

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.-м.н., профессор РАН

Д.А. Зедгенизов

« 22 » октября 2022 г.

М.П.



Рабочая программа дисциплины
МЕТАМОРФИЗМ И МЕТАСОМАТИЗМ
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 определять метаморфические горные породы, их состав и структурно-текстурные особенности; идентифицировать горные породы и минералы в шлифах по оптическим свойствам. Навыки анализа и определения условий образования или преобразования пород, навыки работы с оптическими, базовыми компьютерными программами для обработки данных химического состава горных пород.

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. Общие представления о метаморфизме.	10	2	8
2. Типы и фации метаморфизма.	42	8	34
3. Термодинамика метаморфических процессов.	30	6	24
4. Метасоматизм и метасоматические горные породы.	42	8	34
5. Поведение РЗЭ при метаморфических процессах.	20	4	16
Всего:	144	28	116
Текущая аттестация – экзамен			

5. Содержание дисциплины

1. Общие представления о метаморфизме

1. Метаморфизм. Метаморфические горные породы: состав, структуры и текстуры, классификация, систематика по химическому составу и по составу протолита.

2. Типы и фации метаморфизма.

1. Минеральные фации метаморфизма. Критерии выделения минеральных фаций. Факторы и типы метаморфизма.

2. Связь метаморфизма с тектоническими процессами и магматизмом. Метаморфические реакции. Концепция минеральных фаций метаморфизма.

3. Продукты метаморфизма разных типов пород: метапелиты, метабазиты, метаультрабазиты, кварциты, глинозёмистые породы, метакарбонатные породы. Ультравысокотемпературный метаморфизм в контактах с вулканическими и субвулканическими породами. Динамометаморфизм. Прогрессивный и регрессивный метаморфизм. Диафторез. Метаморфизм высоких и сверхвысоких давлений.

4. Региональный и контактовый типы метаморфизма.
5. Связь метаморфизма с геодинамикой.
6. Фациальные серии и формации метаморфических пород. Метаморфические пояса и метаморфические эпохи.
7. Метаморфические комплексы областей дивергенции и конвергенции литосферных плит.
8. Специфика метаморфизма в докембрии.
9. Геохронологические методы датирования метаморфических пород. Методы картирования метаморфических комплексов.
10. Флюидный режим метаморфизма и металлогеническое значение метаморфизма.

3. Термодинамика метаморфических процессов

1. Метаморфические минералы, их термодинамическая устойчивость.
2. Понятие о минеральном парагенезисе. Парагенетический анализ, диаграммы «состав-парагенезис». Равновесность метаморфических парагенезисов.
3. Геотермометры и геобарометры. Программы расчетов температуры и давления по составу метаморфических минералов (Termocalc, TWQ). 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.

4. Метасоматизм и метасоматические горные породы

1. Метасоматизм. Физико-химические характеристики флюидов и гидротерм.
2. Типоморфные признаки метасоматических горных пород. Систематика метасоматических горных пород.
3. Метасоматиты, равновесные со щелочными растворами.
4. Метасоматиты, равновесные с нейтральными растворами.
5. Метасоматиты, равновесные с кислыми растворами.
6. Аспекты генетической связи метасоматизма и рудообразования. Пространственные и временные соотношения метасоматитов, руд и магматических образований.
7. Ассоциация метасоматических пород в типовых геологических обстановках.
8. Мантийный метасоматоз.

5. Поведение РЗЭ при метаморфических процессах.

1. Распределение РЗЭ в метаморфических минералах.
2. Распределение РЗЭ между метаморфическими минералами.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Граменицкий Е.Н. Петрология метасоматических пород. Москва: ИНФРА-М. 2012. – 221 с.
2. Маракушев А.А., Бобров А.В. Метаморфическая петрология. М.: МГУ, Наука, 2005. – 256 с.

3. Метаморфические формации. Л. Недра. 1986. – 246 с.
4. Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород: Учебник/ М.А. Афанасьева, Н.Ю. Бардина, О.А. Богатики и др.; Под ред. В.С. Попова и О.А. Богатикова. – М.: Логос, 2001. – 768 с.: ил.
5. Скляр Е.В., Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Мазукабзов А.М., Сизых А.И., Буланов В.А. Метаморфизм и тектоника :учеб. пособие – М. : Интермет Инжиниринг, 2001. – 216 стр.
6. Скублов С.Г. Геохимия редкоземельных элементов в породообразующих метаморфических минералах. – СПб.: Наука, 2005. – 147 с. 42 ил.
7. Bucer K., Grapes R. Petrogenesis of Metamorphic Rocks 8th. Springer, 2011. – 428 p.

Дополнительная литература

1. Добрецов Н.Л., Соболев В.С., Ушакова Е.Н. Метаморфические фации и формации. Новосибирск: НГУ, 1980.
2. 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.
3. Ревердатто В.В., Лиханов И.И., Полянский О.П., Шеплев В.С., Колобов В.Ю. Природа и модели метаморфизма. 2016. – 614 с.
4. Philpotts A., Ague J.J. Principles of Igneous and Metamorphic Petrology. Cambridge University Press, 1990, 667 p.
5. Planetary materials / Mineralogical Society of America. Vol. 36. 1998. – 864 p.
6. Best M.G. Igneous and Metamorphic Petrology. 2nd ed. Blackwell Publishing, 2003. – 729 p.
7. Winter J. D. Principles of Igneous and Metamorphic Petrology. 2nd (second) edition, Pearson Prentice Hall. 2010. - 702 pp.

Программное обеспечение, базы данных, интернет-ресурсы

1. <https://numericalmethods.wordpress.com/>
2. <http://www.scopus.com/>
3. <https://geo.web.ru/>
4. <https://www.scirp.org/journal/ojg/>
5. <https://www.geologynet.com/>
6. <https://pubs.geoscienceworld.org/>
7. <https://link.springer.com/search?facet-discipline=%22Earth+Sciences%22>
8. <https://www.bgs.ac.uk/scmr/products.html>

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

1. Прогрессивный и регрессивный метаморфизм. Диафторез.
2. Концепция минеральных фаций метаморфизма. Понятие об индекс-минералах и изоградах.
3. Условия, параметры и продукты дислокационного метаморфизма.
4. 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.
5. Метасоматические процессы в мантийном клине.
 6. Продукты динамометаморфизма (тектониты): милониты, тектонические брекчии трения, условия образования и геологическая обстановка нахождения тектонитов. Эксплозивный метаморфизм и его природа.
 7. Типы метаморфических комплексов.
 8. Параметры и примеры минеральных ассоциаций разных ступеней метаморфизма.
 9. Ультраметаморфизм. Мигматизация. Типы мигматитов.
 10. Связь метаморфизма и магматизма.
 11. Проявление метаморфизма в зонах спрединга, субдукции, в аккреционных комплексах.
 12. Реконструкция протолита: петрохимические и геохимические методы.
 13. Эклогиты. Типы и термодинамические условия.
 14. Метаморфические пояса и метаморфические эпохи.
 15. Особенности докембрийского метаморфизма.
 16. Причины регионального метаморфизма. Глубинный флюидный тепловой поток и изменения его интенсивности во времени. Латеральные вариации интенсивности глубинного теплового потока.
 17. Роль метаморфических комплексов в палеогеодинамических реконструкциях.
 18. Различия и сходства метасоматизма и метаморфизма. Типоморфные признаки метасоматических горных пород.
 19. Метасоматиты, равновесные с кислыми растворами. Березитизация и лиственитизация. Их рудоносность.
 20. Ассоциации метасоматических пород в разных геологических обстановках. Ассоциация, связанная с лейкогранитами.
 21. Метаморфогенные месторождения (железистые кварциты, титановые руды, гранулированный кварц). Метаморфический контроль в размещении месторождений разных видов минерального сырья.
 22. Классификация метасоматических процессов и пород, их металлогеническая специализация.
 23. Равновесность метаморфических парагенезисов. Геотермометры и геобарометры. Влияние температуры и давления на перераспределение компонентов между фазами. Диаграммы состав-парагенезис для метаморфических пород.
 24. Мобильность РЗЭ при метаморфических реакциях.

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				