

«УТВЕРЖДАЮ»
Декан геологического факультета МГУ
академик Д.Ю. Пущаровский
«2» сентября 2015 года



Рабочая программа дисциплины

1. **Код и наименование дисциплины** Петрология мантии и зон субдукции.
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки **05.06.01 «Науки о Земле»**. Направленность программы **25.00.04 «Петрология, вулканология»**.
4. **Место дисциплины (модуля) в структуре ООП.**
Дисциплина относится к вариативной части ООП, является курсом по выбору в 3 семестре второго года обучения в аспирантуре.
5. **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников).**

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
-------------------------	--

(код компетенции)	
<p>УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p>	<p>31 (УК-1) Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p> <p>У1 (УК-1) Уметь: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.</p> <p>У2 (УК-1) Уметь: при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации, исходя из наличных ресурсов и ограничений.</p>
<p>УК-3: Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.</p>	<p>31 (УК-3) Знать: особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах.</p> <p>У1 (УК-3) Уметь: следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач.</p> <p>У2 (УК-3) Уметь: осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом.</p>

<p>УК-4: Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках.</p>	<p>31 (УК-4) Знать: методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках. 32 (УК-4) Знать: стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках. У1 (УК-4) Уметь: следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и иностранном языках.</p>
<p>УК-5: Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.</p>	<p>31 (УК5) Знать: содержание процесса целеполагания профессионального и личностного развития, его особенности и способы реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда. У1 (УК5) Уметь: формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей.</p>
<p>ОПК-1: Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.</p>	<p>31 (ОПК-1) Знать: современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности. У1 (ОПК-1) Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы</p>

<p>ПК-1: Способность интегрировать фундаментальные разделы геологии и специализированные геологические знания для решения проблем петрологии и вулканологии.</p>	<p>исследования.</p> <p>31 (ПК-1) Знать: принципы проведения фундаментальных исследований в области петрологии и вулканологии.</p> <p>У1 (ПК-1) Уметь: ставить и решать задачи по петрологическому изучению отдельных регионов на основании полевых и дистанционных методов наблюдений.</p> <p>У2 (ПК-1) Уметь: формулировать актуальные проблемы петрологии и вулканологии, критически оценивать их общенаучную значимость и возможность их решения на современном уровне развития науки.</p>
<p>ПК-2: Способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области петрологии и вулканологии и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта.</p>	<p>31 (ПК-2) Знать: методы проектирования комплексных научно-исследовательских и научно-производственных работ.</p> <p>32 (ПК-2) Знать: современное состояние исследований в области петрологии и вулканологии, основные проблемы и перспективные направления развития в данной отрасли науки.</p> <p>У1 (ПК-2) Уметь: формулировать актуальные научные проблемы в рамках области петрологии и вулканологии, оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши от реализации исследований в областях данных проблем.</p> <p>У2 (ПК-2) Уметь: применять на практике методы сбора, обработки, анализа и обобщения фондовых, полевых и лабораторных данных.</p>

<p>ПК-3: Способность участвовать в работе российских и международных научных коллективов, ориентированных на решение фундаментальных и прикладных проблем петрологии и вулканологии, а также осуществлять руководство научными коллективами. Способность критически оценивать результаты деятельности научных коллективов.</p>	<p>31 (ПК-3) Знать: принципы организации работы научно-исследовательского коллектива с учетом специфики кросс-культурного взаимодействия.</p> <p>32 (ПК-3) Знать: особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах.</p> <p>33 (ПК-3) Знать: нормативную документацию в области планирования и организации полевых и лабораторных исследований.</p> <p>У1 (ПК-3) Уметь: следовать нормам, принятым в научном общении при кросскультурной научной коммуникации.</p>
<p>ПК-5: Способность проводить семинарские, лабораторные и практические занятия (в рамках отечественных и международных образовательных программ) в области петрологии и вулканологии (в соответствии со специализацией) с использованием современных образовательных технологий.</p>	<p>31 (ПК-5) Знать: основные образовательные технологии, применяемые при обучении студентов и магистрантов в области петрологии и вулканологии.</p> <p>У1 (ПК-5) Уметь: проводить семинарские, лабораторные и практические занятия по петрологии и вулканологии.</p> <p>У2 (ПК-5) Уметь: организовывать и руководить работой студента(ов) в условиях полевых и последующих камеральных работ.</p>

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) приведены в Приложении.

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, всего 216 часов, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (28 часов - занятия лекционного типа, 6 часов- мероприятия текущего контроля успеваемости), 182 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

7. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия.

Входными требованиями для освоения дисциплины являются базовые знания по общей физике, общей химии, общей геологии, петрологии, минералогии, геохимии, кристаллохимии, структурной геологии, региональной геологии.

8. Образовательные технологии.

В курсе будут использоваться образовательные технологии полного усвоения, т.е. построение учебного процесса так, чтобы подвести всех учащихся к единому, чётко заданному уровню овладения знаниями и умениями. В качестве формы контроля знаний применяются контрольные работы и решения домашних заданий. Важным элементом преподавания дисциплины являются презентации и доклады аспирантов на основе дополнительных материалов (статей, книг), совместный разбор ошибок при выполнении задач и контрольных работ. Самостоятельная работа предполагает изучение литературы, рекомендуемой преподавателем. При чтении курса лекций будут использоваться мультимедийные технологии и методы обучения, основанные, в том числе на механизме интеракции. Дисциплина будет реализовываться с использованием электронного обучения. Для решения поставленных задач учащиеся могут использовать компьютерные программы, как общего назначения, так и специализированные. Критерием выполнения задания наряду с правильным ответом является также корректность хода решения.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий.

Краткая аннотация.

Дисциплина «Петрология мантии и зон субдукции» для аспирантов геологического факультета МГУ направлена на приобретение знаний о строении, химическом и минеральном составе мантии Земли, причинах ее латеральной и вертикальной неоднородности, о влиянии на эти процессы тектонических, магматических, метаморфических и метасоматических процессов в зонах конвергентного сочленения литосферных плит. В курсе рассматриваются вопросы термальной структуры зон субдукции и ее влияния на общую структуру мантии, зарождения современного стиля тектоники плит, развития магматических фронтов. В курсе рассматриваются экспериментальные данные по стабильности минералов и их ассоциаций в условиях мантии и метаморфизма сверхвысоких давлений, фазовым соотношениям и плавлению перидотитов и эклогитов с участием флюидов различного состава, свойствам флюидов и расплавов при высоких давлениях. В курсе рассматриваются методы термодинамического моделирования фазовых равновесий и минеральной термобарометрии в применении к глубинным породам и ассоциациям. На основе этих сведений рассматриваются проблемы генезиса различных магм, связанных с процессами в мантии и в зонах субдукции, а также проблемы природного алмазообразования. Формами контроля знаний аспирантов являются проверочные работы. Формами самостоятельной работы магистрантов являются короткие (15-20 мин.) презентации по разнообразным темам, относящимся к петрологии мантии Земли и зон субдукции, а также задания, касающиеся термодинамического моделирования фазовых равновесий в перидотитовых, metabазитовых и метапелитовых ассоциациях.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Тема 1 Структура мантии Земли и влияние зон субдукции на нее. Обсуждаются общие характеристики мантии Земли, ее строение и природа геофизических границ. Рассматриваются положения тектоники плит, строение тектоносферы Земли, основные типы зон субдукции, строение	14	2	0	0	0	0	2	0	12	12

субдуцирующих литосферных плит и их влияние на структуру мантии в целом.										
Тема 2 Состав мантии Земли и влияние зон субдукции на него Рассматриваются методы оценки состава мантии Земли, приводится характеристика главных минеральных ассоциаций мантийных пород. Разбираются различные физико-химические модели мантии. Рассматриваются состав субдуцирующих литосферных плит, приводятся важнейшие минеральные парагенезисы в породах субдуцированных плит. Приводится оценка вклада субдуцированных плит в состав мантии в целом.	16	2	0	0	0	0	2	0	14	14
Тема 3 Термальная и барическая структура мантии и зон субдукции Рассматриваются методы оценки градиентов температуры и давления в мантии Земли, рассматриваются факторы, влияющие на термальную структуру зон субдукции, показываются особенности геотерм для различных типов зон	14	2	0	0	0	0	2	0	12	12

субдукции.										
Тема 4 Индикаторы глубинности в породах мантии и субдуцированных плит. Рассматриваются особенности структуры, состава и фазовых соотношений главных фаз мантии и связь этих соотношений с геофизическими границами в мантии. Обсуждаются фации глубинности перидотитов. Рассматриваются минералы – индикаторы высоких давлений в условиях зон субдукции. Обсуждаются фации метаморфизма в породах субдуцированных плит.	16	2	0	0	0	2	4	0	12	12
Тема 5 Методы термобарометрии в приложении к минеральным ассоциациям мантии и пород зон субдукции. Обсуждаются различные традиционные методы минералогической термобарометрии и некоторые дополнительные методики оценок температур и давлений для минеральных ассоциаций мантийных перидотитов и эклогитов. Рассматриваются методики расчета температур на	16	2	0	0	0	0	2	0	14	14

<p>основе распределения микроэлементов между минералами Обсуждаются методики расчета давления по ИК спектрам сильно сжатых включений минералов (оливина, коэсита) в кристаллах алмаза и граната.</p>										
<p>Тема 6 Методы термодинамического моделирования фазовых равновесий в ассоциациях мантии и пород зон субдукции На нескольких примерах разбираются приложения компьютерных комплексов PERPLE_X и TWWQ к расчету P-T условий и моделированию минеральных ассоциаций перидотитов и эклогитов в условиях верхней мантии и зон субдукции. Приводится характеристика существующих баз термодинамических данных, позволяющих моделировать минеральные ассоциации перидотитов и эклогитов. Рассматриваются примеры расчета физических свойств пород (плотности, скорости сейсмических волн).</p>	16	2	0	0	0	0	2	14		14

<p>Тема 7 Методы экспериментального моделирования фазовых равновесий в ассоциациях мантии и пород зон субдукции. Обсуждаются основные экспериментальные методы изучения фазовых равновесий при высоких температурах и давлениях. Рассматриваются конструкционные особенности аппаратов цилиндр-поршень, наковален Бриджмена, многопуансонных аппаратов, аппаратов с алмазными наковальнями, пределы их работы, возможности изучения образцов <i>insitu</i>.</p>	16	2	0	0	0	0	2	0	14	14
<p>Тема 8 Флюиды в мантии и зонах субдукции. Рассматриваются особенности состава флюидов в мантийных ассоциациях и породах субдуцированных плит по данным флюидных включений в минералах мантийных ксенолитов и алмазов. Обсуждается вертикальная и латеральная неоднородность мантии и зон субдукции по окислительно-восстановительному</p>	16	2	0	0	0	2	4	0	12	12

режиму. Рассматривается вопрос о вторых критических точках и возможных надкритических взаимоотношениях расплавов и флюидов в мантии и зонах субдукции. Рассматривается роль флюидов при протекании минеральных реакций и при процессах частичного плавления.										
Тема 9 Минералы – источники и концентраторы флюидов в мантии и зонах субдукции. Рассматриваются проблемы стабильности различных водосодержащих и карбонатных фаз в мантии. Обсуждаются проблемы бюджета летучих компонентов в зонах субдукции.	16	2	0	0	0	0	2	0	14	14
Тема 10 Магматизм, связанный с плавлением перидотитов мантии и в зонах субдукции. Рассматриваются экспериментальные данные по плавлению природных перидотитов при различных давлениях без участия летучих компонентов, с участием флюидов различного состава (H ₂ O, H ₂ O-CO ₂ , H ₂ O-CH ₄ , H ₂ O-H ₂) и модели генезиса базальтовых и коматиитовых	16	2	0	0	0	0	2	0	14	14

<p>расплавов. Модели редокс плавления. Обсуждаются главные реакции карбонатизации-декарбонатизации в перидотитах и соотношение этих реакций с солидусами карбонатизированных перидотитов, а также модели генерации кимберлитов и карбонатитов. Рассматриваются проблемы алмазообразования в мантии.</p>										
<p>Тема 11 Магматизм, связанный с плавлением пород субдуцированных плит Раскрывается роль плавления при высокобарном метаморфизме и алмазообразовании. Даются диагностические признаки частичного плавления при метаморфизме. Рассматриваются экспериментальные данные по плавлению модельных и природных эклогитов и гранатовых пироксенитов при различных давлениях без участия летучих компонентов. Даются представления о развитии магматического фронта и особенностях магм в зонах субдукции. Проводится сопоставление расплавов,</p>	14	2	0	0	0	0	2	0	12	12

генерирующихся при плавлении эклогитов, с известково-щелочными (базальты и андезиты океанических островов) и щелочными (щелочных базальтов, нефелинитов) магмами в зонах субдукции.										
Тема 12 Мантийный метасоматоз. Рассматриваются минералогические и геохимические признаки метасоматических процессов в мантии. Обсуждается вопрос о взаимодействии расплавов и флюидов генерирующихся при плавлении пород субдуцированных плит, с перидотитами и модель пироксенизации мантии, а также модели образования адакитовых магм.	16	2	0	0	0	0	2	0	14	14
Тема 13 Геодинамические модели зон субдукции в контексте глобальной тектоники мантии Земли Приводятся характеристики P-T трендов пород зон субдукции и мантийного клина. Разбираются основные модели, объясняющие механизмы эксгумации пород зон	16	2	0	0	0	2	4	0	12	12

субдукции и связи этих процессов с мантийной конвекцией. Рассматриваются проблемы зарождения и развитие процессов субдукции в истории Земли. Приводится краткий обзор данных о флюидно-магматическом взаимодействии мантии с нижней корой под кратонами, взаимодействии мантии с субдуцирующими плитами.										
Тема 14 Подведение итогов курса Подводятся итоги изучения курса. Разбираются вопросы и нерешенные задания.	14	2	0	0	0	0	2	0	12	12
Промежуточная аттестация <i>балльно-рейтинговая система</i>	XXX	X						XX		
Итого	216	28	0	0	0	6	34	14	168	182

*Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках групповых консультаций

Промежуточная аттестация проходит в виде балльно-рейтинговой системы.

10. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы аспирантов по дисциплине (модулю).

Типовые домашние задачи на использование программных комплексов TWQ и PERPLE_X для термобарометрии и моделирования минеральных ассоциаций мантии и пород зон субдукции

1. Используя данные по составам сосуществующих минералов в гранатовом (шпинелевом) перидотите, с помощью программы TWQ рассчитайте температуру и давление, соответствующие этой минеральной ассоциации.
2. Используя данные по составам сосуществующих минералов в эклогите, с помощью программы TWQ рассчитайте температуру и давление, соответствующие этой минеральной ассоциации.
3. Используя данные по валовому составу лерцолита KLB-1 (НК-66), моделирующего состав пиrolитовой мантии, с помощью программы PERPLE_X рассчитайте псевдосекцию в интервале давлений 20 – 100 кбар и температур 500 – 1300°C. Как меняются минеральные ассоциации вдоль среднего геотермического градиента в мантии. Постройте профиль плотности пород и скоростей сейсмических волн.
4. Используя данные по валовому составу метабазальта, моделирующего состав субдуцированной океанической плиты, с помощью программы PERPLE_X рассчитайте псевдосекцию в интервале давлений 20 – 100 кбар и температур 400 – 1200°C. Как меняются минеральные ассоциации вдоль геотермического градиента холодной субдукции. Постройте профиль плотности пород и скоростей сейсмических волн.

Темы некоторых рефератов

1. Неглобальные геофизические разделы в верхней мантии и их петрологическая интерпретация.
2. Современные литосферные плиты, их мощность, скорости движения.
3. Отличие древнего и современного стилей субдукции.
4. Классификация эклогитов.
5. Плавление при метаморфизме высокого давления.
6. Проблема первичного кимберлитового расплава и подходы к ее решению.
7. Надкритические взаимоотношения силикатных расплавов и флюидов в условиях верхней мантии Земли.
8. Переходная зона мантии и ее геохимическое значение.
9. Плавление мантийных перидотитов в присутствии восстановленных флюидов и модель редокс плавления в мантии.
10. Плавление карбонатизированных эклогитов в связи с проблемой генерации щелочных и мелилититовых магм
11. «Редокс парадокс» в мантии Земли.

12. Камафугиты и модели их образования.
13. Коматииты и модели их образования.
14. Высокоплотные магнезиальные водные силикаты в мантии Земли и зонах субдукции и их петрологическое значение.

11. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной литературы

Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника и основы геодинамики. Книжный дом Университет. 2005 г. 560 стр.

Рингвуд А.Е. Состав и петрология мантии Земли Москва: Недра, 1981.

Добрецов Н.Л., Соболев Н.В., Шацкий В.С. и др. Эклогиты и глаукофановые сланцы в складчатых областях // Новосибирск: Наука. Сибирское отд-е. 1989 г. 236 стр.

Скляр Е.В., Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Мазукабзов А.М., Сизых А.И., Буланов В.А. Метаморфизм и тектоника : учеб. пособие – М. : Интернет Инжиниринг, 2001. – 216 стр.

Петрология верхней мантии Земли (Фундаментальные труды зарубежных ученых по геологии, геофизике и геохимии). Сборник статей. Москва: Мир, 1968.

Перечень дополнительной литературы

Philpotts A., Ague J.J. Principles of Igneous and Metamorphic Petrology. Cambridge University Press, Jan 29, 2009 667 pages

Gasparik T. Phase diagrams for geoscientists. Springer, 2003, 462 p.

Advances in high-pressure mineralogy. Ed. E. Ohtani, The Geological Society of America, Special paper 421, 2007.

Mantle petrology: field observations and high-pressure experimentation. Eds: Boyd F.R., Fei Y., Bertka C.M., Mysen B.O., Geochemical Society Special Publications, V.6, 1999, 322 p.

Mantle xenoliths. Ed: Nixon P.H., Wiley Interscience Publication, 1987, 844 p.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Программы для термодинамического моделирования минеральных равновесий, указанные ниже, и методические указания к ним находятся в сети Интернет (http://serc.carleton.edu/research_education/equilibria/twq.html, <http://www.perplex.ethz.ch>). PowerPoint презентации некоторых лекций по тематике курса находятся на интернет-ресурсе <http://www.geol.msu.ru/deps/petro>. Поиск научной литературы для курса и самостоятельных занятий осуществляется по средствам информационной системы <http://scholar.google.ru> и информационной базы данных Института экспериментальной минералогии РАН (www.iem.ac.ru).

Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости).

Для успешного освоения курса необходимы навыки использования распространенных текстовых и графических редакторов, умение использовать электронные таблицы (Microsoft Excel, Origin), программы для подготовки и представления презентаций (Microsoft PowerPoint). Помимо программных комплексов общего назначения в курсе используются программные комплексы TWQ и PERPLE_X для термодинамического моделирования минеральных равновесий, основанные на взаимосогласованных базах термодинамических данных.

Описание материально-технической базы.

Для проведения лекций используется мультимедийный проектор. Для самостоятельной работы студентов и работы необходим компьютерный класс с выходом в Интернет, библиотека геологического факультета МГУ. Для презентации методов экспериментальной петрологии, рассматриваемых в курсе, используется экспериментально-техническая база Института экспериментальной минералогии РАН.

12. Язык преподавания. Русский

13. Преподаватели. д.г.-м.н, проф. Перчук Алексей Леонидович, д.г.-м.н, проф. Сафонов Олег Геннадьевич

Приложение

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Петрология мантии и зон субдукции» на основе карт компетенций выпускников

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) и					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
<i>З1 (УК-1) Знать:</i> методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Отсутствие знаний <i>0 баллов</i>	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач <i>2 балла</i>	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач <i>3 балла</i>	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных <i>4 балла</i>	Сформированные систематические знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных <i>5 баллов</i>	индивидуальное собеседование
<i>У1 (УК-1) Уметь:</i> анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических	Отсутствию мений <i>0 баллов</i>	Частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и	В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов решения	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов решения	Сформированное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и	практические контрольные задания

задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов		практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыш и реализации этих вариантов <i>2 балла</i>	исследовательских и практических задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов <i>3 балла</i>	исследовательских задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов <i>4 балла</i>	практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыш и реализации этих вариантов <i>5 баллов</i>	
<i>У2 (УК-1) Уметь:</i> при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	Отсутствие умений <i>0 баллов</i>	Частично освоенное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений <i>2 балла</i>	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений <i>3 балла</i>	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений <i>4 балла</i>	Сформированное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений <i>5 баллов</i>	практические контрольные задания
<i>З1 (УК-3) Знать:</i> особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах	Отсутствие умений <i>0 баллов</i>	Частично освоенное умение осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и	В целом успешное, но не систематическое умение осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность	Успешное и систематическое умение осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой,	индивидуальное собеседование

		обществом <i>2 балла</i>	перед собой, коллегами и обществом <i>3 балла</i>	перед собой, коллегами и обществом <i>4 балла</i>	коллегами и обществом <i>5 баллов</i>	
<i>У1 (УК-3) Уметь:</i> следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно- образовательных задач	Отсутствие умений <i>0 баллов</i>	Частично освоенное умение осуществлять личный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом <i>2 балла</i>	В целом успешное, но не систематическое умение осуществлять личный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом <i>3 балла</i>	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение осуществлять личный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом <i>4 балла</i>	Успешное и систематическое умение осуществлять личный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом <i>5 баллов</i>	практические контрольные задания
<i>У2 (УК-3) Уметь:</i> осуществлять личный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность	Отсутствие умений <i>0 баллов</i>	Частично освоенное умение осуществлять личный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность	В целом успешное, но не систематическое умение осуществлять личный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение осуществлять личный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и	Успешное и систематическое умение осуществлять личный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него	практические контрольные задания

перед собой, коллегами и обществом		перед собой, коллегами и обществом <i>2 балла</i>	нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом <i>3 балла</i>	нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом <i>4 балла</i>	ответственность перед собой, коллегами и обществом <i>5 баллов</i>	
<i>31 (УК-4) Знать:</i> методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках	Отсутствие знаний <i>0 баллов</i>	Фрагментарные знания методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках <i>2 балла</i>	Неполные знания методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках <i>3 балла</i>	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках <i>4 балла</i>	Сформированные и систематические знания методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках <i>5 баллов</i>	индивидуальное собеседование
<i>32 (УК-4) Знать:</i> стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках	Отсутствие знаний <i>0 баллов</i>	Фрагментарные знания стилистических особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках <i>2 балла</i>	Неполные знания стилистических особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках <i>3 балла</i>	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных стилистических особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках <i>4 балла</i>	Сформированные систематические знания стилистических особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках <i>5 баллов</i>	индивидуальное собеседование
<i>У1 (УК-4) Уметь:</i> следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и иностранном	Отсутствие умений <i>0 баллов</i>	Частично освоенное умение следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и иностранном языках	В целом успешное, но не систематическое умение следовать основным нормам, принятым в научном общении на	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение следовать основным нормам, принятым в научном общении на	Успешное и систематическое умение следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и	практические контрольные задания

языках		<i>2 балла</i>	государственном и иностранном языках <i>3 балла</i>	государственном и иностранном языках <i>4 балла</i>	иностранном языках <i>5 баллов</i>	
<i>31 (УК-5) Знать:</i> содержание процесса целеполагания профессионального и личностного развития, его особенности и способы реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда	Отсутствия <i>0 баллов</i>	Фрагментарные знания содержания процесса целеполагания, его особенностей и способов реализации <i>2 балла</i>	Частичные знания содержания процесса целеполагания профессионального и личностного развития, некоторых его особенностей и способов реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда <i>3 балла</i>	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания сущности процесса целеполагания профессионального и личностного развития, его особенностей и способов реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда <i>4 балла</i>	Сформированные систематические знания содержания процесса целеполагания профессионального и личностного развития, его особенности и способы реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда <i>5 баллов</i>	индивидуальное собеседование
<i>У1 (УК-5) Уметь:</i> формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности, этапов профессионального роста, индивидуально-	Отсутствия <i>0 баллов</i>	Частично освоенное умение формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности и этапов профессионального роста <i>2 балла</i>	В целом успешное, но не систематическое умение формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности и этапов профессионального	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности и этапов профессионального	Успешное и систематическое умение формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности и этапов профессионального роста, индивидуально-	практические контрольные задания

личностных особенностей			роста <i>3 балла</i>	роста <i>4 балла</i>	-личностных особенностей <i>5 баллов</i>	
<i>З1 (ОПК-1) Знать:</i> современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	Отсутствие знаний <i>0 баллов</i>	Фрагментарные представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности <i>2 балла</i>	В целом успешные, но не систематические представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности <i>3 балла</i>	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности <i>4 балла</i>	Сформированные представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности <i>5 баллов</i>	индивидуальное собеседование
<i>У1 (ОПК-1) Уметь:</i> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	Отсутствие умений <i>0 баллов</i>	Фрагментарное использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи <i>2 балла</i>	В целом успешное, но не систематическое использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи <i>3 балла</i>	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи <i>4 балла</i>	Сформированное умение выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи <i>5 баллов</i>	практические контрольные задания
<i>З1 (ПК-1) Знать:</i> принципы проведения фундаментальных исследований в области петрологии и вулканологии	Отсутствие знаний <i>0 баллов</i>	Фрагментарные знания принципов проведения фундаментальных исследований в области петрологии и вулканологии <i>2 балла</i>	Неполные знания принципов проведения фундаментальных исследований в области петрологии и вулканологии <i>3 балла</i>	Сформулированные, но содержащие отдельные пробелы знания принципов проведения фундаментальных исследований в области петрологии и	Сформированные представления о принципах проведения фундаментальных исследований в области петрологии и вулканологии	индивидуальное собеседование

				вулканологии <i>4 балла</i>	<i>5 баллов</i>	
<i>У1 (ПК-1) Уметь:</i> ставить и решать задачи по петрологическому изучению отдельных регионов на основании полевых и дистанционных методов наблюдений	Отсутствие умений <i>0 баллов</i>	Испытывает затруднения с постановкой и решением задач по петрологическому изучению отдельных регионов на основании полевых и дистанционных методов наблюдений <i>2 балла</i>	Умение ставить задачи по петрологическому изучению отдельных регионов на основании полевых и дистанционных методов <i>3 балла</i>	Умение решать задачи по петрологическому изучению отдельных регионов на основании полевых и дистанционных методов наблюдений <i>4 балла</i>	Постановка и решение задач по петрологическому изучению отдельных регионов на основании полевых и дистанционных методов наблюдений <i>5 баллов</i>	практические контрольные задания
<i>У2 (ПК-1) Уметь:</i> формулировать актуальные проблемы петрологии и вулканологии, критически оценивать их общенаучную значимость и возможность их решения на современном уровне развития науки	Отсутствие умений <i>0 баллов</i>	Затруднения с формулировкой актуальных проблем петрологии и вулканологии, критической оценкой их общенаучной значимости и возможности решения на современном научном уровне <i>2 балла</i>	Умение формулировать в целом актуальные проблемы петрологии и вулканологии без оценки их значимости и возможности решения на современном научном уровне в рамках своей специализации <i>3 балла</i>	Умение формулировать актуальные проблемы петрологии и вулканологии, критически оценивать некоторые их аспекты с точки зрения их общенаучной значимости и возможности решения на современном уровне науки <i>4 балла</i>	Формулировка актуальных проблем петрологии и вулканологии, критическая оценка их общенаучной значимости и возможности их решения на современном уровне науки <i>5 баллов</i>	практические контрольные задания
<i>З1 (ПК-2) Знать:</i> методы проектирования комплексных научно-исследовательских	Отсутствия знаний <i>0 баллов</i>	Фрагментарные знания методов проектирования комплексных научно-исследовательских и	Неполные знания методов проектирования комплексных научно-исследовательских и	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о методах проектирования комплексных	Сформированные систематические знания о методах проектирования комплексных научно-	индивидуальное собеседование

и научно-производственных работ		научно-производственных работ <i>2 балла</i>	научно-производственных работ <i>3 балла</i>	научно-исследовательских и научно-производственных работ <i>4 балла</i>	исследовательских и научно-производственных работ <i>5 баллов</i>	
<i>32 (ПК-2) Знать:</i> современное состояние исследований в области петрологии и вулканологии, основные проблемы и перспективные направления развития в данной отрасли науки	Отсутствие знаний <i>0 баллов</i>	Общие представления о современном состоянии исследований в области петрологии и вулканологии, а также об основных проблемах <i>2 балла</i>	Неполные представления о современном состоянии исследований в области петрологии и вулканологии, основных проблемах и перспективных направлениях развития в данной отрасли науки <i>3 балла</i>	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о современном состоянии исследований в области петрологии и вулканологии, основных проблемах и перспективных направлениях развития в данной отрасли науки <i>4 балла</i>	Сформированные систематические знания о современном состоянии исследований в области петрологии и вулканологии, основных проблемах и перспективных направлениях развития в данной отрасли науки <i>5 баллов</i>	индивидуальное собеседование
<i>У1 (ПК-2) Уметь:</i> формулировать актуальные научные проблемы в рамках области петрологии и вулканологии, оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши от реализации исследований в областях данных проблем	Отсутствие умений <i>0 баллов</i>	Испытывает затруднения при формулировании актуальных научных проблем в рамках области петрологии и вулканологии, не может оценить потенциальные выигрыши/проигрыши и от реализации исследований в областях данных проблем <i>2 балла</i>	В целом успешное, но содержащее недочеты формулирование актуальных научных проблем в рамках области петрологии и вулканологии, поверхностная оценка потенциальных выигрышей /проигрышей от реализации исследований в	В целом успешное, но содержащее некоторые ошибки формулирование актуальных научных проблем в рамках области петрологии и вулканологии, удовлетворительная оценка потенциальных выигрышей /проигрышей от реализации исследований в	Успешное и систематическое формулирование актуальных научных проблем в рамках области петрологии и вулканологии, оценка потенциальных выигрышей /проигрышей от реализации исследований в областях данных проблем	практические контрольные задания

			областях данных проблем <i>3 балла</i>	областях данных проблем <i>4 балла</i>	<i>5 баллов</i>	
<i>У2 (ПК-2) Уметь:</i> применять на практике методы сбора, обработки, анализа и обобщения фондовых, полевых и лабораторных данных	Отсутствия мений <i>0 баллов</i>	Затруднения при сборе, обработке, анализе и обобщении фондовых, полевых и лабораторных данных <i>2 балла</i>	В целом успешное, но не систематическое применение на практике методов сбора, обработки, анализа и обобщения фондовых, полевых и лабораторных данных <i>3 балла</i>	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять на практике методы сбора, обработки, анализа и обобщения фондовых, полевых и лабораторных данных <i>4 балла</i>	Успешное и систематическое применение на практике методов сбора, обработки, анализа и обобщения фондовых, полевых и лабораторных данных <i>5 баллов</i>	практические контрольные задания
<i>31 (ПК-3) Знать:</i> принципы организации работы научно-исследовательского коллектива с учетом специфики кросскультурного-взаимодействия.	Отсутствия мений <i>0 баллов</i>	Фрагментарные знания принципов организации работы научно-исследовательского коллектива с учетом специфики кросскультурного-взаимодействия. <i>2 балла</i>	Сформированные, но не систематические знания принципов организации работы научно-исследовательского коллектива с учетом специфики кросскультурного-взаимодействия. <i>3 балла</i>	Сформированные, но содержащие пробелы знания принципов организации работы научно-исследовательского коллектива с учетом специфики кросскультурного-взаимодействия. <i>4 балла</i>	Сформированные систематические знания принципов организации работы научно-исследовательского коллектива с учетом специфики кросскультурного-взаимодействия. <i>5 баллов</i>	индивидуальное собеседование
<i>32 (ПК-3) Знать:</i> особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных	Отсутствия мений <i>0 баллов</i>	Фрагментарные знания нормативных документов в области планирования и организации полевых и лабораторных исследований <i>2 балла</i>	Сформированные, но не систематические знания нормативных документов в области планирования и организации полевых и лабораторных исследований <i>3 балла</i>	Сформированные, но содержащие пробелы знания нормативных документов в области планирования и организации полевых и лабораторных исследований <i>4 балла</i>	Сформированные систематические знания нормативных документов в области планирования и организации полевых и лабораторных исследований <i>5 баллов</i>	индивидуальное собеседование

исследовательских коллективах						
33 (ПК-3) Знать: нормативную документацию в области планирования и организации полевых и лабораторных исследований	Отсутствия 0 баллов	Фрагментарные знания особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах 2 балла	Сформированные, но не систематические знания особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах 3 балла	Сформированные, но содержащие пробелы знания особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах 4 балла	Сформированные систематические знания особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах 5 баллов	индивидуальное собеседование
У1 (ПК-3) Уметь: следовать нормам, принятым в научном общении при кросскультурной научной коммуникации	Отсутствия 0 баллов	Частично освоенное умение следовать нормам, принятым в научном общении при кросскультурной научной коммуникации 2 балла	В целом успешное, но не систематическое умение следовать нормам, принятым в научном общении при кросскультурной научной коммуникации 3 балла	В целом успешное, но содержащее пробелы умение следовать нормам, принятым в научном общении при кросскультурной научной коммуникации 4 балла	Сформированное и систематическое умение следовать нормам, принятым в научном общении при кросскультурной научной коммуникации 5 баллов	практические контрольные задания
31 (ПК-5) Знать: основные образовательные технологии, применяемые при обучении студентов и магистрантов в области петрологии и вулканологии	Отсутствия 0 баллов	Знает некоторые основные образовательные технологии, применяемые при обучении студентов и магистрантов в области петрологии и вулканологии 2 балла	Имеет сформированные, но не систематические знания об основных образовательных технологиях, применяемых при обучении студентов и магистрантов в области петрологии и вулканологии	Имеет сформированные, но содержащие пробелы знания об основных образовательных технологиях, применяемых при обучении студентов и магистрантов в области петрологии и вулканологии	Имеет сформированные и систематические знания об основных образовательных технологиях, применяемых при обучении студентов и магистрантов в области петрологии и вулканологии	индивидуальное собеседование

			3 балла	4 балла	5 баллов	
<i>У1 (ПК-5) Уметь:</i> проводить семинарские, лабораторные и практические занятия по петрологии и вулканологии	Отсутствие умений 0 баллов	Может проводить семинарские, лабораторные и практические занятия по петрологии и вулканологии только в паре с более опытным преподавателем 2 балла	Способен самостоятельно проводить семинарские занятия по петрологии и вулканологии 3 балла	В целом успешно, но с некоторыми затруднениями может проводить семинарские, лабораторные и практические занятия по петрологии и вулканологии 4 балла	Успешно проводит семинарские, лабораторные и практические занятия по петрологии и вулканологии 5 баллов	практические контрольные задания
<i>У2 (ПК-5) Уметь:</i> организовывать и руководить работой студента(ов) в условиях полевых и последующих камеральных работ.	Отсутствие умений 0 баллов	Испытывает трудности с организацией и руководством работой студента(ов) в условиях полевых и последующих камеральных работ. 2 балла	В целом успешно организует и руководит работой студента(ов) в условиях полевой практики 3 балла	В целом успешно, организовывает и руководит работой студента(ов) в условиях полевых и последующих камеральных работ. Нуждается в периодических консультациях с преподавателем. 4 балла	Успешно и самостоятельно способен организовывать и руководить работой студента(ов) в условиях полевых и последующих камеральных работ. 5 баллов	практические контрольные задания

Для оценивания результатов обучения по дисциплине используется балльно-рейтинговая система.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Перечень некоторых вопросов при проведении контрольных работ.

1. Главные геофизические границы в мантии Земли и их петрологическая интерпретация. Влияние температуры, флюидного режима и фазового состава на положение и мощность геофизических границ в мантии.
2. Зоны субдукции: основные типы и распространенность.

3. Метасоматические процессы в мантийном клине.
4. Растворимость воды в «номинально безводных» минералах мантии и ее геофизическое значение.
5. Отличие древнего и современного стилей субдукции.
6. Методы оценки состава примитивной мантии Земли: космохимические оценки, оценки по фрагментам мантийного вещества в изверженных породах. Геохимический и космохимические тренды эволюции вещества и их соотношение с составом примитивной мантии. Основные факторы метаморфизма.
7. Термальная структура зон субдукции. Параметры, определяющие термальную структуру.
8. Плавление при метаморфизме высокого давления. Диагностические признаки плавления.
9. Экспериментальные методы изучения фазовых равновесий в мантии Земли. Установки, их конструкционные особенности и P-T возможности. Возможности изучения фазовых равновесий при высоких давлениях *insitu*.
10. Метаморфизм в зонах субдукции: неоднородность по химизму, термодинамическим условиям.
11. Бюджеты H₂O и CO₂ в зонах субдукции.
12. Водосодержащие минералы высокого давления и их связь с литологическими типами пород. Главные водосодержащие минералы в «пиролитовой» мантии Земли и их петрологическая и геохимическая роль.
13. Процессы плавления в мантийном клине. Плавление водосодержащих перидотитов. Роль амфиболов и флогопита при плавлении перидотитового вещества мантии.
14. Вторая критическая точка. Роль критических явлений в субдукционных процессах. «Высокоплотные флюиды» в мантии, их составы, модели формирования и связь с магматизмом.
15. Методы минералогической термобарометрии мантийных ассоциаций.
16. Окислительно-восстановительные условия в мантии Земли и в зонах субдукции. Методы оценки из минеральных равновесий. Причины закономерного изменения парциального давления кислорода в мантии Земли. Редокс плавление и его возможная связь с алмазообразованием.