



## 1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ

Курс предназначен для аспирантов, геофизической специальности. В разделах, посвященных магнетизму горных пород рассматриваются вопросы: физические основы магнетизма горных пород, основные ферромагнитные минералы, аппаратура для измерения магнитно-минералогических характеристик горных пород, диагностика ферромагнитных минералов, использование магнетизма горных пород для решения различных геологических задач. В разделах по палеомагнетизму приводятся сведения о генерации магнитного поля Земли, происхождение вариаций земного поля, компонентный состав естественной остаточной намагниченности горных пород, методика выделения компонент естественной остаточной намагниченности, применение методов палеомагнетизма для решения различных геологических задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Эволюция магнитного поля Земли, палеомагнетизм и магнетизм горных пород» читается на 2-м году обучения аспирантов. Логически и содержательно данная дисциплина взаимосвязана с дисциплинами ООП бакалавриата и магистратуры по направлениям подготовки Геология, География, Биология и др. При освоении данной дисциплины необходимы знания, приобретенные обучающимся в результате освоения дисциплин «Общая геология», «Магнетизм и палеомагнетизм горных пород», «Историческая геология».

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины должны:

- Обладать теоретическими знаниями о физических основах магнетизма горных пород и палеомагнетизма;
- Ориентироваться в методах геомагнетизма и палеомагнетизма с целью корректного их использования;
- Приобрести навыки интерпретации результатов данных методов.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
УК-1	способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2	способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки
ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

ПК-1	Способность формулировать проблемы, задачи и методы научного исследования; получать новые достоверные факты на основе наблюдений, опытов, научного анализа эмпирических данных
ПК-3	Готовность осуществлять организацию и управление научно-исследовательскими и научно-производственными геолого-геофизическими работами с использованием углубленных знаний в области геофизики

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины (в часах) по видам нагрузки обучающегося и по разделам дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: зачет в семестре.

	Раздел дисциплины	Семестр	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1.	Физические основы магнетизма горных пород.	4	4		4	12
2.	Аппаратура магнитно-минералогического анализа, измерение естественной остаточной намагниченности и магнитной восприимчивости.	4	2		2	12
3.	Использование методов магнетизма горных пород для решения стратиграфических, тектонических и петрологических задач.	4	2		2	16
4.	Основные гипотезы генерации магнитного поля Земли.	4	4		4	16
5.	Естественная остаточная намагниченность (ЕОН) горных пород.	4	4		4	10
6.	Методика отбора образцов для палеомагнитного анализа.	4	1		1	3
7.	Использование методов палеомагнетизма для решения стратиграфических и тектонических задач.	4	1		1	3
	Итого часов:		18		18	72

##### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Физические основы магнетизма горных пород.** Физические основы магнетизма горных пород. Диамагнетики, парамагнетики, ферро- и ферримагнетики. Зависимости магнитной восприимчивости диа-, пара- и ферромагнетиков от напряженности магнитного поля и температуры. Виды энергий (кристаллографическая, магнитостатическая, магнитная и др.). Доменная структура ферримагнетиков, критерии определения доменного состояния. Критический размер однодоменности. Релаксационные процессы, суперпарамагнетизм. Виды остаточной намагниченности (термонамагниченность, химическая и ориентационная). Основные ферримагнитные минералы горных пород: титаномагнетиты, гематиты, гомеопилониты,

пирротин. Температуры Кюри (Тс) твердых растворов, их зависимость от состава. Ферромагнитные минералы осадочных пород. Аппаратура магнитно-минералогического анализа: измерение магнитной восприимчивости, измерение естественной остаточной намагниченности, измерение зависимости индуктивной и остаточной намагниченности от приложенного магнитного поля и температуры. Физические основы магнетизма горных пород

**Тема 2. Аппаратура магнитно-минералогического анализа, измерение естественной остаточной намагниченности и магнитной восприимчивости.** Основные ферри магнитные минералы горных пород: титаномагнетиты, гематиты, пирротин. Температуры Кюри (Тс) твердых растворов, их зависимость от состава. Ферромагнитные минералы осадочных пород. Аппаратура магнитно-минералогического анализа: измерение магнитной восприимчивости, измерение естественной остаточной намагниченности, измерение зависимости индуктивной и остаточной намагниченности от приложенного магнитного поля и температуры. Физические основы магнетизма горных пород Диагностика ферромагнитных минералов горных пород магнитно-минералогическими методами. Использование методов магнетизма горных пород для решения стратиграфических, тектонических и петрологических задач. Аппаратура магнитно-минералогического анализа и диагностика ферромагнитной фракции горных пород

**Тема 3. Использование методов магнетизма горных пород для решения стратиграфических, тектонических и петрологических задач.** Основные ферри магнитные минералы горных пород коллоиды, примерные вопросы: Диагностика ферромагнитных минералов горных пород магнитно-минералогическими методами. Использование методов магнетизма горных пород для решения стратиграфических, тектонических и петрологических задач. Контрольная работа №2 (тема 2) Аппаратура магнитно-минералогического анализа и диагностика ферромагнитной фракции горных пород

**Тема 4. Основные гипотезы генерации магнитного поля Земли.** Основные гипотезы генерации магнитного поля Земли различные модели гидромагнитного динамо. Происхождение вековых вариаций геомагнитного поля. Инверсия и тонкая структура геомагнитного поля. Основные постулаты палеомагнетизма.

**Тема 5. Естественная остаточная намагниченность (ЕОН) горных пород.** Естественная остаточная намагниченность (ЕОН) горных пород, ее виды. Стабильность ЕОН. Компоненты ЕОН (древняя, метахронная, вязкая и т.п.). Выделение компонент ЕОН, различные виды магнитных чисток.

**Тема 6. Методика отбора образцов для палеомагнитного анализа.** Методика отбора образцов для палеомагнитного анализа. Аппаратура для проведения палеомагнитного анализа.

**Тема 7. Использование методов палеомагнетизма для решения стратиграфических и тектонических задач.** Генерация геомагнитного поля и палеомагнетизм

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проводятся лекции и практические занятия. Большая часть материала изучается самостоятельно.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Вопросы на контрольные работы:

Контрольная работа №1

1. Закон Кюри для парамагнетиков.
2. Ферромагнетики: определения; температурная зависимость спонтанной намагниченности.
3. Ферримагнетики: определение, типы температурных зависимостей спонтанных намагниченностей для ферримагнетиков.
4. Природа кристаллографической анизотропии, плотность энергии кристаллографической анизотропии для ферромагнитных кристаллов с кубической и гексагональной сингоний.
5. Магнитоэлектрическая энергия ферромагнетиков.
6. Зависимость намагниченности от формы тела.
7. Однодоменное состояние ферримагнитных зерен, критический размер однодоменности при 0°K.
8. Псевдо- и многодоменное состояние ферромагнитных зерен.
9. Релаксация спонтанной намагниченности, время релаксации, факторы определяющие время релаксации однодоменной частицы.
10. Блокирующая температура, явление суперпарамагнетизма.
11. Процесс намагничивания однодоменной частицы.
12. Процесс намагничивания многодоменной частицы.
13. Кривая технического намагничивания ферромагнетика, основные параметры технического намагничивания.
14. Термоостаточная остаточная намагниченность горных пород, процесс ее образования.
15. Химическая остаточная намагниченность горных пород, процесс ее образования.
16. Ориентационная остаточная намагниченность горных пород, процесс ее образования.
17. Титаномагнетиты: зависимости намагниченности насыщения, коэрцитивных свойств и точки Кюри от состава титаномагнетитов.
18. Гемоильмениты: зависимости намагниченности насыщения, коэрцитивных свойств и точки Кюри от состава гемоильменитов.
19. Ряд ферромагнитных минералов магнетит – маггемит.
20. Пирротин: состав, структура и магнитные свойства

### **Контрольная работа №2**

1. Индуктивный способ измерения магнитной восприимчивости образцов горных пород.
2. Способы измерения остаточной намагниченности образцов горных пород.
3. Измерение коэрцитивных свойств остаточной и индуктивной намагниченностей образцов горных пород.
4. Измерение температурной зависимости индуктивной намагниченности образцов горных пород.
5. Измерение температурной зависимости остаточной намагниченности образцов горных пород.
6. Принципы диагностики ферромагнитных минералов в образцах горных пород.
7. Диагностика доменного состояния ферромагнитных зерен образцов горных пород.
8. Определение состава ферромагнитной фракции образцов горных пород.
9. Различие диагностических признаков (по магнитным свойствам) магнетита и гематита.

### **Контрольная работа №3**

1. Диагностика типа естественной остаточной намагниченности горных пород (термоостаточная, химическая и ориентационная). Фактор Кенисбергера.
2. Сравнительный анализ стабильности различных типов естественной остаточной намагниченности.
3. Основные ферримагнитные минералы осадочных пород.
4. Диаграммы Гаррелса, использование диаграмм Гаррелса для оценки условий образования ферримагнитных минералов осадочных пород.

5. Основные ферромагнитные минералы изверженных пород.
6. Сравнительный анализ магнитных свойств горных пород содержащих одно- и многодоменных зерен магнетита.
7. Геобаротермометр Баддингтона-Линдсли, оценка условий образования изверженных пород.
8. Компоненты естественной остаточной намагниченности.
9. Исследования стабильности составляющих естественной остаточной намагниченности.
10. Физические основы временной чистки палеомагнитных образцов.
11. Физические основы термочистки палеомагнитных образцов.
12. Физические основы чистки убывающим переменным магнитным полем палеомагнитных образцов.
13. Нулевое и абсолютно-нулевое магнитное состояние ферромагнитной фракции горных пород.
14. Метод складок и метод галек, применение этих методов.

#### **Контрольная работа №4**

1. Основные гипотезы генерации геомагнитного поля.
2. Гипотеза геодинамо.
3. Тонкая структура геомагнитного поля
4. Основы построения палеомагнитной шкалы и ее применение при стратиграфическом расчленении разреза
5. Инверсии геомагнитного поля, доказательства существования инверсий геомагнитного поля.
6. Использование палеомагнитных данных в глобальной тектонике (траектория движения плит).
7. Методика петромагнитных исследований.
8. Расчленение разреза трапповых образований по петромагнитным данным.

### **7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

#### **Вопросы к зачету**

1. Диамагнетизм, магнитные свойства диамагнетиков.
2. Парамагнетики, уравнение Ланжевена, магнитные свойства парамагнетиков.
3. Ферро- и ферромагнетики, молекулярная теория Вейсса, зависимость спонтанной намагниченности от температуры для ферромагнетитков.
4. Виды энергий в ферромагнетиках (кристаллографическая, магнитостатическая, магнитная и др.).
5. Доменная структура ферромагнетиков, одно-, псевдоодно- и многодоменное состояния. Критический размер однодоменности.
6. Критерии определения доменного состояния ферромагнетиков.
7. Релаксационные процессы: время релаксации, факторы определяющие время релаксации однодоменной частицы.
8. Коэрцитивный спектр однодоменной частицы, ее коэрцитивная сила.
9. Термомагнитные зависимости намагниченности насыщения и остаточной намагниченности насыщения магнетита.
10. Термонамагниченность, химическая и ориентационная намагниченности.
11. Магнетит, его свойства и диагностические признаки.
12. Гематит, его свойства и диагностические признаки.
13. Титаномагнетиты, их свойства.
14. Гемоильмениты, их свойства.

15. Основные ферримагнитные минералы осадочных пород.
  16. Основные ферримагнитные минералы изверженных пород.
  17. Принципы построения аппаратуры для магнитно-минералогических исследований.
  18. Термо-рок-генератор.
  19. Аппаратура для измерения магнитной восприимчивости горных пород.
  20. Аппаратура для измерения коэрцитивных свойств образца.
  21. Корреляция терригенных отложений по магнитной восприимчивости пород.
  22. Изучение процессов изменения горных пород по магнитным характеристикам состава ферримагнитных минералов.
  23. Оценка температуры кристаллизации ферримагнитных минералов пород.
  24. Основные гипотезы генерации магнитного поля Земли.
  25. Понятие о вековых вариациях геомагнитного поля.
  26. Естественная остаточная намагниченность (ЕОН) горных пород.
  27. Компоненты ЕОН (древняя, метахронная, вязкая и т.п.).
  28. Выделение компонент ЕОН, различные виды магнитных чисток.
  29. Методика отбора образцов для палеомагнитного анализа.
  30. Аппаратура для проведения палеомагнитного анализа.
  31. Использование методов палеомагнетизма для решения стратиграфических задач.
- Использование методов палеомагнетизма для решения тектонических задач.

#### Тематический план практических занятий

Номер практического занятия	Содержание практических занятий
1	2
№1 (тема 1)	Критический размер однодоменного состояния для сферических зерен магнетита и гематита. Граничные размеры суперпарамагнетизма для сферических зерен магнетита и гематита в различных установках магнитно-минералогического анализа.
№2 (тема 2)	Диагностика состава ферромагнитной фракции и определение доменного состояния образцов горных пород магнитно-минералогическими методами (магматические и осадочные породы).
№3 (тема 3)	Картирование трапповых образований методом дифференциального термомагнитного анализа.
№4 (тема 5)	Построение диаграммы Зийдервельда по данным термочисток образца осадочной горной породы. Построение кругов перемагничивания и определение компонентного состава естественной остаточной намагниченности по данным термочисток образца осадочной горной породы.
№5 (тема 6)	Определение относительного времени образования складки палеомагнитным методом («тест складки»).

Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

Индекс компетенции	Расшифровка компетенции	Показатель формирования компетенции для данной дисциплины	Оценочное средство
УК-1	способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Знать принципы и навыки анализа представлений о современной научной картине мира на основе знаний основных положений философии, базовых законов естественных наук	Устный опрос, контрольные работы
УК-2	способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки		
ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий		
ПК-1	Способность формулировать проблемы, задачи и методы научного исследования; получать новые достоверные факты на основе наблюдений, опытов, научного анализа	Владеть навыками готовности применять на практике базовые общепрофессиональные знания при решении производственных задач в соответствии с профилем программы аспирантуры	



	эмпирических данных		
ПК-3	Готовность осуществлять организацию и управление научно-исследовательскими и научно-производственными геолого-геофизическими работами с использованием углубленных знаний в области геофизики		

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

повторение учебного материала предшествующей лекции путем просмотра ее записей по конспекту;

- ознакомление с примерным содержанием предстоящей лекции;
- определение вопросов, на которые следует обратить особое внимание в ходе слушания предстоящей лекции;
- определение целевой установки на предстоящую лекцию и создание на ее основе психологической настроенности.

Подготовка к слушанию лекции способствует более результативному и систематическому усвоению ее материала. К тому же Вам следует научиться слушать лекцию с максимальной пользой, уметь воспринимать содержание лекции творчески, с предельно ясным пониманием.

При слушании лекции нужно усвоить:

- научную сущность изучаемого материала;
- научную логику связи теории с жизнью и практикой;
- взаимозависимость данной лекции с другими лекциями и смежными науками;
- глубоко осмыслить сформулированные закономерности и понятия науки, приведенные факты, доказательства, аргументацию выдвигаемых положений.

Важными условиями эффективного усвоения изложенного материала в лекции являются: достижение устойчивого внимания, развитие определенного свойственного Вам вида памяти и умение продуктивно вести записи лекции.

Глубина, прочность запоминания и качество знаний определяется не количеством прочтения материала темы, а ее качественным осмыслением. При подготовке к семинарским занятиям нужно не просто читать, не просто запоминать определения и факты, а стремиться выявить и осмыслить взаимосвязь явлений внутри системы.

При подготовке ответов следует думать не только о том, что Вы должны сообщить, но и о том, как, в какой последовательности Вы будете излагать учебный материал. Хорошо освоив логическую структуру данной темы, не так трудно запомнить и затем, при надобности, извлечь из памяти нужную информацию.

При подготовке к семинарским занятиям следует:

- выяснить тему предстоящего вида семинарского занятия, изучить план, составить ориентировочный план подготовки к занятию;
- повторить и восстановить в памяти содержание записей конспекта, а затем изучить текст соответствующего раздела учебника;

■ ознакомление с рекомендуемой литературой в том порядке, как она указана в плане: вначале основной, затем - дополнительной (при чтении полезно делать рабочие записи по каждому пункту плана, желательно выписывать непонятные слова и вопросы на полях конспекта, с тем, чтобы в последующей работе над темой уточнить их значение);

■ составить развернутый план выступления в соответствии с особенностями каждого вида семинарских занятий;

■ проработать вопросы по изучаемой теме.

Успех Вашей работы на семинарском занятии во многом зависит от того, насколько качественно Вы подготовились к нему и насколько активно и самостоятельно в нем участвовали.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **9.1. Основная литература**

Науки о Земле: Учебное пособие / Г.К. Климов, А.И. Климова. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 390 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-005148-2, 500 экз. URL: <http://znanium.com/bookread.php book=237608>

Концепции современного естествознания: Учебник / В.П. Бондарев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 512 с.: ил.; 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-98281-262-9, 1000 экз. URL: <http://znanium.com/bookread.php book=317298>

Гусейханов, М. К. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] : Учебник / М. К. Гусейханов, О. Р. Раджабов. - 7-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. - 540 с. - ISBN 978-5-394-01774-2. URL: <http://znanium.com/bookread.php book=415287>

Эволюция Вселенной и жизни: Учебное пособие / Е.К. Еськов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 416 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-009419-9, 300 экз. URL: <http://znanium.com/bookread.php book=439750>

### **9.2. Дополнительная литература**

Геофлюидальные давления и их роль при поисках и разведке месторождений нефти и газа: Монография / В.Г. Мартынов, В.Ю. Керимов, Г.Я. Шилов и др. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 347 с.: 60x90 1/16. - (Научная мысль). (п) ISBN 978-5-16-005639-5, 200 экз. URL: <http://znanium.com/bookread.php book=347235>

Бармасов, А. В. Курс общей физики для природопользователей. Механика : учеб. пособие / А. В. Бармасов, В. Е. Холмогоров / Под ред. А. С. Чирцова. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 411 с.: ил. — (Учебная литература для вузов).- ISBN 978-5-94157-729-3. URL: <http://znanium.com/bookread.php book=349931>

Щапова Ю. Л. Естественнонаучные методы в археологии: Учебное пособие. М.:

Издательство Московского университета, 1988. - 152 с. ISBN 5-211-00043-9 URL:

<http://znanium.com/bookread.php book=345770>

### **9.3. Интернет-ресурсы:**


Butler R. Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes. Blackwell Scientific Publications - <http://lewis.up.edu/chp/butler/books/main.htm> Moskowitz B. Hitchhiker's Guide to Magnetism - [http://www.geo.edu.ro/~paleomag/Teaching\\_materials.htm](http://www.geo.edu.ro/~paleomag/Teaching_materials.htm) Tauxe L.

Paleomagnetic principles and practice -  
[http://www.geo.edu.ro/~paleomag/Teaching\\_materials.htm](http://www.geo.edu.ro/~paleomag/Teaching_materials.htm) Лаборатория Главного  
геомагнитного поля и Петромагнетизма - <http://paleomag.ifz.ru/books.html> Магнетизм -  
<http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/105421/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%>

#### **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Имеются демонстрационные и раздаточные материалы: электронный курс лекций, презентации по темам лекционных и практических занятий, учебные пособия.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО аспирантуры (Приказ Минобрнауки РФ от 30.07.2014 № 870) и с учетом рекомендаций Минобрнауки РФ от 22.06.2011 № ИБ-733/12 по формированию ОПОП послевузовского профессионального образования для обучающихся в аспирантуре

Автор(ы): доцент кафедры геофизики и   
геоинформационных технологий Хасанов Д.И.

Рецензент(ы): профессор кафедры геофизики и геоинформационных технологий  
Нургалиев Д.К.



Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии Института геологии и нефтегазовых технологий КФУ от 15 сентября 2015 года, протокол № 1.