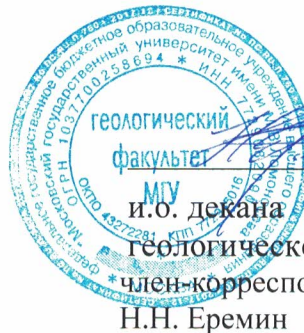


**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Геологический факультет**



УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана
геологического факультета МГУ,
член-корреспондент РАН
Н.Н. Еремин

« 09 » июня 20 22 г.

ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

Шифр и название специальности: - 1.6.3. Петрология и вулканология

Шифр и наименование области науки: **1. Естественные науки.**

1.6. Науки о Земле и окружающей среде.

Наименование отраслей науки, по которым присуждаются ученые степени:

геолого-минералогические науки

Москва 2022

1. Описание программы:

Настоящая программа базируется на основных разделах минералогии, а также вузовских дисциплинах, рассматривающих происхождение и методы изучения магматических и метаморфических горных пород.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по наукам о Земле при участии ИГЕМ РАН и Санкт-Петербургского горного института.

II. Основные разделы и вопросы к экзамену:

Общие понятия петрологии, классификация горных пород, методы их изучения, физикохимические основы петрологии

1. Общие представления о горных породах и их классификация (магматические, осадочные, метаморфические).
2. Определение понятий: горная порода, петрография, петрология, петрохимия и петрофизика. Положение петрологии в цикле Наук о Земле.
3. Роль петрологии в решении геологических проблем, оценке рудоносности магматических и метаморфических формаций, в изучении месторождений полезных ископаемых. Горные породы как полезные ископаемые.
4. Методы изучения горных пород.
5. Исторический обзор и современные направления петрологии в нашей стране и за рубежом.
6. Физико-химические основы петрологии. Физико-химический анализ парагенезисов минералов. Расчеты равновесия реакций минералообразования.
7. Экспериментальное и теоретическое моделирование; их содержание и назначение.
8. Принцип дифференциальной подвижности компонентов. Понятие об инертных и вполне подвижных компонентах.
9. Системы с вполне подвижными компонентами, их физический смысл. Минералогические правила фаз Гольдшмидта и Коржинского.
10. Диаграммы состав – парагенезис для магматических горных пород. Методы построения и анализа диаграмм состав – парагенезис.
11. Принцип фазового равновесия. Распределение компонентов между существующими фазами и использование коэффициента распределения для целей геотермобарометрии.
12. Диаграммы зависимости минерального состава и парагенезисов от интенсивных параметров: температуры, давления и химических потенциалов вполне подвижных компонентов.
13. Понятие о мультисистемах, расчетах и построении многопучковых диаграмм состояния мультисистем.
14. Магматические системы. Однокомпонентные системы. Типы Т–Х диаграмм бинарных и тройных систем

15. Кристаллизация при отсутствии твердых растворов. Эвтектика. Конгруэнтное и инконгруэнтное плавление.
16. Диаграммы кристаллизации при образовании твердых растворов с ограниченной и неограниченной растворимостью твердых фаз.
17. Ликвация и ее петрогенетическое значение.
18. Особенности диаграмм с летучими компонентами. Условия отделения летучих компонентов от расплава.
19. Флюидно-магматическое взаимодействие. Метаморфические и метасоматические системы. Система минеральных фаций.

Магматические горные породы

1. Строение Земли: земная кора, мантия, ядро. Континентальная и океаническая кора. Температура и давление в пределах коры и верхней мантии. Астеносфера. Процессы магмообразования.
2. Общие понятия о магме и ее месте в земной коре и мантии. Кислые, средние, основные, ультраосновные, щелочные и несиликатные магмы.
3. Представления о месте магматических процессов в общей схеме развития Земли. Магматизм как индикатор геодинамических обстановок.
4. Причины разнообразия магматических горных пород, магматическая и кристаллизационная дифференциация, ее виды.
5. Магматическое замещение, анатексис, палингенез, ассимиляция.
6. 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.
7. Методы обработки данных химических анализов горных пород. Дискриминационные петрохимические диаграммы. Методы изучения микроэлементного состава пород.
8. Роль механизмов анатексиса, фракционирования и контаминации в формировании микроэлементного состава пород.
9. Изотопно-геохимические методы изучения состава пород и оценки состава источников магматических расплавов.
10. Методы изучения расплавных и флюидных включений. Возможности и ограничения методов, петрологические результаты и следствия.
11. 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.
12. Структура и текстура горных пород. Их значение для суждения об условиях кристаллизации магматических горных пород и о последовательности выделения минералов. Структурно-текстурные различия плутонических и вулканических горных пород.
13. Принципы классификации магматических горных пород. Классификационное значение химизма, минерального состава и структуры.
14. 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).

15. 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).

16. Группа средних пород нормального ряда (диориты, кварцевые диориты, андезиты, нефелиновые сиениты, латиты, трахиты, фонолиты, жильные породы).

17. 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.

Вулканизм

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

2. 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.

3. Рифтовый вулканизм. Глобальная рифтовая система. Вулканические проявления в океанах и на континентах и их сопоставление.

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

5. 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.

6. Классификация вулканических построек. Куполы. Лавовые потоки, покровы, лавовые плато. Возможные масштабы лавовых образований. Формы лавовых образований. Лавы "аа" (глыбовые) и "пахозхоэ" (канатные). Агломератные лавовые потоки. Пемзы. Пористость лавы на разных уровнях потока; каналы в лаве. Игнимбриты. Отдельность лавы и ее образование.

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

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

9. 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).

10. Фумаролы, сольфатары, мофетты. Гидротермальные системы вулканических областей. Изменения вмещающих пород под действием термальных вод. Образование вулканических месторождений серы, алунита, гидротермальных каолиновых месторождений. Рудоносность

вулканических газовых термальных продуктов. Термальные поля, связанные с вулканизмом и их использование для целей гидроэнергетики. Практическое использование.

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

12. 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.

13. 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.

14. Отличия первичных продуктов извержений от переотложенного вулканического материала. Отличие лавовых образований от интрузивных лавоподобных образований. Палеовулканические реконструкции. Методы реконструкции эродированных вулканических сооружений по результатам изучения корневых зон вулканов. Признаки, позволяющие различать разновозрастные лавовые потоки.

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

16. Пути изучения эволюции вулканизма во времени и в пространстве. Последовательность смены состава лав во времени. Гомодромная и антидромная последовательности. Палеомагнитные измерения при изучении вулканизма.

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

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

Глубинный магматизм (плутонизм)

1. 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.

2. 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.

3. Дифференциация магм. Типы дифференциации: внутриочаговая (глубинная) и внутрикамерная. Расслоенные интрузивы и проблема их генезиса. Методы изучения и типы расслоенных комплексов.

4. 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.

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

6. 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.

7. Щелочно-ультраосновные комплексы; карбонатиты. Форма залегания. Глубинность. Зависимость состава горных пород карбонатитовых комплексов от глубинности.

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

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. Специфическая приуроченность рудоносности к определенным типам горных пород. Использование интрузивных пород как полезного ископаемого – строительного материала, использование нефелиновых пород как глиноземистого сырья. Горные породы, как руды редких земель и редких металлов.

Метаморфические горные породы

1. 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 (контактовый) типы метаморфизма.

2. 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.

3. Метаморфические минералы, их термодинамическая устойчивость и парагенезисы. Соотношения железистости сосуществующих минералов (ряд феррофильности метаморфических минералов), связь между железистостью минералов и их термодинамической устойчивостью. Влияние температуры и давления на перераспределение компонентов между фазами.

4. Диаграммы состав – парагенезис для метаморфических пород. Системы минеральных фаций на диаграмме литостатическое давление – температура при заданном режиме летучих компонентов. Главнейшие минеральные фации регионального и локального метаморфизма, их различие и черты сходства; причины того и другого.

5. 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).

6. Продукты метаморфизма глинистых отложений (метапелиты). Глинистые сланцы, филлиты, слюдяные сланцы, двуслюдяные гнейсы, силлиманитовые, кордиеритовые, гранатовые, кордиерит-гиперстеновые и гиперстен-силлиманитовые гнейсы. Кордиеритовые роговики.

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

8. Продукты метаморфизма кислых вулканических пород, ультрабазитов, карбонатных пород, бокситов и др.

9. Продукты метаморфизма, связанные с гранитизацией. Мигматиты, их главные типы, условия залегания. Мигматизация пород, инъекционный метаморфизм и метаморфическая дифференциация. Ультраметаморфизм и образование автохтонных гранитов. Гранитизация как магматическое замещение.

10. Ультравысокотемпературный метаморфизм в контактах с вулканическими и субвулканическими породами (санидинитовая фация): а) метапелиты-санидиниты, муллитовые, кристобалитовые и другие породы, б) метабазиты и карбонатные породы: кальцит-волластонитовые, ларнитовые, монтichelлитовые, спурритовые и др.

11. Продукты динамометаморфизма (тектониты): милониты, тектонические брекчии трения; условия образования и геологическая обстановка нахождения тектонитов. Эксплозивный метаморфизм и его природа.

12. Понятие о фациальных сериях метаморфических пород и метаморфическая зональность (изохимическая и аллохимическая, локальная и региональная), геотектонический контроль метаморфизма. Термодинамический режим метаморфизма.

Петрография космических и связанных с ними объектов

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

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

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

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

5. Тектиты и проблема их происхождения.

Общие вопросы петрографии и вулканологии

1. Значение петрографии и вулканологии для развития других наук геологического профиля. Перспективы развития методов петрографических исследований, экспериментального и физико-химического направлений.

2. Пути совершенствования полевого изучения геологических условий залегания магматических и метаморфических пород. Пути дальнейшего выявления связей магматизма, метасоматизма и рудообразования.

III. Критерии оценивания

Критерии и показатели оценивания ответа на экзамене			
неудовлетворительно	удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Фрагментарные знания в области петрологии и вулканологии	Неполные знания в области петрологии и вулканологии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания в области петрологии и вулканологии	Сформированные и систематические знания в области петрологии и вулканологии

VI. Литература

Рекомендуемая основная литература

1. Заварицкий А.Н. Изверженные горные породы. М.: Изд-во АН СССР, 1956.
2. Жариков В.А. Основы физической геохимии. М.: Наука, 2005, 654 с..
3. Граменицкий Е.Н., Котельников А.Р., Батанова А.М., Щекина Т.И., Плечов П.Ю. "Экспериментальная и техническая петрология". М., Научный Мир, 2000
4. Граменицкий Е. Н. Петрология метасоматических пород. Москва : ИНФРА-М, 2016. — 221
5. Коржинский Д.С. Теоретические основы анализа парагенезисов минералов. М.: Наука, 1973.
6. Кузнецов Ю.А. Главные типы магматических формаций. Новосибирск, Наука, 1988.
7. Макдональд Г. Вулканы. М.: Изд-во Мир, 1975.
8. Магматические горные породы. М.: Наука, Т. 1. 1983. Т. 6. 1987.
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. Перчук А.Л., Сафонов О.Г., Сазонова Л.В., Тихомиров П.Л., Плечов П.Ю., Шур М.Ю. Основы петрологии магматических и метаморфических процессов. ООО ИД "КДУ" Москва. 2015. 472 с.
12. Перчук А. Л., Сафонов О.Г., Плечов П.Ю. Введение в петрологию. М: ИНФРА-М. 2014. 130 с..
13. Петрография. Колл. авторов. М: Изд-во МГУ, Т.1, 1976, Т.2, 1979, Т.3, 1986.
14. Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород / Под ред. В.С.Попова и О.А. Богатикова. М.: Логос, 2001.
15. В.И.Фельдман, Л.И.Глазовская. Импактогенез. Учебное пособие. М.: МГУ. Университет, книжный дом. 2018.151 с.
- 16.

Дополнительная литература.

17. Ревердатто В.В., Лиханов И.И., Полянский О.П., Шеплев В.С., Колобов В.Ю. Природа и модели метаморфизма. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017. 331 с.
18. В.С. Соболев, Н.Д.Добрецов и др. Фации метаморфизма. М.: Наука, 1973.
19. Хьюджес Ч. Петрология изверженных пород. М.: Недра, 1988.
20. Philpotts A., Ague J.J. Principles of Igneous and Metamorphic Petrology. Cambridge University Press, 2009, 667 p.
21. Best M.G. Igneous and Metamorphic Petrology. 2nd ed. Blackwell Publishing, 2003, 729 p.
22. Brown M., Johnson T. (2018) Secular change in metamorphism and the onset of global plate tectonics. American Mineralogist. 103: 181–196.
23. Moyen, J. and Laurent, O., 2017, Archaean tectonic systems: A view from igneous rocks, Lithos, doi: 10.1016/j.lithos.2017.11.038. Weinberg, R.F., and Hasalová, P., 2015, Water-fluxed melting of the continental crust: A review: Lithos, v. 212–215, p. 158–188.

V. Авторы программы:

1. Перчук Алексей Леонидович – профессор, д.г.-м.н.
2. Сафонов Олег Геннадиевич – профессор, д.г.-м.н.
3. Плечов Павел Юрьевич -профессор, д.г.-м.н.
4. Щекина Татьяна Игоревна – вед.научн.сотр., к.г.-м.н.