



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Коми научный центр Уральского отделения
Российской академии наук»
(ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

РОССИЯСА НАУКА ДА ВЫЛЫС ВЕЛӖДЧАН
МИНИСТЕРСТВО

«Россияса наукаяс академиялӧн
Урал юкӧнса Коми наука шӧрин»
туялан удж нӧдӧдӧсь федеральной шӧрин
Федеральной канму
сьӧмкуд наука учреждение
(ТФШ РНА УрЮ Коми НШ)



УТВЕРЖДАЮ
Директор
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

С.В. Дёгтева

«26» октября 2022 года

ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру

Область науки – Естественные науки

Группа специальностей – 1.6 Науки о Земле и окружающей среде

Научная специальность –

1.6.3. ПЕТРОЛОГИЯ, ВУЛКАНОЛОГИЯ

Сыктывкар 2022

I. Общие положения

Цель вступительного испытания – определить уровень знания общих основ петрологии и вулканологии, возможность поступающего осваивать программу обучения в аспирантуре. На экзамене поступающий должен продемонстрировать понимание основных проблем в научной специальности, знание основных понятий, терминологии, методов исследования и способов их интерпретации.

Экзамен проводится по билетам, составленным в соответствии с приведенной программой.

II. Вопросы, выносимые на экзамен

I. Общие вопросы

Значение петрографии и вулканологии для развития других наук геологического профиля. Перспективы развития методов петрографических исследований, экспериментального и физико-химического направлений. Пути совершенствования полевого изучения геологических условий залегания магматических и метаморфических пород. Пути дальнейшего выявления связей магматизма, метасоматизма и рудообразования.

Общие представления о горных породах и их классификация (магматические, осадочные, метаморфические). Определение понятий: горная порода, петрография, петрология, петрохимия и петрофизика. Положение петрологии в цикле Наук о Земле. Роль петрологии в решении геологических проблем, оценке рудоносности магматических и метаморфических формаций, в изучении месторождений полезных ископаемых. Горные породы как полезные ископаемые. Методы изучения горных пород. Исторический обзор и современные направления петрологии в нашей стране и за рубежом. Физико-химические основы петрологии. Физико-химический анализ парагенезисов минералов. Расчеты равновесия реакций минералообразования. Экспериментальное и теоретическое моделирование; их содержание и назначение. Принцип дифференциальной подвижности компонентов. Понятие об инертных и вполне подвижных компонентах. Системы с вполне подвижными компонентами, их физический смысл.

Диаграммы состав – парагенезис для магматических горных пород. Методы построения и анализа диаграмм состав – парагенезис. Принцип фазового равновесия. Распределение компонентов между существующими фазами и использование коэффициента распределения для целей геотермобарометрии. Диаграммы зависимости минерального состава и парагенезисов от интенсивных параметров: температуры, давления и химических потенциалов вполне подвижных компонентов.

Магматические системы. Однокомпонентные системы. Типы Т–Х диаграмм бинарных и тройных систем. Кристаллизация при отсутствии твердых растворов. Эвтектика. Конгруэнтное и инконгруэнтное плавление. Диаграммы кристаллизации при образовании твердых растворов с ограниченной и неограниченной растворимостью твердых фаз. Ликвация и ее петрогенетическое значение. Особенности диаграмм с летучими компонентами. Условия отделения летучих компонентов от расплава.

II. Магматические горные породы

Строение Земли: земная кора, мантия, ядро. Континентальная и океаническая кора. Температура и давление в пределах коры и верхней мантии. Астеносфера. Процессы магмообразования. Общие понятия о магме и ее месте в земной коре и мантии. Кислые, средние, основные, ультраосновные, щелочные и несиликатные магмы. Представления о месте магматических процессов в общей схеме развития Земли. Магматизм как индикатор геодинамических обстановок. Причины разнообразия магматических горных пород, магматическая и кристаллизационная дифференциация, ее виды. Магматический анатексис, контаминация, ассимиляция. Химический и минеральный составы магматических горных пород и их взаимосвязь. Вариации содержания важнейших элементов в магматических горных породах. Породообразующие и малые элементы (элементы-примеси). Летучие составные части в магме и в горной породе, понятие о флюидах.

Методы обработки данных химических анализов горных пород. Дискриминационные петрохимические диаграммы. Методы изучения микроэлементного состава пород. Роль механизмов анатексиса, фракционирования и контаминации в формировании микроэлементного состава пород. Изотопно-геохимические методы изучения состава пород и оценки состава источников магматических расплавов.

Минералы магматических горных пород. Влияние давления и условий кристаллизации на минеральный состав магматических горных пород. Главные, второстепенные и акцессорные минералы. Вторичные минералы и их отличие от минералов, кристаллизовавшихся из расплава. Структура и текстура горных пород. Их значение для суждения об условиях кристаллизации магматических горных пород и о последовательности выделения минералов. Структурно-текстурные различия plutonic и вулканических горных пород.

Принципы классификации магматических горных пород. Классификационное значение химизма, минерального состава и структуры.

Группа ультраосновных и ультраметаморфических пород нормального ряда (дуниты, перидотиты, пироксениты, горнблендиты, меймечиты, коматииты, пикриты) и щелочного ряда (якупирангиты, мельтейгиты, ийолиты, уртиты, нефелиниты, лейцититы, кимберлиты, лампроиты). Группа основных пород нормального ряда (габбро, нориты, троктолиты, анортозиты, базальты, долериты, жильные породы), субщелочного и щелочного рядов (тералиты, эссекситы, шонкиниты, тешениты, субщелочные и щелочные базальты, тефриты, жильные породы). Группа средних пород нормального ряда (диориты, кварцевые диориты, андезиты, андезитобазальты, жильные породы), субщелочного и щелочного рядов (монцониты, сиениты, нефелиновые сиениты, латиты, трахиты, фонолиты, жильные породы). Группа кислых пород нормального ряда (гранодиориты, плагиограниты, адамеллиты, граниты, дациты, риолиты, жильные породы), субщелочного и щелочного рядов (граносиениты, аляскиты, щелочные граниты, онгониты, трахириолиты, трахидациты, пантеллериты). несиликатные магматические породы.

III. Вулканизм

Вулканы и вулканические извержения. Продукты вулканизма (лавы, пирокласты, вулканические газы). Газовый режим вулканизма. Гидротермальная деятельность, связанная с вулканами.

Современный вулканизм. Географическое распределение и геоструктурное положение вулканов. Изменение состава вулканических продуктов в зависимости от геоструктурного положения вулканов в островных дугах и на окраинах континентов. Рифтовый вулканизм. Глобальная рифтовая система. Вулканические проявления в океанах и на континентах и их сопоставление.

Наземные вулканические извержения. Связь характера извержения с составом лавы. Температура, вязкость. Содержание и состав флюидов в лавах и их роль в вулканическом процессе.

Образование вулканов. Возникновение трещин и локализация на трещине отдельных вулканических куполов. Форма вулканических сооружений и связь ее с характером извержения. Трещинные излияния. Стратовулканы. Кратеры. Паразитные конусы. Шлаковые конусы. Трубки взрыва. Кальдеры. Происхождение кальдер. Классификация вулканических построек.

Интрузивные образования вулканических построек. Дайки – радиальные и кольцевые. Силлы. Некки. Жерловые брекчии. Способы, позволяющие отличать интрузивные образования от лав, излившихся на дневную поверхность.

Условия подъема магмы и вулканизм. Магматические очаги под вулканами по сейсмическим и гравиметрическим данным, их размеры, форма и глубина залегания.

Океанический вулканизм. Особенности океанического вулканизма. Подводные лавы. Шаровые лавы, их генезис. Гиалокластиты. Тонкие потоки. Вулканические конусы, гайоты, теории их генезиса. Взаимодействие вулканических и океанических вод. Гидротермы рифтовых зон.

Вулканизм в геологическом прошлом. Интенсивность вулканизма в прошлые геологические эпохи. Способы различия продуктов наземного и подводного вулканизма в палеовулканических толщах. Методы реконструкции тектонического положения палеовулканизма. Офиолитовые ассоциации. Древние островные дуги и способы их выявления.

IV. Глубинный магматизм (плутонизм)

Магматические очаги. Тектоническое положение магматических центров. Пути и способы подъема магмы к областям ее отвердевания (механизмы интрузии). Магматическое замещение. Формирование интрузивных тел в областях развития глубоко метаморфизованных толщ. Гранитогнейсовые комплексы.

Глубинные интрузивы: масштабы, состав, структура и текстура. Взаимоотношения с вмещающими породами. Интрузивные тела малых и умеренных глубин. Проблема пространства. Заполнение магмой открытых полостей и магматическое замещение; проникновение магмы в ослабленные участки; диапиры. Зависимость формы интрузивного тела от тектонического положения. Взаимоотношения с вмещающими

толщами. Освоение магмами вмещающих пород путем растворения, ассимиляции и магматического замещения. Дифференциация магм. Типы дифференциации: внутриочаговая (глубинная) и внутрикамерная. Расслоенные интрузивы и проблема их генезиса. Методы изучения и типы расслоенных комплексов.

Гранитные интрузивы. Условия образования и застывания гранитной магмы. Влияние общего литостатического давления и парциального давления летучих компонентов. Гетерогенность гранитоидов (аллохтонные и автохтонные). Гранитоиды различных геохимических типов. Внутреннее строение и вертикальная зональность гранитоидных интрузивных массивов. Методы оценки эрозионного среза интрузивного массива.

Массивы основных горных пород. Анортозиты, формы их залегания. Габбро-платформенных чехлов. Тектоническое положение. Габбро-ультрабазитовые комплексы.

Интрузивные комплексы щелочных пород. Возраст и условия залегания. Калиевые и натровые ассоциации. Разделение по содержанию кремнекислоты и по коэффициенту апаитности (нормальные, плюмазитовые и апаитовые щелочные породы). Геохимическая специализация различных щелочных пород. Щелочно-ультраосновные комплексы; карбонатиты. Форма залегания. Глубинность. Зависимость состава горных пород карбонатитовых комплексов от глубинности.

Ультрабазиты, главные типы ассоциаций, их различия по условиям залегания. Взаимоотношения с вмещающими породами.

Жильные породы. Пегматиты и аплиты, их различия и условия залегания. Связь с материнскими породами. Пегматиты, их типы и особенности: редкометальные, слюдоносные, керамические, камерные пегматиты. Взаимоотношения с вмещающими породами. Полезные ископаемые, связанные с пегматитами. Лампрофиры.

Принципы формационного расчленения магматических горных пород. Понятия: магматическая формация, магматический комплекс, магматические формации как индикаторы тектономагматического развития подвижных областей. Классификация магматических формаций на петрологической и геолого-тектонической основе.

V. Метаморфические горные породы

Общие понятия о метаморфизме. Отличия метаморфизма как эндогенного процесса от литификации (диагенеза). Связь метаморфизма с тектоногенезом и магматизмом. Метаморфические реакции и факторы метаморфизма - температура, литостатическое давление, флюидное давление, парциальные давления летучих компонентов во флюидах H_2O , CO_2 , O_2 и др. Роль одностороннего давления (стресса). Прогрессивный и регрессивный метаморфизм. Диафторез. Региональный и локальный (контактный) типы метаморфизма. Изменение состава пород при метаморфизме: изохимический метаморфизм — аллохимический метаморфизм — метасоматоз. Отличия собственно метаморфизма от метасоматоза. Концепция минеральных фаций метаморфизма. Понятие об индекс-минералах и изоградах. Главнейшие минеральные фации регионального и локального метаморфизма, их различие и черты сходства; причины того и другого.

Метаморфические горные породы, их текстуры и структуры, номенклатура и систематика по химическому составу, по составу исходных пород (ортопороды, парапороды и их разновидности) и по условиям метаморфизма (распределение по минеральным фациям). Продукты метаморфизма глинистых отложений (метапелиты). Глинистые сланцы, филлиты, слюдяные сланцы, двуслюдяные гнейсы, силлиманитовые, кордиеритовые, гранатовые, кордиерит-гиперстеновые и гиперстен-силлиманитовые гнейсы. Продукты метаморфизма основных изверженных пород. Зеленые (хлоритовые) сланцы, эпидотовые и пироксеновые амфиболиты, двупироксеновые основные кристаллические сланцы (гранулиты). Клинопироксен-гранатовые (эклогитовые) основные кристаллические сланцы и эклогиты; их петрохимические и минеральные разновидности. Продукты метаморфизма, связанные с гранитизацией. Мигматиты, их главные типы, условия залегания. Ультраметаморфизм и образование автохтонных гранитов. Гранитизация как магматическое замещение. Продукты динамометаморфизма (тектониты): милониты, тектонические брекчии трения; условия образования и геологическая обстановка нахождения тектонитов. Эксплозивный метаморфизм и его природа. Понятие о фациальных сериях метаморфических пород и метаморфическая зональность (изохимическая и аллохимическая, локальная и региональная), геотектонический контроль метаморфизма. Термодинамический режим метаморфизма. Метаморфизм и полезные ископаемые. Метаморфизованные месторождения (железистые кварциты, титановые руды, гранулированный кварц). Метаморфический контроль в размещении месторождений разных видов минерального сырья (редкометалльных, мусковитовых и керамических пегматитов, некоторых типов золотого оруденения и др.). Метасоматические горные породы. Общие сведения о метасоматических процессах. Теория метасоматической зональности. Принципы систематики метасоматитов. Метасоматиты равновесные со щелочными растворами: фениты, микроклиниты, альбититы, эйситы; метасоматиты, равновесные с нейтральными растворами: магнезиальные и известковые скарны, кварц-полевошпатовые метасоматиты, турмалиниты, пропилиты; метасоматиты, равновесные с кислыми растворами: грейзены, цвиттеры, березиты, листвениты, вторичные кварциты, аргиллизиты.

VI. Петрография космических и связанных с ними объектов

Метеориты: хондриты, железные метеориты, палласиты, мезосидериты и ахондриты. Астероиды. Представления о происхождении метеоритов и астероидов. Петрография астроблем. Импациты и признаки импактного стекла. Импацитовые брекчии. Минералы высокого давления в импацитах.

VII. Физико-химическая петрология

Химическая термодинамика петрогенетических процессов. Система, фаза, компонент. Термодинамические переменные и термодинамические свойства. Экстенсивные и интенсивные свойства. Парциальные свойства. Энтальпия, энтропия, теплоемкость.

Термодинамические потенциалы. Изолированные, закрытые, открытые системы, условия их равновесия. Условия химического равновесия. Гетерогенные равновесия в однокомпонентных системах. Гетерогенные равновесия в многокомпонентных системах. Фазовые диаграммы, методы их построения. Растворимость, произведение растворимости. Экспериментальные и теоретические данные по гидротермальному минералообразованию. Гидротермальные растворы, существующие взгляды на их природу и источники вещества. Принципы термобарогеохимии. Температура, давление, кислотность-щелочность растворов и окислительно-восстановительные условия в них как основные факторы гидротермального минерало- и рудообразования. Возможные формы миграции элементов.

Экспериментальные данные о магматических системах. Типы диаграмм плавления и их применение в петрогенетических построениях. Влияние общего и флюидного давления на температуру плавления минералов и пород. Важнейшие тройные диаграммы: форстерит — анортит — SiO_2 , альбит — анортит — диопсид, форстерит — фаялит — SiO_2 , нефелин — кальсилит — SiO_2 . Ликвация расплавов. Диаграммы плавления с летучими компонентами.

Экспериментальные и теоретические данные о метаморфических системах. Важнейшие типы реакций при метаморфизме: 1) твердофазные превращения: а — полиморфные переходы; б — разложение соединений; 2) реакции гидратации — дегидратации; 3) реакции карбонатизации — декарбонатизации; 4) реакции окисления и восстановления. Парагенетический анализ. Фации контактового метаморфизма. Фации регионального метаморфизма. Эклогитовая реакция и гипотеза о строении границы Мохо. Фации верхней мантии. Минеральные превращения в мантии при сверхвысоких давлениях. Методы оценки температуры, давления и состава флюида при метаморфизме. Минералогические геотермометры и геобарометры. Равновесность — неравновесность метаморфических процессов. Принципиальное различие прогрессивного и регрессивного метаморфизма. Проблема сохранности высокотемпературных парагенезисов. Неоднородность состава метаморфических минералов.

III. Основная литература

Основы физико-химической петрологии. М.: Изд-во МГУ, 1976.

Теоретические основы анализа парагенезисов минералов. М.: Наука, 1973.

Главные типы магматических формаций. Новосибирск, Наука, 1988.

Магматические горные породы. М.: Наука, Т. 1. 1983. Т. 6. 1987.

Вулканы. М.: Изд-во Мир, 1975. Петрография. М.: Изд-во МГУ, 1993.

Петрология метаморфических пород. М., 1981.

Фазовое соответствие в минеральных системах. М.: Наука, 1976.

Петрография / Колл. авторов. М.: Изд-во МГУ, Т.1, 1976, Т.2, 1979, Т.3, 1986.

Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород / Под ред. и . М.: Логос, 2001.

Породообразующие минералы. Методика определения кристаллооптических констант, характеристика минералов. СПб., 1998.