

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра геологии, геодезии и кадастра

П.В. Панкратьев, Н.В. Черных, А.П. Швырев

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПЕТРОГРАФИЯ»

Часть 2

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по специальности 21.05.02 Прикладная геология

Оренбург
2019

УДК552(076.5)

ББК26.31_я7

П16

Рецензент – доцент, кандидат геолого-минералогических наук А.П. Бутолин

Панкратьев П.В

П16 Лабораторные работы по дисциплине «Петрография». Часть 2: методические указания / П.В. Панкратьев, Н.В. Черных, А.П. Швырев; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019.

Во второй части методических указаний для лабораторной и самостоятельной работ изложены сведения, которые составляют не менее важную основу для лабораторной части курса «Петрография»:

Указаны факторы и типы метаморфизма, дана классификация магматических и метаморфических пород.

Макроскопическая диагностика позволяет подробно изучить и определить горную породу. Приводятся сведения о методах исследования минералов и горных пород: Текстура и структура горных пород; Формы залегания магматических и метаморфических горных пород.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины, могут быть полезны для студентов направления подготовки 21.05.02 Прикладная геология всех форм обучения.

УДК552(076.5)

ББК26.31_я7

© Панкратьев П.В.,
Черных Н.В.,
Швырев А.П., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

Введение.....	4
1 Макроскопическая диагностика и классификация магматических и метаморфических пород. Текстура и структура горных пород	7
1.1 Лабораторная работа № 17-18. Классификация магматических и метаморфических пород. Текстура и структура горных пород	7
2 Типы метаморфизма и метаморфические горные породы. Формы залегания магматических и метаморфических горных пород	14
2.1 Лабораторная работа №19-20. Типы метаморфизма и метаморфические горные породы.....	14
2.2 Лабораторная работа №21-22. Формы залегания магматических и метаморфических горных пород	16
2.3 Лабораторная работа № 23-24. Метод петрохимического анализа	18
Список использованных источников	21

Введение

Данное методическое указание может использоваться при изучении курса «Петрография» на геолого-географическом факультете ОГУ для студентов специальности: 21.05.02 Прикладная геология.

Студенты получают знания о магматических и метаморфических горных породах – их химическом и минеральном составе, структурных и текстурных особенностях.

Основной целью лабораторных работ в части №2 является: обучение студентов методам макро исследования горных пород и минералов.

Особое внимание уделено принципам классификации магматических образований, рассмотрены состав и условия образования магматических пород, закономерности кристаллизации минералов из магмы.

Типы метаморфизма, формы залегания, метод петрохимического анализа.

Для внеаудиторной и самостоятельной работы студентов предлагаются следующие интернет ресурсы общего доступа:

<http://www.vsegei.ru/ru/info/sprav/petro/polovinkina.pdf>

структуры и текстуры изверженных и метаморфических горных пород.

<http://mineralshop.ucoz.ru/publ/petrografija/2>

в разделе «о минералах»: свойства, типы, формы.

<http://wiki.web.ru/wiki/%D0%A8%D0%BB%D0%B8%D1%84>- сайт «Все о геологии», дана информация о минералах их свойствах, типах и формах.

<http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-atlas-osnovnyh-tipov-magmатических-pород.pdf> - атлас магматических пород.

<http://www.toybytoy.com/collection/Pictures-of-thin-sections-of-minerals-and-rocks-De-Agostini> оптика минералов в шлифах.

Петрография как наука о магматических и метаморфических горных породах

Основные сведения о магматических и метаморфических породах

Горная порода представляет собой естественный минеральный агрегат определенного состава, текстуры, структуры и генезиса, слагающий геологическое тело. Она может состоять из минералов, обломков горных пород и окаменелой фауны, вулканического стекла и пирокластолитов – вулканического обломочного материала различного размера.

Все горные породы, слагающие земную кору, делятся на две группы: эндогенную (собственно магматические и метаморфические,) и экзогенную (осадочные породы).

Магматическая порода. Под магматическими породами понимаются естественные ассоциации либо минералов, либо минералов и вулканического стекла, либо одного вулканического стекла, образовавшиеся в результате кристаллизации или застывания магматических расплавов.

Магматические породы и сложенные ими тела образуются в результате подъема магмы из магматического очага, ее внедрения на различные уровни земной коры и медленного остывания в виде глубинного (интрузивного, плутонического) тела, либо излияния (извержения) магмы (лавы) на земную поверхность (на континентах или на дне водных бассейнов – озер, морей, океанов) и относительно быстрого остывания с образованием излившегося (эффузивного, вулканического) тела.

Метаморфическая порода. Данный тип пород образуется в результате метаморфизма (преобразования, превращения) каких-либо исходных горных пород – осадочных или магматических. Главными факторами метаморфизма (метаморфических процессов) являются температура (Т), давление (Р), и химическая активность растворов. Существенное значение имеет состав исходных (первоначальных, материнских) пород.

В результате метаморфического процесса происходит распад исходных минералов и образование других, более устойчивых к новой обстановке минеральных ассоциаций. Иначе говоря, происходит перекристаллизация (частичная или полная) исходных породообразующих минералов, что, естественно, сопровождается нарушением пространственных взаимоотношений минералов в горной породе и возникновением новых текстур и структур.

Практическое значение изучения эндогенных пород и сложенных ими тел заключается, прежде всего, в том, что с горными породами определенного состава и генезиса связаны месторождения полезных ископаемых, а в последнее время и сами горные породы все в большей степени становятся объектами практического использования.

Лабораторные работы по «Петрографии» не могут охватить все вопросы программы, но основные разделы, имеющие прямое отношение к будущей практической работе геолога, являются главными объектами самостоятельного исследования студента.

К таким разделам относятся:

- 1) Макроскопическая диагностика и классификация магматических и метаморфических пород. Текстура и структура горных пород;
- 2) Типы метаморфизма и метаморфические горные породы. Формы залегания магматических и метаморфических горных пород.

1 Макроскопическая диагностика и классификация магматических и метаморфических пород. Текстура и структура горных пород

1.1 Лабораторная работа № 17-18. Классификация магматических и метаморфических пород. Текстура и структура горных пород

План

1. Познакомиться с классификацией магматических горных пород по % содержанию кремнезема:

- ультраосновные породы ($\text{SiO}_2 = 35-40\%$);
- основные породы ($\text{SiO} = 40 - 52\%$);
- средние породы ($\text{SiO}_2 = 52 - 65\%$),
- кислые породы ($\text{SiO}_2 > 65\%$);
- щелочные породы;

2. Семейства магматических пород:

- семейство дунитов, перидотитов;
- семейство габбро, базальтов и диабазов;
- семейство диоритов и андезитов;
- семейство гранитов и липаритов;
- щелочные породы;

3. Текстура и структура горных пород.

Самостоятельная аудиторная работа студента

Вид самостоятельной работы	Форма самостоятельной работы	Форма отчетности
Общая (единое задание для каждого студента)	Повторение лекционного материала	Устный опрос
Групповая	Работа в малых группах по определению контрольных образцов горных пород, составление конспекта. Работа с коллекциями в геологическом музее ОГУ ауд.(170709,170719) Дать им краткое макроскопическое описание.	Сдача конспекта на проверку

Задание 1.

Дать краткое описание образцов горных пород имеющихся в коллекции:

1. Цвет (общий и в деталях);
2. Минеральный состав: название минералов (породообразующие, акцессорные), их процентное содержание;
3. Структура и её особенности (идиоморфизм породообразующих минералов, размер зёрен);
4. Текстура;
5. Наличие трещин, прожилков (их взаимоотношение с вмещающими породами и между собой);
6. Особенности распределения рудной минерализации (если имеется);
7. Вторичные изменения (если имеются).

Краткая информация.

1. Ультраосновные породы ($\text{SiO}_2 = 35\text{-}40\%$), кварц и полевой шпат отсутствует, основные минералы – оливин, пироксен. Породы – перидотит (рисунок 1), дунит, кимберлит.

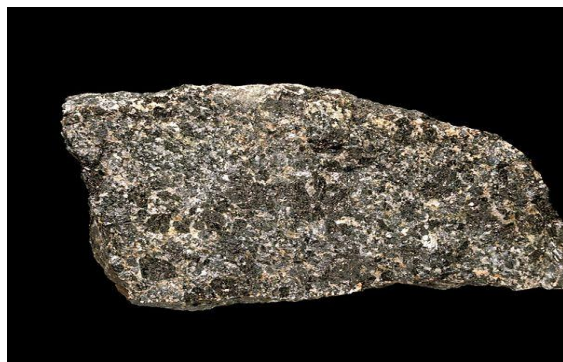
2. Основные породы ($\text{SiO}_2 = 40\text{-}52\%$), кварц отсутствует, пироксены, иногда лабрадор. Породы – габбро (рисунок 1), лабрадорит, базальт, диабаз.

3. Средние породы ($\text{SiO}_2 = 52\text{-}65\%$), кварца очень мало или он отсутствует, основной минерал – полевой шпат, появляется нефелин, черной слюдки становится больше. Породы – сиенит, диорит (рисунок 2), трахит, андезит, порфирит, пемза, обсидиан, вулканический песок, вулканический туф, вулканические бомбы.

4. Кислые породы ($\text{SiO}_2 > 65\%$), много полевого шпата и кварца. Темноцветных минералов (роговая обманка, черная слюдка) очень мало. Породы – гранит (рисунок 2), липарит, кварцевый порфир, вулканический пепел.

5. Щелочные породы – недонасыщенные кремнеземом, содержащие нефелин, щелочные роговые обманки, щелочные полевые шпаты. Отличаются высокой концентрацией окислов щелочных и щелочноземельных металлов.

Наиболее распространенной породой является нефелиновый сиенит (рисунок 2).



а) б)
Рисунок 1 – Перидотит (а) и габбро (б)



а) б) в)
Рисунок 2 – Диорит (а), гранит (б) и нефелиновый сиенит (в)

Текстура и структура горных пород

По условия образования (т. е. по условиям застывания магматического расплава; по происхождению) магматические породы разделяются на интрузивные и эффузивные. Для того чтобы выявить происхождение магматических пород, необходимо исследовать их структуру и текстуру.

Структурные признаки являются главными при определении происхождения магматических пород. Выделяют 3 типа структур по степени кристалличности:

а) *полнокристаллическая структура* - характерна для пород, в которых отсутствует стекло, вся порода сложена кристаллами – характерна интрузивам. Порода целиком состоит из кристаллов, то есть среди этих кристаллов господствуют минералы ряда Боуэна (рисунок 3).



Рисунок 3 – Полнокристаллическая структура

Неполнокристаллические структуры характеризуют породы, содержащие наряду с кристаллами минералов стекло в различных количественных соотношениях и выделяются отдельные блестящие кристаллы (рисунок 4).



Рисунок 4 – Неполнокристаллическая структура

Стекловатая структура полностью противоположна полнокристаллической. Она проявляется в том, что порода целиком лишена блеска – из-за того, что вещество в ней раскристаллизовано. Единственным исключением из этого правила является обсидиан (вулканическое стекло) – это раскристаллизованная порода, обладающая блеском стекляннным или восковым (рисунок 5).



Рисунок 5 – Стекловатая структура

Текстурные признаки также являются важным диагностическим признаком условий формирования магматических пород. Выделяют следующие основные виды текстур:

а) **Массивная** – минеральный состав породы всюду одинаков и не наблюдается какой-либо ориентации породообразующих минералов, структура отражает одинаковые условия кристаллизации магмы на всех участках магматического тела (рисунок 5). В породе нет пустот (всегда свойственна интрузивам; нередко встречается у эффузивов).



Рисунок 5 – Массивная текстура

б) **Пятнистая** – характеризуется тем, что отдельные участки породы отличаются друг от друга по составу или структурным признакам (рисунок 6)

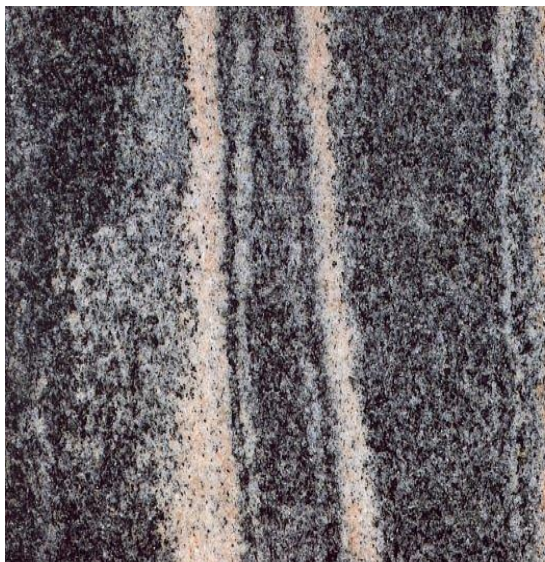


Рисунок 6 – Пятнистая текстура

в) **Полосчатая** – характеризуется чередованием полос или слоев различного состава в горной породе (рисунок 7).

г) **Флюидальная** – характерна только для стекловатых и полустекловатых эффузивных пород, в которых кристаллиты и микролиты располагаются субпараллельно, вытягиваясь в направлении течения лавы (рисунок 7).

а



б

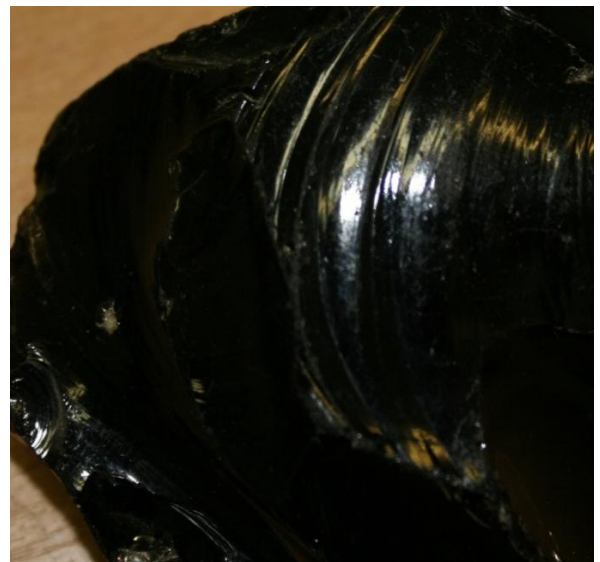


Рисунок 7 – Полосчатая и флюидальная текстура

д) **Пегматитовая** – порода сложена крупными или гигантскими кристаллами, которые формируют неповторимый рисунок на каждой стороне образца (свойственна только интрузивным жильным породам (рисунок 8).



Рисунок 8 – Пегматитовая текстура

По результатам опроса и проверке конспекта, в журнал преподавателя выставляется оценка (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно), согласно критериям оценивания, приведенных в ФОС по данной дисциплине.

2 Типы метаморфизма и метаморфические горные породы.

Формы залегания магматических и метаморфических горных пород

2.1 Лабораторная работа №19-20. Типы метаморфизма и метаморфические горные породы

План

1. Общие сведения о метаморфизме.
2. Региональный метаморфизм и метаморфические горные породы.
3. Контактный метаморфизм.
4. Автометаморфизм.
5. Динамометаморфизм.
6. Гидротермальный метаморфизм.

Самостоятельная аудиторная работа студента

Вид самостоятельной работы	Форма самостоятельной работы	Форма отчетности
Общая (единое задание для каждого студента)	Повторение лекционного материала	Устный опрос
Групповая	Работа в малых группах по определению метаморфических пород	Сверка полученных результатов

Вопросы для опроса

1. На какие фации делятся породы регионального метаморфизма?
2. Назовите разновидности зеленых сланцев.
3. Какие породы принадлежат к амфиболитовой фации?
4. Что представляют собой гранулиты?
5. Что представляют собой эклогиты?
6. Какие породы образуются в результате контактово-термального метаморфизма?
7. Что представляют собой роговики?
8. Что представляют собой мраморы?

9. Что представляют собой кварциты?

Краткая информация.

Метаморфизмом называется преобразование осадочных, магматических и ранее метаморфизованных пород в твердом состоянии под воздействием температуры, литостатического давления и глубинных флюидов. Их характерной особенностью является полнокристаллическое строение, наличие специфических минеральных парагенезисов и большое разнообразие вновь приобретенных структурно-текстурных особенностей.

1. Региональный метаморфизм. Этот тип метаморфизма охватывает огромные объемы земной коры. Главными его факторами являются температура (Т), давление (Р) и концентрация циркулирующих растворов (С). Этот тип метаморфизма наиболее широко распространен среди докембрийских образований земной коры, слагающих щиты.

Породы этого класса наиболее широко распространены среди древних образований земной коры, представлены преимущественно сланцами, гнейсами, амфиболитами.

2. Контактный (термальный) метаморфизм. Данный процесс связан с воздействием на исходные породы магматических масс. Главным фактором его является высокая температура. При этом химически активные растворы, циркулирующие в области контакта магматического тела с вмещающими породами, действуют как катализаторы химических реакций. Наиболее распространенные породы: мраморы, роговики.

3. Динамометаморфизм (дислокационный, катакластический). Главный фактор – стресс. Породы приурочены к зонам тектонических нарушений. Главный процесс – механическое дробление пород и минералов, переходящее в пластическое течение раздробленных частиц.

4. Метасоматоз. Этот процесс осуществляется с одновременным воздействием на исходные породы высокой температуры и химически активных растворов.

Метасоматические горные породы образуются в результате физико-химического преобразования любых исходных горных пород при взаимодействии с проникающими через них минерализованными газо-водными флюидами, в результате чего химический состав исходных пород существенно меняется. Характерные породы: скарны, грейзены, березиты, листвениты.

По результатам опроса в журнал преподавателя выставляется оценка (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно), согласно критериям оценивания, приведенных в ФОС по данной дисциплине.

2.2 Лабораторная работа №21-22. Формы залегания магматических и метаморфических горных пород

План

1. Формы залегания интрузивных тел.

Самостоятельная аудиторная работа студента

Вид самостоятельной работы	Форма самостоятельной работы	Форма отчетности
Общая (единое задание для каждого студента)	Повторение лекционного материала	Устный опрос

Вопросы для опроса

1. Что такое интрузивное тело?
2. Перечислите основные формы залегания магматических тел

Краткая информация.

Форма залегания инъективных плутонических и гипабиссальных тел — важный генетический их параметр, зависящий от механической активности и глубины кристаллизации магматического расплава, а также от геологической обстановки — структуры и состава вмещающих толщ и характера тектонических движений.

По признаку соотношения форм интрузивных тел с залеганием вмещаю-

щих пород все эти тела делятся на согласные и несогласные секущие. Среди согласных тел наиболее распространены силлы, лополиты, лакколиты и другие.

Среди несогласных тел: штоки, дайки.

Силл — пластообразное интрузивное тело, залегающее параллельно напластованию вмещающих осадочных или вулканогенных пород.

Лополит — блюдцеобразное интрузивное тело, залегающие согласно со слоистостью вышележащих пород.

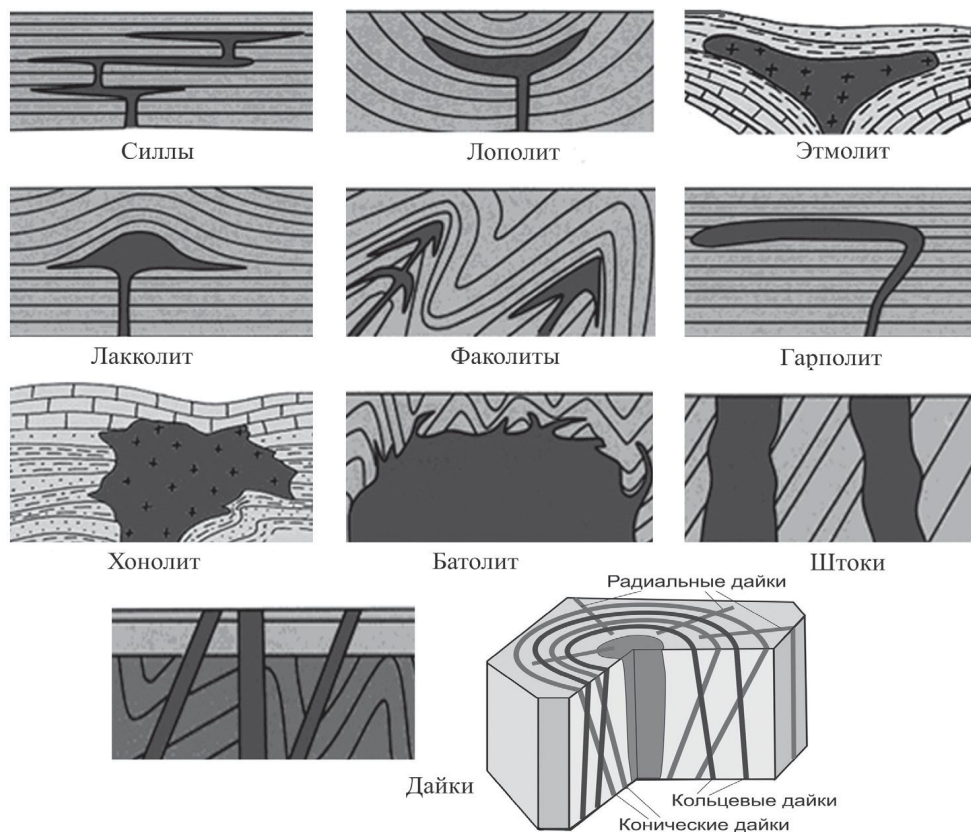


Рисунок 9 – Формы залегания интрузивных тел

Лакколит — грибообразное или караваеобразное тело, расположенное согласно с вмещающими осадочными или вулканогенно-осадочными породами. Дно его относительно горизонтальное, а кровля выпуклая наподобие свода.

Факолит — линзовидное тело небольших размеров, расположенное в замках антиклинальных, реже синклинальных складок. Большой частью факолиты образуются синхронно со складчатыми деформациями.

Шток — относительно небольшое тело, форма которого приближается к цилиндрической.

Батолиты — наиболее крупные из плутонических массивов. Они часто полихронны и представляют собой не сплошные однородные тела, а совокупность интрузивов разного состава и возраста, сближены в пространстве.

Дайка — несогласное плитообразное тело, ограниченное в пространстве двумя параллельными стенками трещин. Подавляющее большинство даек залегает круто или вертикально и имеет резко секущие контакты. Размеры даек варьируют от первых сантиметров до километров по мощности и от десятков сантиметров до сотен километров по протяженности.

По результатам опроса и проверке конспекта, в журнал преподавателя выставляется оценка (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно), согласно критериям оценивания, приведенных в ФОС по данной дисциплине.

2.3 Лабораторная работа № 23-24. Метод петрохимического анализа

План

1. Петрохимия
2. Метод Н.В. Заварицкого

Краткая информация

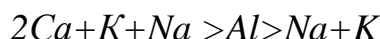
Понятие петрохимии введено А. Н. Заварицким в 1944. Сначала петрохимия изучала только магматические горные породы, в частности закономерности строения, связанные с образованием в недрах Земли магмы (силикатного расплава), ее проникновением в верхние части литосферы, кристаллизацией, дифференциацией и застыванием.

В основе метода лежит положение, что породообразующие минералы имеют не молекулярное, а ионное (атомное) строение. Соотношения компонентов не случайны, они находятся в определенной взаимосвязи между собой.

Атомный состав пород может быть представлен в виде определенных характеристик, в которых атомы объединяются по признакам взаимосвязей. Это позволяет детально уточнить состав, как цветных, так и светлых минералов. Определяется степень насыщенности породы кремнеземом. Соотношение калия, натрия, кальция и алюминия позволяет выделить три типа пород: **1-нормальных, 2-пересыщенных алюминием и 3-**

недосыщенные алюминием. Эти три типа определяют полевошпатовый состав пород и характер цветных минералов.

Для нормального состава пород принимается условие:



Во втором типе алюминия больше суммы щелочей и кальция.

В третьем – сумма щелочей больше алюминия.

Метод Заварицкого способствует выявлению петрохимических особенностей магматических пород, позволяет диагностировать породу по химическим признакам, что необходимо для перспективы на выявления их металлогенической принадлежности.

Самостоятельная аудиторная работа студента

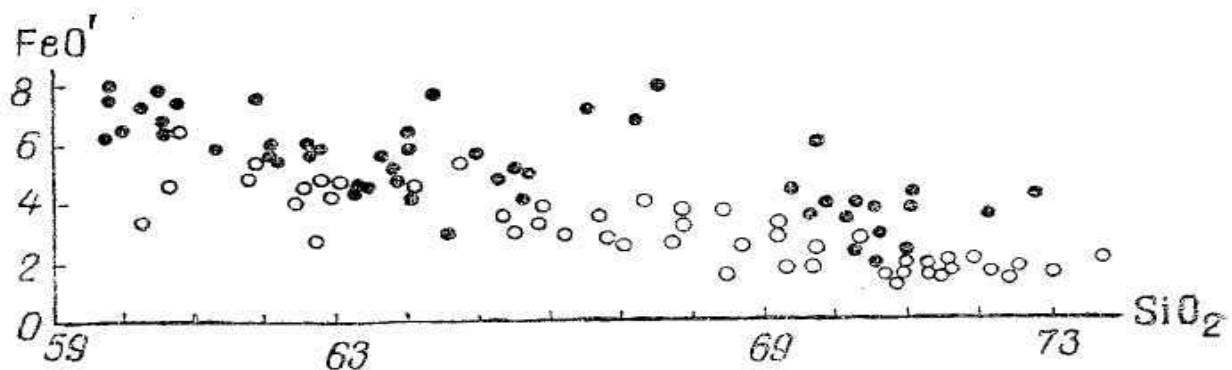
Вид самостоятельной работы	Форма самостоятельной работы	Форма отчетности
Общая (единое задание для каждого студента)	Лекционный материал, и дополнительная литература	Устный опрос
Индивидуальная	Работа в малых группах по перерасчету хим. анализов и строение диаграммы	Сверка полученных результатов. Защита

Вопросы для опроса

1. Что такое петрохимия?
2. Приведите основные оксиды.
3. Какие существуют методы петрохимического перерасчета?
4. В чем особенность метода Н.В. Заварицкого?

Для выполнения лабораторной работы преподаватель раздает по вариантам данные пород, установленные в лабораторных условиях, определяющих содержание **оксидов** (в % по массе). взятые из сборника анализов Австрийского петрографа Р.Дели, который собрал результаты химических анализов горных пород со всего мира и систематизировал их по типам пород.

Появились стандарты, которые характеризуют те или иные породы, которые можно выразить в диаграмме. Петрохимический анализ позволяет определить состав пород, и направление дифференциации магмы при образовании формации.



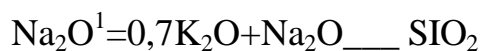
- – гранитоиды базальтоидной формации (обогащенные железом, титаном и марганцем)
- – гранитоиды гранитной формации (обогащенные глиноземом).

Рисунок 10 – Вариационная диаграмма

Если взять соотношение диаграммы FeO^I к SiO_2 система пересчетов результатов по формуле: где $FeO^I = 0,9Fe_2O_3 + FeO$ _____ SiO_2 , данные занести на диаграмму, на этой диаграмме показано, что большинство пород основного и среднего состава включая кварцевые диориты, относятся к нормальному ряду. Пересыщены алюминием лишь плагиограниты и гранодиориты.

Светлая часть породы характеризуется сильным преобладанием щелочных полевых шпатов над кальциевыми (наличие кислых плагиоклазов), но на диаграмме указывается почти равное количество натрия и калия, что говорит о наличии в породе калиевых полевых шпатов.

Задание Построить диаграмму по результатам петрохимического пересчета в системе суммы щелочей по отношению к SiO_2 , взяв данные у преподавателя, рассчитать и определить состав пород по соотношению окислов в среднем химическом составе определить тип горных пород.



По результатам опроса в журнал преподавателя выставляется оценка (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно), согласно критериям оценивания, приведенных в ФОС по данной дисциплине.

Список использованных источников

1. Дубинин, В.С. Петрография и Петрология: учебное пособие по курсу «Петрография магматических и метаморфических пород, Петрология»/ В.С.Дубинин, И.В. Куделина. - Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2009.-195с. Издание на др. носителе [Электронный ресурс]. – Режим па: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/2687_20110926.pdf

2.Галянина, Н.П. Геология с основами геоморфологии: учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 05.03.02 География, по специальности 21.05.02 Прикладная геология / Н.П. Галянина, Е Г Щеглова, А.С. Степанов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Фед. гос. бюджет., образоват. Учреждение высш. Образования «Оренбургский гос. ун-т». – Электрон. Текстовые дан.(1 файл:2.49 Мб).- Оренбург: ОГУ, 2018.- 129с.- Заг. С тит экрана. - AdobeAcrobatReader 6.0 Электронный источникhttp://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/66875_20180530.pdf

3. Дубинин В.С. Породообразующие минералы под микроскопом: методические указания к лабораторному практикуму по курсу: «Петрография магматических и метаморфических пород. Петрология» / В.С.Дубинин, Н.В. Черных. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2011 – 106с. Издание на др. носителе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/3_20110609.pdf

Дополнительная литература

1 Петрохимический анализ магматических горных пород: учеб.пособие для студентов, обучающихся по программам высш. проф. образования по специальности 103301 "Геол. съемка, поиски и разведка месторождений полез. ископаемых" / В. С. Дубинин [и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. об-

разования "Оренбург.гос. ун-т", Каф. геологии. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. – 154с.

2. Даминова, А.М. Породообразующие минералы / А.М. Даминова.- М.:Высшая школа, 1974 – 85с.<http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-petrograficheskoe-issledovanie-magmaticeskih-gornyh-porod.pdf>

3 Шур, М.Ю. Петрография: Руководство к практическим занятиям: учебное пособие / М.Ю. Шур - М.: Изд-во МГУ, 2005.-99 с Режим доступа: [.http://wiki.web.ru/images/5/5d/ShurMYu.pdf](http://wiki.web.ru/images/5/5d/ShurMYu.pdf)

4 Маракушев, А.А. Петрография/ А.А. Маракушев – М.: Изд-во МГУ, 1993. –320с.

5 Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород: учебник / М.А. Афанасьева, Н.Ю. Бардина, О.А. Богатики и др.; Под ред. В.С. Попова и О.А. Богатикова. – М.: Логос, 2001. – 768с.

6 Марин, Ю.Б. Петрография: учебник / Ю. Б. Марин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Нац. минерально-сырьевой ун-т "Горный". - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Нац. минерально-сырьевой ун-т "Горный", 2015. - 408 с. – Режим доступа: ISBN 978-5-94211-742-9 <https://search.rsl.ru/ru/record/01008128107>