

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

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана Геологического факультета

чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Ерёмин/

«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы палеомагнитологии

Автор-составитель: Лубнина Н.В.

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки:

05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Геология и полезные ископаемые

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

Целью курса «**Основы палеомагнитологии**» является теоретическое изучение основных разделов метода и понимание возможностей и ограничений применения метода Анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) при решении геодинамических задач.

Задачи - освоение методов и приобретение навыков термомагнитного анализа и реконструкции обстановок образования магнитной текстуры каждой магнитной фракции на основании изучения Анизотропии магнитной восприимчивости (AMS).

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе дисциплины «**Основы палеомагнитологии**» изучаются элементы современного магнитного поля Земли, основные принципы определения магнитной фракции в горных породах, а также техника применения метода Анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) при решении глобальных, региональных и локальных геодинамических задач.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП – относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по дисциплинам «Общая геология», «Физика», «Общая геохимия», «Геохимия элементов», «Высшая математика», «Кристаллография».

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-3.Б Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично).	Б.ОПК-3. И-1. Использует типовые подходы и методы при решении задач профессиональной деятельности	Знать: основные параметры и структуру магнитного поля Земли; основные магнитные минералы-носители намагниченности; возможности и ограничения применения метода изучения Анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) при решении глобальных, региональных и локальных геологических задач. Уметь: грамотно разделять магнитную фракцию на компоненты, определять ее доменное состояние. Для каждой магнитной фракции определять способы образования магнитной текстуры на основании изучения анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) и реконструировать в региональном или локальном масштабе геодинамическую обстановку образования исследуемых комплексов.
СПК-1.Б Способен решать научные и практические задачи на основе углубленных	Б.СПК-1. И-1. Использует и применяет знания и навыки в области	Владеть: приемами первичной обработки лабораторного материала и методами термомагнитного анализа. Владеть методами расчета основных параметров

<p>знаний в области региональной геологии, геотектоники и геодинамики, литологии и морской геологии, палеонтологии, геологии полезных ископаемых (формируется частично).</p>	<p>геологии, геотектоники, геоморфологии, тектонофизики, палеомагнитологии, неотектоники, физики Земли, геодинамики при решении научных и практических задач</p>	<p>Анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) и построения региональных и локальных геодинамических реконструкций.</p>
--	--	---

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 1 з.е., в том числе 13 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (13 часов лекции), 23 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации –зачет.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических 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) <i>Виды контактной работы, часы</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графические работы	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Раздел 1. Введение. Палеомагнетизм и палеомагнитология.	2	2			2					
Раздел 2. Магнитные свойства и строение вещества. Магнитные минералы	8	4			4	2			2	4
Раздел 3. Анизотропия магнитной восприимчивости	16	7			7	6			3	9
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	10					10				
Итого	36	13				23				

Содержание лекций

Раздел 1. Введение. Палеомагнетизм и палеомагнитология.

Элементы магнитного поля Земли. Палеомагнитология, палеомагнетизм и петромагнетизм. Прямая и обратная задачи палеомагнитологии. Области применения палеомагнитных исследований. История изучения Земного магнетизма. История возникновения теории земного магнетизма. Трактат Гильберта «О магните» («О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле»), 1600 г. Три гипотезы палеомагнетизма: гипотеза фиксации, гипотеза сохранения и гипотеза центрального осевого диполя. Основные магнитные величины и единицы их измерения. Приборы для измерения магнитного поля Земли.

Раздел 2. Магнитные свойства и строение вещества. Магнитные минералы.

Магнитное поле в веществе. Основные характеристики. Диамагнетизм и парамагнетизм. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. Магнитное и магнитоупругое взаимодействие. Структура самопроизвольной намагниченности в ферро- и антиферромагнетиках.

Магнитные минералы. Окислы железа. Магнетит – гематит и тройная система $TiO_2 - Fe_3O_4 - Fe_2O_3$ – титаномагнетитовый и гематитовый ряды твердых растворов. Сульфиды, карбонаты и гидроокислы железа. Первичные и вторичные соединения. Процессы намагничивания ферромагнетиков, доменная структура. Химические превращения, приводящие к появлению магнитных минералов. Однодоменные, суперпарамагнитные и многодоменные частицы.

Раздел 3. Анизотропия магнитной восприимчивости (AMS).

Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Единицы измерения. Магнитная восприимчивость диа-, пара- и ферромагнетиков. Зависимость магнитной восприимчивости от температуры.

Анизотропия магнитной восприимчивости (AMS). Методика измерений и основные параметры. Анизотропия остаточной намагниченности (насыщения, идеальной и т.п.). Природа магнитной анизотропии: кристаллографическая, упругих напряжений и формы. Взаимоотношения минералогической и магнитной структур пород.

Анизотропия формы. Главные оси эллипсоида магнитной восприимчивости. Основные формы эллипсоидов AMS. Основные параметры AMS: степень сплющивания F и удлинения L , параметр формы T , общая степень анизотропии P_j . Диаграммы Флинна.

Анизотропия магнитной восприимчивости осадочных, магматических и метаморфических пород. Характерные типы анизотропии.

Реконструкции стрессовых деформаций и напряжений в образцах горных пород по AMS.

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.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетных работ, при контрольных опросах.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля:

1. Перечислить основные классы магнитных минералов.

2. Привести примеры минералов: ферромагнетиков, антиферромагнетиков, ферримагнетиков и слабых ферримагнетиков;
3. Что такое температура (точка) Кюри?
4. Магнитные свойства ферромагнетиков выше точки Кюри.
5. Как определить диамагнитную составляющую магнитной восприимчивости?
6. Как определить парамагнитную составляющую магнитной восприимчивости?
7. Процессы намагничивания ферромагнетиков. Основные параметры петли гистерезиса.
8. Распределение главных осей эллипсоида магнитной восприимчивости в осадках, образовавшихся у подножья континентального склона;
9. Привести примеры магнитной текстуры в разных частях лавового потока;
10. Реконструкция направления вторичных процессов по данным AMS.

Расчетные домашние задания:

Раздел 2. Магнитные свойства и строение вещества. Магнитные минералы.

Определение минералов-носителей намагниченности для конкретных геологических объектов на основании лабораторных измерений температурной зависимости магнитной восприимчивости от температуры (термокаппометрирование).

Раздел 3. Анизотропия магнитной восприимчивости (AMS).

Определение основных параметров и реконструкция главных осей эллипсоидов магнитной восприимчивости (а) для осадочных пород; (б) для магматических пород и (в) метаморфических пород в программе Anisoft 4.2. (AGICO, Чехия). Для каждого типа пород – выводы об остановке образования и наличии/отсутствии вторичных преобразований; определение направлений процессов (течения магмы, источников сноса, миграции гидротермальных флюидов и др.).

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (зачет е):

1. Элементы магнитного поля Земли. Единицы измерения элементов магнитного поля.
2. Области применения изучения Анизотропии магнитной восприимчивости (AMS).
3. Магнитные минералы в горных породах.
4. Главные минералы, вносящие вклад в AMS. Взаимоотношение минералогической и магнитной структуры.
5. Основные параметры AMS. Степень сплющивания, степень удлинения, параметр формы.
6. Титаномагнетитовый и гематитовый ряды твердых растворов.
7. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость вещества.
8. Ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм
9. Химические превращения, приводящие к появлению новых магнитных минералов.
10. Характерные типы анизотропии магнитной восприимчивости осадочных пород: (1) спокойная обстановка осадконакопления; (2) области умеренного сноса; (3) дельтовые отложения.
11. Типы анизотропии при отложении пеплового материала на шельфе. Привести не менее 3 различных примеров.
12. Зависимость параметра формы (Т) от общей анизотропии (Pj) для магматических горных пород: (1) – для пород со структурами течения; (2) – для пород со структурами сжатия; (3) – для пород с новообразованным межзерновым магнетитом.

13. Магнитная текстура в горных породах, содержащей игольчатые зерна однодоменного (SD) и многодоменного (MD магнетита).
14. Магнитная текстура дайкового тела. Особенности AMS в мощных и маломощных дайковых телах.
15. Анизотропия магнитной восприимчивости в метаморфических породах. Трехосный эллипсоид.
16. Оценка степени удлинения (AMS) в деформированных горных породах.
17. Плюмовый магматизм: реконструкция плюмового центра по данным AMS.
18. Анизотропия магнитной восприимчивости в соляных диапирах.
19. Магнитная текстура в расслоенных интрузиях. Основные типы. Ориентировка главных осей эллипсоида AMS.
20. Реконструкция вращений в вертикальной плоскости в складчато-надвиговых поясах на основании изучения AMS.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (зачет).

Оценка результатов обучения, <i>соответствующие виды оценочных средств</i>	Незачет	Зачет
Знания (<i>устный опрос</i>) основных параметров и структуры магнитного поля Земли, основных магнитных минералов-носителей намагниченности, возможностей и ограничений применения метода изучения Анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) при решении глобальных, региональных и локальных геологических задач	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (<i>устный опрос</i>) грамотно разделять магнитную фракцию на компоненты, определять ее доменное состояние. Для каждой магнитной фракции определять способы образования магнитной текстуры на основании изучения анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) и реконструировать в региональном или локальном масштабе геодинамическую обстановку образования исследуемых комплексов	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)
Владения (<i>устный опрос</i>)	Наличие отдельных навыков	Сформированные навыки

приемами первичной обработки лабораторного материала и методами термомагнитного анализа. Владеть методами расчета основных параметров Анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) и построения региональных и локальных геодинамических реконструкций	или отсутствие навыков	(владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме
---	------------------------	---

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Палеомагнитология. А.Н. Храмов, Г.И. Гончаров, Р.А. Комиссарова и др. Л.: недра, 1982. 312 с. (печатные издания доступны в Научной библиотеке МГУ имени М.В. Ломоносова, электронные – в кафедральном фонде).
2. Butler, R. Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geological Terranes. Electronic Edition, 1998. 237 p. (электронные издания доступны в кафедральном фонде)
3. Дорфман Я.Г. Магнитные свойства и строение вещества. М.: Изд-во ЛКИ, 2010. 376 с. (печатные издания доступны в Научной библиотеке МГУ имени М.В. Ломоносова)
4. Evans, M.L., Heller, F. Environmental Magnetism. Principal and Applications of Environmagnetics. Elsevier Science, 2003. 295 p. (электронные издания доступны в кафедральном фонде)
5. Lanza, R., Meloni, A. The Earth magnetism. An introduction for geologist. Springer, 2006. 280 p. (электронные издания доступны в кафедральном фонде)

Б) Перечень программного обеспечения:

- лицензионное

Cureval 8 и Anisoft 4.2. (AGICO, www.agico.com)

- нелицензионные и свободного доступа

пакет программ Open Office

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com
- сайты издательств Springer – <http://www.springer.com>
- Wiley onlinelibrary.wiley.com
- Всероссийская научная электронная библиотека e-library <http://elibrary.ru/>

Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- поисковая система научной информации www.scopus.com
- электронная база научных публикаций www.webofscience.com
- Geodynamics: software and databases (<http://www.geodynamics.no/Web/Content/Software/>)
- [Software for Palaeomagnetic Directional Analysis and Statistics](http://www.geodynamics.no/Web/Content/Software/)
- Программа [GMAP software \(http://www.geodynamics.no/GMAP/\)](http://www.geodynamics.no/GMAP/)
- [On-Line Data and Software Tools in Paleomagnetism and Plate Tectonics \(Milan, Italy\)](http://www.geodynamics.no/On-Line-Data-and-Software-Tools-in-Paleomagnetism-and-Plate-Tectonics-Milan-Italy/)
- Энциклопедия Британника: <http://global.britannica.com/science/plate-tectonics>

Д) Материально-технического обеспечение:

Учебная аудитория с мультимедийным проектором
Компьютерный класс.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Лубнина Н.В. (сотрудник каф. динамической геологии)

11. Разработчики программы: профессор Лубнина Н.В.