

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии и геохронологии докембрия
Российской академии наук (ИГГД РАН)

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ИГГД РАН
член-корреспондент РАН
А.Б. Кузнецов
«ОДОБРЕНО»
Ученым советом ИГГД РАН
Протокол №2026/2 от 17.03.2026



ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

По специальности: 1.6.3 «Петрология, вулканология»

1.6. Науки о Земле и окружающей среде

Санкт-Петербург

2026

ВВЕДЕНИЕ

Программа кандидатского экзамена регламентирует цель, задачи, содержание и структуру кандидатского экзамена, порядок оценки уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук, и включает перечень вопросов, выносимых на кандидатский экзамен, рекомендации по подготовке к кандидатскому экзамену, в том числе перечень литературы, необходимых для подготовки к кандидатскому экзамену. Кандидатские экзамены представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

Кандидатский экзамен состоит из ответов на вопросы из настоящей Программы на основе билетов. В каждом билете содержится по три вопроса. Члены экзаменационной комиссии вправе задать аспиранту (соискателю) дополнительные вопросы. Кандидатский экзамен проводится очно в устной форме. Уровень знаний аспиранта (соискателя) оценивается по пятибалльной шкале: 0-2 балла – «неудовлетворительно», 3 балла – «удовлетворительно», 4 балла – «хорошо», 5 баллов – «отлично».

Результаты проведенного испытания оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к аспиранту (соискателю). На каждого экзаменуемого ведется отдельный протокол. Протоколы приема кандидатского экзамена после утверждения хранятся в личном деле аспиранта (соискателя).

Программа кандидатского экзамена по специальности 1.6.3. «Петрология. Вулканология» базируется на основных разделах минералогии, а также вузовских дисциплинах, рассматривающих происхождение и методы изучения магматических и метаморфических горных пород.

На кандидатском экзамене соискатель ученой степени должен продемонстрировать знания вопросов, заложенных в программе кандидатского экзамена по специальности 1.6.3 «Петрология. Вулканология», а также ответить на ряд дополнительных вопросов, которые соответствуют дисциплине по выбору соискателя.

1. Общие вопросы

Значение петрологии 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. Минералогические правила фаз Гольдшмидта и Коржинского.

Диаграммы состав для магматических горных пород. Принцип фазового равновесия. Распределение компонентов между существующими фазами и использование коэффициента распределения для целей геотермобарометрии. Понятие о мультисистемах, расчетах и построении пучковых диаграмм.

Магматические системы. Однокомпонентные системы. Типы $T-X$ диаграмм бинарных и тройных систем. 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. Метаморфические и метасоматические системы. Система минеральных фаций.

2. 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. Магматическое замещение, анатексис, палингенез, 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 трансмагматических 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. Методы изучения расплавных и флюидных включений.

Минералы магматических горных пород. Главные, второстепенные и акцессорные минералы. Вторичные минералы и их отличие от минералов, кристаллизовавшихся из расплава.

Структура и текстура горных пород. Структурно-текстурные различия плутонических и вулканических горных пород.

Принципы классификации магматических горных пород.

Группа ультраосновных и ультраметаморфических пород нормального ряда (дуниты, перидотиты, пироксениты, горнблендиты, меймечиты, коматииты, пикриты) и щелочного ряда (якупирангиты, мельтейгиты, ийолиты, ургиты, 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, **плагиогранитоиды (тоналиты, трондьемиты)**, адамеллиты, граниты, дациты, риолиты, жильные породы), субщелочного и щелочного рядов (граносиениты, аляскиты, щелочные граниты, онгониты, трахириолиты, трахидациты, пантеллериты). несиликатные магматические породы.

3. 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. Вулканы моногенные и полигенные.

Стратовулканы. Кратеры. Паразитные конусы. Шлаковые конусы. Трубки взрыва. Кальдеры. Происхождение кальдер. Классификация вулканических построек.

Вулканические купола. Иглы. Лавовые потоки, покровы, лавовые плато. Возможные масштабы лавовых образований. Формы лавовых образований. Лавы "аа" (глыбовые) и "пахуху" (волнистые, канатные). Агломератные лавовые потоки. Литоидные пемзы. Пористость лавы на разных уровнях потока; каналы в лаве. Флюидные и полосчатые лавы, игнимбриты. Отдельность лавы и ее образование.

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

Рыхлые продукты извержений. Вулканические бомбы, лапилли, пеплы и шлаки, вулканический песок. Особенности переноса и седиментации вулканического пирокластического материала. Признаки, позволяющие отличить пирокластические продукты извержения от обломочного материала вулканических областей.

Литификация пирокластических пород. Вулканические брекчии, туфы. Осадочно-пирокластические породы: туффиты, туфобрекчии, туфоконгломераты, туфопесчаники. Отличие осадочно-пирокластических брекчий от первично-вулканических образований (жерловых и купольных брекчий, агломератных лав).

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.

Преобразования вулканических пород в процессе диагенеза и метаморфизма. Спилиты, альбитофиры и проблема их генезиса. Порфиритоиды и порфириоиды. Метаморфизм вулканогенных толщ. Признаки, позволяющие выявить первично вулканогенную природу глубоко метаморфизованных толщ.

Гомодромная и антидромная последовательности. Палеомагнитные измерения при изучении вулканизма.

Формационный анализ как метод изучения древних вулканогенных толщ. Понятие о вулканических ассоциациях и формациях. Классификации вулканических формаций. Вулканогенно-осадочные формации.

Полезные ископаемые, связанные с вулканизмом. Использование вулканических пород как строительных материалов. Вспучивающие продукты и легкие наполнители бетона: обсидиан, перлит, пемза, шлаки, вулканический пепел.

4. 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 агпаитности (нормальные, плюмазитовые и агпаитовые 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.

Процесс отделения флюидов от расплава. Значение магматического флюида и летучих составляющих вмещающих пород в контактных процессах и рудообразовании. Образование на последних этапах застывания магмы остаточного расплава-раствора и петрогенетическое значение последнего. Формирование остаточных рудных магм.

Использование интрузивных пород как полезного ископаемого – строительного материала, использование нефелиновых пород как глиноземистого сырья. Горные породы, как руды редких земель и редких металлов.

5. 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). Концепция минеральных фаций метаморфизма. Понятие об индекс-минералах и изоградах.

Метаморфические минералы, их термодинамическая устойчивость и парагенезисы. Соотношения составов сосуществующих минералов и их термодинамическая устойчивость. Влияние температуры и давления на перераспределение компонентов между фазами.

Диаграммы состав – парагенезис для метаморфических пород. 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 протолитов «гранитоидного» состава отложений (метапелиты). Ряд: глинистые сланцы, филлиты, слюдяные сланцы, двуслюдяные гнейсы,

силлиманитовые, кордиеритовые, гранатовые, кордиерит-гиперстеновые и гиперстен-силлиманитовые гнейсы. Кордиеритовые роговики.

Продукты метаморфизма основных и средних пород (метабазиты). Зеленые (хлоритовые) и голубые (глаукофановые) сланцы, эпидотовые и пироксеновые амфиболиты, двупироксеновые основные кристаллические сланцы (гранулиты). Клинопироксен-гранатовые (эклогитовые) и эклогиты; их петрохимические и минеральные разновидности. Амфиболовые и пироксеновые роговики.

Продукты метаморфизма карбонатных пород.

Ультраметаморфизм (анатексис, частичное плавление). Мигматиты, их главные типы, условия залегания. Анатектический и инъекционный тип мигматитов.

Контактный метаморфизм, роговики.

Продукты динамометаморфизма (тектониты): милониты, тектонические брекчии; условия образования и геологическая обстановка нахождения тектонитов.

Понятие о фациальных сериях метаморфических пород и метаморфическая зональность (изохимическая и аллохимическая), тектонический контроль метаморфизма. Термодинамический режим метаморфизма.

Причины регионального метаморфизма. Глубинный флюидный тепловой поток и изменения его интенсивности во времени.

Метаморфические пояса, их геолого-тектоническая позиция и закономерности размещения. Понятие о метаморфических формациях. Фациальные серии метаморфических пород.

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. Основные теории метасоматоза: теория метасоматической зональности, кислотно-основная эволюция гидротермальных растворов.

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, пропициты; метасоматиты, равновесные с кислыми растворами: грейзены, цвиттеры, березиты, листовениты, вторичные кварциты, аргиллизиты.

Связь метасоматоза и рудообразования. Метасоматические породы как поисковые признаки рудных месторождений. Региональный метасоматоз. Метасоматизм в пространстве и времени.

6. Петрография космических и связанных с ними объектов

Метеориты: хондриты, железные метеориты, палласиты, мезосидериты и ахондриты. Астероиды. Представления о происхождении метеоритов и астероидов.

Горные породы Луны и сопоставление их с земными породами и ахондритами.

Общие представления о составе марсианского и венерианского грунтов. Общие представления о составе грунта других планет солнечной системы.

Петрография астроблем. Импактиты и признаки импактного стекла. Импактитовые брекчии. Минералы высокого давления в импактитах.

Тектиты и проблема их происхождения.

Основная литература

1. Бушмин С.А., Глебовицкий В.А. Схема минеральных фаций метаморфических пород // Записки РМО. 2008. № 2. С. 1-13.
2. Жариков В.А.. Основы физико-химической петрологии. М.: Изд-во МГУ, 1976.
3. Заварицкий А.Н.. Изверженные горные породы. М.: Изд-во АН СССР, 1956.
4. Петрография / Колл. авторов. М: Изд-во МГУ, Т.1, 1976, Т.2, 1979, Т.3, 1986.
5. Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород / Под ред. В.С.Попова и О.А. Богатикова. М.: Логос, 2001.
6. Коржинский Д.С. Теоретические основы анализа парагенезисов минералов. М.: Наука, 1973.
7. Кузнецов Ю.А. Главные типы магматических формаций. Новосибирск, Наука, 1988.
8. Макдональд Г. Вулканы. М.: Изд-во Мир, 1975.
9. Маракушев А.А. Петрография. М.: Изд-во МГУ, 1993.
10. Перчук Л.Л., Рябчиков И.Д. Фазовое соответствие в минеральных системах. М.: Наука, 1976.
11. Фации метаморфизма / В.С. Соболев, Н.Д.Добрецов и др. М.: Наука, 1973.
12. Магматические горные породы. М.: Наука, Т. 1. 1983. Т. 6. 1987.
13. Хьюджес Ч. Петрология изверженных пород. М.: Недра, 1988.