

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого
Уральского отделения Российской академии наук
(ИГГ УрО РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИГГ УрО РАН

д.т.н., профессор РАН

Д.А. Зедгенизов

26 октября 2022 г.

М.П.



Рабочая программа дисциплины

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕТРОЛОГИИ МАГМАТИЧЕСКИХ,
МЕТАМОРФИЧЕСКИХ И МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПЕТРОЛОГИЯ**
**основной образовательной программы подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
по научной специальности 1.6.3. – Петрология, вулканология**

Екатеринбург

2022

Рабочая программа составлена на основании Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, сроков освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (Приказ Минобрнауки РФ от 20.10.2021 г. N 951), Приказом Минобрнауки РФ от 24.08.2021 г. № 786 «Об установлении соответствия направлений подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) научным специальностям, предусмотренным номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Минобрнауки РФ от 24.02.2021 г. № 118»;

Приказом Минобрнауки РФ от 24.02.2021 г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Минобрнауки РФ от 10.11.2017 г. №1093» и паспорта специальности научных работников 1.6.3. – Петрология, вулканология.

Составитель рабочей программы
старший научный сотрудник,
кандидат геолого-минералогических наук

Г.А. Каллистов

Рабочая программа одобрена Ученым советом ИГГ УрО РАН

«26» октября 2022 г.,

протокол № 9

Председатель Ученого совета

д.г.-м.н., профессор РАН

Д.А. Зедгенизов

1. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Данная дисциплина относится к модулю дисциплин программы аспирантуры по научной специальности 1.6.3. – Петрология, вулканология, направленных на подготовку к сдаче кандидатского экзамена

2. Требования к уровню подготовки, необходимому для освоения курса

Базовые теоретические знания по петрографии, петрологии, общей геологии, а также физике, химии и математике в объеме вузовских курсов. Умения и навыки анализа и определения условий образования или преобразования пород, навыки работы с оптическими, базовыми компьютерными программами для обработки данных химического состава горных пород, построение фазовых диаграмм, владение основными методами изотопного датирования пород и минералов, умение пользоваться программой ISOPLOT с построением диаграмм с конкордией.

3. Образовательные технологии

Семинарские занятия, индивидуальные консультации, самостоятельная работа

4. Объем дисциплины и ее структура

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы (144 часа).

Наименования и краткое содержание разделов	Трудоемкость (ак. часы)		
	всего	в том числе	
		контактная работа (семинары, консультации)	самостоятельная работа аспирантов
1. Использование геохимических данных при изучении магматических, метаморфических и метасоматических пород.	20	4	16
2. Использование радиогенных и стабильных изотопов в петрологических исследованиях.	62	12	50
3. Основы физико-химической петрологии. Экспериментальная петрология	62	14	48
Всего:	144	30	114
Текущая аттестация – экзамен			

5. Содержание дисциплины

1. Использование геохимических данных при изучении магматических, метаморфических и метасоматических пород.

1. Базовые понятия в геохимии. Основные группы элементов, используемые в петрологических исследованиях. Понятие о коэффициентах распределения.

2. Представление геохимических данных. Геохимические особенности основных геологических процессов. Факторы, определяющие геохимическую специфику магматических и метаморфических пород. Фракционирование редких элементов в процессах плавления.

2. Использование радиогенных и стабильных изотопов в петрологических исследованиях.

1. Базовые принципы и понятия. Масс-спектрометрические измерения. Методы абсолютной геохронологии. Методы датирования горных пород различного генезиса. Методы датирования, основанные на принципе изохронных построений (Rb-Sr, Sm-Nd, Re-Os). Методы датирования, основанные на радиоактивном накоплении свинца (U-Pb, Pb-Pb). Эволюция изотопного состава Земли и модельные возрасты. K-Ar и ^{39}Ar - ^{40}Ar методы датирования. Концепция температур закрытия изотопных систем (термохронология). Преимущества и недостатки методов датирования горных пород.

2. Радиогенные изотопы в магматическом процессе. Мантийная последовательность и глобальные мантийные компоненты. Интерпретация изотопного состава кислых магм.

3. Общие требования к отбору и подготовки проб. Технология изотопных анализов для геохронологических исследований. Критерии достоверности результатов геохронологических определений.

4. Стабильные изотопы в петрологии. Использование изотопов кислорода, водорода, углерода, серы.

3. Основы физико-химической петрологии. Экспериментальная петрология

1. Основные понятия физико-химической петрологии.

2. Термодинамические равновесия. Диаграммы «состав-парагенезис» для магматических горных пород. Методы построения и анализа диаграмм «состав-парагенезис».

3. Основные типы петрологических диаграмм: двухкомпонентные, трехкомпонентные, многокомпонентные системы. Диаграммы фазового соответствия. Правило фаз. Распределение компонентов между существующими фазами и использование коэффициента распределения для целей геотермобарометрии. P-T диаграммы с минеральными реакциями с участием флюидов. Диаграммы плавкости.

4. Экспериментальные исследования фазовых равновесий, разработка геотермометров и геобарометров, экспериментальное моделирование магматических, метаморфических и метасоматических процессов, экспериментальные исследования процессов диффузионного и инфильтрационного массопереноса. Петрологическое значение экспериментов в «сухих» системах, в системах с летучими (H_2O , CO_2 , O_2) компонентами. Твердофазные реакции минералов постоянного состава при метаморфических реакциях. Равновесия минералов постоянного состава с участием летучих компонентов. Равновесия минералов переменного состава. Реконструкция состава метаморфического флюида.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Аранович Л.Я. Минеральные равновесия многокомпонентных твердых растворов. М.: Наука, 1991. – 254 с.
2. Граменицкий Е.Н., Котельников А.Р., Батанова А.М., Щекина Т.И., Плечов П.Ю. Экспериментальная и техническая петрология. М.: Научный мир, 2000. – 416 с.
3. Боуэн Н.Л. Эволюция изверженных пород. М.: ОНТИ НКТП СССР. 1934. 324 с.
4. Кокс К.Г., Белл Дж.Д., Панкхерст Р.Дж. Интерпретация изверженных горных пород. М.: Недра. 1982. – 438 с.

5. Перчук А.Л., Сафонов О.Г., Плечов П.Ю. Введение в петрологию. М.: ИНФРА-М, 2014. – 130 с.
6. Перчук А.Л., Сафонов О.Г., Сазонова Л.В., Тихомиров П.Л., Плечов П.Ю., Шур М.Ю. Основы петрологии магматических и метаморфических процессов. М.: КДУ; Университетская книга, 2015. – 472 с.
7. Перчук Л.Л. Равновесия породообразующих минералов. М.: Наука, 1970. – 320 с.
8. Перчук Л.Л., Рябчиков И.Д. Фазовое соответствие в минеральных системах. М.: Недра, 1976. – 287 с.
9. Фор. Г. Основы изотопной геологии. М.: Мир, 1989. – 590 с.

Дополнительная литература

1. Арискин А.А., Бармина Г.С. Моделирование фазовых равновесий при кристаллизации базальтовых магм. М.: Наука. 2000. – 363 с.
2. Ефремова С.В., Стафеев К.Г. Петрохимические методы исследования горных пород. Справочное пособие. Москва: Недра, 1985. – 511 с.
3. Жариков В.А. Основы физико-химической петрологии. Изд. МГУ, 1976. – 420 с.
4. Плечов П.Ю. Методы изучения флюидных и расплавных включений. Москва: Изд-во КДУ, 2014. – 268 с.
5. Рассказов С.В., Чувашова И.С. Радиоизотопные методы хронологии геологических процессов. Учебное пособие. – Ирк.: Изд-во ИГУ, 2012. – 300 с.
6. Экспериментальное и теоретическое моделирование процессов минералообразования / РАН. Институт экспериментальной минералогии; Под. ред. В.А. Жарикова, В.В. Федькина. - М.: Наука, 1998. - 553 с. : ил.; 25см.
7. Balta, J. Brian (2010) 1. Experimental investigation of hydrous melting of the Earth's upper mantle and 2. Olivine abundances and compositions in Hawaiian lavas. Dissertation (Ph.D.), California Institute of Technology.
8. Gasparik T. Phase diagrams for geoscientists. Springer, 2003. – 462 p.
9. Advances in high-pressure mineralogy. Ed. E. Ohtani, The Geological Society of America, Special, 2007. – 421 p.
10. Foley S.F. A reappraisal of redox melting in the Earth's mantle as a function of tectonic setting and time. Journal of Petrology, V. 52 (7-8), 2011. pp. 1363-1391.
11. 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.
12. Fabbrizio A., Schmidt M.W., Petrelli M. Effect of fO₂ on Eu partitioning between clinopyroxene, orthopyroxene and basaltic melt: Development of a Eu³⁺/Eu²⁺ oxybarometer// Chemical Geology, 559, 2021. 119967.
13. Neave D.A., Putirka K.D. A new clinopyroxene-liquid barometer, and implications for magma storage pressures under Icelandic rift zones// American Mineralogist, Volume 102, 2017. – p.p. 777–794.
14. Rasskazov S.V., Brandt S.B., Brandt I.S. Radiogenic Isotopes in Geologic Processes. Springer, 2010. – 311 p.

Программное обеспечение, базы данных, интернет-ресурсы

1. <https://numericalmethods.wordpress.com/>
2. <http://www.scopus.com/>
3. http://serc.carleton.edu/research_education/equilibria/twq.html
4. <http://www.perplex.ethz.ch/>
5. <https://geo.web.ru/>
6. <https://www.scirp.org/journal/ojg/>
7. <https://www.geologynet.com/>
8. <http://www.dimadd.ru/ru>
9. <https://melts.ofm-research.org/CalcForms/index.html>
10. <https://pubs.geoscienceworld.org/>
11. <https://link.springer.com/search?facet-discipline=%22Earth+Sciences%22>

7. Примеры вопросов к экзаменам в рамках текущей и промежуточной аттестации

1. Элементы-примеси магматических горных пород. Геохимические группы элементов. Способы представления геохимических данных. Процедура нормализации к стандарту.
2. Совместимые и несовместимые элементы. Коэффициенты распределения минерал-расплав. Минералы-концентраторы разных групп элементов-примесей.
3. Поведение микроэлементов в магматических процессах. Важнейшие индикаторные диаграммы.
4. Важнейшие радиогенные изотопы в петрологии. Sr-Nd систематика. Главная мантийная последовательность.
5. Стабильные изотопы в геохимии магматизма.
6. Методы датирования горных пород различного генезиса.
7. Циркон и его петрогенетическое значение. Химия циркона. Цирконы магматических и метаморфических пород.
8. Концепция изотопно-геохимических резервуаров. Природа примитивной и обедненной мантии.
9. Концепция температур закрытия изотопных систем.
10. Модельные физико-химические системы. Фазовые равновесия. Важнейшие диаграммы состояния с различными интенсивными параметрами.
11. Модели твердых растворов. Твердые растворы важнейших породообразующих силикатов и оксидов.
12. Экспериментальные методы изучения фазовых равновесий.
13. Петрологическое значение экспериментов в «сухих» системах, в системах с летучими (H₂O, CO₂, O₂) компонентами.
14. Fe-Ti оксидные минералы в минеральной геотермометрии и оксибарометрии.
15. Методы минералогической термобарометрии.

8. Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации по дисциплине

С целью оценки уровня знаний на экзамене используется следующая матрица:

Оценка	Критерий
Отлично	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию аспиранта. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные аспирантом самостоятельно в процессе ответа.
Хорошо	Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Могут быть допущены 1-2 ошибки в определении основных понятий, которые аспирант затрудняется исправить самостоятельно.
Удовлетворительно	Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Аспирант не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Аспирант может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции.
Неудовлетворительно	Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Аспирант не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа аспиранта не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

Оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», констатирует (фиксирует) успешное прохождение текущей аттестации аспирантом.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

№	Изменение	На учебный год	Подпись, дата	Утверждение
1				