

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева
Сибирского отделения Российской академии наук
(ФГБУН ИГМ им. В.С. Соболева СО РАН)

Утверждено Ученым советом ИГМ СО РАН
(Протокол №__ от _____ г.)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Петрология, вулканология

(наименование дисциплины)

программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
по научной специальности:

1.6.3. Петрология, вулканология.

(шифр и наименование специальности)

Новосибирск

2022

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика» разработана на основании Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) , утверждёнными приказом МИНОБРНАУКИ РФ от 20.10.2021 №951; Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденного постановлением правительства РФ от 30 ноября 2021 года №2122; Порядком разработки и утверждения программ аспирантуры ИГМ СО РАН (утв. директором 28.01.2022г.).

Разработчик:
доктор геолого-минералогических наук



С.В.Хромых

Согласовано:
Зам. директора по научной работе, д.г.м.н.



С.З.Смирнов

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Петрология, вулканология».
утверждена на заседании Ученого совета ИГМ СО РАН от «___»_____2022г.,
протокол № ___

Председатель Ученого совета
чл.-корр. РАН

Н.Н.Крук

Ученый секретарь

А.А.Картозия

1. Цели освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины – формирование у аспирантов углубленных знаний и развитие профессиональных навыков для применения результатов учебной исследовательской работы, умения организовывать и осуществлять профессиональную, научно-исследовательскую и педагогическую деятельность в области петрологии и вулканологии, включая:

- магматическую геологию (геологическое положение и геохронология магматических пород и геодинамические обстановки их образования);
- магматическую петрологию (петрография и состав магматических пород, расплавные и флюидные включения в минералах, источники магм, физико-химические условия возникновения и эволюции расплавов; процессы дифференциации, ассимиляции, смешения и расслоения магматических расплавов);
- экспериментальную петрологию (исследования фазовых равновесий, разработка геотермометров и геобарометров, моделирование магматических метаморфических и метасоматических процессов);
- рудоносный магматизм (связь магматизма и оруденения, вещественная специализация и петрологические критерии оценки рудоносности магматических комплексов, петрологические факторы образования рудных концентраций);
- вулканологию и палеовулканологию (зарождение, функционирование и отмирание вулканов, характеристика извержений, влияние на климат, фации и ассоциации вулканических пород);
- метаморфизм и метасоматизм (метаморфические фации и формации, парагенетический анализ, определение РТ-параметров и реконструкция РТ-трендов, флюидный режим метаморфизма и метасоматизма, геохимия процессов миграции вещества, геодинамические обстановки метаморфизма).

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Данная дисциплина является обязательной дисциплиной образовательного компонента программы аспирантуры по научной специальности 1.6.3. Петрология, вулканология.

3. Результаты освоения дисциплины.

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

- владеть петрографическими методами и принципами классификации и систематики магматических, метаморфических, метасоматических горных пород, позволяющими сделать выводы о петрогенезисе;
- иметь представления о физико-химических основах петрологии, закономерностях формирования и преобразования горных пород в земной коре и мантии;
- знать принципы современных аналитических методов, применяемых в петрологии, минералогии и геохимии, теоретические основы способов обработки, интерпретации и представления петрологической информации
- владеть методами обобщения и анализа петрографической, минералогической и геохимической информации для выводов о петрогенезисе;
- владеть методами определения палеогеодинамической (тектонической) обстановки формирования магматических и метаморфических горных пород на основании данных о их геологической позиции, вещественном составе и возрасте;
- знать возможности использования данных по геохимии элементов и изотопов при решении петрологических задач, методические особенности определения абсолютного возраста минералов и горных пород;

- знать принципы организации лабораторных и экспериментальных научно-исследовательских работ для решения петрологических задач;
- знать принципы современных методов изучения флюидных и расплавных включений;
- знать принципы применения законов термодинамики для построения численных моделей процессов образования минералов, руд и горных пород;
- владеть навыками использования баз термодинамических данных для формулирования задач численного моделирования и современных программных комплексов, предназначенными для решения этих задач;
- владеть навыками формационного анализа и применения его при построении региональных и глобальных геологических процессов и явлений;

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы **108** часов.

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	
в том числе:	
консультации	10
лекции	
семинары	
практические занятия	
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	98
Вид контроля по дисциплине: экзамен, реферат	

5. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Название раздела	Всего ауд. часов	Объем часов / зачетных единиц				Самостоятельная работа
			из них				
			консультации	лекции	семинары	практич. занятия	
1	Физико-химические основы петрологии изверженных пород		2				18
2	Физико-химическая петрология, магматические формации и геодинамика		2				20
3	Магматизм и рудоносность крупных изверженных провинций		2				20

4	Петрология и рудоносность расслоенных интрузивов		2			20
5	Актуальные проблемы петрологии метаморфизма		2			20
6						

6. Содержание дисциплины:

(Раздел, тема учебного курса, содержание лекции)

	Раздел	Содержание
Блок «Физико-химическая петрология»		
1	Физико-химические основы петрологии изверженных пород	<p>Равновесие системы фаз. Понятие о фазах и компонентах. Правило фаз Гиббса. Однокомпонентные системы. Задержки превращений. Полиморфные модификации. Главные типы диаграмм однокомпонентных систем. Система кремнезема. Система углерода. Двухкомпонентные системы. Главные типы диаграмм двухкомпонентных систем. Системы эвтектического типа: «Альбит–Кремнезем», «Диопсид–Анортит». Системы с соединениями промежуточного состава: «Нефелин–Кремнезем», «Форстерит–Кремнезем», «Лейцит–Кремнезем». Системы с твердыми растворами: «Альбит–Анортит», «Форстерит–Фаялит», «Альбит–Ортоклаз». Трехкомпонентные системы. Типы равновесий в трехкомпонентных системах. Системы эвтектического типа с промежуточными соединениями: «Форстерит–Анортит–Диопсид», «Форстерит–Анортит–Кремнезем». Системы с твердыми растворами: «Диопсид–Альбит–Анортит», «Форстерит–Диопсид–Кремнезем», «Форстерит – Фаялит – Кремнезем», «Нефелин–Кальсилит–Кремнезем», «Альбит–Ортоклаз–Кремнезем», «Альбит–Анортит–Ортоклаз». Системы с участием летучих компонентов. Двухкомпонентные системы с летучими: системы типа «легкорастворимая соль – H₂O», системы типа «силикат – H₂O». Трехкомпонентные системы с летучими компонентами: типа «два породообразующих силиката – H₂O», «породообразующий силикат – два летучих компонента (H₂O, CO₂)». Равновесные состояния при охлаждении глубинных природных магм. Причины разнообразия магматических пород.</p>
2	Физико-химическая петрология, магматические формации и геодинамика	<p>Глубинное строение Земли по геолого-геофизическим данным. Петрологические модели о внутреннем строении ядра, нижней и верхней мантии. Природа границы Мохо: перидотитовая и эклогитовая модели. Краткая характеристика строения океанической и континентальной литосферы. Магматические формации. Определение магматического комплекса. Основные параметры, определяющие индивидуальность магматической формации. Магматическая серия и ее толкование. Краткая характеристика основных типов петрохимических серий. Условия и механизмы генерации первичных магм в мантии и коре Земли: понятие о родоначальной и производной магмах, плавление наиболее распространенных мантийных пород, плавление наиболее</p>

		<p>распространенных субстратов континентальной и океанической коры. Причины разнообразия магматических горных пород и основные факторы магматической эволюции. Проблема смешения магм различного состава. Генетическая систематика магматических горных пород. Магматические породы мантийного происхождения и их систематика. Петрологические модели формирования магматических серий в различных геодинамических обстановках: магматизм океанических хребтов, магматизм внутриконтинентальных рифтовых зон, магматизм горячих точек и полей: океанические острова, траппы, А-граниты. Типы мантийных источников (DM, EM-1, EM-II, HIMU, ДЮПАЛ-аномалии), их связь с изотопно-геохимическим составом базальтов. Магматизм зон перехода континент–океан: юные и зрелые островные дуги, задуговые бассейны, трансформные окраины, окраинно-континентальные вулcano-плутонические пояса, рифты тыловых частей активных континентальных окраин. Происхождение высокоглиноземистых и высокомагнезиальных базальтовых расплавов активных континентальных окраин. Проблемы генезиса андезитовых магм. Петрологические модели формирования гранитоидных батолитов на активных континентальных окраинах. Магматизм коллизионных зон. Роль мантийных расплавов в коллизионном тектогенезе.</p>
--	--	---

Блок «Петрология и рудоносность магматических формаций»

1	Магматизм и рудоносность крупных изверженных провинций	<p>Определение и классификация крупных изверженных провинций (Large Igneous Provinces – LIP). Плуотектоника и теоретические основы формирования крупных изверженных провинций. Крупные изверженные провинции на континентах (траппы) и в океанах. Интерференция LIP с плейттектоническими режимами. Сибирская крупная изверженная провинция (P-T). Трапповый магматизм Сибирского кратона, особенности рудоносного магматизма Норильского района. Специфика магматизма Маймеча-Котуйской провинции. Особенности пермо-триасового магматизма Западно-Сибирской плиты, Восточного Казахстана и Горного Алтая. Траппы Кузбасса. Эмейшаньская крупная изверженная провинция (P₂). Соотношение мантийного и корового магматизма. Платиноносные, Cu-Ni, Fe-Ti-V ультрамафит мафитовые ассоциации Китая и Вьетнама. Низкотемпературные Au-Sb-Hg месторождения связанные с Эмейшаньской LIP. Таримская крупная изверженная провинция (P₁). Специфика мантийного и корового магматизма этой LIP. Горячие сдвиговые зоны (Иртышская) и Калбинский батолит. Особенности рудоносности мантийного магматизма Синьцзяна и Восточного Казахстана. Петрогенетические модели формирования рудоносного магматизма LIP.</p>
2	Петрология и рудоносность расслоенных интрузивов	<p>Параметры влияющие на дифференциацию расплавов. Кристаллизационно-гравитационная дифференциация. Физико-химические и гидродинамические условия дифференциации. Примеры дифференциации в потоках, лавовых озерах, силлах и</p>

		интрузивах. Равновесная и фракционная кристаллизация ультраосновных и основных расплавов. Физические и физико-химические причины дифференциации. Дифференциации в силлах. Методы численного моделирования дифференцированных силлов (программы КОМАГМАТ, Pluton). Расслоенные интрузивы, краевые фации и механизмы их формирования. Сендвичевый горизонт. Петрологические приемы расчленения расслоенной серии. Расслоенные интрузивы различных геодинамических обстановок. Механизмы концентрации ЭПГ, Cr, Ni, Cu, Ti и P в расслоенных интрузивах. Ликвация расплавов. Физико-химические условия ликвации. Проблемы формирования малосульфидного платинового оруденения. Методы прогноза Cu-Ni и платиновых месторождений. Силикатно-оксидная ликвация. Примеры месторождений Fe-Ti-P руд.
Блок «Метаморфизм»		
1	Актуальные проблемы петрологии метаморфизма	Классификация метаморфических пород. Фации метаморфизма. Связь метаморфизма с тектоногенезом и магматизмом. Метаморфические реакции и факторы метаморфизма: температура, литостатическое давление, флюидное давление, парциальное давление летучих компонентов во флюидах. Изменение состава пород при метаморфизме. Мигматизация, образование автохтонных гранитов. Ультравысокотемпературный контактовый метаморфизм. Продукты динамометаморфизма. Прогрессивный и регрессивный метаморфизм. Типы метаморфизма: региональный, контактовый, HT/LP- метаморфизм. Метаморфизм высоких и сверхвысоких давлений. Геохронологические методы датирования метаморфических пород. Методы картирования метаморфических комплексов. Метаморфические минералы, их термодинамическая устойчивость. Равновесность метаморфических парагенезисов. Геотермометры и геобарометры. Программы расчетов температуры и давления по составу метаморфических минералов (Termocalc, TWQ). Диаграммы состав-парагенезис для метаморфических пород. Системы минеральных Главнейшие минеральные фации регионального, контактового метаморфизма и высоких давлений. Фации метаморфизма в мантии. Причины регионального метаморфизма. Метаморфические пояса. Метаморфические формации. Проблемы образования гранулитов и эклогитов. Глаукофановые сланцы и их индикаторное значение. Метасоматические горные породы. Теория метасоматической зональности, кислотно-основная эволюция гидротермальных растворов. Систематика метасоматитов. Связь метасоматоза и рудообразования.

7. Виды самостоятельной работы

Самостоятельная работа по обработке аналитических и экспериментальных данных. Обобщение и анализ полученных петрографических, минералогических, петрогеохимических, геохронологических данных с использованием соответствующего

программного обеспечения. Построение петрогенетических моделей применительно к объектам исследования.

Самостоятельное изучение теоретического материала. Изучение литературных источников по разделам дисциплины, в соответствии со списком рекомендованной литературы.

Написание реферата. Выбор и обоснование темы реферата, изучение литературных, картографических и фондовых материалов по теме реферата, подготовка презентации и текстовой части реферата.

Подготовка к кандидатскому экзамену

8. Литература

Основная литература

1. Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород: Учебник для вузов / [М.А. Афанасьева, Н.Ю. Бардина, О.А. Богатики и др.] ; Под ред. В.С. Попова, О.А. Богатикова .— М. : Логос, 2001 .— 766 с
2. Перчук А.Л., Плечов П.Ю., Сафонов О.Г. Введение в петрологию. Инфра-М, Москва, 2014 г., 132 стр.
3. Маракушев А.А. Петрология метаморфических горных пород. - М.: МГУ, 1974.
4. Sen G. Petrology. Principles and Practice. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2014. 368 p.

Дополнительная литература

1. Заварицкий А.Н., Соболев В.С. Физико-химические основы петрографии изверженных горных пород. М., Госгеолтехиздат, 1961. 6 экз
2. Ревердатто В. В. Фации контактового метаморфизма, Изд-во "Недра", 1970.
3. Уйэджер Л.П., Браун Г. Расслоенные изверженные породы М.Мир. 1970. 552 с.
4. Добрецов Н. Л. Введение в глобальную петрологию. Новосибирск, 1978
5. Кокс К. Г. и др. Интерпретация изверженных горных пород / К. Г. Кокс, Дж. Д. Белл, Р. Дж. Панкхерст. М.: Недра, 1982
6. Шинкарев Н. Ф., Иванников В. В. Физико-химическая петрология изверженных пород. Л.: Недра, 1983
- Хьюджес Ч. Петрология изверженных пород. М.: Недра, 1987.
7. Кузнецов Ю. А. Главные типы магматических формаций. Новосибирск: Наука. Сиб. отд. 1989.
8. Pirajno F. Ore deposits and mantle plumes Kluwer Acad. Publ. 2000. 556 p.
9. Складов Е.В. (ред.) и др. Метаморфизм и тектоника. Учебное пособие. — М.: Интермет Инжиниринг, 2001. — 216 с.
10. Шарков Е.В. Формирование расслоенных интрузивов и связанного с ними оруденения М. Научный мир. 2006. 368 с.
11. Ernst R.E. Large Igneous Provinces. Cambridge University Press, Cambridge. 2014. 653 p.
12. Носова А.А., Перчук А.Л., Сафонов О.Г., Ширяев А.А., Шур М.Ю., Япаскурт О.В. Методы петрологических исследований. Инфра-М, Москва, 2014 г., 104 стр.

Справочная литература

1. Магматические горные породы / Богатики О.А.(ред). М.: Наука, 1980–1985. Т.1–5.
2. Рингвуд А.Е. Состав и петрология мантии Земли. - М.: Мир. 1981. 584 с.
3. Фор Г. Основы изотопной геологии. М.: Мир, 1989
4. Складов Е. В. и др. Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие / Е. В. Складов, Д. П. Гладкочуб, Т. В. Донская; под ред. Е. В. Складова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001.

5. Добрецов Н. Л. Основы тектоники и геодинамики Учеб. Пособие / Новосиб. Гос. Ун-т. Новосибирск. 2011. 492 с.

9 Перечень вопросов и заданий (аттестации) и/или тем рефератов

1. Понятие о фазах и компонентах. Правило фаз Гиббса. Правило фаз и P-T-диаграмма.
2. Однокомпонентные системы, общие особенности. Главные типы диаграмм.
3. Двухкомпонентные системы. Общие особенности диаграмм двухкомпонентных систем.
4. Двухкомпонентные системы эвтектического типа «Альбит-Кремнезем», «Диопсид-Анортит».
5. Двухкомпонентные системы с промежуточным соединением «Нефелин – Альбит – Кремнезем», «Форстерит – Энстатит – Кремнезем», «Лейцит – Ортоклаз – Кремнезем».
6. Двухкомпонентные системы с твердыми растворами «Альбит-Анортит», «Форстерит-Фаялит», «Альбит-ортоклаз».
7. Трехкомпонентные системы. Принципы построения диаграмм. Типы равновесий трехкомпонентных систем.
8. Трехкомпонентные системы «Форстерит – Анортит – Диопсид», «Форстерит – Анортит – Кремнезем».
9. Трехкомпонентные системы с твердыми растворами «Диопсид – Альбит – Анортит», «Форстерит – Диопсид – Кремнезем», «Форстерит – Фаялит – Кремнезем».
10. Трехкомпонентные системы «Нефелин – Кальсилит – Кремнезем», «Альбит – Ортоклаз – Кремнезем».
11. Двухкомпонентная система типа «породообразующий силикат – вода».
12. Равновесные состояния при охлаждении глубинных природных магм (в присутствии летучих компонентов).
13. Физико-химические и гидродинамические условия дифференциации.
14. Равновесная и фракционная кристаллизация ультраосновных и основных расплавов.
15. Дифференциации в силах. Примеры дифференцированных силлов.
16. Оценки состава родоначального расплава (методы и приемы).
17. Методы численного моделирования дифференцированных силлов.
18. Расслоенные интрузивы (примеры). Строение расслоенных интрузивов.
19. Расслоенные интрузивы различных геодинамических обстановок.
20. Проблема образования автономных анортозитов.
21. Дифференцированные щелочно-ультраосновные и щелочные интрузивы.
22. Механизмы концентрирования ЭПГ, Sr, Ni, Cu, Ti и P в расслоенных интрузивах.
23. Ликвация и ее петрологические признаки.
24. Понятие об анатексисе, синтексисе, флюидном синтексисе как главных механизмах формирования магматических колон с участием гранитов.
25. Редкометальные граниты, онгониты и эльваны (особенности состава и генезис).
26. Гибридные магматические породы, образовавшиеся в результате смешения мантийных и коровых магм и (или) ассимиляции мантийными магмами корового материала.
27. Понятие о магматических формациях. Абстрактная и конкретная формации (формационный тип и магматический комплекс), их соотношение.
28. Петрологические модели, позволяющие интерпретировать геофизические данные о строении ядра, нижней и верхней мантии Земли.
29. Природа границы Мохо: перидотитовая и эклогитовая модели.
30. Понятие об литосферном и астеносферном слоях Земли, петрологические следствия.
31. Эклогитовая, перидотитовая и пиролитовая модели верхней мантии.
32. Магматизм срединно-океанических хребтов.
33. Магматизм океанических островов.

34. Магматизм внутриконтинентальных рифтовых зон.
35. Магматизм островных дуг и задуговых бассейнов.
36. Геодинамический контроль проявления гранитоидного магматизма.
37. Гранитоидные батолиты в различных геодинамических обстановках.
38. Диагностические признаки крупных изверженных провинций.
39. Крупные изверженные провинции внутриокеанических обстановок.
40. Крупные изверженные провинции внутриконтинентальных обстановок.
41. Крупные изверженные провинции в складчатых поясах.
42. Значение крупных изверженных провинций для катастрофических изменений климата и массовых вымираний.
43. Общие понятия о метаморфизме. Классификация метаморфических пород.
44. Фации метаморфизма для метапелитов.
45. Фации метаморфизма для metabазитов.
46. Фации метаморфизма в мантии.
47. Метаморфические реакции и факторы метаморфизма.
48. Изменение состава пород при метаморфизме: изохимический метаморфизм, метасоматоз.
49. Продукты метаморфизма, связанные с гранитизацией. Мигматизация.
50. Прогрессивный и регрессивный метаморфизм.
51. Региональный, контактовый и НТ/ЛР типы метаморфизма.
52. Метаморфизм высоких и сверхвысоких давлений.
53. Геотермометры и геобарометры.
54. Проблемы образования гранулитов и эклогитов.
55. Глаукофановые сланцы и их индикаторное значение.
56. Теория метасоматической зональности, кислотно-основная эволюция гидротермальных растворов.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

ИГМ СО РАН располагает необходимыми помещениями для проведения лекционных, семинарских и практических занятий. Имеются библиотечные и Интернет ресурсы для самостоятельной работы. Электронная библиотека аспиранта <https://www.igm.nsc.ru/index.php/obrazov/aspirantura2/library>

**Лист актуализации рабочей программы
дисциплины «Петрология, вулканология»:**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Ученого совета ИГМ СО РАН	Подпись ответственного