

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.Еремин/
«__» _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Введение в геофизику

Introduction to geophysics

Авторы-составители: Булычев А.А., Попов М.Г., Степанов П.Ю., Модин И.Н.,
Куликов В.А., Пушкарев В.А., Шевнин В.А., Лыгин И.В., Золотая Л.А., Коснырева
М.В.

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки:

05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

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

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

Год 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 освоения дисциплины «Введение в геофизику» является ознакомление студентов-геофизиков первого курса с физико-математическими, аппаратурно-методическими и научно-прикладными основами разведочной геофизики.

Задачей дисциплины «Введение в геофизику» является знакомство с сущностью основных методов геофизики: гравиразведки, магниторазведки, электроразведки, сейсморазведки и геофизических исследований скважин, а также с принципами комплексирования геофизических методов.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе «Введение в геофизику» дается краткая характеристика методов разведочной геофизики, которые служат для поисков и разведки различных полезных ископаемых, а также изучения геологической среды, как объекта экологических и технических исследований. Рассматриваются физические основы таких методов, как гравиразведка, магниторазведка, электроразведка, сейсморазведка и ГИС, а также условия их применения и примеры решения геологических задач с помощью геофизики. Рассматриваются задачи каждого метода разведочной геофизики и основные направления исследований, проводимых в подразделениях (лабораториях) отделения Геофизики Геологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП – относится к вариативной части ОПОП, входит в Профильный блок, является обязательной дисциплиной. Курс – I, семестр - 1.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: освоение дисциплин «Общая геология», «Высшая математика», «Физика», «Химия».

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
ОПК-1Б Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (выполняется частично).	Б.ОПК-1. И-1. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук естественнонаучного и математического циклов в профессиональной деятельности Б.ОПК-1. И-2. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле в профессиональной деятельности	Знать: основные физические характеристики естественных и искусственных геофизических полей Земли, их природу и источники, принципы и методы наземных, морских и воздушных исследований. Уметь: анализировать возможности геофизических методов при решении различных геологических задач. Владеть: основами геофизических методов.

4. Объем дисциплины составляет **2 з.е.**, в том числе **36 академических часов** на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции), **36 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, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических 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 лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графические работы	Работа с литературой	Подготовка реферата	Подготовка к контролю	Всего
Введение. История создания отечественной геофизики.	2	2			2					
Классификации геофизических методов.	4	2			2		2			2
Сейсморазведка. Физические основы.	6	4			4		2			2
Метод отраженных волн (МОВ).	6	4			4		2			2
Метод преломленных волн (МПВ).	10	4			4		2		4	6
Электроразведка. Классификация методов электроразведки.	4	2			2		2			2
Малоглубинная геофизика	6	4			4		2			2
Глубинная электроразведка.	9	4			4		2		3	5
Магниторазведка.	6	4			4		2			2
Гравиразведка.	9	4			4		2		3	5
Геофизические исследования скважин (ГИС).	4	2			2		2			2
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	6	<i>Устный зачет</i>				6				
Итого	72	36				36				

Содержание лекций

1. Введение

Традиции и особенности обучения студентов-геофизиков на Геологическом факультете МГУ имени М.В.Ломоносова. История создания геофизики, роль в этом ученых Московского Университета от первых геофизических идей М.В.Ломоносова до работ профессоров МГУ с конца XIX века.

Определение геофизики, как науки, изучающей с помощью физических методов естественные и искусственные поля Земли, по которым изучается глубинное строение Земли и ее оболочки (Физика Земли), а также строение литосферы и земной коры. Физические основы для применения геофизических методов при поиске и разведки полезных ископаемых (Разведочная геофизика). Структура отделения Геофизики. Особенности подготовки специалистов-геофизиков на Геологическом факультете.

2. Сейсморазведка. Физические основы.

Сущность метода сейсморазведки. Способы возбуждения и регистрации упругих волн, сейсмический канал и станции для сейсмоакустических измерений на суше и акваториях. Физические процессы распространения упругих волн в однородных и слоистых средах. Продольные и поперечные волны, их скорости и факторы, от которых они зависят. Прямые, отраженные, преломленные, дифрагированные, рефрагированные волны.

3. Метод отраженных волн (МОВ).

Условия образования отраженных волн. Закон отражения. Годограф отраженной волны от границы раздела двух сред. Метод общей глубинной точки (ОГТ). Параметры среды, определяемые в результате интерпретации данных МОВ. Глубинность метода и область применения в геологии.

4. Метод преломленных волн (МПВ).

Условия образования головных преломленных волн. Физика образования головных преломленных волн. Годограф головной преломленной волны от границы раздела двух сред. Параметры среды, определяемые в результате интерпретации данных МПВ. Глубинность метода и область применения в геологии.

5. Малоглубинная геофизика.

Малоглубинная геофизика (МГ) является инструментом решения инженерно-геологических, гидрогеологических, геокриологических, экологических, геотехнических и археологических задач при изучении верхней части геологического разреза глубиной до 100-200 м. Малоглубинная геофизика направлена на решение задач, которые связаны со взаимодействием человека и геологической среды. МГ активно применяется прежде всего в области строительства гражданских и промышленных сооружений на стадии планирования территорий и линейных объектов в целом и изучения свойств грунтов при проектировании конкретных искусственных сооружений. При этом основные задачи, которые решаются с помощью МГ, связаны с изучением литологии и прочностных свойств грунтов, обнаружением и исследованием карста, изучением оползневых явлений, деградации мерзлоты и зон современной активизации тектонических процессов. Огромная территория РФ, гигантские масштабы строительства дорог и магистральных трубопроводов, разнообразие ландшафтов и климатических зон требуют огромного арсенала средств решения малоглубинных задач. При их решении используется более 50 геофизических методов, которые выполняются с помощью специализированной аппаратуры, программного обеспечения для обработки и интерпретации данных.

Большинство методов малоглубинной геофизики основано на изучении электромагнитных, сейсмических и акустических свойств горных пород. Наибольшее развитие в МГ получили методы электротомографии, георадиолокации, дипольного индукционного профилирования и электрического зондирования становлением поля, преломленных и отраженных волн, акустического профилирования, магниторазведка, гравиразведка и другие методы. В большинстве геофизических методов частоты используемых сигналов имеют большой диапазон, который позволяет регулировать глубинность и детальность исследований. Малоглубинные исследования проводятся в сухопутном варианте, на мелководных акваториях, в шахтах, скважинах и с помощью БПЛА.

6. Глубинная электроразведка.

Место электромагнитных методов в геофизическом комплексе при решении различных геологических задач. Краткая характеристика электрических свойств горных пород. Основные понятия электроразведки - кажущееся сопротивление, зондирование, профилирование, геоэлектрическая модель, геолого-геофизическая модель. Два принципа зондирования земли в электроразведке. Типы источников электромагнитного поля. Естественные и искусственные источники. Частотные диапазоны. Оценка глубинности метода. Основные методы электромагнитных зондирований земли. Аппаратура для проведения электромагнитных зондирований. Понятие прямой и обратной задачи. Методы решения обратной задачи. Примеры использования электромагнитных зондирований земли при решении нефтяных, рудных, геотермальных и инженерных задач.

Методика магнитотеллурических зондирований и их применение при изучении геотермальных зон Италии, Исландии и Камчатки. Магнитотеллурические исследования литосферы тектонически активных регионов: океанских рифтовых и субдукционных зон, континентальных рифтовых и коллизионных зон. Магнитовариационные исследования мантии Земли с использованием данных магнитных обсерваторий и спутников.

7. Магниторазведка.

Сущность метода магниторазведки. Физические предпосылки применения метода, магнитные свойства горных пород. История развития магниторазведки. Роль и место магниторазведки в общем комплексе геолого-разведочных работ. Магнитосфера Земли и других планет. Представление об элементах земного магнетизма, о структуре магнитного поля Земли. Понятие о нормальном и аномальном магнитном полях. Единицы измерений магнитных характеристик. Графическое представление основных элементов земного магнетизма: карты изогон, изоклин изопор, изодинам. Классификация вариаций магнитного поля Земли. Инверсии МПЗ. Виды магнитных съемок по уровню наблюдений. Приборы, применяемые для проведения магнитных съемок на суше, акваториях и в воздухе, включая современные беспилотные летательные технологии. Геолого-тектонические поисковые и научно-исследовательские задачи, решаемые методом магниторазведки.

8. Гравиразведка.

Гравиметрический метод разведочной геофизики. Взаимосвязь с другими методами разведочной геофизики. Геологические задачи гравиметрической разведки. Плотностная характеристика горных пород. Сила тяжести и гравитационный потенциал. Вторые производные потенциала силы тяжести, их физический и геометрический смысл. Нормальные и аномальные значения силы тяжести. Условия формирования гравитационных аномалий. Редукции и аномалии силы тяжести. Классификация способов измерения ускорения силы тяжести. Абсолютные и относительные определения ускорения силы тяжести. Исторические сведения о возникновении и развитии

гравиметрической разведки. Современные проблемы гравиметрической разведки. Перспективы развития гравиразведки.

9. Геофизические исследования скважин (ГИС).

Геофизические методы исследования скважин (ГИС) и работы в них (ГИРС). Методы и средства проведения ГИС (каротаж) и ГИРС. Основные задачи, решаемые методами ГИС. Комплексирование разных методов ГИС с наземными геофизическими методами. Использование ГИС для характеристик, окружающих скважину горных пород и выявления в них пластов и решения задач поиска и разведки полезных ископаемых.

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 контрольном тестировании по трем обобщенным разделам программы: сейсморазведка, электроразведка и грави- и магниторазведка.

Примерный перечень вопросов (тестов) для проведения текущего контроля:

1. Основные типы сейсмических волн и соотношения их годографов
2. Условия и законы образования отраженных и головных преломленных волн
3. Метод отраженных волн
4. Метод преломленных волн
5. Геологические задачи, решаемые с помощью сейсморазведки
6. Классификация методов электроразведки
7. Малоуглубинная геофизика
8. Глубинная электроразведка
9. Электроразведочные методы зондирования и профилирования
10. Гравитационное поле Земли – измеряемые параметры, единицы измерения, структура.
11. Аномалии гравитационного поля Земли и основные методы их интерпретации.
12. Условия применения гравиразведки и геологические задачи, решаемые с помощью гравиразведки.
13. Магнитосфера Земли.
14. Структура магнитного поля Земли (МПЗ). Нормальное и аномальное магнитные поля.
15. Основные элементы МПЗ, особенности их пространственных характеристик в северном и южном полушариях Земли и единицы.
16. Классификация вариаций магнитного поля Земли.
17. Виды магниторазведочных съемок.
18. Инверсии МПЗ
19. Характерные особенности магнитных полей срединно-океанических хребтов.
20. Условия применения магниторазведки и геологические задачи, решаемые с помощью магниторазведки
21. Беспилотная геофизика
22. ГИС

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (зачете):

1. Место и роль методов разведочной геофизики при изучении геологического строения литосферы и поиска и разведки полезных ископаемых
2. Классификация геофизических методов
3. Какая глубина исследования требуется для решения следующих задач:

- исследование оснований строительных сооружений;
 - изучение геокриологических задач;
 - картирование загрязнений;
 - изучение трасс проектируемых трубопроводов;
 - поиски археологических объектов.
4. Особенности малоглубинных геофизических исследований.
 5. Физическая и геологическая основа гравиметрического метода разведочной геофизики
 6. Плотностная характеристика горных пород
 7. Гравитационный потенциал и его компоненты (первые и вторые производные, сила тяжести)
 8. Нормальные и аномальные значения силы тяжести
 9. Условия формирования положительных и отрицательных гравитационных аномалий
 10. Абсолютные и относительные ускорения силы тяжести
 11. История изучения магнетизма.
 12. Магнитосфера Земли и других планет
 13. Представление об элементах земного магнетизма и структуре магнитного поля Земли (МПЗ).
 14. Понятие о нормальном и аномальном магнитном полях.
 15. Единицы измерений магнитных характеристик.
 16. Графическое представление компонент МПЗ: карта изогон, изоклин, изопор, изодинам.
 17. Вариации магнитного поля Земли.
 18. Инверсии МПЗ.
 19. Магнитные свойства горных пород
 20. Виды магнитных съемок по уровню наблюдений.
 21. Приборы для производства магнитных съемок.
 22. Применение метода магниторазведки
 23. Сейсморазведка – определение, значение при решении разных геологических задач, проблемы и перспективы развития и применения.
 24. МОВ – определение, особенности, изучаемые параметры среды и условия применения.
 25. МПВ - определение, особенности, изучаемые параметры среды и условия применения.
 26. ГИС – определение, методы исследования, изучаемые параметры среды и условия применения.
 27. Какие источники ЭМ-поля используются при проведении электромагнитных зондирований?
 28. Какие существуют формы представления первичных электроразведочных данных?
 29. Что такое геоэлектрическая модель? Как перейти от наблюдаемых данных к геоэлектрической модели?
 30. Какие частоты используются при проведении электромагнитных зондирований?
 31. Магнитотеллурические исследования геотермальных ресурсов.
 32. Магнитотеллурические исследования литосферы тектонически активных зон.
 33. Магнитовариационные исследования мантии Земли.

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

Оценка результатов обучения, соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания (устный опрос)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (устный опрос)	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 (устный опрос)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные владения, применяемые при решении геологических задач.

8. Ресурсное обеспечение:**А) Перечень основной и дополнительной литературы.****- основная литература:**

1. Геофизика: учебник. Под ред. Хмелевского В.К. – М.: КДУ, 2007, 2009, 2012, 2016– 320 с.
2. Основы геофизических методов: учебник для вузов. Авторы: Хмелевской В.К., Костицын В.И. - Пермь. Изд-во Перм.ун-та, 2010. – 400 с.
3. Кузнецов О.Л., Каляшин С.В. Введение в геофизику. – М.: РАЕН «Дубна», 2011 с.
4. Геофизика: учебник для вузов. Авторы: Хмелевской В.К., Костицын В.И. - Пермь. Изд-во Перм.ун-та, 2018. – 380 с.

- дополнительная литература:

1. Орленок В.В. Основы геофизики: учебное пособие. – Калининград. БИ., 2000. - 382 с.
2. Кузнецов О.Л. Жизнь геофизика в системе пространство – время. – М.: Изд-во РАЕН, 2008. – 272 с.
3. Кузнецов О.Л., Симкин Э.М. Преобразование и взаимодействие геофизических полей в литосфере. М.: Недра, 1990.
4. Сорохтин О.Г., Чилингар Дж.В, Сорохтин Н.О. Теория развития Земли. М.: Ижевск, ИКИ, 2010, 752 с.
5. Федьинский В.В. Разведочная геофизика. М.: Недра, 1964, 668 с.
6. Трухин В.И., Показеев К.В, Куницын В.Е. Общая и экологическая геофизика. – М.: Физ.-мат. лит., 2005. -576 с.
7. Хмелевской В.К., Горбачев Ю.И., Калинин А.В., Попов М.Г., Селивестров Н.И., Шевнин В.А. Геофизические методы исследования: учеб. пособие. - Петропавловск - Камчатский: Изд-во КГПУ, 2004. - 232 с.
8. В.В. Стогний АЭРОГЕОФИЗИКА , Учебное пособие.-Москва, издательство ЮРАЙТ , 2022 г. 243 с.

Д) Материально-технического обеспечение:

Учебная аудитория с мультимедийным проектором (301, 308, 415 и др.).
Компьютерный класс отделения геофизики Ц-02.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватели: Ответственный за курс — Попов М.Г., преподаватели: Степанов П.Ю., Модин И.Н., Куликов В.А., Шевнин В.А., Лыгин И.В., Золотая Л.А., Коснырева М.В.

11. Разработчики программы: проф. А.А.Булычев, доц. Попов М.Г., доц. Степанов П.Ю., проф. Модин И.Н., проф. Куликов В.А., проф. Шевнин В.А., доц. Лыгин И.В., доц. Золотая Л.А., доц. Коснырева М.В.