

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

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана Геологического факультета

чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Ерёмин/

«___» _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электромагнитные зондирования при решении глубинных задач

Electromagnetic soundings in deep interior studies

Авторы-составители: Куликов В.А., Пушкарев П.Ю.

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Магистерская программа:

Геофизика

Форма обучения:

Очная

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

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины 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*).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от _____ 2022 года (протокол №__).

Год приема на обучение: 2022

Цель и задачи дисциплины

Целью курса "Электромагнитные зондирования при решении глубинных задач" является получение знаний о современном состоянии методов глубинного электромагнитного зондирования и об их возможностях при решении различных типов геологических задач.

Задачи - изучение методики электромагнитных зондирований с естественными и искусственными источниками и типичных результатов их применения при исследованиях верхней мантии и консолидированной коры Земли, а также при региональных, нефтегазовых и геотермальных исследованиях.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Приводится краткая характеристика электромагнитных зондирований с использованием естественных и искусственных источников. Рассмотрены методика и результаты применения глубинных электромагнитных зондирований при решении научных и поисковых задач, связанных с изучением верхней и средней мантии Земли, литосферы тектонических плит, тектоносферы активных зон на границах плит, нефтегазоносных осадочных бассейнов, геотермальных ресурсов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП – относится к профессиональному блоку вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору. Курс – I магистратуры, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

обучающийся должен владеть базовыми естественно-научными, математическими и профессиональными знаниями в объеме вступительного экзамена в магистратуру, знаниями по дисциплинам «Геофизические методы исследования», «Теория геофизических полей», «Электроразведка неоднородных и анизотропных сред», «Теория электромагнитных зондирований», «Комплексирование геофизических методов», «Геологическая интерпретация данных электроразведки».

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

Компетенции выпускников	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
ОПК-1.ММ. Способен применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки при решении задач профессиональной деятельности (формируется частично).	ММ.ОПК-1.И-1. Использует на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки, при решении исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: особенности применения и возможности электромагнитных зондирований при глубинных, региональных, нефтегазовых, и геотермальных исследованиях. Уметь: проводить измерения, обработку, анализ и интерпретацию электромагнитных данных. Владеть: навыками применения и развития методов и программного обеспечения для обработки и анализа данных, решения прямых и обратных задач электромагнитных зондирований.
ОПК-2.ММ. Способен самостоятельно формулировать цели	ММ.ОПК-2.И-1. Определяет цель, задачи, обосновывает	Знать: возможности и основные схемы применения электромагнитных зондирований при решении различных геологических задач.

исследований, устанавливая последовательность решения профессиональных задач (формируется частично).	актуальность и разрабатывает логическую схему проекта в профессиональной области.	Уметь: определить цель, задачи и методику проведения электромагнитных зондирований при глубинных и поисково-разведочных исследованиях. Владеть: подходами к выбору методики геолого-геофизических исследований с использованием методов электромагнитного зондирования.
ПК-1.ММ. Способен самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (формируется частично).	ММ.ПК-1.И-1. Критически анализирует новейший отечественный и зарубежный опыт научно-исследовательских работ по тематике собственного исследования.	Знать: принципы построения и возможности современных аппаратурно-программных комплексов для проведения электромагнитных зондирований. Уметь: критически анализировать новейший опыт геолого-геофизических исследований с использованием методов электромагнитного зондирования. Владеть: подходами к проведению исследований методами электромагнитного зондирования с помощью современного оборудования и информационных технологий.
ПК-4.ММ. Способен использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач (формируется частично).	ММ.ПК-4.И-1. Имеет представление о современных методах обработки и комплексной интерпретации информации, используемых для решения производственных задач (по профилю подготовки).	Знать: возможности современных методов обработки и интерпретации данных электромагнитных зондирований при проведении комплексных геолого-геофизических исследований. Уметь: решать производственные задачи, связанные с проведением региональных и поисково-разведочных исследований, с использованием методов электромагнитного зондирования. Владеть: современными методами обработки и интерпретации данных электромагнитных зондирований.
МПК-1. Способен самостоятельно ставить задачи научных и практических исследований в области геофизики, а также решать их с использованием современных подходов к проведению геофизических наблюдений, обработке данных, решению	МПК-1.И-1. Определяет цели и задачи геофизических исследований. МПК-1.И-2. Владеет методами проведения геофизических наблюдений и обработки данных. МПК-1.И-3. Знает основы решения прямых и обратных задач	Знать: принципы построения и возможности современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий для проведения электромагнитных зондирований, а также отечественный и зарубежный опыт в этой области; теоретические основы выбора оптимальной методики интерпретации данных электромагнитных зондирований для решения различных геологических задач. Уметь: ставить конкретные задачи научно-исследовательских и практических работ в области глубинной геофизики с использованием методов

прямых и обратных задач, геологической интерпретации результатов (формируется частично).	геофизики, геологической интерпретации данных.	электромагнитного зондирования; эффективно применять методы электромагнитного зондирования для решения сложных геологических задач. Владеть: навыкам построения оптимального комплекса геофизических методов, включая методы электромагнитного зондирования; современными методами обработки и комплексной интерпретации данных электромагнитных зондирований и другой геолого-геофизической информации.
--	--	--

4. Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе **28** академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции и семинары вместе), **44** академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

6. Содержание дисциплины, 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, Форма промежуточной аттестации по дисциплине	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 семинарского типа	Всего	Подготовка к контрольному опросу	Всего
1. Задачи, методы и история глубинных электромагнитных исследований	4	4		4		
2. Магнитовариационные исследования мантии Земли	4	2	2	4		
3. Глубинные геоэлектрические исследования Урала	2	2		2		
Текущая аттестация 1: контрольный опрос	10				10	10
4. Основные результаты глубинных МТЗ на опорных профилях Сибирской платформы и Дальнего Востока	2	2		2		
5. Коровые проводники Восточно-Европейской платформы	4	2	2	4		
6. МТ исследования тектонически активных зон	2	2		2		
Текущая аттестация 2: контрольный опрос	10				10	10
7. Электромагнитные методы при решении нефтегазовых задач	4	2	2	4		
8. Электромагнитные исследования геотермальных ресурсов	4	2	2	4		
9. Влияние глубинных проводящих разломов на МТ поле	2	2		2		
Текущая аттестация 3: контрольный опрос	10				10	10
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	14	<i>Устный экзамен</i>			14	
Итого	72	28			44	

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

1. Задачи, методы и история глубинных электромагнитных исследований

Геологические задачи, решаемые методами электромагнитного зондирования (ЭМЗ). Метод магнитотеллурического зондирования (МТЗ): идея метода, обработка и анализ данных, решение обратной задачи, физико-геологическое истолкование результатов. Использование дополнительных передаточных функций в МТЗ. Методы зондирования с искусственными источниками: частотного (ЧЗ) и становлением поля (ЗС). Зондирования в дальней и ближней зонах, использование явления вызванной поляризации. Обобщённые результаты изучения коровых аномалий в СССР и за рубежом. Современные программы исследования литосферы.

2. Магнитовариационные исследования мантии Земли

Краткая история развития метода глубинного магнитовариационного зондирования (ГМВЗ). Геомагнитные обсерватории. Спутниковые геомагнитные наблюдения. ГМВЗ способами пространственных производных и отношения компонент. Сводная кривая МТЗ-ГМВЗ по данным обсерваторий «Александровка» и «Москва». Электропроводность верхней мантии Центральной Европы. Глобальные исследования с помощью Dst-вариаций. Перспективы геоэлектрических исследований мантии Земли.

3. Глубинные геоэлектрические исследования Урала

Геоэлектрические модели Урала, построенные до 2000 г. МТ исследования по профилю «Уралсейс»: геологическая история и тектоническое строение вдоль профиля; результаты сейсморазведки; плотностная модель; МТ зондирования и помехи в МТ поле; качественный анализ МТ данных; основные черты геоэлектрической модели. МТ исследования по профилю «Полярно-Уральский трансект»: положение профиля; качественный анализ МТ данных; геоэлектрический разрез по профилю.

4. Основные результаты глубинных МТЗ на опорных профилях Сибирской платформы и Дальнего Востока

Положение опорных геофизических профилей на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. Результаты работ методом ГМТЗ на опорных профилях 1-СБ, 2-СБ, 3-СБ. Курумбинско-Юрубчено-Тохомский ареал нефтегазонакопления. Профиль 1-СБ Восточный. Байкальский рифт. Результаты работ методом ГМТЗ на опорных профилях 2-ДВ, 3-ДВ, 8-ДВ.

5. Коровые проводники Восточно-Европейской платформы

Кировоградско-Барятинская аномалия электропроводности: исследования на Украинском щите; изучение Барятинской аномалии; качественный анализ МТ данных; геоэлектрическая модель северной части Воронежского массива по результатам 3D инверсии; Барятинская аномалия и шовные зоны Сарматии; причины повышения электропроводности в коре. Работы методом ГМТЗ в зоне сочленения Фенноскандии, Сарматии и Волго-Уралии: рабочая группа «Смоленск»; профиль Ржев – Великие Луки; качественный анализ МТ данных; итоговая геоэлектрическая модели; причины низких сопротивлений в коре. Ладожская аномалия электропроводности: история изучения; работы группы «Ладога» в северном и южном Приладожье. Коровая аномалия электропроводности кряжа Карпинского.

6. МТ исследования тектонически активных зон

Предпосылки применения электромагнитных зондирований в тектонически активных регионах. Океанские рифтовые зоны: хребет Рейкьянес в Северной Атлантике; Восточно-Тихоокеанское поднятие. Зоны субдукции: плиты Хуан-де-Фука на западном побережье США и плиты Кокос у Никарагуанского побережья. Континентальные рифтовые зоны: Байкальская и Восточно-Африканская. Зоны коллизии: горно-складчатое сооружение Тянь-Шаня; горная система Гималаев; Тибетское нагорье; Восточно-Гималайский синтаксис.

7. Электромагнитные методы при решении нефтегазовых задач

Преимущества и недостатки методов ЭМ зондирования с естественными и искусственными источниками. Регионы эффективного применения глубинной электроразведки на нефть и газ. Задачи, решаемые при поиске месторождений. Изучение глубинного геологического строения районов, перспективных на углеводороды. Изучение электрических свойств отдельных горизонтов осадочного чехла. Изучение закрытых осадочных бассейнов. Аномалии повышенного сопротивления под слоем многолетнемерзлых пород как новый поисковый признак залежей углеводородов. Применение метода вызванной поляризации при оконтуривании нефтяных залежей.

8. Электромагнитные исследования геотермальных ресурсов

Предпосылки применения электромагнитных зондирований. Геотермальная зона Лардерелло-Травале (Италия). Геотермальная зона Хенгилл (Исландия). Мутновское месторождение парогидротерм. Другие геотермальные зоны (обзор). Перспективы применения электромагнитных зондирований при изучении петротермальных ресурсов.

9. Влияние глубинных проводящих разломов на МТ поле

Нормализация МТ поля в присутствии приповерхностных неоднородностей проводящими разломами. Повышение чувствительности МТ поля к глубинным неоднородностям в присутствии проводящих разломов. Роль проводящих разломов при поисках глубокозалегающих рудных тел: двухмерное и трёхмерное моделирование.

План проведения семинаров.

1. Методика ЭМ зондирований с естественным источником
2. Методика ЭМ зондирований с искусственными источниками
3. Методика геоэлектрических исследований мантии Земли
4. Методика геоэлектрических исследований тектонически активных зон
5. Методика нефтегазовых геоэлектрических исследований
6. Методика геотермальных геоэлектрических исследований
7. Методика геоэлектрических исследований глубинных разломов

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

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

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при устном обсуждении пройденного материала после каждых трёх разделов курса.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (экзамене):

1. Глубинные магнитовариационные зондирования.
2. Наземные и спутниковые измерения магнитных вариаций.
3. Геоэлектрические модели мантии Земли

4. Глубинные магнитотеллурические зондирования.
5. Геоэлектрическое строение океанских рифтовых зон и зон субдукции
6. Геоэлектрическое строение континентальных рифтовых зон и зон коллизии
7. Типы аномалий электропроводности в геотермальных зонах и примеры.
8. Возможности МТ исследований геотермальных и петротермальных ресурсов.
9. Основные направления применения электроразведки при решении нефтегазовых задач.
10. Ладожская и Кировоградско-Барятинская коровые аномалии электропроводности. Возможные причины аномальной проводимости.
11. Основные черты глубинной геоэлектрической модели Урала на примере опорных профилей Уралсейс и Полярноуральский трансект.
12. Опорные геофизические профили Восточной Сибири и Дальнего востока. Наиболее яркие результаты, полученные на этих профилях методом МТЗ.

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

Результаты обучения, соответствующие оценочным средствам	обучения, виды	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания особенностей применения и возможностей электромагнитных зондирований при региональных, нефтегазовых и геотермальных исследованиях (письменный или устный опрос)		Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения проводить анализ и интерпретацию данных электромагнитных зондирований (письменный или устный опрос)		Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неприципальные неточности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы	Успешное умение
Навыки владения навыками применения и развития методов обработки и анализа данных, решения прямых и обратных задач электромагнитных зондирований (письменный или устный опрос)		Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки	Свободное владение и использование

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Куликов В.А., Пушкарев П.Ю. Электромагнитные зондирования при решении глубинных задач. М.: МГУ, 2020, 228 с.

2. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Магнитотеллурическое зондирование горизонтально-однородных сред. Москва, Недра, 1992, 250 с.
3. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И., Новиков Д.Б., Пастуцан В.В. Анализ и интерпретация магнитотеллурических данных. Москва, Диалог-МГУ, 1997, 161 с.

- дополнительная литература:

1. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. М: Научный мир, 2009, 680 с.
2. Жданов М.С. Геофизическая электромагнитная теория и методы. М: Научный мир, 2012. 680 с.
3. Chave A.D., Jones A.G. (Editors). The magnetotelluric method: Theory and practice. Cambridge University Press, 2012. 552 p.
4. Bahr K., Simpson F. Practical magnetotellurics. Cambridge University Press, 2005. 270 p.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватели

Ответственный за курс: Пушкарев Павел Юрьевич.

Преподаватели: Куликов В.А., Пушкарев П.Ю.

11. Разработчики программы: Куликов В.А., профессор; Пушкарев П.Ю., профессор.