

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан геологического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова
чл.-корр. РАН Еремин Н.Н.



«18» декабря 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Вар – Крупные расслоенные массивы

Уровень высшего образования:
магистратура

Направление подготовки/ специальность:

05.04.01 Геология

Профиль программы магистратуры:

Геохимия

Магистерская программа:

Петрология

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № 8 от 15 декабря 2025 г.)

Москва 2025

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.03.01 Геология, утвержденным приказом по МГУ от 21.12.2021 № 1404 (в действующей редакции).

Год приема на обучение: 2025

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Целью курса “Крупные расслоенные массивы” является приобретение студентами знаний о закономерностях строения крупных расслоенных массивов, как важнейших источников минерального сырья (Cu, Ni, ЭПГ, Cr, V, Ti) и генетическом значении этих объектов – как природных лабораторий для изучения процессов внутрикамерной дифференциации мафит-ультрамафитовых магм.

Задачи: (1) последовательное рассмотрение геологической позиции, строения и рудоносности ряда классических расслоенных интрузивов; (2) обучение методам оценки температуры и состава исходных магм; (3) обучение методам реконструкции условий образования кумулатов, начала сульфидной несмесимости и условий насыщения хромитом; (4) выработка умения различать закрытые и открытые магматические камеры – в контексте возможных механизмов внутрикамерной дифференциации интрузивных магм.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс “Крупные расслоенные массивы” разбит на 9 разделов посвященных: (1) классификации и особенностям строения крупных расслоенных интрузивов, (2) механизмам формирования камер и типам расслоенности интрузивных тел, (3) Скергаардскому массиву в Гренландии, (4) Бушвельдскому комплексу в ЮАР, (5) Мончегорскому плутону в Мурманской области, (6) Олангской группе интрузивов в Северной Карелии, (7) Йоко-Довыренскому массиву в Северном Прибайкалье; (8) механизмам дифференциации магм в закрытых интрузивных камерах; (9) эволюции магматических камер как открытых (проточных) систем.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП: – вариативная часть, профессиональный цикл, тип дисциплины - обязательный, курс – I, семестр – 2.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: освоение дисциплин “Общая геология”, “Общая и физическая химия”, “Минералогия”, “Петрология”, “Геохимия”, “Физическая геохимия”, “Петрохимия”, “Дополнительные главы петрологии”. Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Формации магматических пород» необходимы при изучении дисциплины «Современные главы петрологии», а также для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
--------------------------------	--	---

ОПК-2.М Способен применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки при решении задач профессиональной деятельности.	М.ОПК-2. И-1. Использует на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки, при решении исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: главные типы магматических формаций и генетических серий магматических пород Земли; Уметь: применять петролого-геохимические методы для выделения конкретных магматических серий; Владеть: физико-химическими методами реконструкций условий образования и эволюции генетически связанных последовательностей магматических пород
СПК-4.М Способен использовать различные типы петрологических и петрохимических диаграмм для решения научных и практических петрологических задач.	М.СПК-4. И-1. Знает основные типы петрологических и петрохимических диаграмм.	Знать: главные типы петрологических и петрохимических диаграмм используемых для различия магматических формаций и генетических серий магматических пород Земли;
	М.СПК-4. И-2. Понимает базовые принципы построения различных типов петрологических и петрохимических диаграмм.	Владеть: принципами построения петрологических и петрохимических диаграмм для выделения конкретных магматических серий.
	М.СПК-4. И-3. Владеет навыками использования различных типов петрологических и петрохимических диаграмм для решения научных и практических петрологических задач.	Уметь: использовать петрологические и петрохимические диаграммы для реконструкции условий образования и эволюции генетически связанных последовательностей магматических пород.

4. **Объем дисциплины:** составляет 3 з.е., 108 академических часов, в том числе 26 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (занятия лекционного типа) и 82 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма аттестации – экзамен.

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

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) Виды контактной работы, часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел. 1. Классификация и строение крупных расслоенных интрузивов		3			3	8
Раздел. 2. Механизмы формирования камер и типы расслоенности интрузивных тел		3			3	8
Раздел. 3. Скергаардский массив в Гренландии		3			3	8
Раздел. 4. Бушвельдский комплекс в ЮАР		3			3	8
Раздел. 5. Мончегорский плутон в Мурманской обл.		3			3	8
Раздел. 6. Олангская группа интрузивов в Карелии		3			3	8
Раздел. 7. Йоко-Довыренский массив в Северном Прибайкалье		3			3	8
Раздел. 8. Механизмы дифференциации в закрытых камерах		3			3	8
Раздел. 9. Магматические камеры как открытые системы		2			2	8
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>						10
Итого	108	26				82

Содержание разделов дисциплины:

1. Классификация и строение крупных расслоенных интрузивов

Определение и типы ультрамафит-мафитовых расслоенных интрузивов. Геологическое положение, возраст, формы интрузивных тел, общие особенности внутреннего строения, рудоносность – примеры. Ассоциация с вулканитами, понятие вулканоплутонических комплексов. Традиционные схемы образования расслоенных интрузивов. Относительная роль диффузионных и конвекционных процессов, типы конвективного массопереноса.

2. Механизмы формирования камер и типы расслоенности интрузивных тел

Динамические процессы, сопровождающие формирование интрузивных камер. Продолжительность затвердевания в зависимости времени остывания от мощности тела. Понятия кумулуса и интеркумуляуса, типы магматических кумулатов. Расслоенная серия (как последовательность кумулатов) и краевые группы. Главные типы расслоенности: фазовая и модальная, скрытая расслоенность. Транспортные явления в магматической камере: термическая (Бенаровская) и композиционная конвекция. Эффекты седиментации и плавучести минералов, значение суспензионных потоков.

3. Скергаардский массив в Гренландии

Возраст, геологическое положение и внутреннее строение. История исследований. Расслоенная серия и Краевая группа, явная и скрытая расслоенность. Примеры распределения по разрезу совместимых (когерентных) и несовместимых (некогерентных) элементов. Рудоносность, открытие платинометальных горизонтов (риф Платинова). Гипотезы образования, методы расчета состава остаточных магм, генетическое значение для магматической петрологии.

4. Бушвельдский комплекс в ЮАР – крупнейший расслоенный интрузив в мире

Возраст, геологическое положение, вмещающие породы, степень обнаженности и 4 главных “лимба”, доступных для опробования разрезов. История исследований внутреннего строения, главные типы стратиграфических последовательностей пород. Примеры ритмичности, фазовая расслоенность и первые проявления анортозитов. Распределения по разрезу совместимых и несовместимых элементов. Зоны закалки и генетическое значение В1-магмы. Рудоносность массива – прослойки хромититов, риф Меренского, V-Ti магнетитовые руды. Гипотезы образования (ранние и современные), их противоречия. Новые методы и подходы.

5. Мончегорский плутон в Мурманской области

Возраст, геологическое положение, внутреннее строение, соотношения с другими породами Мончегорского комплекса. Обнажения на горах Ниттис, Кумужья и Травяная (НКТ) и субширотная последовательность г. Сопча, Нюд и Поаз. Расслоенная серия и Краевая группа, примеры

распределения по разрезу совместимых и несовместимых элементов. Рудоносность, открытие Сопчинского платинометаллического горизонта, Cu-Ni сульфидные руды, хромититы. Идеи о разных фазах внедрения и дифференциации магм.

6. Олангская группа интрузивов в Северной Карелии

Геологическое положение, возраст и особенности строения интрузивов Кивакка, Ципринга и Луккулуясваара. Расслоенные серии и краевые группы, эволюция состава породообразующих минералов. Значение исследований Кивакки, ритмические пачки, возможная конвекция в кумулусе. Примеры распределения по разрезу совместимых и несовместимых элементов. Платинометаллическая малосульфидная минерализация, попытки моделирования начала сульфидной несмесимости. Гипотезы образования, конвекционно-кумуляционная гипотеза как наиболее правдоподобный механизм.

7. Йоко-Довыренский массив в Северном Прибайкалье

8. Механизмы дифференциации в закрытых камерах

8а. Признаки закрытости магматических камер, использование массбалансовых расчетов. Подходы к оценке состава исходной магмы. Примеры крупномасштабного фазового разделения и признаки рэлеевского фракционирования в строении разрезов. Гипотеза направленной кристаллизации снизу как ведущий механизм дифференциации: физические основания (гомогенность магмы, адиабатическое распределение температуры) и геохимические аргументы. Противоречия с природными наблюдениями.

8б. Седиментационные механизмы дифференциации: отличия стоковского оседания кристаллов от суспензионного переноса. Значение S-образных профилей распределения когерентных элементов (Mg, Cr, Ni) - как признак направленного вниз переноса кристаллических фаз. Влияние термических полей вмещающих пород на зарождение конвекционных течений и скорость остывания интрузивных тел. Конвекционно-кумуляционная модель внутрикамерной дифференциации, примеры для сибирских силлов и крупных интрузивов. Направления развития модели.

9. Магматические камеры как открытые системы

S-образные распределения несовместимых элементов как признак потери расплавов из частично закристаллизованных интрузивных систем. Сравнение составов закалочных пород (аппроксимирующих исходную магму) и средневзвешенного составов массивов. Значение компакций кумулатов и отжима расплавов при докристаллизации. Деформационные явления в кумулатах. Влияние термических полей во вмещающих породах на возможность длительного остывания и перекристаллизации кумулатов. Йоко-Довыренский массив как пример открытой магматической камеры.

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Для текущего контроля проводятся устные опросы по материалам предыдущих занятий.

Домашние задания для самостоятельной подготовки студентов включают: (1) работу с учебными изданиями по разделам, посвященным рассмотренным на лекциях и семинарах вопросам; (2) чтение выборочных российских и зарубежных публикаций – для углубленного погружения в тематику; (3) знакомство с образцами магматических пород, типоморфных для изученных тектоно-магматических провинций.

Типовые упражнения и расчетные задания:

- построить характеристические петрохимические диаграммы;
- построить характеристические геохимические диаграммы;
- объяснить изотопно-геохимические особенности магматических пород;
- построить проекции составов пород на барометрические диаграммы (по данным экспериментальной петрологии);
- рассчитать траектории равновесной и фракционной кристаллизации родительских магм для главных серий конкретной магматической провинции.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Понятие магматических формаций, формационные типы, принципы их классификации.
2. Генетические типы магматических пород и понятие магматической серии. Типы серий и их индикаторное значение.
3. Процессы, формирующие облик океанической литосферы, схема строения океанической коры.
4. Толейтовые базальты срединно-океанических хребтов (N-MORB, E-MORB, типы TOP по Дмитриеву) и океанических плит (ареальные платобазальты).
5. Малоглубинные (эффузивно-интрузивные) и глубинные (плутонические) формации. Особенности состава океанических перидотитов.
6. Условия образования MORB-магм: критерии поиска родоначальных и первичных магм, значение состава оливина.
7. Особенности полибарического фракционирования и интерпретация природных петрохимических трендов - роль диаграммы CaO-MgO.
8. Концепция “горячих” точек и разнообразие внутриплитного океанического магматизма: пять главных серий океанических о-вов.
9. Происхождение вулканических серий Гавайских островов, понятие “гранатовой метки”.
10. Происхождение вулканических серий Исландия. Проблема бимодальности базальт-андезит-риолитовых ассоциаций.
11. Понятие крупных магматических провинций, примеры для океанов и континентов. Эффузивно-интрузивная трапповая формация толейтовых и субщелочных базитов.
12. Происхождение эффузивных траппов. Значение субщелочных пикритов, выделение низко-Ti и высоко-Ti серий.
13. Магматические формации рифтовых зон континентов: особенности геологического развития и глубинного строения, связи со щелочным магматизмом.
14. Специфика эпиплатформенных рифтов, две модели их образования. Африкано-Аравийский пояс.

15. Эпиорогенные рифтовые зоны: отличия от эпиконтинентальных рифтов, тектоническая позиция, геологическое строение, стадии развития. Эпиорогенные рифты запада США.
16. Гипотезы образования щелочных магм и природа глубинного источника, мантийный метасоматизм.
17. Общая характеристика окраин континентов. Пассивные и активные окраины континентов: стадии развития, главные структуры и особенности строения.
18. Магматические формации островных дуг Западно-Тихоокеанского типа: энсиалические и энсиматические дуги. Принципы типизации островодужных вулканитов.
19. Гипотеза “плавления мантийного клина”. Признаки присутствия материала океанической коры в источнике.
20. Генетические соотношения высокоглиноземистых (ВГБ) и высокомагнезиальных базальтов. Полибарическое фракционирование как механизм образования ВГБ (на примере Ключевского вулкана).
21. Магматизм Андийской окраины: главные формационные типы и петрогенетические серии. Роль магматизма континентальных активных окраин в формировании земной коры.
22. Три главных сегмента андской окраины, причины продольной и поперечной зональности. Вещественный состав главных серий.
23. Мексиканский вулканический пояс и высокомагнезиальные андезиты: геологическое строение, распределение вулканов, особенности извержений и субдукционная природа магматизма.
24. Геологическое строение глубоководных желобов, типы разрезов, структура офиолитовых комплексов.
25. Петрохимическая специфика и минералогические особенности бонинитов. Значение клиноэнстатита и роль воды.
26. Мантийные и внутрикоровые гипотезы образования андезитов. Относительная роль ассимиляции, смешения и фракционной кристаллизации (AFC-модели).
27. Адакиты как продукт плавления океанической плиты и возможный аналог архейских тоналит-трондьемит-гранодиоритовых (TTG) серий.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине применяется для всех типов контроля

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: особенностей геологического строения и состава пород важнейших геодинамических провинций Земли	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания по предмету	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: использовать петролого-геохимическую	Умения отсутствуют	В целом имеют место, но с рядом неточностей	Присутствуют, но с ошибками в мелких деталях	Показаны успешно в полном объеме

информацию для выделения формаций и серий изверженных пород				
Владения: методами классификации и графических реконструкций формационной принадлежности	Отсутствуют навыки владения методами	Неполное владение методами	Методы усвоены, но присутствуют мелкие неточности	Демонстрация владения методами в полном объеме, без ошибок

7. Ресурсное обеспечение

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

а) основная литература:

- Арискин А.А., Бармина Г.С. (2000) Моделирование фазовых равновесий при кристаллизации базальтовых магм. М.: Наука. 363 с.
- Фролова Т.И. Бурикова И.А. (1997) Магматические формации современных геотектонических обстановок. М.: Изд-во Московского университета. 319 с.
- Магматические горные породы. Эволюция магматизма в истории Земли (под ред. В.И. Коваленко). М.: Наука. 1987. 508 с.
- Best M.G., Christiansen E.H. (2001) Igneous petrology. Oxford: Blackwell Science. 458 pp.
- Rollinson H.R. (1993) Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation. Longman Group UK Limited, 353 pp.

б) дополнительная литература:

- Wilson M. (1989) Igneous petrogenesis: A global tectonic approach. Boston, Unwin Hyman, 466 pp.
- Winter J.D. (2001) An introduction to igneous and metamorphic petrology. New Jersey, Prentice Hall, 697 pp.
- Мюллер Р., Саксена С. Химическая петрология. М.: Мир. 1980. 517 с.
- Хьюджес Ч. Петрология изверженных пород. М.: Недра. 1988. 320 с.
- Best M.G. Igneous and metamorphic petrology. 2nd Edition, Blackwell Publishing, 2003, 729 pp.

- Перечень лицензионного программного обеспечения: нет
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем: нет
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»: Специализированные программы серии КОМАГМАТ и методические материалы к курсу находятся на специализированном Интернет-ресурсе (в геологической энциклопедии GeoWiki - <http://wiki.web.ru> и сайте <https://comagmat.web.ru/apps-comagmat.html>).
- Описание материально-технической базы:
 - помещение – аудитория, рассчитанная на группу из 15 учащихся

- б) оборудование – поляризационные микроскопы, в том числе проекционный микроскоп, снабженный цифровой фотокамерой с возможностью вывода на монитор и экран, мультимедийный проектор, компьютер, экран, выход в Интернет;
- в) иные материалы – коллекция представительных петрографических шлифов и горных пород.

8. Язык преподавания – русский.

9. Преподаватель: д.г.-м.н., проф. Арискин А.А.

10. Разработчики программы: – д.г.-м.н., проф. Арискин А.А.