

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан Геологического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
чл.-корр. РАН Н.Н. Еремин



«25» сентября 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Электромагнитные зондирования при решении глубинных задач

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.03.01. Геология

Магистерская программа:

Геофизика

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом
Геологического факультета МГУ
(протокол № 6 от 8 сентября 2025 г.)

Москва 2025

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», утвержденным приказом по МГУ от 30.12.2016 № 1674 (в действующей редакции).

Год приема на обучение: 2024

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 профильному блоку вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору. Курс магистратуры – 2, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия. Базируется на знаниях по дисциплинам «Общая геология», «Теория геофизических полей», «Электроразведка», «Некорректные задачи геофизики», «Интерпретация данных электроразведки», «Геотектоника», «Геофизика твёрдых полезных ископаемых».

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-6.М	М.ОПК-6. И-1. Имеет представление о современных методах обработки и комплексной	<i>Знать:</i> возможности современных методов обработки и интерпретации данных электромагнитных зондирований при проведении комплексных геолого-геофизических исследований.

	интерпретации информации, используемых для решения производственных задач (по профилю подготовки).	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.
СПК-2.М	М.СПК-2. И-1. Владеет навыками построения оптимального комплекса геофизических методов для решения геологических 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. Уметь: ставить конкретные задачи научно-исследовательских и практических работ в области глубинной геофизики с использованием методов электромагнитного зондирования. Владеть: навыкам построения оптимального комплекса геофизических методов, включая методы электромагнитного зондирования.
СПК-3.М	М.СПК-3.И-2. Использует теоретические знания для выбора оптимальной методики интерпретации геофизических данных для решения различных геологических задач	Знать: теоретические основы выбора оптимальной методики интерпретации данных электромагнитных зондирований для решения различных геологических задач. Уметь: эффективно применять методы электромагнитного зондирования для решения сложных геологических задач. Владеть: современными методами обработки и комплексной интерпретации данных электромагнитных зондирований и другой геолого-геофизической информации.

4. Объем дисциплины 2 з.е., в том числе **28** академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (20 лекции, 8 семинары), **44** академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов 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 ЭМ исследований	4	4		4		
2. Магнитовариационные исследования мантии Земли	10	2	2	4	6	6
3. Глубинные геоэлектрические исследования Урала	8	2		2	6	6
4. Основные результаты глубинных МТЗ на опорных профилях Сибирской платформы и Дальнего Востока	8	2		2	6	6
5. Коровые проводники Восточно-Европейской платформы	10	2	2	4	6	6
6. МТ исследования тектонически активных зон	6	2		2	4	4
7. ЭМ методы при решении нефтегазовых задач	10	2	2	4	6	6
8. ЭМ исследования геотермальных ресурсов	10	2	2	4	6	6
9. Влияние глубинных проводящих разломов на МТ поле	6	2		2	4	4
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u> *	0	Устный экзамен			0	
Итого	72	28			44	

*Промежуточная аттестация в форме экзамена проводится во время экзаменационной сессии, предусмотренной графиком учебного процесса.

РАЗВЕРНУТОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ И РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ

1. Задачи, методы и история глубинных ЭМ 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. Куюмбинско-Юрубчено-Тохомский ареал нефтегазоаккумуляции. 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. ЭМ 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. ЭМ 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.

Примерные темы проведения семинаров

1. Методика ЭМ зондирований с естественным источником
2. Методика геоэлектрических исследований тектоносферы Земли
3. Методика нефтегазовых геоэлектрических исследований
4. Методика геотермальных геоэлектрических исследований

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине:

6.1. Примерный перечень вопросов при проведении текущей аттестации (контрольный опрос):

1. Задачи изучения глубинного строения Земли, решаемые с помощью электромагнитных методов
2. Методы электроразведки, которые применяются для решения глубинных задач
3. Государственные программы исследования глубоких горизонтов земной коры
4. Использование для ГВМЗ данных геомагнитных обсерваторий и спутниковых геомагнитных наблюдений
5. ГВМЗ способами пространственных производных и отношения компонент
6. Электропроводность верхней мантии Центральной Европы (научный проект CEMES)
7. Геоэлектрические модели Урала до 2000 г.
8. МТ исследования на профиле "Уралсейс"
9. МТ исследования по профилю «Полярно-уральский трансект»
10. Положение опорных геофизических профилей на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока
11. Основные результаты работ на профиле 1-СБ, 2-СБ и 3-СБ
12. Основные результаты ГМТЗ по профилю 3-ДВ и 2-ДВ
13. Барятинская аномалия электропроводности и шовные зоны Сарматии
14. Работы методом МТЗ в зоне сочленения Фенноскандии, Сарматии и Волго-Уралии
15. Ладожская аномалия электропроводности
16. Геоэлектрическое строение океанских рифтовых зон и зон субдукции
17. Геоэлектрическое строение континентальных рифтовых зон
18. Геоэлектрическое строение зон коллизии

19. Применение методов МТЗ и ЗСБ при изучении электрических свойств отдельных горизонтов осадочного чехла
20. Применение методов электроразведки при изучении солевой тектоники и подсолевых структур
21. Применение метода ВП при оконтуривании нефтяных залежей
22. Предпосылки применения ЭМ зондирований при изучении геотермальных ресурсов
23. ЭМ Исследования геотермальных зон Лардерелло-Травале (Италия), Хенгил (Исландия), Мутновка (Камчатка)
24. Перспективы применения электромагнитных зондирований при изучении петротермальных ресурсов
25. Нормализация МТ-поля в присутствии приповерхностных неоднородностей проводящими разломами
26. Повышение чувствительности МТ-поля к глубинным неоднородностям в присутствии проводящих разломов
27. Роль проводящих разломов при поисках глубоко залегающих рудных тел

6.2. Перечень примерных вопросов при проведении промежуточной аттестации (экзамен):

1. Четыре основных направления в использовании электроразведочных данных при решении нефтегазовых задач.
2. Коровые аномалии электропроводности на Восточно-Европейской платформе (Ладожская, Ильменская, Кировоградско-Барятинская) Возможные причины аномальной проводимости.
3. Основные черты глубинной геоэлектрической модели Урала на примере опорных профилей Уралсейс и Полярноуральский трансект.
4. Опорные геофизические профили Восточной Сибири и Дальнего Востока. Наиболее яркие результаты, полученные на этих профилях методом ГМТЗ.
5. Влияние проводящих разломов на результаты АМТЗ.
6. Наземные и спутниковые измерения магнитных вариаций.
7. Глубинные МВЗ, геоэлектрические модели мантии Земли.
8. Геоэлектрическое строение океанских рифтовых зон и зон субдукции.
9. Геоэлектрическое строение континентальных рифтовых зон и зон коллизии.
10. Магнитотеллурические исследования в Крыму.
11. Магнитотеллурические исследования геотермальных зон.
12. Глубинные ЭМ исследования на Балтийском щите.
13. Морские ЭМ исследования в Арктике.
14. Вклад отечественных ученых в развитие электроразведки.
15. Вклад зарубежных ученых в развитие электроразведки.

6.3. Шкала и критерии оценивания

Результаты обучения, соответствующие виды оценочных средств	«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 не принципиальные 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

7. Ресурсное обеспечение

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная

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

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.

8. Язык преподавания – русский.

9. Преподаватели: проф. Куликов В.А., проф. Пушкарев П.Ю. (ответственный за дисциплину – Куликов В.А.).

10. Разработчики программы: проф. Куликов В.А., проф. Пушкарев П.Ю.