

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан Геологического
факультета
академик

_____/Д.Ю.Пущаровский/
«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Геофизические методы исследования

Авторы-составители: Хмелевской В.К., Попов М.Г., Степанов П.Ю., Шевнин В.А.

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки:

05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Гидрогеология, инженерная геология и геокриология

Форма обучения:

Очная

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

Москва 2020

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*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 года № 1674.

Год приема на обучение – 2018.

© 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 дисциплины «Геофизические методы исследований» является получение общих фундаментальных знаний о всех геофизических методах исследования (гравиразведка, магниторазведка, электроразведка, сейсморазведка, ядерная геофизика, терморазведка, геофизические исследования скважин), понимание места, роли и возможности каждого геофизического метода при решении задач гидрогеологии, инженерной геологии и геокриологии, освоение принципов и основных методов интерпретации различных геофизических полей.

Задачи дисциплины Геофизические методы исследований состоят в получении физико-математических основ геофизических методов, освоении технологии различных геофизических наблюдений, практическом освоении приемов качественной и количественной интерпретации данных геофизических съемок.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, профессиональные дисциплины по выбору, курс – II, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: освоение дисциплин «Общая геология», «Физика», «Химия», «Высшая математика», «Информатика», «ГИС в геологии» и др.

3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

ОПК-3.Б Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично),

ОПК-4.Б Способность применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично),

ПК-7Б Готовность применять на практике базовые общепрофессиональные знания и навыки при решении производственных задач (в соответствии с направленностью (профилем) подготовки) (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

Знать: фундаментальные физико-математические основы геофизических методов, области применения геофизических методов.

Уметь: ставить геофизические задачи при решении различных геологических задач, решать прямые и обратные задачи основных методов геофизики для относительно простых физико-геологических моделей среды, определять возможности геофизических методов при решении гидрогеологических, инженер-геологических и геокриологических задач.

Владеть: навыками постановки геофизической задачи, основами технологии геофизических съемок, основными элементами качественной и количественной интерпретации геофизических данных.

4. Формат обучения – лекционные и практические занятия.

5. Объем дисциплины составляет 3 з.е., в том числе 90 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (54 часа – занятия лекционного типа, 36 часов – практические занятия, 2 часа – групповые консультации, 6 часов – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 10

академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

4.5. Краткое содержание дисциплины (аннотация)

В курсе дисциплины Геофизические методы исследований рассмотрены физико-математические и геологические основы, принципы решения прямых и обратных задач, общие сведения об аппаратуре, технологии проведения полевых работ, приемы обработки и интерпретации материалов, условия и области применения основных методов прикладной и скважинной геофизики – гравиразведки, магниторазведки, электроразведки, сейсморазведки, ядерной геофизики, терморазведки и геофизических исследований скважин (ГИС) при решении задач гидрогеологии, инженерной геологии и геокриологии.

6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе дисциплины «Геофизические методы исследований» рассмотрены физико-математические и геологические основы, принципы решения прямых и обратных задач, общие сведения об аппаратуре, технологии проведения полевых работ, приемы обработки и интерпретации материалов, условия и области применения основных методов разведочной и скважинной геофизики – гравиразведки, магниторазведки, электроразведки, сейсморазведки, ядерной геофизики, терморазведки и геофизических исследований скважин (ГИС) при решении различных задач геологии.

На практических занятиях студенты знакомятся с расчетными методами решения прямой и обратной задач сейсморазведки, гравиразведки, магниторазведки и электроразведки.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины Форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Введение		2			2	
Гравirazведка		8	6		14	1 Собеседование
Магниторазведка		8	6		14	2 Собеседование Контрольная работа
Электроразведка		12	8		20	2 Собеседование Контрольная работа
Сейсморазведка		14	6		20	2 Собеседование Контрольная работа
Ядерная геофизика		1	1		2	1
Терморазведка		1	1		2	1
ГИС		2	4		6	1
Комплекcирование		4	4		8	1
Геологические задачи		2			2	1
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>						6 Консультация
Итого	108	90				18

Содержание разделов дисциплины:

1. Введение.

Место общей и разведочной геофизики среди других естественно-научных фундаментальных и прикладных наук. Физическая, технологическая, прикладная классификации геофизических методов исследований. Роль единства и взаимозависимости физических полей и геологической обстановки как основы комплексирования, взаимопроникновения наук о Земле и научной организации гидрогеологических, инженерно-геологических и геокриологических работ.

2. Гравиразведка

2.1. Определение и сущность гравиразведки. Понятия поля силы тяжести – изучаемый параметр, единицы измерения, структура. Нормальное поле силы тяжести – физическая природа, составляющие, диапазон изменения, причины изменения с широтой. Аномальное гравитационное поле - редукции и аномалии силы тяжести, диапазон, физическая природа.

2.2. Плотность горных пород. Зависимость плотности пород от коэффициента пористости, характера и процента их заполнения, трещиноватости.

2.3. Физические принципы и особенности устройства динамических и статических гравиметров.

2.4. Методика гравиразведки: типы съемок, проектная точность, система точек наблюдения, масштаб съемки, правило обхода точек наблюдения, контрольные наблюдения, определение точности гравитационных съемок, построение графиков и карт аномального гравитационного поля.

2.5. Аналитические методы решения прямых и обратных задач гравиразведки для тел простой геометрической формы. Типы гравитационных аномалий. Условия применения гравиразведки.

2.6. Качественная и количественная интерпретация данных гравиразведки. Принципы интерпретации и геологическое истолкование гравитационных аномалий.

2.7. Примеры применения гравиразведки для детального изучения верхней части геологического разреза с целью решения различных задач гидрогеологии, инженерной геологии и геокриологии.

3. Магниторазведка

3.1. Определение и сущность магниторазведки. Магнитное поле Земли, параметры и единицы измерения, особенности его строения и происхождения, изменения во времени. Нормальное и аномальное магнитные поля.

3.2. Магнитные свойства горных пород и руд, методы их измерения.

3.3. Физические принципы и особенности устройства чувствительных систем приборов для измерения элементов напряженности геомагнитного поля. Аппаратура для наземной, воздушной и морской съемок.

3.4. Методика магнитных съемок - типы съемок, проектная точность, система точек наблюдения, масштаб съемки, учет вариаций магнитного поля, правило обхода точек наблюдения, контрольные наблюдения, определение точности магнитных съемок, построение графиков и карт аномального магнитного поля.

3.5. Аналитические методы решения прямых и обратных задач магниторазведки для тел простой геометрической формы. Типы магнитных аномалий. Условия применения магниторазведки.

3.6. Качественная и количественная интерпретация данных магниторазведки. Интерпретация магнитных аномалий и их геологическое истолкование.

3.7. Примеры применения магниторазведки для детального изучения верхней части геологического разреза с целью решения различных задач гидрогеологии, инженерной геологии и геокриологии.

4. Электроразведка

4.1. Определение, сущность и классификация методов электроразведки.

4.2. Общие сведения об изучаемых в электроразведке полях: естественных и искусственных, постоянных и переменных, установившихся и неуставившихся. Принципы решения прямых и обратных задач. Нормальные и аномальные поля.

4.3. Электромагнитные свойства горных пород и руд, методы их измерения.

4.4. Аппаратура и оборудование для электроразведки. Переносные приборы. Электроразведочные станции.

4.5. Сущность основных методов электроразведки, методика и техника работ, особенности интерпретации и решаемых задач.

4.5.1. Методы естественного электрического (постоянного - ЕП и переменного - ПЕЭП) и магнитного (переменного - ПЕМП) поля.

4.5.2. Вертикальные и дипольные электрические зондирования (ВЭЗ и ДЗ), методы электропрофилеирования по сопротивлению (ЭП) и вызванной поляризации (ВП).

4.5.3. Методы низкочастотного профилирования (НЧМ): длинного кабеля (ДК), незаземленной петли (НП), дипольного индуктивного (ДИП) в гармоническом и неуставившемся (импульсном, переходном) режимах.

4.5.4. Методы электромагнитных зондирований (ЭМЗ) естественными (магнитотеллурическими) и искусственными (управляемыми) полями.

4.5.5. Высокочастотные и сверхвысокочастотные методы профилирования.

4.5.6. Подземные и геоэлектрoхимические методы электроразведки.

5. Сейсморазведка

5.1. Определение и сущность сейсморазведки. Классификация методов сейсморазведки.

5.2. Физические основы сейсморазведки. Основы теории упругости, геометрической сейсмоики.

5.3. Типы сейсмических волн. Отражение, преломление, дифракция, рефракция упругих волн. Сейсмические среды, границы и скорости упругих волн.

5.4. Сейсмические свойства горных пород, их зависимость от различных природных факторов.

5.5. Принципы устройства сейсморазведочной аппаратуры. Понятия каналов записи и воспроизведения. Типы полевых сейсморазведочных станций.

5.6. Метод отраженных волн (МОВ). Уравнение годографа волны, отраженной от плоского наклонного контакта. Системы наблюдений МОВ. Интерпретация данных МОВ.

5.7. Интерференционные системы. Группирование. Метод общей глубинной точки (МОГТ).

5.8. Метод преломленных волн (МПВ). Уравнение годографа. Системы наблюдений в МПВ. Интерпретация данных МПВ.

5.9. Области применения сейсморазведки. Применение сейсморазведки в региональной геологии при поисках и разведке нефтегазоносных структур, сейсмостратиграфии и прогнозировании геологических разрезов. Особенности рудной сейсморазведки. Применение сейсмических и сейсмоакустических методов при инженерно-геологических и гидрогеологических изысканиях.

6. Ядерная геофизика

6.1. Характеристика и классификация методов ядерной геофизики.

6.2. Общие сведения о радиоактивности. Состав, энергия и взаимодействие радиоактивных излучений с веществом. Радиоактивность руд, горных пород, природных вод, почвенного воздуха и атмосферы.

6.3. Аппаратура для измерения радиоактивности. Газонаполненные и сцинтилляционные счетчики. Аэро- и авторадиометры. Полевые радиометры и эманометры.

6.4. Радиометрические методы разведки. Воздушные, наземные, автомобильные, пешеходные и глубинные гамма-съемки. Эманационная съемка.

6.5. Нейтронные и гамма-лучевые свойства горных пород. Ядерно-физические методы исследования с целью их поэлементного анализа. Нейтронные методы. Гамма-гамма методы.

7. Терморазведка

7.1. Общая характеристика разных методов терморазведки.

7.2. Тепловое поле Земли. Региональные тепловые потоки в океанах, на континентах, их природа. Тепловые свойства горных пород.

7.3. Аппаратура для геотермических исследований. Термометры и тепловизоры.

7.4. Воздушная съемка Земли в инфракрасных и ультрафиолетовых лучах. Измерения температур на дне акваторий и в горных выработках.

7.5. Инженерно-гидрологические термические исследования.

8. Геофизические исследования скважин

8.1. Классификация методов геофизических исследований в скважинах (ГИС).

8.2. Аппаратура для скважинных геофизических исследований.

8.3. Сущность, методика и решаемые задачи для следующих методов ГИС.

8.3.1. Электрические методы исследования скважин. (ПС, КС, БКЗ, ИК).

8.3.2. Ядерные исследования в скважинах (ГК, НГК, ННК, ГГК).

8.3.3. Сейсмоакустические методы исследования скважин.

8.3.4. Методы контроля технического состояния скважин. Кавернометрия. Инклинометрия. Профилеметрия.

8.4. Геологическое истолкование результатов комплексных скважинных геофизических исследований.

9. Комплексирование геофизических методов

9.1. Необходимость комплексирования, как следствие неоднозначности и некорректности решения обратных задач геофизики.

9.2. Роль физико-геологического моделирования при решении прямых и обратных задач геофизики и выборе методов комплексирования.

9.3. Качественное и количественное комплексирование, использование геологической информации.

9.4. Виды комплексирования геофизических методов. Типовые, рациональные, технологические, разноуровневые, межметодные, внутриметодные комплексы.

9.5. Петрофизика и ее роль в решении геолого-геофизических задач.

10. Геологические задачи, решаемые с помощью геофизики

10.1. Региональные и структурно-картировочные геолого-геофизические исследования в мелких и средних масштабах. Их роль при изучении строения фундамента и осадочного чехла, как на суше, так и в океанах.

10.2. Поисково-картировочные геофизические исследования. Комплексирование наземных и аэрокосмических геофизических данных при геологическом картировании и съемках средних и крупных масштабов.

10.3. Детальные высокоточные геофизические наблюдения с целью решения различных задач гидрогеологии, инженерной геологии и геокриологии. Метод заряженного тела в гидрогеологической модификации. Электротомография при изучении карста и суффозии. Роль электроразведки при изучении многолетнемерзлых грунтов и таликов.

Содержание лабораторных занятий.

Примерный перечень тем лабораторных работ:

1. Решение обратной задачи сейсморазведки. Интерпретация годографа отраженных волн: определение $V_{эфф}$ методом постоянной разности и построение отражающей границы с помощью метода засечек.
2. Решение прямой задачи гравиразведки с помощью аналитического и палеточного (палетка Гамбурцева) методов.
3. Геолого-геофизическая интерпретация карты магнитных аномалий.
4. Интерпретация результатов ВЭЗ с целью построения геологического разреза.

Рекомендуемые образовательные технологии

При реализации программы дисциплины Геофизические методы исследований используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий (72

часа) занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, при выполнении и лабораторных занятий в компьютерном классе отделения Геофизики Геологического факультета МГУ с использованием специальных вычислительных программ, а самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь в выполнении лабораторных работ) и индивидуальную работу студента в компьютерном классе или библиотеке Геологического факультета МГУ.

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

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

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетных практических работ и написании контрольных работ по трем модулям дисциплины: гравимагниторазведка, сейсморазведка и электроразведка.

Примерный перечень контрольных вопросов при проведении текущего контроля (контрольные работы) и промежуточной аттестации (экзамен):

1. Классификация методов геофизики.
2. Гравитационное поле Земли, параметры, единицы измерения, структура.
3. Нормальное гравитационное поле, редукции и аномалии.
4. Методика гравиметрической съемки.
5. Прямые и обратные задачи гравиразведки, основные типы гравитационных аномалий.
6. Качественная и количественная интерпретация аномалий гравитационного поля.
7. Условия и области применения гравиразведки.
8. Элементы магнитного поля Земли и их распределение на земной поверхности. Единицы измерения.
9. Нормальное и аномальное магнитное поле. Вариации магнитного поля Земли.
10. Методика магнитных съемок.
11. Принцип решение прямых и обратных задач магниторазведки, типы магнитных аномалий.
12. Качественная и количественная интерпретация данных магниторазведки.
13. Условия и области применения магниторазведки.
14. Классификация методов электроразведки.
15. Общие сведения об изучаемых в электроразведке полях.
16. Электромагнитные свойства горных пород и полезных ископаемых.
17. Электроразведка естественными постоянными электрическими полями (ЕП).
18. Электроразведка естественными переменными электромагнитными полями.
19. Сущность электромагнитных зондирований, профилирований и просвечиваний.
20. Электромагнитные зондирования (ВЭЗ, ДЕЗ, ВЭЗ-ВП, МТЗ, ЧЗ, ЗС).
21. Электромагнитные методы профилирования (ЕП, ЭП, ВП, НЧМ, МПП).
22. Физико-геологические основы терморазведки.
23. Методы и области применения терморазведки.
24. Общие сведения о естественной радиоактивности. Причины возникновения гамма-аномалий.
25. Естественная радиоактивность горных пород и руд.
26. Радиометрия (гамма и эманионная съемки).
27. Ядерно-физические методы (гамма-гамма и нейтронные).
28. Физические основы сейсморазведки. Основы геометрической сейсмоки.
29. Типы сейсмических волн. Типы скоростей сейсмических волн.
30. Общая характеристика метода отраженных волн (решение прямой задачи для горизонтальной и наклонной границ раздела двух сред, особенности методики).
31. Принципы решения обратной задачи МОВ. Области применения МОВ.

32. Общая характеристика метода преломленных волн (образование головной волны на границе двух сред, вывод уравнения годографа головной волны, особенности методики).
33. Интерпретация данных МПВ и области его применения.
34. Общая характеристика сейсмической аппаратуры.
35. Сущность и назначение геофизических исследований скважин (ГИС).
36. Техника и методы геофизических исследований скважин.
37. Электрические ядерные и сейсмические исследования в скважинах.
38. Геологическое истолкование комплексных скважинных геофизических исследований.
39. Принципы комплексирования геофизических методов.
40. Региональная (структурная и картировочно-поисковая) геофизика.
41. Техническая геофизика.
42. Инженерная геофизика.
43. Гидрогеофизика.
44. Экологическая геофизика.
45. Геокриологическая геофизика.

Примерный перечень тем самостоятельной работы студентов:

1. Прямая задача гравиразведки и методы ее решения.
2. Интерпретация карты аномалий магнитного поля.
3. Интерпретации результатов профильных данных ВЭЗ.
4. Интерпретации материалов МТЗ.
5. Интерпретация результатов МОВ.
6. Интерпретация данных сейсмического каротажа скважин.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: фундаментальных физико-математических основ геофизических методов, области применения геофизических методов.	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: ставить геофизические задачи при решении различных геологических задач, решать прямые и обратные задачи основных методов, определять возможности геофизических методов при	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умения ставить геофизические задачи, решать прямые и обратные задачи геофизики и определять возможности геофизических	Успешное умение ставить геофизические задачи, решать прямые и обратные задачи геофизики и определять возможности геофизических методов при решении задач гидрогеологии, инженер-

решении задач гидрогеологии, инженер-геологии и геокриологии.			методов при решении задач гидрогеологии, инженер-геологии и геокриологии.	геологии и геокриологии.
Владения: навыками постановки геофизической задачи, основами технологии геофизических съемок, основными элементами качественной и количественной интерпретации геофизических данных.	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение навыками постановки геофизической задачи, основами технологии геофизических съемок, основными элементами качественной и количественной интерпретации геофизических данных.	В целом сформированы навыки постановки геофизической задачи, основами технологии геофизических съемок, основными элементами качественной и количественной интерпретации геофизических данных.	Владение навыками постановки геофизической задачи, основами технологии геофизических съемок, основными элементами качественной и количественной интерпретации геофизических данных.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Геофизические методы исследований. Под ред. В.К.Хмелевского. Изд-во КГПУ. Петропавловск-Камчатский. 2004. С.
2. Геофизика. Под ред. В.К.Хмелевского. М. КДУ. 2009, 2012. С.320.
3. Хмелевской В.К., Костицин В.И. Основы геофизических методов. Пермь. Изд-во ПГУ. 2010 С. 400.
4. Хмелевской В.К., Костицин В.И. Геофизика. Пермь. Изд-во ПГУ. 2018 С. 380.

- дополнительная литература:

1. Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. М. Недра. 2010. С.

Б) Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Специализированные аудитории с возможностью использования компьютерного проектора. Специальные программы интерпретации геофизических данных. Учебные пособия по лабораторным геофизическим работам по гравиразведке, магниторазведке, сейсморазведке и электроразведке.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватели – преподаватели и сотрудники Отделения Геофизики Геологического факультета МГУ им. М.И.Ломоносова

11. Авторы программы – Хмелевской В.К., Попов М.Г., Степанов П.Ю., Шевнин В.А.