

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

УТВЕРЖДАЮ

И. о. декана

Геологического факультета

Член-корреспондент РАН Н. Н. Еремин

" ____ " _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Палеомагнитные методы исследования в региональной геологии

Авторы-составители: А.Ю.Казанский, А.В.Латышев

Уровень высшего образования:

Магистратура (ИМ)

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 бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*)

Год (годы) приема на обучение – 2022

© 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, дисциплина по выбору, 2 курс магистратуры, 3 семестр.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

предшествуют общегеологические дисциплины «Общая геология», «Историческая геология», «Палеонтология», «Современная стратиграфия».

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

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

ОПК-3 Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки

ПК-3 Способность использовать специализированные профессиональные теоретические знания и практические навыки для проведения прикладных исследований

СПК-1. Способность использовать специализированные знания в области геологии, геоморфологии, геотектоники, тектонофизики, палеомагнитологии и геодинамики для решения научных задач, построения палеогеографических и тектонических реконструкций, составления карт современных неотектонических движений

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 2 з.е., в том числе 52 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (13 часов – занятия лекционного типа, 13 часов – занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 14 часов – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 26 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		3	4	

3.	Аппаратура для палео- и петромагнитных исследований.	1		4	5	
4.	Магнитная минералогия.	2		4	6	
5.	Методы петромагнитных исследований	1		4	5	
6.	Методы исследования в палеомагнетизме	1		4	5	
7.	Обработка результатов измерений и основы интерпретации.	1		4	5	
8.	Полевые палеомагнитные тесты.	2		4	6	
9.	Магнитостратиграфия.	1		4	5	
10.	Палеомагнетизм и тектоника	1		4	5	5 Практических работ, 24 часа
11.	Методы петромагнетизма при решении задач изменения окружающей среды и климата.	1		4	5	Групповая консультация перед зачетом 2 часа
12.	Промежуточная аттестация <i>зачет</i>					4
	Итого	13		39	52	30

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. Палеовековые 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.

Содержание практических занятий.

1. Принципы построения основных интерпретационных диаграмм в палеомагнетизме.
2. Получение практического опыта в работе со специализированными программными продуктами для обработки палеомагнитных данных.
3. Самостоятельная интерпретация результатов размагничивания палеомагнитных

образцов и тестовых коллекций с помощью специализированных программных продуктов..

4. Статистическая обработка данных, полученных в ходе интерпретации результатов размагничивания, расчет палеомагнитных параметров и их тектоническая интерпретация.

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?

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.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания о физических основах палеомагнетизма, морфологии геомагнитного поля, магнитных принципах магнитостратиграфии, магнитотектоники и магнетизме окружающей среды	Общие, но не структурированные знания о физических основах палеомагнетизма, морфологии геомагнитного поля, магнитных принципах магнитостратиграфии, магнитотектоники и магнетизме окружающей среды	Систематические знания о физических основах палеомагнетизма, морфологии геомагнитного поля, магнитных принципах магнитостратиграфии, магнитотектоники и магнетизме окружающей среды
Умения	Умения отсутствуют	Отдельные умения при проведении отбора ориентированных образцов для палеомагнитных исследований,	Отдельные умения при проведении отбора ориентированных образцов для палеомагнитных исследований, интерпретации	Отдельные умения при проведении отбора ориентированных образцов для палеомагнитных исследований,

		интерпретации ортогональных диаграмм и стереограмм.	ортогональных диаграмм и стереограмм.	интерпретации ортогональных диаграмм и стереограмм
Владения (навыки, опыт)	Навыки (владения, опыт) отсутствуют	Фрагментарное владение программными продуктами для обработки палеомагнитных данных и принципами их стратиграфической и тектонической интерпретации	Фрагментарное владение программными продуктами для обработки палеомагнитных данных и принципами их стратиграфической и тектонической интерпретации	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. Палеомагнитология. Под-ред .А.Н.Храмова, Л.: Недра, 1982.
3. Паркинсон У. Введение в геомагнетизм. М.Мир.1986.
4. Яновский Б.М. Земной Магнетизм. Л.: Изд-воЛГУ. 1978.
5. Шипунов С.В. Элементы палеомагнитологии. М.: ГИН РАН, 1994.
6. Печерский Д.М., Диденко А.Н. Палеоазиатский океан. М.:ОИФЗ РАН, 1995
7. Печерский Д.М. Петромагнетизм и палеомагнетизм. Справочное пособие для специалистов из смежных областей науки. М.: Наука, 1985

- дополнительная литература

1. Butler R. Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes. Blackwell Scientific Publications, 1992 (доступно на <http://lewis.up.edu/chp/butler/books/main.htm>).
2. Moskowitz B. Hitchhiker's Guide to Magnetism, 1991 (доступно на http://www.geo.edu.ro/~paleomag/Teaching_materials.htm)
3. Tauxe L. Paleomagnetic principles and practice, 1998 (доступно на 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/Tauхе/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