титаномагнетита (до 3 %).

Лабрадор: темно-серый до черного, размер уплощенных кристаллов достигает 2 см по длинной оси. Клинопироксен: удлиненные черные кристаллы до 8 мм длиной. Авгит: черные изометричные зерна размером в среднем около 7 мм. Иризирующие «глазки» округлой формы, вероятно, обусловлены включениями ильменита размером до 1 см. Слабые колебания магнитной стрелки компаса свидетельствует о наличии в образце рудных железосодержащих минералов, наиболее вероятно – ильменита и титаномагнетита, неразличимых невооруженным глазом.

Вторичные изменения представлены локальными пленками окисления темно-желтого цвета. Порода кайнотипная.

Местами заметны включения в виде тонких прожилков кварца неправильной формы длиной несколько миллиметров.

Таким образом, учитывая степень развития формы кристаллов минералов, кристаллизация происходила равномерно и одновременно. Поскольку выявлены лишь следы окисления, в приповерхностных условиях порода находилась непродолжительное время.

Пример описания минерала в шлифе

В поле зрения преобладает минерал светло-дымчатого цвета – лабрадор. Он занимает примерно 85 % площади

шлифа. Минерал представлен триклинными толсто-таблитчатыми кристаллами длиной более 1 см и шириной около 5 мм. Спайность минерала совершенная (трещинки преимущественно параллельны друг другу). При повороте плеохроизм не обнаружен (окраска не меняется). В верхней части шлифа лабрадор иризирует бирюзово-синим цветом.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

«ОПИСАНИЕ ЭФФУЗИВНЫХ И ЖИЛЬНЫХ ПОРОД»

По индивидуальным образцам описать штупф или шлиф магматической эффузивной или жильной породы.

Оборудование, методика выполнения, план и пример описания представлены в работе № 1.

Допустимо использование лекций. Применение электронных средств при выполнении задания не допускается.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

«ОПИСАНИЕ ПАЛЕОТИПНЫХ ПОРОД»

По индивидуальным образцам описать штупф или шлиф палеотипной магматической породы.

Оборудование, методика выполнения, план и пример описания представлены в работе № 1.

Допустимо использование лекций. Применение электронных средств при выполнении задания не допускается.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

«ДИАГНОСТИКА МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД»

По индивидуальным образцам определить магматическую породу.

Оборудование: лупа, бинокулярный микроскоп, стекло, шкала Мооса, компас, стальная игла.

Сначала студенту необходимо визуально невооруженным глазом или с помощью оборудования описать образец горной породы.

Затем на основе описания нужно дать наименование горной породы, реконструировать условия ее образования и определить место в классификации, пользуясь текстом Главы 4 и Приложениями 1-4 настоящего Методического пособия, а также при необходимости – лекциями, литературными и справочными источниками.

Использование каких-либо электронных источников информации не допускается.

Пример

Дан образец серой породы с крупными светлыми коричневато-желтыми пятнами. В породе ясно различимы кристаллические зерна размером в поперечнике в среднем до 3 мм и более крупные длиной до 1,5 см. Следовательно, структура полнокристаллическая среднезернистая порфириовидная, текстура массивная, порода – интрузивная. Серый цвет обусловлен развитием серых зерен плагиоклаза и кварца, составляющих примерно до 30 % объема породы. Крупные светлые коричневато-желтые зерна, количество которых также достаточно велико (около 30 %), представлены калиевым полевым шпатом. В породе присутствует немного мелких чешуйчатых зерен черной слюды (биотита) и очень мелких изометричных или неправильной формы зерен магнетита; по их количеству можно установить, что цветное число породы около 5. Наличие кварца дает возможность отнести породу к кислой или средней группе по содержанию кремнезема. Поскольку количество кварца велико и в породе содержится калиевый полевой шпат, она попадает в группу кислых и определяется как биотитовый гранит.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

«ОПИСАНИЕ ДИНАМОМЕТАМОРФИЧЕСКИХ И КОНТАКТОВЫХ ПОРОД»

По индивидуальным образцам описать штуф или шлиф породы динамического или контактового метаморфизма:

- название горной породы;
- цвет;
- текстура;
- структура;
- минеральный состав;
- описание минералов основной массы и вкрапленников;
- включения и вторичные изменения;
- тип метаморфизма и фации, название исходной породы (или ряда пород).

Оборудование, методика выполнения и пример описания представлены в работе № 1.

Допустимо использование лекций, Главы 5 и Приложений 5-7 настоящего Методического пособия. Применение электронных средств при выполнении задания не допускается.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

«ОПИСАНИЕ ПОРОД РЕГИОНАЛЬНОГО МЕТАМОРФИЗМА»

По индивидуальным образцам описать штуф или шлиф породы регионального метаморфизма.

Оборудование, методика выполнения и пример описания представлены в работе № 1, план описания – в работе № 5.

Допустимо использование лекций, Главы 5 и Приложений 5-7 настоящего Методического пособия. Применение электронных средств при выполнении задания не допускается.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

«ДИАГНОСТИКА МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД»

По индивидуальным образцам определить метаморфическую породу.

Оборудование, методика выполнения и пример диагностики представлены в работе № 4, план описания – в работе № 5.

Допустимо использование лекций, Главы 5 и Приложений 5-7 настоящего Методического пособия. Применение электронных средств при выполнении задания не допускается.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

«ДИАГНОСТИКА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОД»

По индивидуальным образцам определить кристаллическую породу.

Оборудование, методика выполнения и пример диагностики представлены в работе № 4, план описания – в работах № 1 и № 5.

Допустимо использование лекций и настоящего Методического пособия. Применение электронных средств при выполнении задания не допускается.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонова, Г.В., Варламов, А.И., Асташкин, Д.А. Методика изучения пород нефтегазоносных комплексов. Детальное микроскопическое описание керна скважин : учеб. пособие. – Москва: ВНИГНИ, 2015. – 172 с.
2. Андреева, Е.Д., Богатилов, О.А., Бородаевская, М.Б. и др. Классификация и номенклатура магматических горных пород: справочное пособие. – М.: Недра, 1981.– 160 с.
3. Бобров, А.В., Маракушев, А.А., Перцев Н.Н. [и др.]. Петрография. Основы кристаллооптики и породообразующие минералы: учебник. – Москва: Юрайт, 2016. – 302 с.
4. Гончаров, Ю.И. Геология, минералогия, петрография. – М.: АСВ, 2008. – 232 с.
5. Емельянов, П.Ф., Яковлева, Е.Б. Петрография магматических и метаморфических пород. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 248 с.
6. Ибламинов, Р.Г. Петрография: учеб. пособие. – Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2012. – 240 с.
7. Изох, А.Э. Петрография кристаллических пород. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского государственного университета, 2005.
8. Классификация и номенклатура магматических горных пород: Справочное пособие / Богатилов О.А., Гоньшакова В.И., Ефремова С.В. и др. – М.: Недра, 1981. – 160 с.
9. Классификация магматических пород и словарь терминов. – М.: Недра, 1997. – 247 с.
10. Лапинская, Т.А., Прошляков, Б.К. Основы петрографии. – М.: Недра, 1974. – 240 с.
11. Лахи, Ф.Х. Полевая геология. В 2 томах. – М.: Мир, 1966.
12. Лебедева, Н.Б. Пособие к практическим занятиям по общей геологии. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 98 с.
13. Методическое пособие к лабораторным занятиям по кристаллографии и минералогии: методическое пособие / сост. А. В. Сергеев. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2016 – 80 с.
14. Павлинов, В.Н. и др. Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии. – М.: Недра, 1988. – 149 с.

15. Перчук, А.Л., Плечов, П.Ю., Сазонова, Л.В. [и др.]. Основы петрологии магматических и метаморфических процессов: учеб.-методическое пособие. – Москва: КДУ, 2015. – 472 с.
16. Петрографический кодекс России. – 3-е изд. – СПб: ВСЕГЕИ, 2009. – 200 с.
17. Петрографический словарь / под ред. В.П. Петрова, О.А. Богатикова, Р.П. Петрова – М.: Недра, 1981. – 496 с.
18. Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород. – М.: Логос, 2001. – 762 с.
19. Постников, А.В., Кононова, И.Б., Кудрявцев, Д.И. Методическое пособие по курсу минералогии и петрографии. – Москва: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2011.
20. Рыка, В., Малишевская А. Петрографический словарь. – М.: Недра, 1989. – 589 с.
21. Стерленко, З.В. Петрография. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. Книга находится в Премиум-версии ЭБС IPRbooks.
22. Трусова, И.Ф., Чернов, В.И. Петрография магматических и метаморфических горных пород. – М.: Недра, 1982. – 272 с.

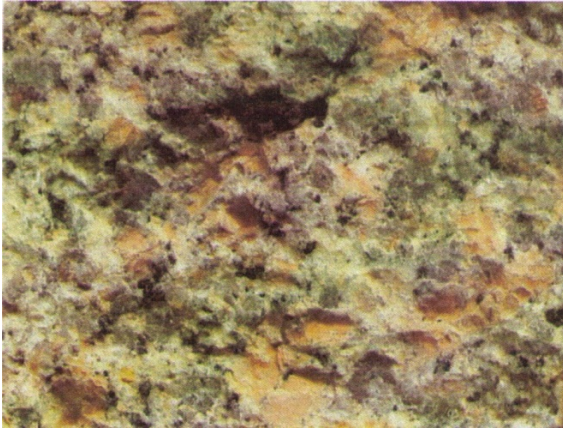
ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. Каталог минералов: сайт. URL: <http://www.catalogmineralov.ru>
 2. Википедия: сайт. URL: <https://ru.wikipedia.org>
 3. Горная энциклопедия: сайт. URL: <http://www.mining-enc.ru/m/mineral>
 4. Все о геологии: сайт. URL: <http://wiki.web.ru>
 5. Российское минералогическое сообщество: сайт. URL: <http://gems.minsoc.ru>
 6. Минералы и месторождения России и стран ближнего зарубежья. URL: <http://www.webmineral.ru/minerals>
- и др.

Краткая классификация магматических пород

Состав			Генезис	
			интрузивные	эффузивные, <i>жильные</i>
Кислые (светлые), SiO ₂ >65 %	ортоклаз, микроклин, кислый плагиоклаз	кварц, слюды, амфибол (пироксен)	гранит	липарит, <i>кварцевый порфир</i>
Средние (серые), SiO ₂ 52-65 %	калиевый полево шпат	амфибол, пироксен, биотит	сиенит	трахит, ортофир
		нефелин, амфибол, пироксен, биотит	нефелиновый сиенит	фонолит, <i>нефелиновый сиенит- порфир</i>
	средний плагиоклаз	кварц, ам- фибол, биотит, пироксен	кварцевый диорит	андезитодацит
		амфибол, пироксен, биотит	диорит	андезит, <i>андезитовый порфирит</i>
Основные (темно- серые, черные), SiO ₂ 45-52 %	основной плагиоклаз	пироксен, амфибол, оливин, биотит	габбро	базальт, <i>долерит, диабаз</i>
Ультра- основные (черные, темно- зеленые), SiO ₂ <45 %	полевых шпатов нет	пироксен	пироксенит	–
		оливин	дунит	пикрит
		пироксен, оливин	перидотит	<i>кимберлит</i>
		амфибол	горнblendит	–

Структуры магматических пород



Крупнокристаллическая структура гранита



Среднекристаллическая структура плагиигранита

Структуры магматических пород

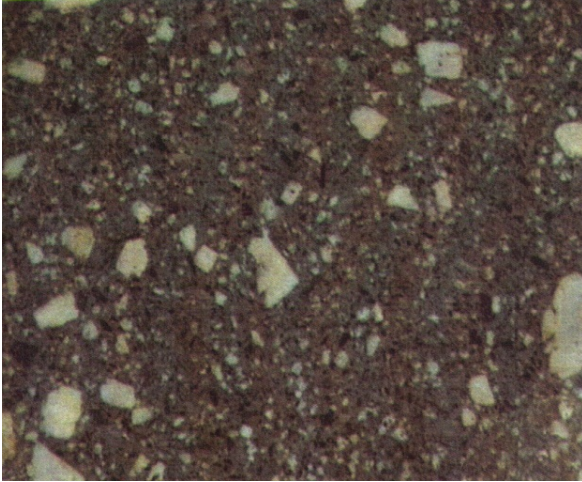


Мелкокристаллическая структура гранодиорита

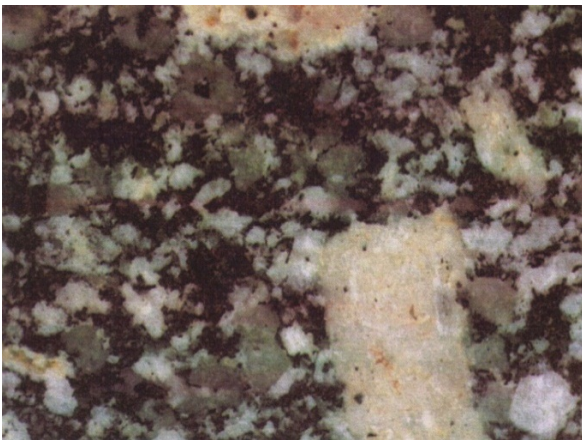


Афанитовая (скрытокристаллическая) структура базальта

Структуры магматических пород

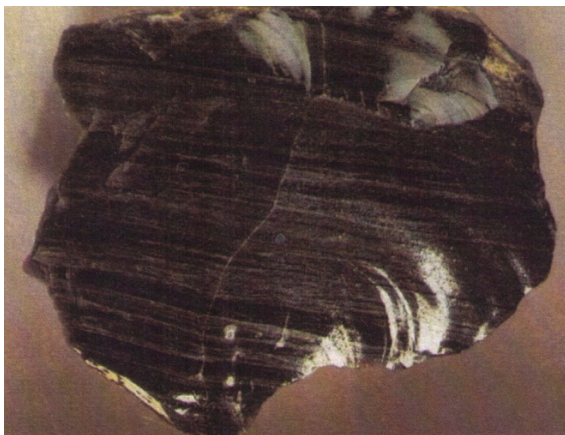


Неполнокристаллическая порфировая структура андезита

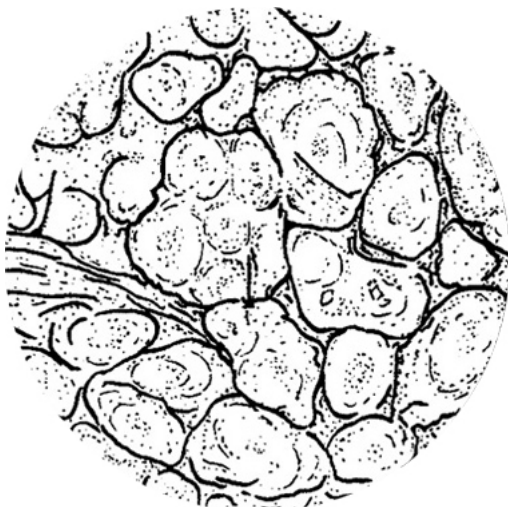


Порфировидная структура гранита

Структуры магматических пород

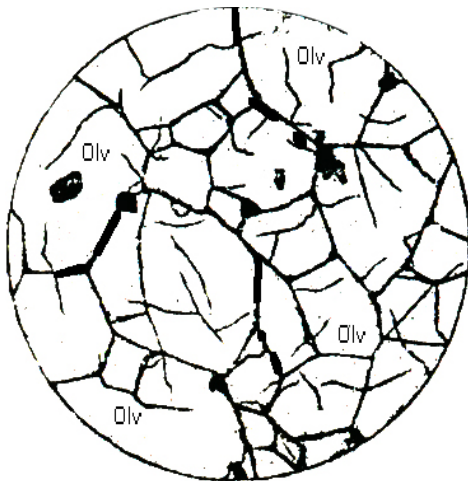


Стекловатая (витрофировая) структура обсидиана

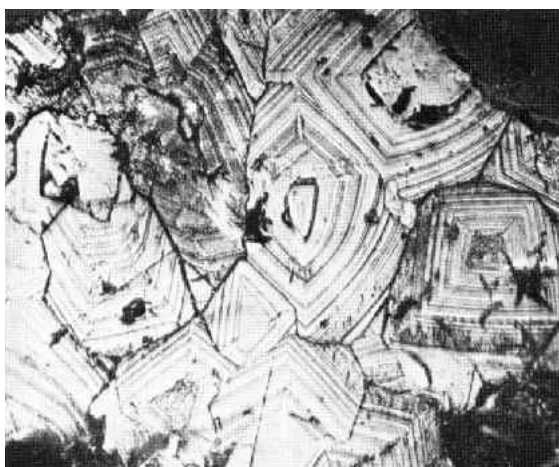


Стекловатая перлитовая структура (перлит)

Структуры магматических пород

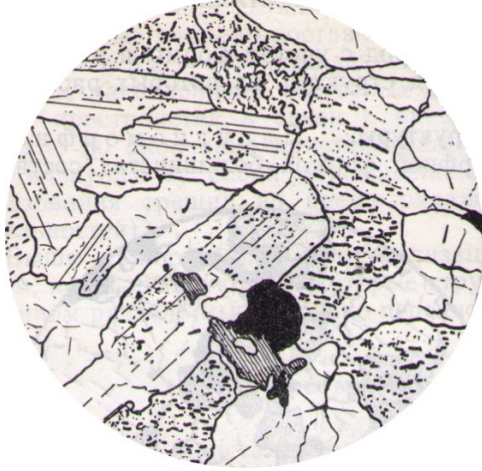


Панидиоморфная структура (перидотит с магнетитом)



Панидиоморфная структура с зонами роста (повеллит)

Структуры магматических пород

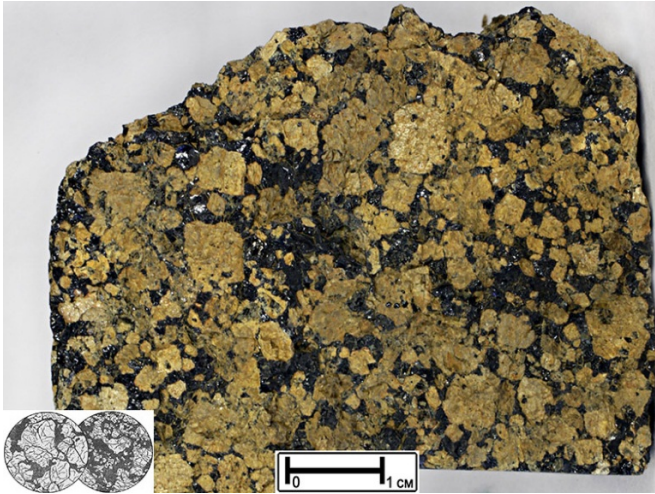


Гипидиоморфная гранитовая структура (гранит)

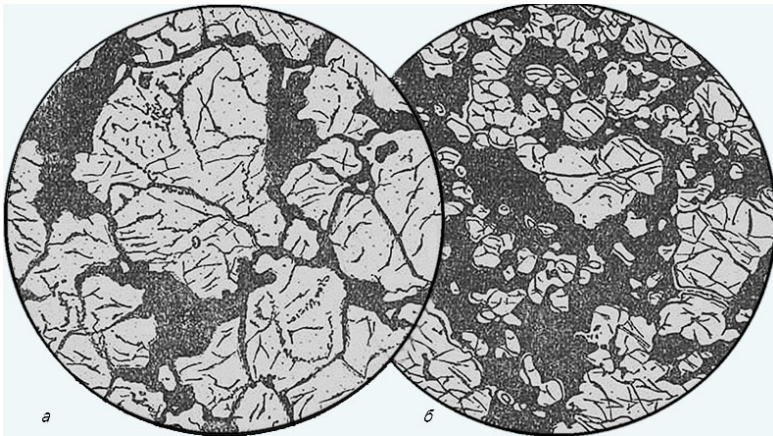


Гипидиоморфная олифовая структура (диабаз оливиновый)

Структуры магматических пород

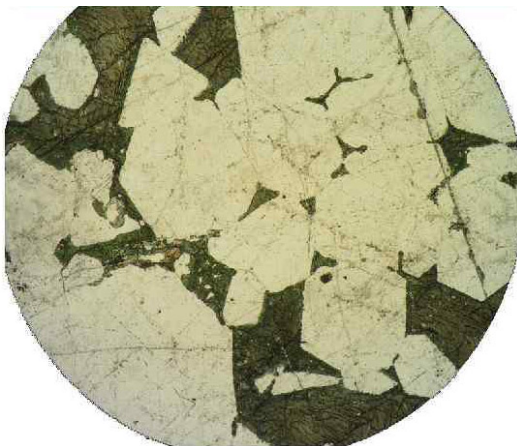


Сидеронитовая средне-крупнозернистая структура (оливинит)

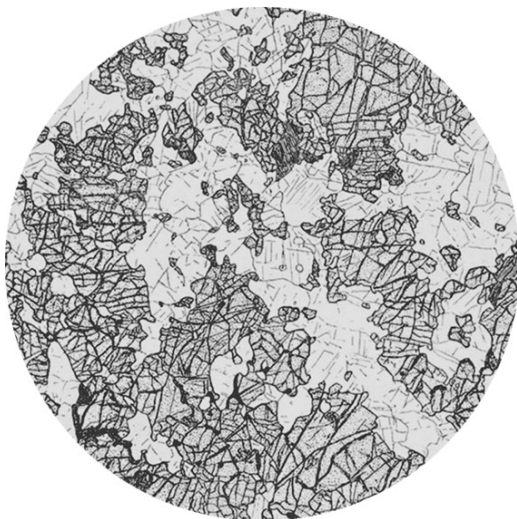


Сидеронитовая структура (клинопироксенит рудный)

Структуры магматических пород

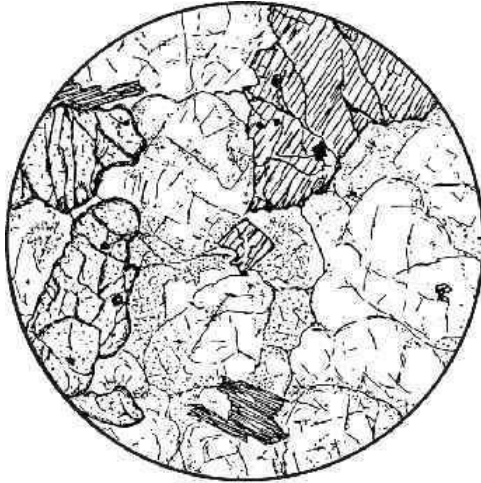


Агпаитовая структура (ийолит)

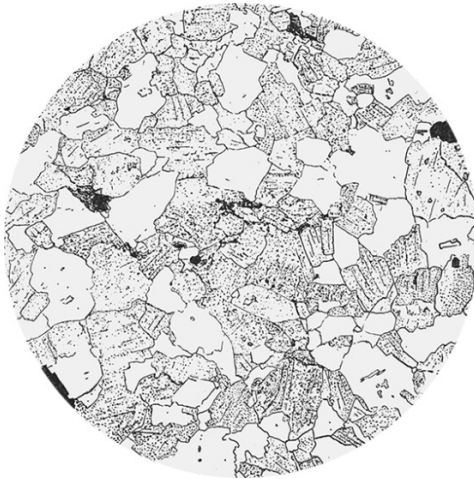


Аллотриоморфная структура

Структуры магматических пород



Аллотриоморфная разномерная структура (миссурит)



Паналлотриоморфная аплитовая структура (аплит)

Структуры магматических пород



Паналлотриоморфная габбровая структура (габбро)

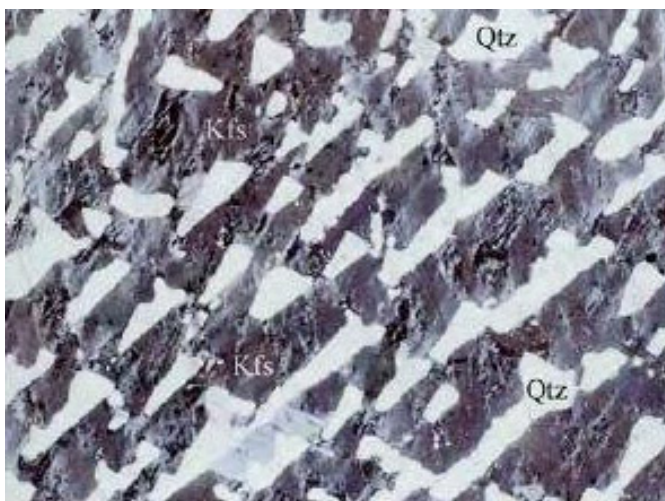


Гипидиоморфная габбровая структура (габбро)

Структуры магматических пород

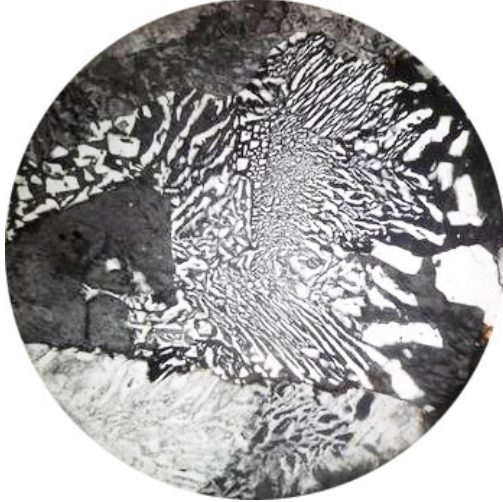


Пегматитовая (графическая) структура (пегматит, штуф)



Пегматитовая (графическая) структура (пегматит, шлиф)

Структуры магматических пород



Микропегматитовая (гранофировая) структура (гранит)



Друзитовая (венцовая) структура (норит)

Структуры магматических пород



Пойкилитовая (пойкилоофитовая) структура (перидотит)



Пойкилитовая (монзонитовая) структура (монзонит)

Структуры магматических пород

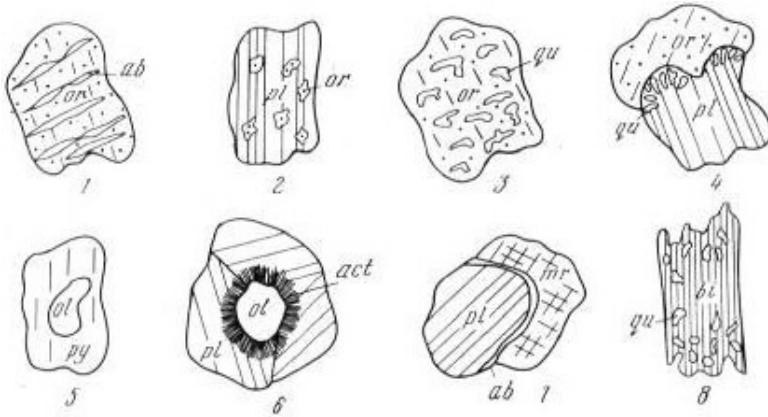


Келифитовая структура (друзит)



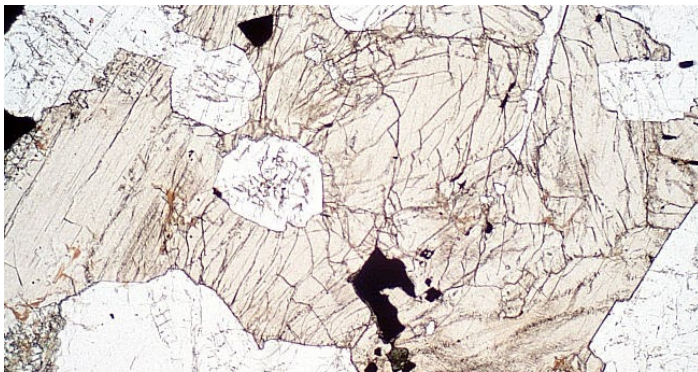
Симплектитовая структура (пегматит)

Структуры магматических пород



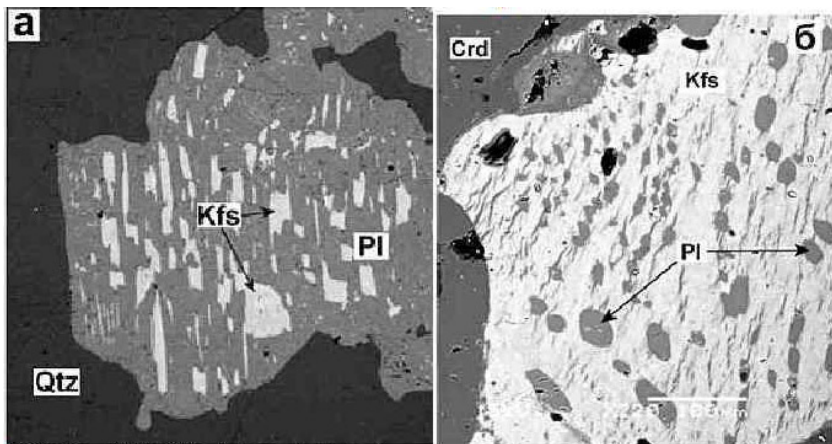
Схематичное изображение различных форм прорастания (срастания) порообразующих минералов магматических и метаморфических пород:

1 – пертит; 2 – антипертит; 3 – пегматит; 4 – мирмекит; некоторые реакционные каймы: 5 – вокруг оливина оболочка пироксена; 6 – келифит; 7 – вокруг основного плагиоклаза альбитовая кайма; 8 – симплектит. *or* – ортоклаз; *pl* – плагиоклаз; *qu* – кварц; *ol* – оливин; *py* – пироксен; *act* – актинолит; *bi* – биотит.

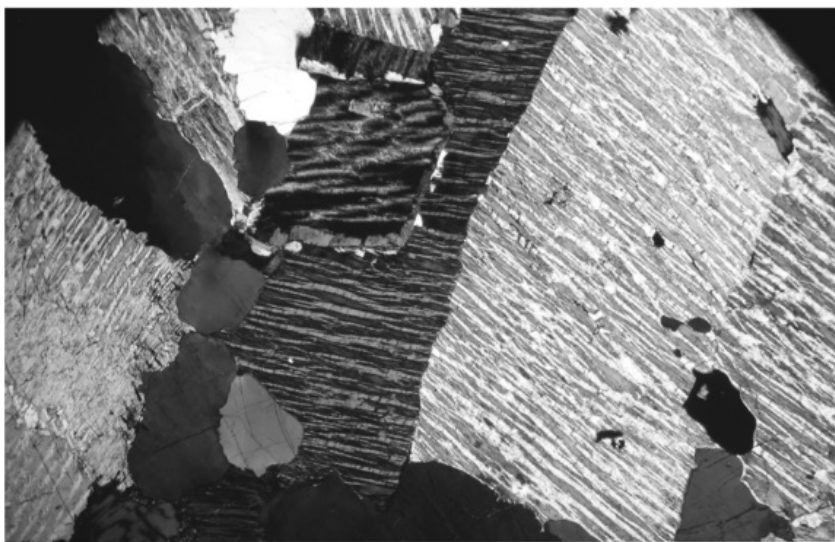


Пертитовое прорастание альбита в ортоклазе

Структуры магматических пород

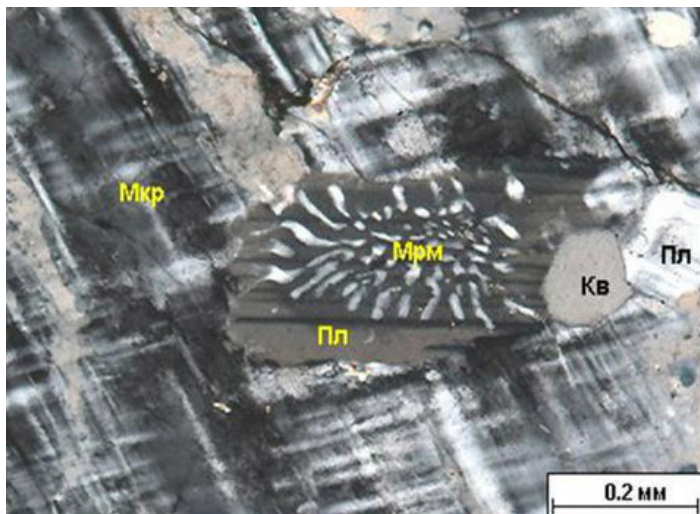


Пертиты (а) и антипертиты (б)

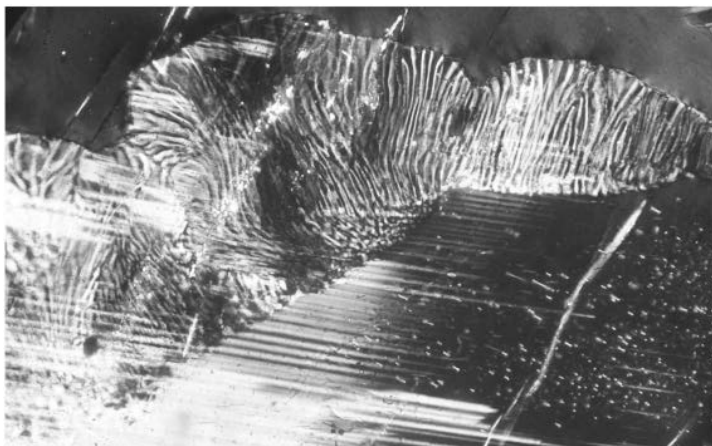


Пертитовая структура (гранит)

Структуры магматических пород

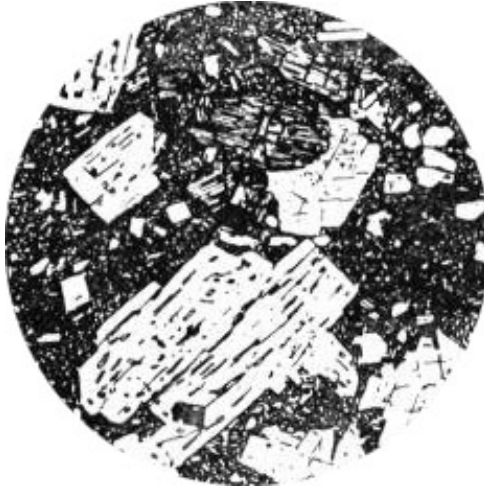


Мирменкиты (гнейсогранит)



Мирменкитовая структура (гранит)

Структуры магматических пород

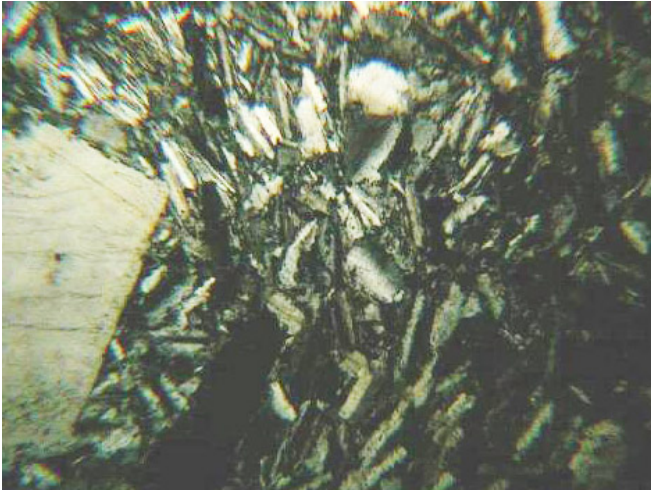


Гиалопилитовая структура (андезит)

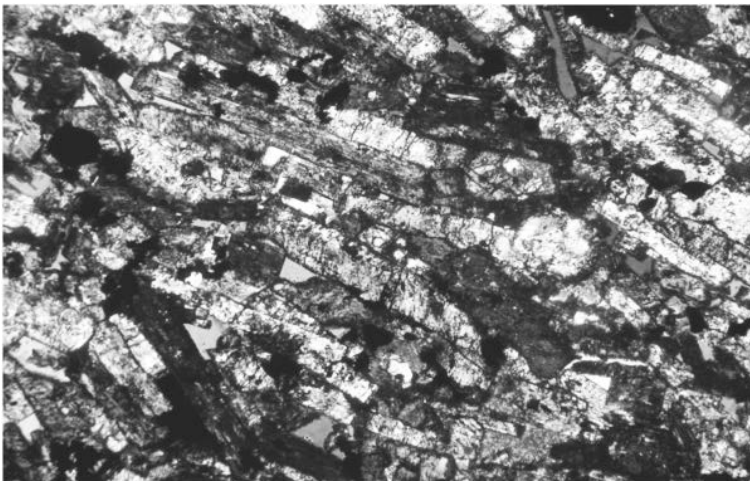


Интерсертальная структура (базальт оливиновый)

Структуры магматических пород

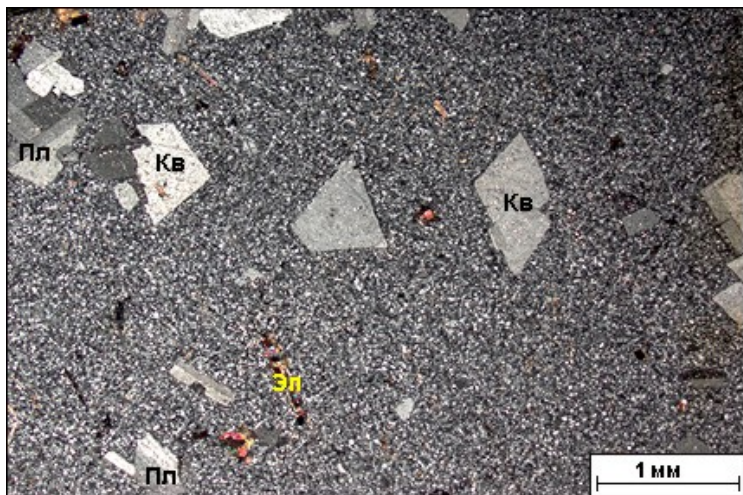


Пилотакситовая структура (андезит)



Трахитовая структура (трахит)

Структуры магматических пород



Фельзитовая структура (риолит)



Сферолитовая структура (риолит)

Структуры магматических пород



Литофизы (витрокластический туф)



Литофиза с агатом (риолит)

Текстуры магматических пород



Плотная массивная текстура (диорит)

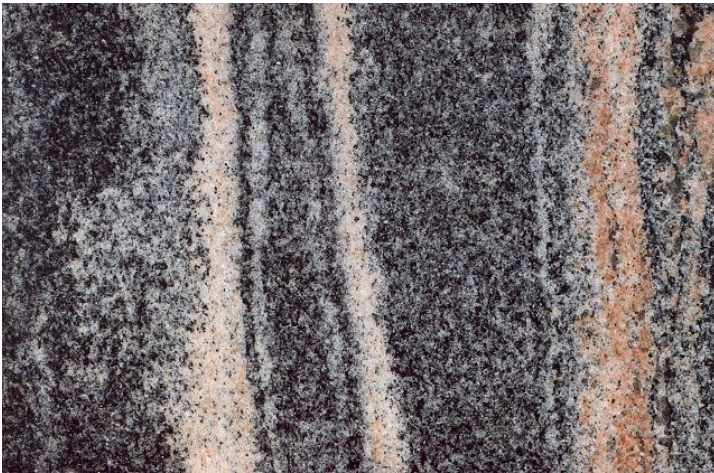


Пористая массивная текстура (базальт)

Текстуры магматических пород



Такситовая текстура (сиенит)

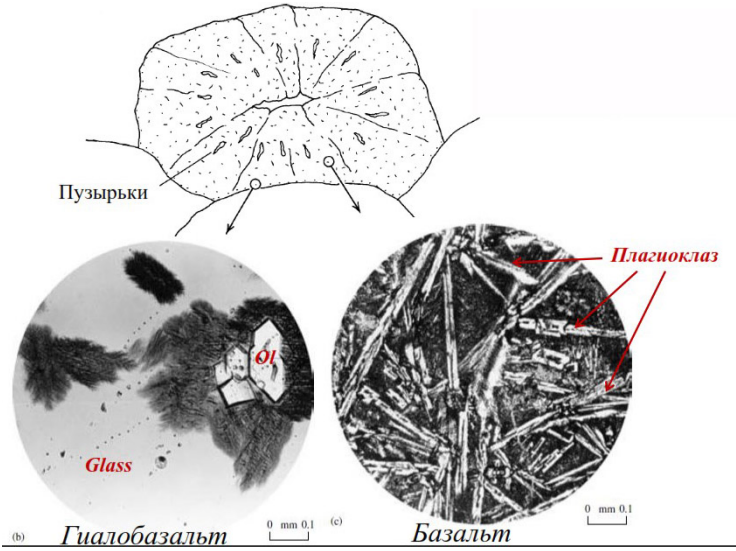


Полосчатая текстура (гранитоид)

Текстуры магматических пород



Шаровая текстура

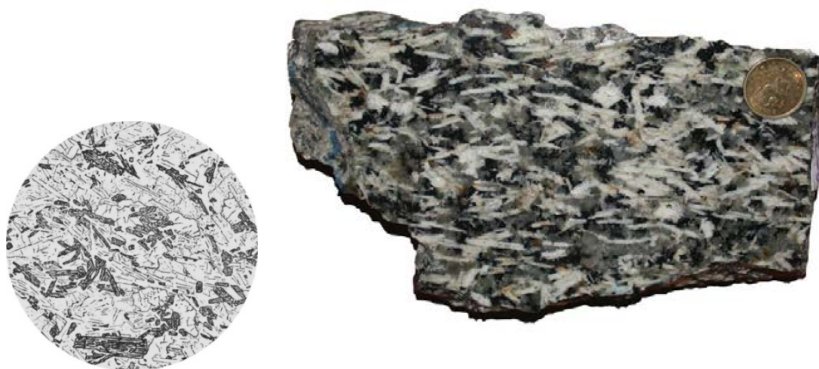


Строение «подушки» пиллоу-лавы

Текстуры магматических пород



Гнейсовидная текстура (гнейсогранит)

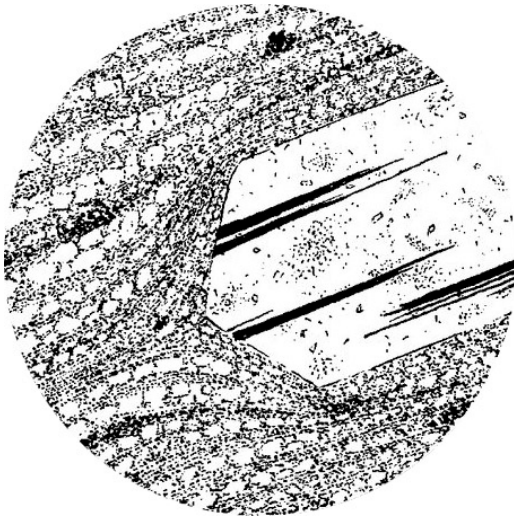


Трахитоидная текстура (луяврит)

Текстуры магматических пород

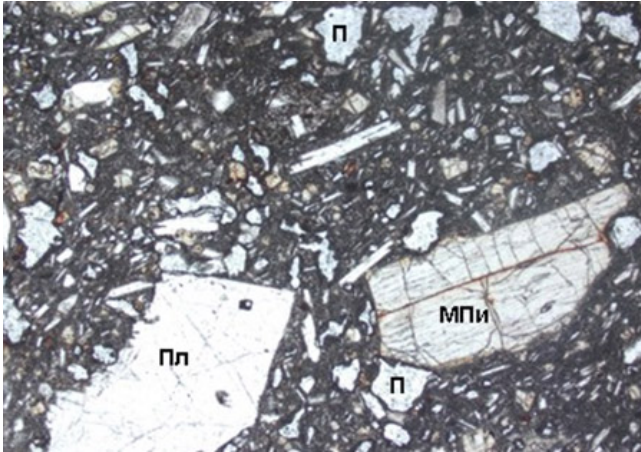


Флюидальная текстура (обсидиан)



Флюидальная текстура (риодацит)

Текстуры магматических пород



Пористая текстура (риолит)

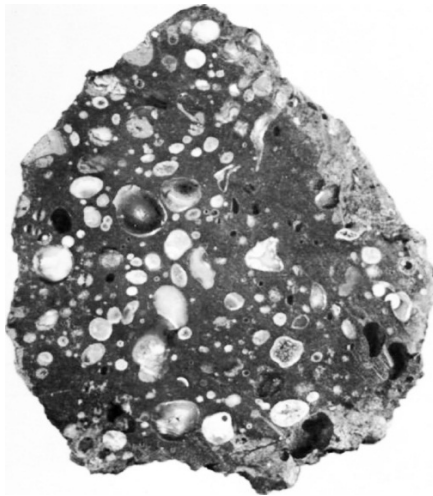


Пузыристая текстура

Текстуры магматических пород

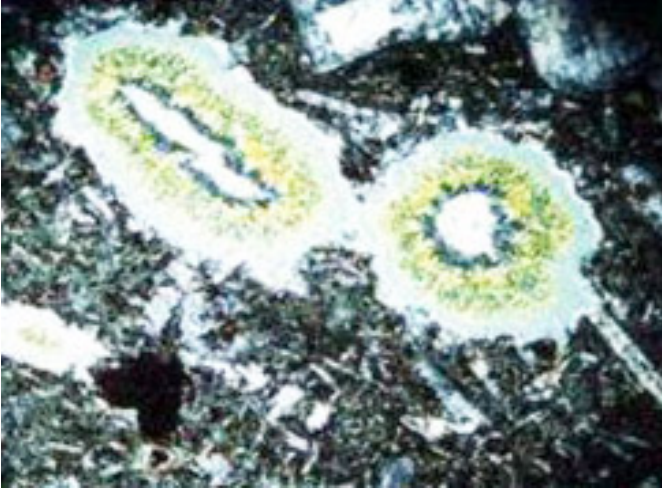


Пемзовая текстура (пемза)



Миндалекаменная текстура (базальт)

Текстуры магматических пород

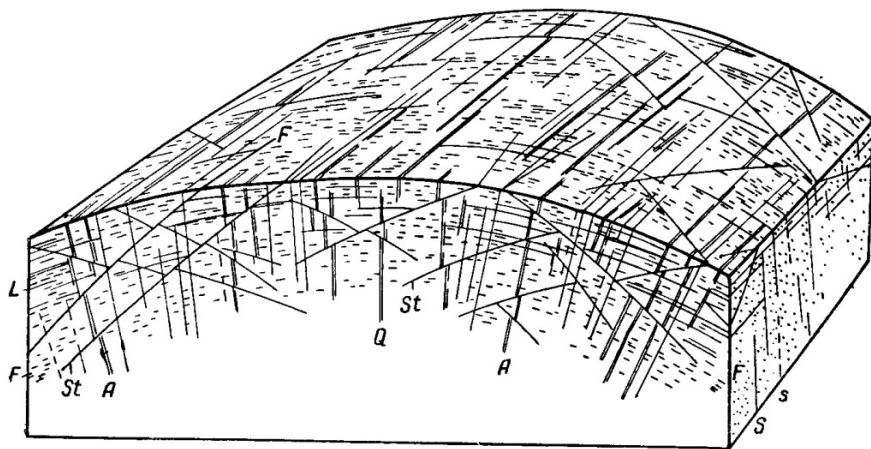


Миаролитовая текстура

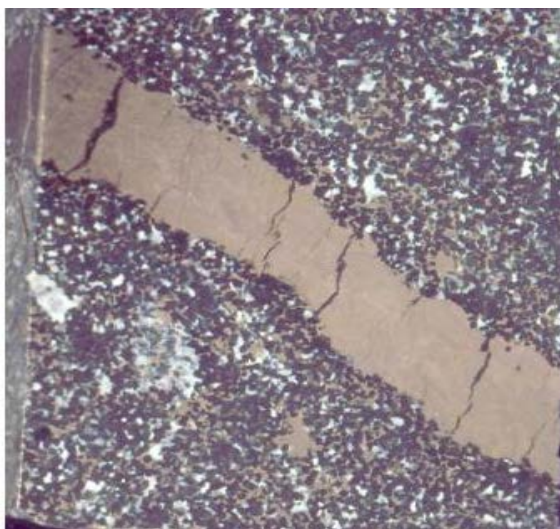


Миарола, заполненная кварцем

Текстуры магматических пород

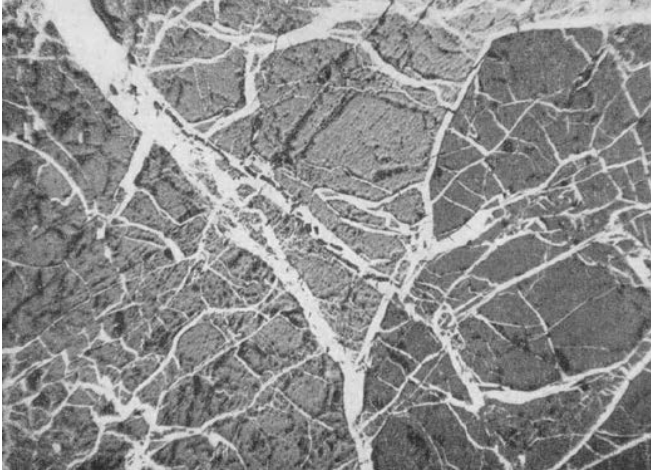


Жильная текстура интрузивной породы

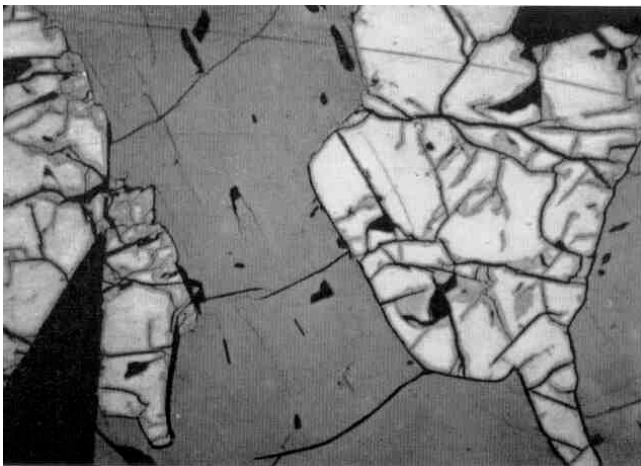


Жильная текстура (пирротин в интрузиве)

Текстуры магматических пород

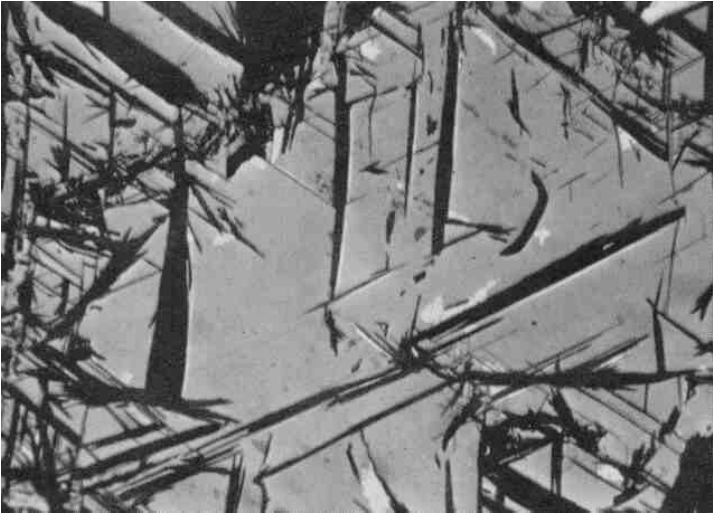


Прожилковая текстура выделения пирита (белое) в магнетите

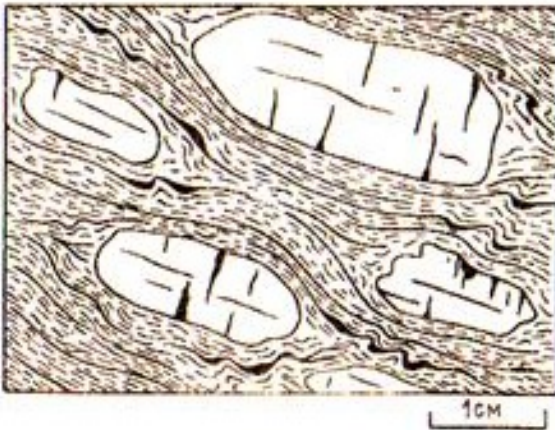


Прожилковая микротекстура замещения пентландита (белое) виоларитом (серое), темно-серое – пирротин, черное – силикат

Текстуры магматических пород

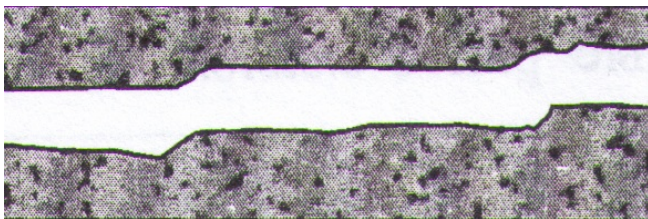


Сетчатая микротекстура – проращение пирротина (серое) антигоритом (черное)

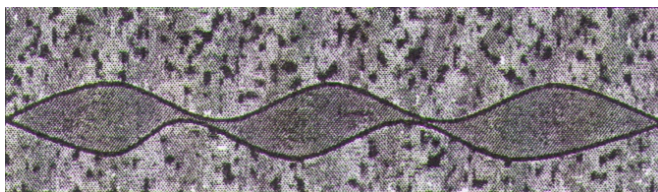


Нодулярная текстура

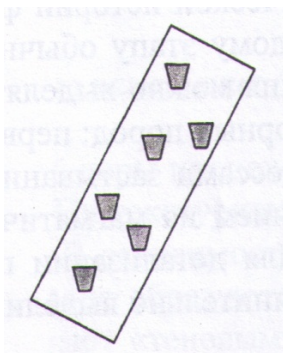
Текстуры магматических пород



Текстура с прямолинейными границами (выполнения полостей)

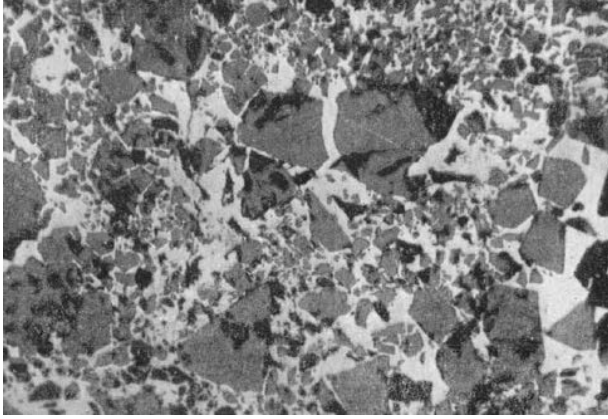


Текстура с криволинейными границами (замещение)

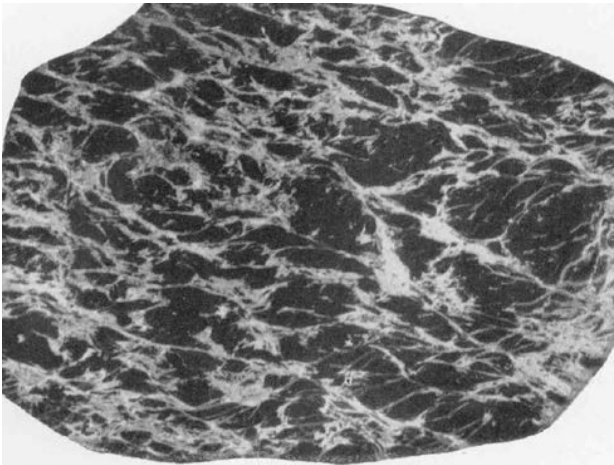


Модель брекчиевидно-такситовой текстуры автобрекчии (обломки пород ранней стадии цементируются агрегатом поздней стадии)

Текстуры магматических пород



Брекчиевая микротекстура (обломки магнетита сцементированы пиритом)



Брекчиевидная текстура (линзовидно-чешуйчатые обломки ультраосновной породы сцементированы сульфидами)

Текстуры магматических пород



Слоистая текстура габбро-норитов в расслоенном интрузиве



Крустификационная (симметрично-зональная) текстура – полосчатое нарастание кварца (светлое) и флюорита (темное) в трещине

Распространенные магматические породы

группа	ряд щелочности	кол-во кварца, %	цветное число	породы				минералы главные (второстеп.)
				интрузивные	эффузивные		жилые	
					кайнотип.	палеотип.		
кислая	нормальный и щелочной	< 50	5	гранит	липарит, пемза, стекла	кварцевый порфир	аплит, пегматит, гранит-порфир	кварц, калиевый полевой шпат, кислый плагиоклаз (слода, амфибол)
					андезит, пемза, стекла	андезитовый порфирит	диорит-порфирит	
средняя	щелочной	0	20	сиенит	трахит, стекла	ортофир		калиевый полевой шпат, кислый плагиоклаз, слода, амфиболы (плагиоклаз, кварц)
					фонолит	фонолитовые порфиры	тингуаит	калиевый полевой шпат, нефелин, лейцит, кислый плагио-
	щелочная	0	< 50	нефелиновые сиениты	фонолит	фонолитовые и лейцитовые порфиры	тингуаит	калиевый полевой шпат, нефелин, лейцит, кислый плагио-

								к-лаз, слюда, щелочные амфиболы и пироксены
основная	нормальный и щелочной	0	< 50	габбро	базальт, стекла	базальтовый порфирит, диабаз	крайне редки	основной плагиоклаз, пироксены (слода, амфиболы, оливин)
				дунит				
ультраосновная			< 100	перидотит	пикрит	пикритовый порфирит	крайне редки	пироксены
				пироксенит				

Структуры интрузивных пород – полнокристаллические, эффузивных – порфировые и афировые.

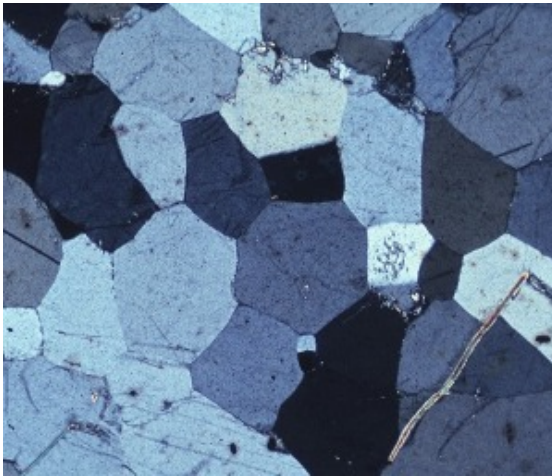
Распространенные метаморфические породы

Минеральный состав	Строение	Название породы
Серицит, хлорит, кварц	Сланцеватая и плейчатая текстура, микрочешуйчатая структура.	Филлит
Биотит, мусковит, кварц	Сланцеватая текстура, чешуйчатая структура.	Слюдяной сланец
Хлорит, кварц, слюда	Сланцеватая текстура, чешуйчатая и листоватая структура.	Хлоритовый сланец
Хлорит, актинолит, альбит, эпидот	Сланцеватая текстура, мелкозернистая структура.	Зеленый сланец
Тальк	Сланцеватая текстура, чешуйчатая структура.	Тальковый сланец
Серпентин	Сланцеватая или массивная текстура, чешуйчатая структура.	Серпентинит
Роговая обманка, плагиоклаз	Массивная или сланцеватая текстура, зернистая структура	Амфиболит
Кварц, микроклин, биотит, иногда роговая обманка, пироксен, гранат	Текстура массивная гнейсовая, иногда полосчатая, очковая, сланцеватая; чешуйчатая или зернистая структура	Микроклиновый гнейс
Плагиоклаз, кварц, роговая обманка, биотит, пироксен		Плагиоклазовый гнейс
Кварц	Массивная текстура, мелкозернистая структура	Кварцит
Кальцит		Мрамор
Кварц, биотит	Массивная беспорядочная текстура, мелкозернистая структура	Биотитовый роговик
Плагиоклаз, амфибол, пироксен		Амфиболовый роговик
Гранат, пироксен, плагиоклаз, эпидот, карбонат, рудные минералы, актинолит...	Массивная беспорядочная текстура, структура от мелко- до крупнокристаллической, часто неравномерно-зернистая	Скарн
Кварц, светлая слюда	Массивная беспорядочная текстура, крупнокристаллическая структура	Грейзен

Структуры метаморфических пород

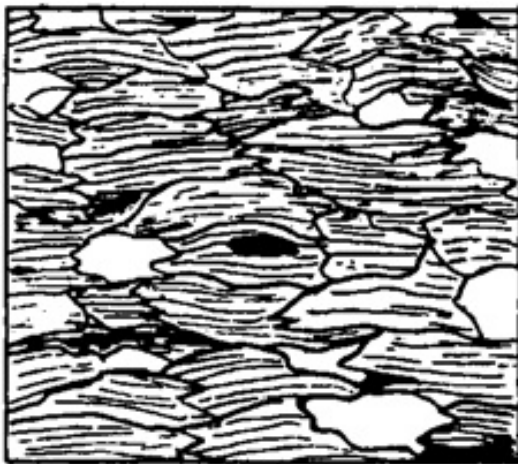


Гранобластовая структура

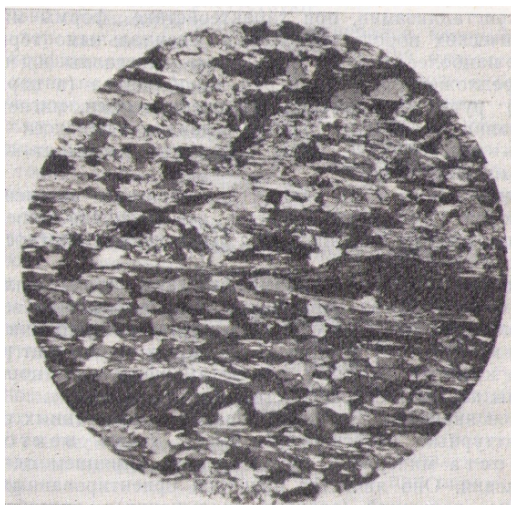


Гранобластовая структура

Структуры метаморфических пород

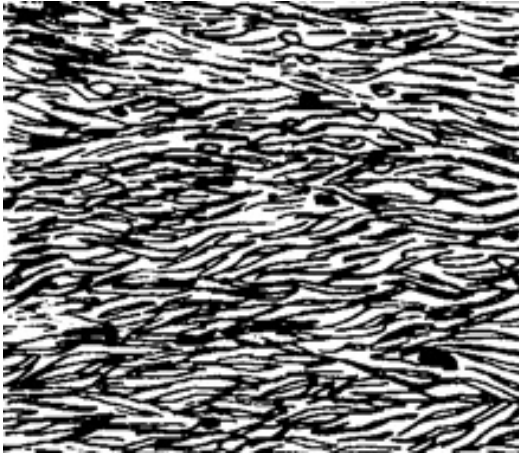


Лепидобластовая структура

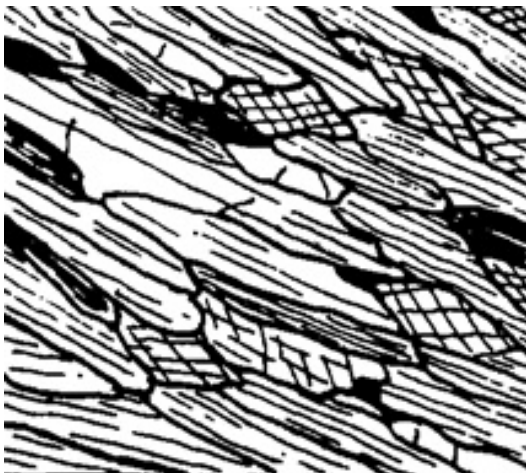


Лепидобластовая структура биотит-серицитового кварцитосланца

Структуры метаморфических пород

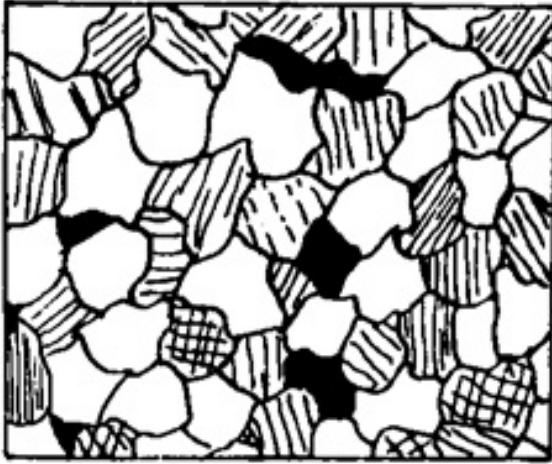


Фибробластовая структура

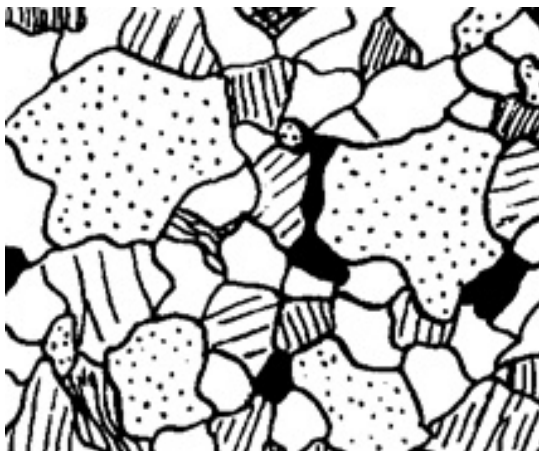


Нематобластовая структура

Структуры метаморфических пород



Гомеобластовая структура

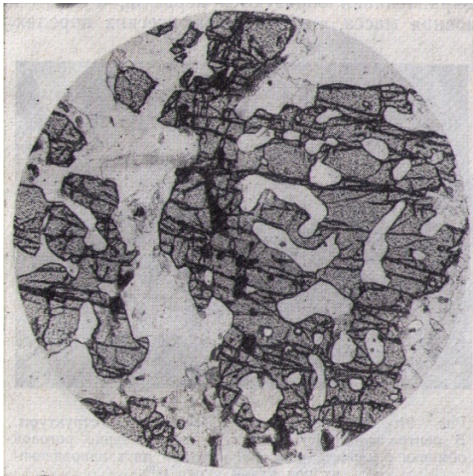


Гетеробластовая структура

Структуры метаморфических пород



Пойкилобластовая структура



Пойкилобластовая структура (зерна граната с включениями кварца и рудных (черные) минералов). Кристаллический фундамент Татарского свода.

Структуры метаморфических пород

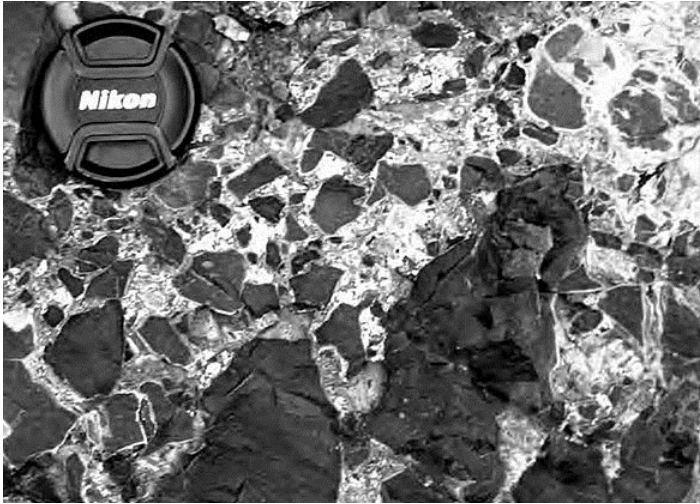


Порфиробластовая структура



Порфиробластовая структура (зерна граната в амфиболите)

Структуры метаморфических пород



Тектоническая брекчия из обломков базальтов



Структурно-текстурные особенности катаклизитов (по возрастанию интенсивности катаклаза)

Структуры метаморфических пород

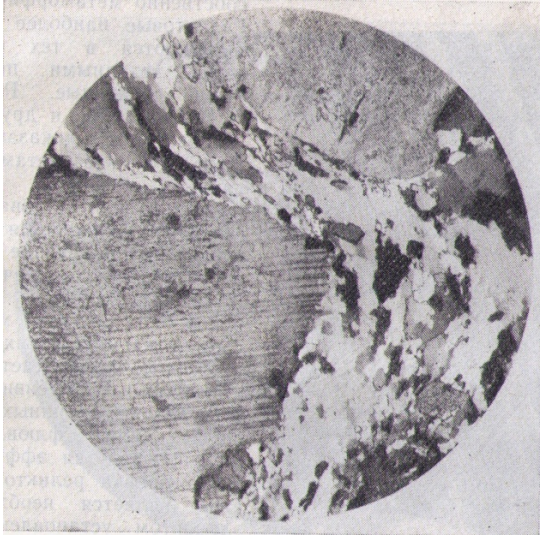


Катаклазитовая структура



Катаклазит рапакиви

Структуры метаморфических пород

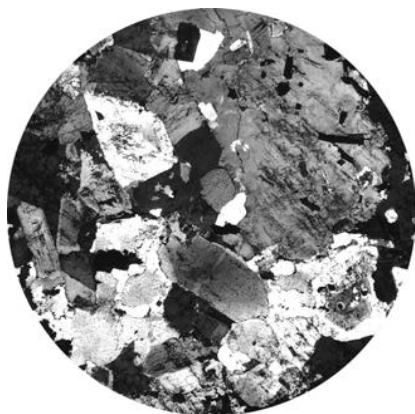


Порфирокатакластическая структура в граните. Крупные кристаллы плагиоклазов облекаются мелкокристаллическим раздробленным кварцем. Кристаллический фундамент Татарского свода.



Милонитовая структура

Структуры метаморфических пород



а



б



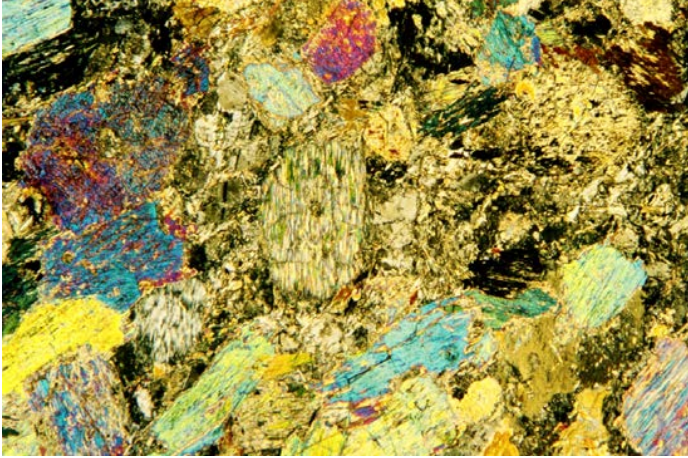
в



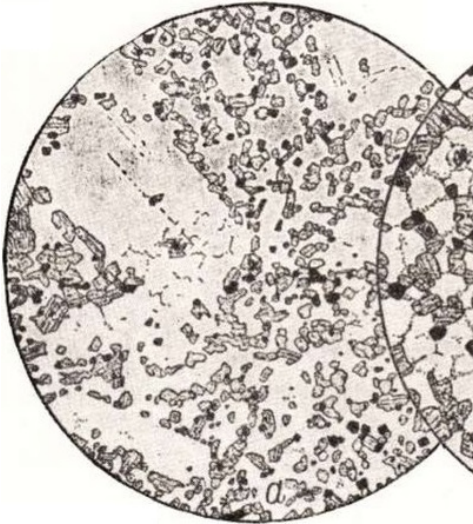
г

Стадии милонитизации гранита (сверху вниз)

Структуры метаморфических пород

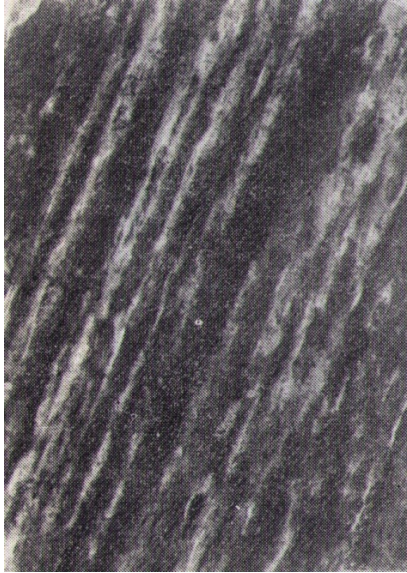


Реликтовая (бластогаббровая) структура



Реликтовая структура базальта, сохранившаяся в диопсид-плагиоклазовом роговике.

Текстуры метаморфических пород

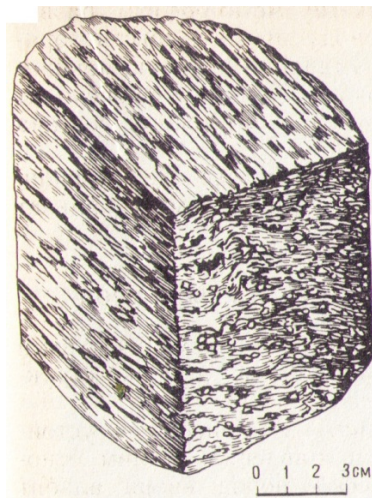
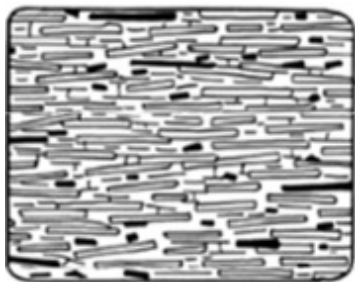


Полосчатая текстура гиперстенового плагиогнейса. Кристаллический фундамент Татарского свода.



Полосчатая реликтовая текстура

Текстуры метаморфических пород



Сланцеватая текстура

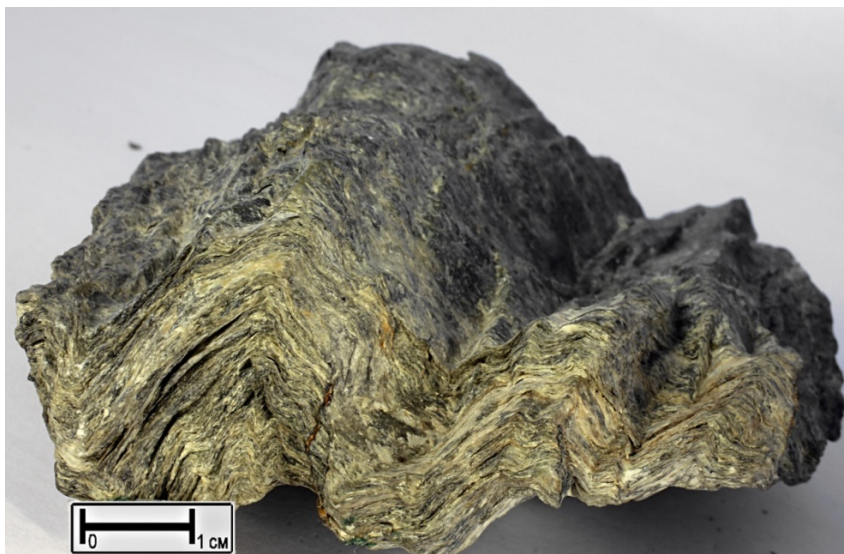


Кристаллизационно-сланцеватая текстура (ставролит-мусковитовый кристаллический сланец)

Текстуры метаморфических пород

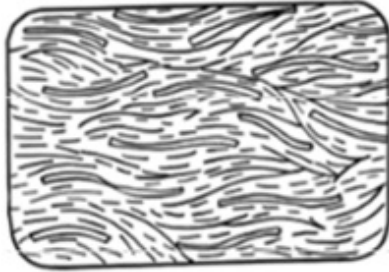


Плойчатая текстура

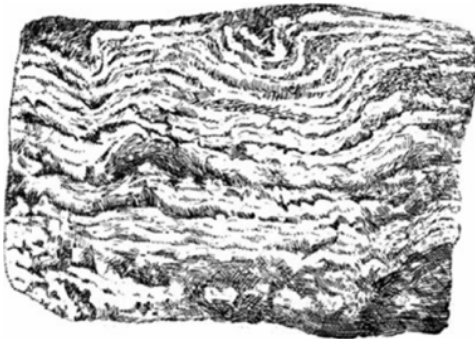


Плойчатая текстура (кварц-мусковитовый кристаллический сланец)

Текстуры метаморфических пород



Волокнистая текстура



Гнейсовая полосчатая текстура

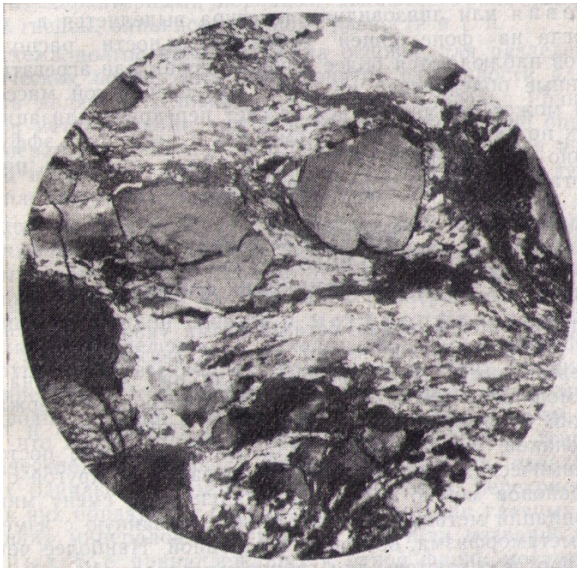


Гнейсовая очковая текстура

Текстуры метаморфических пород



Очковая текстура катаклазита



Микроочковая текстура (гнейс)

Распространенные метасоматические породы

класс	отряд	подотряд	семейство	виды и их парагенез
Регионально-метасоматический	Щелочной	К	Высоко-температур.	Метасоматический чарнокит: ортоклаз, кварц ± олигоклаз, гиперстен, диопсид. Гранулит кислый: ортоклаз, кварц, силлиманит, пироп – альмандин.
Контактово-метасоматический			Средне-температур.	Метасоматический гранит: микроклин, кварц, олигоклаз, биотит ± роговая обманка. Микроклинит: микроклин или ортоклаз ± альбит, биотит, эгирин.
Регионально-метасоматический	Щелочной	Na	Низко-температур.	Гумбеит: адуляр, кварц, карбонаты, пирит
Контактово-метасоматический			Высоко-температур.	Эндербит: олигоклаз – андезин, гиперстен, кварц ± диопсид.
Регионально-метасоматический			Средне-температур.	Содалитовый метасоматит: содалит, анортоклаз, эгирин, рибекит ± биотит, меланит, кальцит. Глаукофановый сланец: глаукофан ± эпидот, фенгит, гранат, кварц.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 8

класс	отряд	подотряд	семейство	виды и их парагенез
Контактово-метасоматический	Щелочной	Na	Средне-температур.	Альбит: альбит, эгирин ± рибекит, магнетит. Метасоматический плагиоклаз: олигоклаз, кварц, биотит ± роговая обманка.
			Низко-температур.	Эйсит: альбит, кварц, хлорит, кальцит, анкерит, гематит. Анальцимовый метасоматит: анальцим, анортотлаз, эгирин, рибекит ± хлорит, кальцит, флюорит.
Регионально-метасоматический		Глино-земистый	Высоко-температур.	Кианитовый сланец: кианит, силлиманит, пироп – алмандин, кварц ± рутил, графит, плагиоклаз.
			Средне-температур.	Андалузитовый сланец: андалузит, кварц ± ставролит, мусковит, ильменит.
Контактово-метасоматический	Кислотный		Низко-температур.	Аргиллизит: каолинит, монтмориллонит, гидрослюда, цеолиты ± опал, галлуазит, сидерит, кварц.
Регионально-метасоматический			Высоко-температур.	Кварцит: кварц ± силлиманит, рутил, графит.
Контактово-метасоматический		Кремне-земистый	Средне-температур.	Грейзен: кварц, мусковит ± лепидомелан, флюорит, топаз. Кварцит: кварц ± мусковит, фибролит.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 8

класс	отряд	подотряд	семейство	виды и их парагенез
Контактово-метасоматический	Кислотный	Кремне-земистый	Низко-температур.	Вторичный кварцит: кварц, корунд ± диаспор, серицит, пирофиллит, алунит, пирит, гематит. Березит: кварц, пирит ± серицит, анкерит, доломит.
			Высоко-температур.	Известковый скарн: гроссуляр – андрадит, диопсид – геденбергит ± волластонит.
		Са	Средне-температур.	Скарноид: диопсид, гроссуляр, эпидот, кальцит ± флогопит, магнетит.
			Низко-температур.	Пропилит: актинолит, хлорит, эпидот ± альбит, адуляр, цеолиты, кальцит, пирит.
	Основной		Высоко-температур.	Магнезиальный скарн: фассаит, форстерит, шпинель ± диопсид, кальцит, бораты. Эулизит: зулит, гроссуляр – альмандин, фаялит ± куммингтонит.
		Fe-Mg	Средне-температур.	Слюдит: биотит – лепидомелан, флогопит ± магнетит, кварц, холмквистит. Амфиболит-антофиллит-жедритовый скарн: антофиллит или жедрит, кордиерит ± тальк, роговая обманка, ставролит, кварц, флогопит.
			Низко-температур.	Хлоритолит: хлорит, кварц ± сагениит, гематит, кальцит.

Классификация мигматитов

Класс	Отряд	Семейство	Роды
метасоматический	калиевый	Мигматитовые чарнокиты	Ветвисто-жилковые, слоистые (строматиты), очковые, теневые (небулитовые), «собственно гранито-гнейсы»
	натриевый	Гранит-мигматиты	
		Мигматитовые эндербиты	
		Мигматитовые тоналиты и плагиограниты	
метаморфический	калиевый	Мигматитовые чарнокиты	
	натриевый	Гранит-мигматиты	
		Мигматитовые эндербиты	
		Мигматитовые тоналиты и плагиограниты	
инъекционно-магматический	ультраосновной	-	
	основной	-	
	средний	-	
	кислый	-	

Строение мигматитов

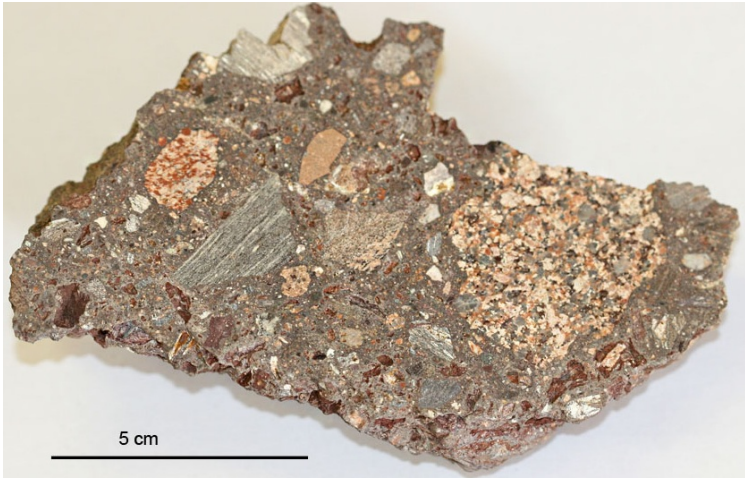


Инъекционная структура мигматита



Полосчатая текстура мигматита

Строение импактитов



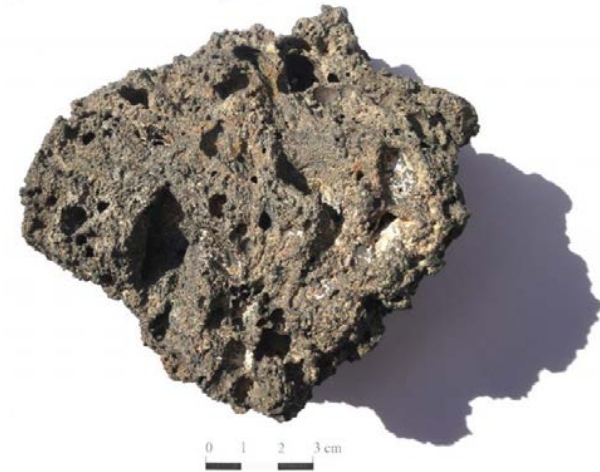
Импактная аутигенная брекчия



Импактная аллотигенная брекчия

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 11

Строение импактитов



Протоимпактит



Тектиты

Строение импактитов



Импактит массивного строения (тагамит)



Импактит (зювит)

Учебное издание

Сергеев Александр Владиславович

**Учебно-методическое пособие к лабораторным
и практическим занятиям по петрографии**

Авторская редакция

Компьютерная вёрстка: Ю. Н. Небрачных

Подписано в печать 06.12.2022. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 7,85. Уч. изд. л. 7,11.

Тираж 28 экз. Заказ № 2198.

Издательский центр «Удмуртский университет»

426034, Ижевск, ул. Ломоносова, 4Б, каб. 021

Тел. : + 7 (3412) 916-364, E-mail: editorial@udsu.ru

Типография Издательского центра «Удмуртский университет»

426034, Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 2.

Тел. 68-57-18