

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

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан Геологического факультета  
академик**

\_\_\_\_\_ /Д.Ю. Пуцаровский/

\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Палеомагнитные методы исследования в региональной геологии**  
Авторы-составители: А.Ю.Казанский, А.В.Латышев

**Уровень высшего образования:**  
*Магистратура*

**Направление подготовки:**  
**05.04.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**Геология и полезные ископаемые**

**Магистерская программа**  
*Региональная геология*

**Форма обучения:**  
*Очная*

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

Москва

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 магистратуры, реализуемые 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**

Цель – ознакомление с современными методами палеомагнетизма и магнетизма горных пород (петромагнетизма) в контексте их применения для решения конкретных геологических задач региональной геологии, палеотектоники, стратиграфии и геоэкологии.

### **Задачи:**

- приобретение теоретических знаний об основах физики магнетизма, геомагнетизма, механизмах приобретения намагниченности, свойствах магнитных минералов, способах получения и элементарной интерпретации палеомагнитных и петромагнитных данных и

- приобретение практических навыков, позволяющих самостоятельно проводить первичную обработку и интерпретацию палеомагнитных данных.

**1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО** – вариативная часть, профессиональный цикл, профессиональные дисциплины по выбору, 2 курс, 3 семестр.

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

Освоение дисциплин «Тектоника и магматизм»,

Дисциплина необходимая в качестве предшествующей для учебных курсов «Специальные методы стратиграфии» и выполнения выпускной квалификационной работы.

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

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

СПК-7.М Способность проводить палеомагнитные исследования и использовать их при реконструкции истории развития отдельных регионов.

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

#### **Знать:**

- сущность и элементарные физические основы методов палеомагнитных и петромагнитных исследований, их возможности и ограничения при решении конкретных геологических задач;

- общие магнитные свойства минералов и горных пород; главные черты развития магнитного поля Земли в фанерозое;
- историю перемещения континентов в фанерозое по палеомагнитным данным.

**Уметь:**

- отбирать образцы для палеомагнитных и петромагнитных исследований; оценивать достоверность полученной стратиграфической информации
- интерпретировать элементарные диаграммы Зийдервельда и стереограммы;
- объяснить какой из методов палео- или петромагнетизма следует применять для решения конкретной геологической задачи и почему.

**Владеть:**

- методами анализа информации о магнитном поле Земли и его изменениях в геологическом прошлом;
- методами построения и корреляции шкал магнитной полярности; методами построения Траекторий кажущегося движения полюса (ТКДП) для континентальных блоков и методами их анализа.

**4. Формат обучения** – лекционные занятия

**5. Объем дисциплины (модуля)** Объем дисциплины (модуля) составляет **1 з.е.**, в том числе **34** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем ( 28 часов – занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 4 часов – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), **8** академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет

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

**Краткое содержание дисциплины (аннотация):**

Курс «Палеомагнитные методы исследования в региональной геологии» состоит из вводной части и 4 разделов

Во вводной части курса дается определение основных понятий в области Земного магнетизма, магнетизма горных пород и палеомагнетизма.

Вторая, часть курса посвящена физическим основам магнитных методов, составляющих фундамент магнетизма горных пород.

Третий раздел посвящен петромагнитным исследованиям, здесь рассматриваются методы магнитной минералогии и основные свойства магнитных минералов и горных пород, а также вопросы магнитной гранулометрии.

В четвертом разделе рассматриваются собственно палеомагнитные исследования - методика палеомагнитных исследований: отбор образцов, лабораторные эксперименты, интерпретация получаемых результатов. Особое внимание в разделе уделено палеомагнитным тестам и оценке палеомагнитной надежности.

Пятый, заключительный раздел посвящен применению методов палео - и петромагнетизма для решения конкретных геологических задач в стратиграфии, тектонике и изучении изменений окружающей среды и климата.

**4.6. Распределение трудоемкости «Специальных методов стратиграфии» по разделам и темам, а также видам учебной работы (формам проведения занятий) с указанием форм текущего контроля и промежуточной аттестации**

№ п / п	Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
1.	Магнитное поле Земли			1	1	
2.	Виды намагниченности			1	1	
3.	Аппаратура для палео- и петромагнитных исследований.			2	2	
4.	Магнитная минералогия.			2	2	
5.	Методы петромагнитных			2	2	

	исследований					
6.	Методы исследования в палеомагнетизме			2	2	
7.	Обработка результатов измерений и основы интерпретации.			4	4	
8.	Полевые палеомагнитные тесты.			4	4	
9.	Магнитостратиграфия.			4	4	
10.	Палеомагнетизм и тектоника			4	4	5 Практических работ
11.	Методы петромагнетизма при решении задач изменения окружающей среды и климата.			2	2	Групповая консультация перед зачетом 2 часа
12.	Промежуточная аттестация <i>зачет</i>					4
	Итого			28	28	8

### **Содержание разделов дисциплины:**

#### ***Содержание лекционных занятий***

Предмет, задачи и цели курса. Связь и соотношение курса с другими геологическими дисциплинами. Основные понятия и определения в области Земного магнетизма, магнетизма горных пород и палеомагнетизма.

#### **Магнитное поле Земли.**

Элементы земного магнетизма. Морфология магнитного поля Земли. Магнитные карты. Дипольное поле, центральный осевой диполь, недипольное поле. Разложение Гаусса и смысл первых членов разложения. Вековая вариация, спектр вековой вариации. Западный дрейф. Общие представления о генерации магнитного поля Земли в рамках гипотезы гидромагнитного динамо. Магнитные поля планет и Солнца. Основные гипотезы палеомагнетизма (центрального осевого диполя, инверсий и сохранения).

#### **Виды намагниченности.**

*Взаимодействие магнитного поля с веществом.* Диамагнетики, парамагнетики.

Ферромагнетики (ферримагнетики, антиферромагнетики). Процесс намагничивания ферромагнетика. Магнитная восприимчивость. Индуктивная и остаточная намагниченность. Эффективное поле и размагничивающий фактор. Петля гистерезиса. Нормальная намагниченность, намагниченность насыщения и коэрцитивная сила. Доменная структура. Спонтанная намагниченность. Идеальная намагниченность.

*Естественная остаточная намагниченность.* Термоостаточная намагниченность и ее свойства. Температура Кюри и блокирующая температура. Ориентационная (детритовая) намагниченность и ее свойства. Посториентационная намагниченность и намагниченность, связанная с биогенным магнетитом. Химическая намагниченность и ее свойства. Вязкая намагниченность и ее свойства. Динамическая намагниченность. Сравнение характеристик стабильности для различных видов намагниченности, как предпосылка для проведения магнитных чисток.

### **Аппаратура для палео- и петромагнитных исследований.**

*Аппаратура для измерения магнитной восприимчивости и естественной остаточной намагниченности.* Каппометры. Астатический магнитометр, принцип работы, достоинства и недостатки. Спин-магнитометр (рок-генератор), достоинства и недостатки. Общий принцип работы криогенного магнитометра.

*Аппаратура для проведения магнитных чисток и изучения магнитной минералогии.* Способы уменьшения лабораторного магнитного поля. Установка размагничивания переменным полем, принцип работы. Палеомагнитные печи, особенности устройства. Терморок-генератор, принцип действия.

### **Магнитная минералогия**

Основные группы магнитных минералов в горных породах и способы их магнитной диагностики.

*Серия магнетит-ульвошпинель.* Общая характеристика минералов серии, Ульвошпинель. Магнитные свойства и диагностика магнетита. Титаномагнетиты, магнитные свойства и диагностика. Окисленные титаномагнетиты, магнитные свойства и диагностика.

*Серия гематит-ильменит* Общая характеристика минералов серии. Ильменит. Магнитные свойства и диагностика гематита. Гемоильмениты, магнитные свойства и диагностика. Эффект самообращения.

*Маггемитовая серия.* Магнитные свойства и диагностика маггемита.

*Гидроокислы железа.* Магнитные свойства и диагностика гидроокислов железа. Магнитные превращения и наследование магнитных свойств.

*Сульфиды железа.* Пирротин, магнитные свойства и диагностика. Пирротин как

геотермометр. Грейгит, магнитные свойства и диагностика.

*Другие минералы.* Пирит. Сидерит.

### **Методы петромагнитных исследований**

*Магнитные характеристики горных пород.* Концентрационно - чувствительные магнитные характеристики, структурно-чувствительные магнитные характеристики. Геологическое истолкования магнитных характеристик горных пород.

*Магнитная гранулометрия.* Методы оценки размеров магнитных зерен. Диаграммы оценки размера магнитных зерен. График Дея. Характеристика смешанных ансамблей магнитных зерен минералов серии магнетит-титаномагнетит.

### **Методы исследования в палеомагнетизме**

Отбор образцов при палеомагнитных исследованиях. Выбор объектов и стратегия отбора. Системы координат в палеомагнетизме.

*Магнитные чистки.* Временная чистка и метод компенсации. Чистка переменным магнитным полем. Температурная чистка. Химическая чистка. Низкотемпературная чистка. Комбинированные чистки.

### **Обработка результатов измерений и основы интерпретации.**

Графический анализ ступенчатого размагничивания, стереограмма и график интенсивности. Диаграмма Зийдервельда и анализ компонент намагниченности. Определения направлений отдельных компонентов намагниченности. Неполное разделение компонентов намагниченности при перекрытии коэрцитивных спектров или спектров блокирующих температур. Круги перемагничивания и их анализ. Метод Хоффмана-Дея. Статистический анализ направлений намагниченности.

### **Полевые палеомагнитные тесты.**

Тест обращения. Тест складки. Синскладчатая намагниченность. Тест галек. Тест отжига. Тест длинных частиц. Тест Шолпо-Лузяниной. Проблемы палеомагнитной надежности и способы ее оценки.

**Магнитостратиграфия** (магнитополярная стратиграфия, палеомагнитная стратиграфия).

Смены полярности геомагнитного поля - основа магнитостратиграфии.

*Типы шкал геомагнитной полярности и принципы их построения.* Магнитохронологическая шкала и ее калибровка. Магнитостратиграфическая шкала. Шкала по океаническим донным колонкам. Гипотеза Вайна-Метьюза и шкала по линейным магнитным аномалиям.

*Номенклатура шкал магнитной полярности.* Эпохи и эпизоды. Хроны, суперхроны, субхроны и криптохроны. Элементы тонкой структуры геомагнитного поля.

Палеогеографические вариации и экскурсы, инверсионные переходы. Структура хрона Брюнес.

*Структура общей шкалы магнитной полярности.* Кайнозой. Мезозой. Палеозой. Интервалы преимущественной полярности и их возможная природа.

*Области применения магнитостратиграфии.* «Абсолютное датирование». Магнитостратиграфические корреляции. Асинхронность биостратиграфических границ. Анализ обстановок осадконакопления.

#### **Палеомагнетизм и тектоника.**

Палеомагнетизм как основа исследования движений литосферных блоков и деформаций в складчатых поясах. Кажущиеся перемещения палеомагнитных полюсов. Палеомагнитные полюсы и кинематика плит. Долготная неопределенность. Реконструкции взаимного положения плит.

#### **Методы петромагнетизма при решении задач изменения окружающей среды и климата.**

##### *Исследования палеоклиматических изменений*

Климатически обусловленные изменения магнитных характеристик донных осадков океанов и озер. Возможности восстановления солености бассейна. Климатически обусловленные изменения магнитных характеристик в субаэральных отложениях. «Китайская» и «Аляскинская» модели. Наложение двух моделей в Сибири.

##### *Изучения загрязнения окружающей среды.*

Магнитные характеристики почвенного покрова, как индикаторы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Загрязнения от промышленных источников. Загрязнение от автотранспорта. Загрязнение от объектов горнорудной промышленности.

#### **Рекомендуемые образовательные технологии**

Основной метод проведения занятий – презентации; иллюстративный материал в pdf-версии предоставляется студентам. На лекциях практикуется самостоятельная работа студентов на персональных компьютерах и групповое обсуждение практических работ. По итогам обучения проводится зачет.

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

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

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

1. Какие различия между экскурсом и эпизодом?
2. Чем отличается магнитный экватор от геомагнитного?
3. Чем обусловлено различие в магнитных свойствах океанических осадков в ледниковые и межледниковые периоды?
4. Нанесите на стереограмме точки с координатами  $D=225, I=-45$  и  $D=315, I=45$ .
5. Каким видом магнетизма обладает кварц?
6. Каков смысл первых трех членов разложения Гаусса?
7. Принципы построения основных интерпретационных диаграмм в палеомагнетизме.
8. Самостоятельная интерпретация результатов размагничивания палеомагнитных образцов и тестовых коллекций с помощью специализированных программных продуктов.
9. Статистическая обработка данных, полученных в ходе интерпретации результатов размагничивания, расчет палеомагнитных параметров и их тектоническая интерпретация.

***Домашние задания:***

1. Произвести расчленение и корреляцию разрезов на основе остатков макро- и микрофауны
2. Определить относительный возраст намагниченности пород
3. Сопоставить разрезы на основе палеомагнитных и петромагнитных данных
4. Расчленить и скоррелировать разрезы на основе данных по стабильным изотопам

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

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

1. Системы координат в палеомагнетизме.
2. Методы оценки размеров магнитных зерен.
3. Климатически обусловленные изменения магнитных характеристик донных осадков океанов и озер.
4. Тест складки.
5. Графический анализ ступенчатого размагничивания, стереограмма и график интенсивности.
6. Термоостаточная намагниченность и ее свойства.
7. Диамагнетизм (общая характеристика явления).

8. Астатический магнитометр, принцип работы, достоинства и недостатки.
9. Магнитные свойства и диагностика гидроокислов железа
10. Кажущиеся перемещения палеомагнитных полюсов.

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

Для получения зачета по дисциплине «Палеомагнитные методы исследования в региональной геологии» студент должен иметь фрагментарные **знания** о физических основах палеомагнетизма, морфологии геомагнитного поля, магнитных принципах магнито-стратиграфии, магнитотектоники и магнетизме окружающей среды; должен иметь отдельные **умения** при проведении отбора ориентированных образцов для палеомагнитных исследований, интерпретации ортогональных диаграмм и стереограмм; фрагментарное **владение** программными продуктами для обработки палеомагнитных данных и принципами их стратиграфической и тектонической интерпретации.

### **8. Ресурсное обеспечение:**

#### **А) Перечень основной и дополнительной литературы.**

##### **- основная литература:**

1. Метелкин Д.В., Казанский А.Ю. Основы магнитотектоники. Учебное пособие. Новосибирск: НГУ, 2014.
2. Шипунов С.В. Элементы палеомагнитологии. М.: ГИН РАН, 1994.
3. Печерский Д.М., Диденко А.Н. Палеоазиатский океан. М.: ОИФЗ РАН, 1995

##### **- дополнительная литература**

1. Палеомагнитология. Под-ред .А.Н.Храмова, Л.: Недра, 1982.
2. Паркинсон У. Введение в геомагнетизм. М.Мир.1986.
3. Печерский Д.М. Петромагнетизм и палеомагнетизм. Справочное пособие для специалистов из смежных областей науки. М.: Наука, 1985
4. Яновский Б.М. Земной Магнетизм. Л.: Изд-во ЛГУ. 1978.
5. . Butler R. Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes. Blackwell Scientific Publications, 1992 (доступно на <http://lewis.up.edu/chp/butler/books/main.htm>).
6. Moskowitz B. Hitchhiker's Guide to Magnetism, 1991 (доступно на [http://www.geo.edu.ro/~paleomag/Teaching\\_materials.htm](http://www.geo.edu.ro/~paleomag/Teaching_materials.htm))
7. Tauxe L. Paleomagnetic principles and practice, 1998 (доступно на [http://www.geo.edu.ro/~paleomag/Teaching\\_materials.htm](http://www.geo.edu.ro/~paleomag/Teaching_materials.htm)).

#### **Б) Перечень лицензионного программного обеспечения пакеты программ**

1. *Microsoft Office.*
2. *Kirsch.*
3. *Pmstat*
4. *Remafsoft 3.0*
5. *GMAP 2005 или более новый*

#### **В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем** <http://paleomag.ifz.ru/books.html>

<http://earthref.org/MAGIC/books/Tauxe/Essentials>

<http://www.iggl.no/resources.html>

**Д) Материально-технического обеспечение:**

- 1) компьютер
- 2) экран
- 3) белая аудиторная доска для работы с фломастером или мультимедийная доска
- 4) набор фломастеров для доски и средство для удаления рисунков

**9. Язык преподавания – русский.**

**10. Преподаватели – А.Ю.Казанский, А.В.Латышев**

**11. Авторы программы – А.Ю.Казанский, А.В.Латышев**