

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

**УТВЕРЖДАЮ**  
**Декан Геологического факультета**  
**академик**

\_\_\_\_\_/Д.Ю.Пушаровский/  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Геохимия магматизма**

Авторы-составители: Коптев-Дворников Е.В.

**Уровень высшего образования:**

*Магистратура*

**Направление подготовки:**

**05.04.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**

**Геохимия**

**Магистерская программа:**

**Геохимия**

**Форма обучения:**

*Очная*

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методическим Советом Геологического факультета  
(протокол № \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_)

Москва 20\_\_

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 «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение – 2019.

© 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 "Геохимия магматизма" является обеспечение углублённой подготовки магистров в области геохимии, петрологии и рудоносности магматических горных пород базит-гипербазитового ряда, на основе современных теоретических и методических представлений и практических примеров, включая использование методов численного моделирования на ЭВМ магматических процессов.

**Задачи** – овладение знаниями общих закономерностей распределения химических элементов в ряду изверженных пород от ультраосновных до кислых; ознакомиться с минералогией и петрографией горных пород базит-гипербазитового ряда;

- освоить диаграммы состояния силикатных систем; термодинамические законы, определяющие распределение микроэлементов между сосуществующими фазами;

- изучить закономерности строения и рудоносности мафит-ультрамафитовых интрузивов; закономерности распределения химических элементов в дифференцированных эффузивных сериях.

**1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО** – вариативная часть, профессиональный блок, обязательные дисциплины, год - I, семестр 2.

### **2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**

освоение дисциплин программы бакалавриата «Общая геология», «Неорганическая химия», «Физическая химия», «Минералогия», «Кристаллохимия», «Петрология», «Генезис месторождений полезных ископаемых», «Физическая геохимия», «Экспериментальная геохимия», «Термодинамика геохимических процессов» и др.

Дисциплина необходима для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

### **3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.**

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

ОПК-4.М Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки

СПК-4.М Готовность к изучению химического состава природного вещества и закономерностей распространения в них химических элементов, их состояния и форм нахождения.

СПК-5.М Способность к выявлению, изучению и геологической интерпретации ассоциаций химических элементов, характерных для продуктов геологических процессов.

СПК-6.М Владение принципами и методами математической обработки геохимических данных.

### **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):**

**знать:** общие закономерности распределения химических элементов в ряду изверженных горных пород от ультраосновных до кислых; минералогия и петрография пород базит-гипербазитового ряда; диаграммы состояния силикатных систем; термодинамические законы, определяющие распределение микроэлементов между сосуществующими фазами; закономерности строения и рудоносности мафит-ультрамафитовых интрузивов; закономерности распределения химических элементов в дифференцированных эффузивных сериях.

**уметь:** формулировать задачи геолого-геохимических исследований, необходимых для решения генетических проблем, в т.ч. проблем формирования магматогенного рудообразования; использовать комплексную петролого-геохимическую информацию в совокупности со знаниями физической химии силикатных систем и навыками

моделирования для генетической интерпретации наблюдаемых распределений химических элементов.

**владеть:** навыками и приемами обработки больших объёмов содержаний химических элементов в дифференцированных интрузивах и эффузивных сериях с использованием пакета ПРОГРАММЫ из программного комплекса МАГМОД, включая поиск и подготовку исходной информации и графическое отображение результатов.

**4. Формат обучения** – лекции и семинарские занятия.

**5. Объем дисциплины (модуля)** составляет 3 з.е., 108 часов, в том числе 26 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекций 13 часов, семинаров 13 часов), 82 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Формы текущего контроля - сдача расчетно-графических работ, устные опросы, собеседования и др. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

**Краткое содержание дисциплины (аннотация):**

В курсе "Геохимия магматизма" анализируются закономерности распределения химических элементов в магматических горных породах в диапазоне от ультрамафических до кислых. Демонстрируется ключевая роль коэффициента распределения в качестве физико-химического параметра, контролирующего поведение микроэлементов в магматическом процессе.

Приводятся примеры распределений химических элементов, в том числе рудных, в конкретных дифференцированных магматических объектах. На этой основе обсуждаются геохимические закономерности строения и рудоносности расслоенных магматических комплексов основных и ультраосновных пород, их связь с законами кристаллизации многокомпонентных силикатных систем.

Рассматриваются методы построения метафайлов – электронных графиков распределения нормативных минералов и химических элементов в природных дифференцированных объектах, позволяющие автоматически сравнивать их с результатами численного моделирования.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)			Всего	
		Виды контактной работы, часы				
Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа				
Раздел 1. Закономерности распределений химических элементов в ряду магматических пород от у/о до кислых. Геохимическая классификация элементов.		2	-	-	2	Собеседование, 1 расчетно-графическая работа 3 часа
Раздел 2 Коэффициент распределения, его физико-химический и кристаллохимический смысл.		2	-	-	2	Подготовка к текущему опросу. 2 часа, 1 расчетно-графическая работа 3 часа
Раздел 3. Закономерности распределения химических элементов в конкретных дифференцированных интрузивах.		2	--	4	6	Подготовка к текущему опросу. 4 часа, 5 расчетно-графические работы 15 часов
Раздел 4. Связь между порядком смены кумулятивных парагенезисов в разрезах расслоенных интрузивов и типом материнской магмы (толейитовой, коматиитовой, бонинитовой).		2		2	4	Подготовка к текущему опросу. 4 часа, 3 расчетно-графические работы 9 часов
Раздел 5. Типы магматогенного оруденения, связанные с мафит-ультрамафитовыми дифференцированными комплексами.		2	-	4	6	Подготовка к текущему опросу. 4 часа, 4 расчетно-графические работы 12 часов
Раздел 6. Преимущества дифференцированных in situ интрузивов для верификации генетических моделей, в том числе количественных.		3	-	3	6	Подготовка к контрольному опросу, 4 часа, 4 расчетно-графические работы 12 часов
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>						10
<b>Итого</b>	<b>108</b>			<b>26</b>		<b>82</b>

## Содержание разделов дисциплины:

### **Общая геохимическая характеристика магматических пород.**

*Раздел 1. Закономерности распределений химических элементов в ряду магматических пород от ультраосновных до кислых. Геохимическая классификация элементов.*

*Раздел 2. Коэффициент распределения, его физико-химический и кристаллохимический смысл.*

### **Геохимическая характеристика интрузивных дифференцированных комплексов.**

*Раздел 3. Закономерности распределения химических элементов в конкретных дифференцированных интрузивах.*

Породообразующие и второстепенные минералы интрузивных пород базит-гипербазитового ряда. Минеральные парагенезисы интрузивных пород. Выделение двух структурных групп в строении пород: кумулус и интеркумулус. Номенклатура пород – традиционная и кумулятивная. Типы дифференцированных *in situ* интрузивов: долеритовые силлы и мафит-ультрамафитовые расслоенные интрузивы. Закономерности распределения элементов и минеральных парагенезисов в вертикальных разрезах дифференцированных *in situ* интрузивов: Киваккского, Ципрингского, Луккулайсварского, Бураковского, Йоко-Довыренского, Запевалихинского, Кузьмовского, Вавуканского и др..

*Раздел 4. Связь между порядком смены кумулятивных парагенезисов в разрезах мафит-ультрамафитовых расслоенных интрузивов и типом материнской магмы (толейитовой, коматиитовой, бонинитовой).*

*Раздел 5. Типы магматогенного оруденения, связанные с мафит-ультрамафитовыми дифференцированными комплексами (медно-никелевого, хромититового, платинометального и титано-ванадиевого).*

*Раздел 6. Преимущества дифференцированных *in situ* интрузивов для верификации генетических моделей, в том числе количественных.*

Приведение природных данных к виду, пригодному для моделирования с использованием программы КОМАГМАТ. Внепространственная геохимическая структура эффузивных серий, закономерности эволюции составов лав. Недостатки эффузивных серий для верификации генетических моделей. Расчёт средневзвешенных составов интрузивов для оценки составов материнских магм. Расчёт нормативного состава пород. Создание с использованием пакета ПРОГРАММЫ из программного комплекса МАГМОД метафайлов – электронных графиков распределения нормативных минералов и химических элементов в вертикальных разрезах природных интрузивов, на которые можно автоматически накладывать результаты моделирования. Создание метафайлов – электронных вариационных графиков распределения химических элементов в эффузивных сериях.

### **Рекомендуемые образовательные технологии**

При реализации программы дисциплины «Геохимия магматизма» используются следующие технологии. При проведении лекций и семинарских занятий применяется компьютерная графика (ПК и компьютерный проектор). Занятия проводятся в компьютерном классе кафедры геохимии, используются электронный банк данных, содержащий сведения о концентрациях породообразующих оксидов и рассеянных химических элементов в горных породах Киваккского, Ципрингского, Луккулайсварского, Бураковского, Йоко-Довыренского, Запевалихинского и других расслоенных интрузивов, специализированный пакет ПРОГРАММЫ из программного комплекса МАГМОД по подготовке данных для моделирования и создания метафайлов.

## **7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется опросом каждого студента в начале текущего семинара по материалам предыдущих занятий, коллективным обсуждением ответов и при сдаче каждым студентом выполненных расчетно-графических работ.

### **7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

#### ***Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля:***

1. Закономерности распределений химических элементов в ряду магматических пород от ультраосновных до кислых.
2. Геохимическая классификация элементов в магматическом процессе.
3. Коэффициент распределения, его физико-химический смысл.
4. Коэффициент распределения, его кристаллохимический смысл.
5. Породообразующие минералы мафит-ультрамафитовых интрузивов.
6. Изверженные породы, слагающие мафит-ультрамафитовые интрузивы.
7. Распределение когерентных и некогерентных элементов в вертикальных разрезах расслоенных интрузивов. Чем контролируются эти распределения?
8. Структурно-петрографические особенности горных пород расслоенных интрузивов. Понятие о кумулусе и кумулатах.
9. Чем определяется порядок смены кумулутов в разрезах расслоенных интрузивов?
10. В чём причина различных порядков смены кумулутов в разных расслоенных массивах?
11. Магматогенные месторождения полезных ископаемых, закономерности локализации различного оруденения в вертикальных разрезах интрузивов.
12. В чём преимущества дифференцированных *in situ* интрузивов перед эффузивными сериями для верификации петрогенетических концепций?

#### ***Примеры расчетно-графических заданий для проведения текущего контроля:***

1. Построение, используя электронный банк данных, распределений породообразующих оксидов в вертикальных разрезах интрузивов с различным порядком кристаллизации материнских магм.
2. Расчет, с использованием пакета программ МАГМОД, нормативного состава горных пород и построений графиков распределения нормативных минералов в разрезах интрузивов с различным порядком кристаллизации материнских магм.
3. Построение, используя электронный банк данных, распределений рассеянных элементов в вертикальных разрезах интрузивов с различным порядком кристаллизации материнских магм.
4. Расчёт и графическое изображение составов остаточных магм в ходе затвердевания расслоенных интрузивов для различных массивов.
5. Расчёт и графическое изображение содержаний рассеянных элементов в остаточных магмах в ходе затвердевания расслоенных интрузивов для различных массивов.

### **7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

#### ***Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:***

1. Общие закономерности распределения изверженных пород в Земной коре.
2. Распределение химических элементов в ряду от ультрамафических до кислых пород, их классификация на этой основе.

3. Понятие о коэффициенте распределения содержаний химического элемента между фазами в равновесии расплав – твёрдая ваза. Роль этого параметра в поведении элементов в магматическом процессе. Понятие когерентных и некогерентных элементов.
4. Значение *in situ* дифференцированных мафит-ультрамафитовых комплексов для верификации петрогенетических концепций.
5. Породообразующие минералы мафит-ультрамафитовых комплексов.
6. Основные типы горных пород, слагающих мафит-ультрамафитовые комплексы.
7. Средневзвешенные составы мафит-ультрамафитовых расслоенных комплексов, их соотношений с составами базитовых магм.
8. Закономерности смены горных пород (кумулятивных парагенезисов) в вертикальных разрезах расслоенных интрузивов, типизация массивов по этому признаку, корреляция с особенностями составов материнских магм.
9. Распределение в вертикальных разрезах расслоенных интрузивов когерентных элементов. Зависимость этих распределений от порядка смены ккумулятивных парагенезисов. Почему распределения когерентных элементов зависят от порядка смены ккумулятивных парагенезисов, а некогерентных – нет?
10. Основные типы магматогенного оруденения в расслоенных интрузивах. Закономерности локализации различных типов оруденения в разрезах мафит-ультрамафитовых комплексов.
11. Необходимый и достаточный набор сведений о строении и составе дифференцированного интрузива для прямого моделирования динамики его формирования с использованием программы КОМАГМАТ.

#### **Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: закономерностей распределения химических элементов в ряду изверженных горных пород от ультраосновных до кислых; минералогию и петрографию пород базит-гипербазитового ряда; диаграммы состояния силикатных систем; термодинамические законы, определяющие распределение микроэлементов между сосуществующими фазами; закономерности строения и рудоносности мафит-ультрамафитовых интрузивов; закономерности распределения химических элементов в дифференцированных эффузивных сериях.	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: формулировать задачи геолого-геохимических исследований,	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое	В целом успешное, но содержащее отдельные	Успешное умение формулировать задачи



<p>необходимых для решения генетических проблем, в т.ч. проблем формирования магматогенного рудообразования; использовать комплексную петролого-геохимическую информацию в совокупности со знаниями физической химии силикатных систем для генетической интерпретации наблюдаемых распределений химических элементов.</p>		<p>ое умение, допускает неточности непринципиального характера</p>	<p>пробелы умение использовать комплексную петролого-геохимическую информацию в совокупности со знаниями физической химии силикатных систем для генетической интерпретации наблюдаемых распределений химических элементов.</p>	<p>геолого-геохимических исследований, необходимых для решения генетических проблем, в т.ч. проблем формирования магматогенного рудообразования</p>
<p>Владения: навыками и приемами обработки больших объемов содержаний химических элементов в дифференцированных интрузивах и эффузивных сериях с использованием пакета ПРОГРАММЫ из программного комплекса МАГМОД, включая поиск и подготовку исходной информации и графическое отображение результатов.</p>	<p>Навыки владения отсутствуют</p>	<p>Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков</p>	<p>В целом навыки и приёмы усвоены, но при их применении имеют место затруднения.</p>	<p>Навыки и приёмы усвоены прочно, используются осмысленно.</p>

## 8. Ресурсное обеспечение:

### А) Перечень основной и дополнительной литературы.

#### - основная литература:

1. Жариков В.А. Основы физической геохимии. М., МГУ-Наука, 2005, 654 с.
2. Ярошевский А.А. Проблемы современной геохимии. Конспект лекций, прочитанных в ГЕОХИ РАН в зимнем семестре 2003-2004 г. НГУ, 2004, 194 стр.

#### - дополнительная литература:

1. Бычкова Я.В., Коптев-Дворников Е.В. Ритмическая расслоенность киваккского типа: геология, петрография, петрохимия, гипотеза формирования // Петрология, 2004, №3, с. 281-302.
2. Коптев-Дворников Е.В., Киреев Б.С. Пчелинцева Н.Ф., Хворов Д.М. Распределение кумулятивных парагенезисов, породообразующих и второстепенных элементов в вертикальном разрезе Киваккского интрузива (Олангская группа интрузивов, Северная Карелия)// Петрология, 2001, №1, с. 3-27.
3. В. С. Семенов, Е. В. Коптев-Дворников, А. Н. Берковский, Б. С. Киреев, Н. Ф. Пчелинцева, М. О. Васильева. Расслоенный троктолит-габбро-норитовый интрузив Ципринга, Северная Карелия: геологическое строение, петрология. *Петрология*, 3(6):645–668, 1995.
4. Ярошевский А.А., Болиховская С. В., Коптев-Дворников Е. В. Геохимическая структура Йоко-Довыренского расслоенного дунит-троктолит-габбро-норитового интрузива, Северное Прибайкалье // *Геохимия*, (10):1027–1039, 2006.

5. Bychkova Y. V., Mikliaeva E. P., Koptev-Dvornikov E. V. et al. Proterozoic Kivakka layered mafic-ultramafic intrusion, northern Karelia, Russia: Implications for the origin of granophyres of the upper boundary group // *Precambrian Research*. — 2019

**Б) Перечень лицензионного программного обеспечения** Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint (при необходимости).

**В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем**  
Не требуется.

**Г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

Пакеты программ МАГМОД и КОМАГМАТ (авторы М.Я.Френкель, А.А.Арискин, ГЕОХИ РАН, Е.В.Коптев-Дворников, кафедра геохимии МГУ).

**Д) Материально-техническое обеспечение:**

компьютерный класс на 6-7 мест, оборудованный персональными компьютерами, мультимедийный проектор и экран для демонстрации презентаций;

электронный банк данных, содержащий сведения о концентрациях породообразующих оксидов и рассеянных химических элементов в горных породах Киваккского, Ципрингского, Луккулайсваарского, Бураковского, Йоко-Довыренского, Запевалихинского и других расслоенных интрузивов.

**9. Язык преподавания** – русский.

**10. Преподаватель (преподаватели)** –Коптев-Дворников Е.В.

**11. Автор (авторы) программы** - Коптев-Дворников Е.В.