

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

УТВЕРЖДАЮ

**Декан Геологического факультета
академик**

_____ /Д.Ю.Пушаровский/

«___» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Инженерная и техническая геофизика

Авторы-составители: Модин И.Н., Шевнин В.А.

Уровень высшего образования:

Магистратура (ММ)

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Магистерская программа:

Геофизика

Форма обучения:

Очная

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

Москва 20__

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

Год приема на обучение – 2019.

Цель и задачи дисциплины

Целью курса "Инженерная и техническая геофизика" является подготовка магистрантов геологии, знакомых с решением задач инженерной геологии и обследования подземных техногенных объектов с помощью геофизических методов.

Задачи - освоение теории и практики геофизических исследований при решении разнообразных инженерно-геологических и технических задач, связанных с решением проблем проектирования и эксплуатации гражданских и промышленных сооружений, а также ознакомление с основными направлениями электроразведки, сейсморазведки, магниторазведки и гравиразведки в области технических реализаций и аппаратурных разработок, современных геофизических методик и особенностей методов интерпретации геофизических данных.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, дисциплина по выбору модуля «Малоглубинная геофизика», курс – I, семестр – 2.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин бакалавриата «Высшая математика», «Математический анализ», «Физика», «Химия общая», «Общая геология», «Информатика», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Геология полезных ископаемых», «Инженерная геология», «Теория геофизических полей», «Физика Земли», «Магниторазведка», «Гравиразведка», «Электроразведка», «Сейсморазведка», «Комплексирование геофизических методов», «Петрофизика», «Экологическая геофизика», «Некорректные задачи геофизики», а также дисциплин данной магистерской программы «Теория электромагнитных зондирований», «Электроразведка неоднородных и анизотропных сред», «Геологическая интерпретация данных электроразведки», «Прямая и обратная задачи гравимагниторазведки», «Методы обработки и интерпретации гравимагнитных аномалий».

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

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

ОПК-1 Способность самостоятельно формулировать цели работы, устанавливать последовательность решения профессиональных задач (формируется частично);

ОПК-2 Способность в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать, интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию (формируется частично);

ОПК-3 Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки (формируется частично);

ОПК-4 Способность использовать современные вычислительные методы и компьютерные технологии для решения задач профессиональной деятельности (формируется частично);

ПК-1 Способность самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (формируется частично);

ПК-2 Способность создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования теоретических и практических знаний в области геологии (формируется частично);

ПК-3 Способность использовать специализированные профессиональные теоретические знания и практические навыки для проведения прикладных исследований (формируется частично);

ПК-5 Способность использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач (формируется частично);

СПК-1 Способность 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 прямых и обратных задач, геологической интерпретации результатов (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать:

- специфику решения инженерно-геологических задач, принципы комплексирования геофизических методов для решения малоглубинных задач;
- стадийность геофизических работ при решении инженерно-геологических задач; классификацию электромагнитных и другого типа помех, их проявление в результатах полевых экспериментов; исследуемые физические параметры разреза;
- теоретические основы моделирования геофизических полей для оценки результатов выполнения геофизических исследований;
- методы обработки и формы представления полевых материалов, специфику обработки полевых геофизических данных;
- названия программ обработки и интерпретации геофизических данных;

Уметь:

- планировать геофизические исследования в области решения инженерно-геологических задач, оценивать необходимые временные и людские ресурсы, а также потребности в аппаратуре и оборудовании для решения поставленной задачи;
- проектировать электроразведочные и другие геофизические установки и планировать подготовку оборудования к полевым экспериментам, проводить оценку качества работы измерительных и генераторных устройств, а также точности топографических привязок, планировать и проводить оценку качества полевых экспериментов;
- обрабатывать самостоятельно полевые данные с помощью специализированных геофизических программ и типового программного обеспечения, правильно выполнять визуализацию промежуточных материалов на бумажном носителе и с помощью компьютеров,
- самостоятельно выполнять количественную интерпретацию материалов разной степени сложности;

Владеть:

- теоретическими основами методов электроразведки, сейсморазведки, магниторазведки и гравиразведки при конкретном выполнении геофизических исследований;
- конкретными навыками выполнения интерпретации геофизических данных;
- технологией интерпретации геофизических данных с широким привлечением априорной информации из следующих областей знаний: физика, общегеологические теоретические представления, результаты бурения и ГИС, результаты собственных геологических наблюдений, геокриология, гидрогеология, инженерная геология, история и археология и т.д.

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия.

5. Объем дисциплины составляет 3 з.е., в том числе 52 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (16 часов – занятия лекционного типа, 36 часов – занятия семинарского типа), 56 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

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

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В результате обучения магистранты получают теоретические представления об особенностях инженерно-геологических и технических изысканий применительно к геофизическим исследованиям, аппаратуре и методике геофизической съемки, направлениям

инженерной и технической геофизики, принципах и подходах при интерпретации геофизических данных при решении инженерно-геологических и технических задач.

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 типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Введение.		4			4	Собеседование. 4 часа
Раздел 1. Особенности инженерно-геологических и геотехнических геофизических исследований.		4		12	16	Собеседование. Контрольная работа. 10 часов
Раздел 2. Аппаратура и методика.		4		12	16	Коллоквиум. Контрольная работа. 14 часов
Раздел 3. Направления инженерной и технической геофизики. Принципы и подходы при интерпретации данных инженерно-геофизической съемки и съемки на технических объектах.		4		12	16	Собеседование. Контрольная работа. 14 часов
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>						12 часов
Итого	108			52		56

Содержание разделов дисциплины:

Введение

Указывается место дисциплины в ООП. Структура курса. *Геологическая среда* как предмет исследования инженерной геофизики. *Взаимодействие инженерно-геотехнических объектов с геологической средой* как предмет исследования технической геофизики. *Экотехносфера* как верхняя часть геологической среды с максимальной мощностью 100м (превалирование внешних, экзогенных природных процессов, которые накладываются на деятельность человека). *Эндотехносфера* как нижняя часть геологической среды с максимальной мощностью 100м (превалирование внутренних, эндогенных природных процессов, которые накладываются на деятельность человека). Эффективность изучения геологической среды определяется правильным выбором комплекса геофизических методов и созданием адекватной *физико-геологической модели (ГСС, 2D- и 3D- среды, градиентные среды)*. Трудности в инженерной геофизике связаны с *техническими* (электромагнитные и акустические поля промышленного происхождения), *природными* (электромагнитные и акустические поля природного происхождения) и геологическими помехами (небольшие приповерхностные неоднородности практически неизменные во времени и сильно осложняющие ФГМ). Общее понятие о *массиве горных пород* как о структурно обособленной части геологической среды, на которую воздействует или будет воздействовать сооружение.

Краткие исторические сведения об изучении объектов технической геофизики, физических свойств вмещающей геологической среды и технических подземных сооружений. Становление технической геофизики в России, ее роль и место в современной геологической науке.

Раздел 1. Особенности инженерно-геологических и геотехнических исследований

Особенности выполнения инженерных геофизических исследований:

- большой объем априорной информации и жесткий внутренний и внешний контроль результатов полевой съемки и результатов интерпретации,
- требование высокой точности и высокой разрешающей способности геофизических методов при высоком уровне промышленных, электромагнитных помех и высоком уровне приповерхностных геологических помех, большое количество инженерных сетей, мешающих работе,
- пространственная стесненность в городах и промышленных площадках, невозможность размещения установок непосредственно над объектом, ограниченность площадок по размерам для достижения требуемой глубинности,
- многостадийность в интерпретации данных и требование высокой скорости выполнения работ вне зависимости от условий проведения работ,
- широкий спектр задач и ограниченность возможностей геофизики.

В курсе рассматриваются электрические и ЭМ свойства грунтов, а также факторы, влияющие на эти свойства, такие как пористость, влажность и минерализация поровой влаги, ионообменная емкость грунта, зернистость, размеры пор, зона аэрации и полного водонасыщения, капиллярная кайма, коррозионная опасность. Грунт может быть не только неоднородным, но и анизотропным. Одним из элементов оценки степени уязвимости грунтов является оценка коэффициента фильтрации, методы электроразведки дают возможность такой быстрой оценки на обширных территориях, например, по степени глинистости грунта.

Удельное электрическое сопротивление ГП. Связь электрических параметров с физико-механическими и водными свойствами ГП для каждого района исследований. Эмпирические формулы для литологии, глинистости и пластичности по Шарапанову, Черняку и Барону. Определение коэффициента глинистости K_g по известному сопротивлению толщ переслаивания песка, сопротивлению песка и сопротивлению глин

при равной мощности слоев. Определение коэффициента общей пористости K_p через электрический параметр пористости (например, один из простейших вариантов $P=0.6/K_p^{2.15}$, где $P=\rho/\rho_b$). Определение водоотдачи (открытой пористости) через коэффициент глинистости, сопротивление водонасыщенных песков, сопротивление глин и сопротивление песчано-глинистой толщ. Определение коэффициента фильтрации через коэффициент влагопроводности в зоне аэрации и коэффициент влажности. Определение общей минерализации подземных вод по сопротивлению воды.

Характеристика возбуждаемых и измеряемых электромагнитных полей в методах постоянного тока, низкочастотного индукционного диапазона и при георадарных исследованиях: краткие теоретические основы методов электроразведки, форма и амплитуда возбуждаемых и принимаемых сигналов, частотный диапазон, глубинность методов и разрешающая способность методов в горизонтальном и вертикальном направлении.

Физические модели среды и типы упругих волн. Продольные и поперечные волны. Поверхностные волны Рэлея. Поверхностные волны Лява. Коэффициент поглощения и декремент поглощения. Три упругие волны, возникающие в анизотропной среде.

Сейсмические и сейсмоакустические волновые поля: основы малоглубинной сейсморазведки, способы возбуждения упругих колебаний, форма и тип волн, возбуждаемый этими системами, методики съемки, распространение, преломление и отражение импульсных волн в поглощающих средах, упругие характеристики среды, которые мы реально получаем в результате сейсмических исследований, глубинность сейсмических методов и реальные возможности по разрешающей способности сейсмических методов. Особенности проявления шума на волновых картинах. Пространственные и временные диапазоны интерференции волн различной природы. Физические ограничения в сейсморазведке.

Раздел 2. Аппаратура и методики геофизических исследований при решении инженерно-геологических и технических задач

Современная отечественная и зарубежная электроразведочная аппаратура для наземных исследований: георадарные системы, одноканальная аппаратура постоянного тока, многоканальная и многоэлектродная аппаратура для электротомографии, аппаратура для метода становления поля, теллурических зондирований в аудио частотном диапазоне, аппаратура для метода вызванной поляризации. Особенности и различия зарубежной и отечественной аппаратуры по следующим характеристикам: частотный диапазон, ток и измеряемые сигналы, число каналов и число электродов, производительность, габариты и вес аппаратуры.

В технической геофизике часто рассматриваются положения трехмерных объектов в геологической среде. Для определения их местоположения существует несколько методик - метод срединного градиента (СГ), метод двух составляющих (МДС), векторная съемка (ВИЭП), 2D и 3D электротомография (ЭТ).

Обзор сейсмической аппаратуры и оборудования для наземных измерений: технические средства и способы возбуждения, приема и регистрации упругих волн при сейсмических исследованиях. Особенности скважинных измерений. Современные направления в развитии сейсмической аппаратуры. Примеры и особенности отечественной и зарубежной аппаратуры.

Раздел 3. Направления инженерной и технической геофизики. Принципы и подходы в интерпретации геофизических данных при решении инженерно-геологических и геотехнических задач

Направления инженерной геофизики:

Литологическое расчленение массивов горных пород. Комплекс сейсмических, электроразведочных и магнитометрических методов. Расчленение грунтов с помощью

электроразведки на пески, супеси, суглинки, глины и скальные грунты с невысокой точностью определения мощностей из-за действия принципа эквивалентности. Структурное расчленение песчано-глинистого разреза, и картирование кровли скальных грунтов по сейсморазведке с высокой точностью по глубинам. Картирование зон разрывных нарушений по магниторазведке.

Геофизические исследования карстово-суффозионных процессов. Карстующиеся породы и признаки их присутствия. Стадии развития и формы встречающегося карстового процесса. Задачи, которые ставятся перед геофизическими исследованиями при исследованиях карстующихся пород. Комплекс геофизических методов при изучении состояния карстующихся пород: георадар, вертикальные электрические зондирования и профилирование, становление поля, сейсморазведка, естественное поле. Примеры выполнения геофизических исследований при картировании карста.

Геофизика на оползнях. Структура и типы оползней. Стадии развития оползневого процесса. Физическое состояние и свойства грунтов на оползнях. Геофизические методы исследования оползней. Методика геофизических исследований на оползнях. Примеры геофизических исследований на оползнях.

Геофизические методы обнаружения и картирования малоамплитудных тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости. Геологическое строение и физическая модель малоамплитудного тектонического нарушения. Геофизическое картирование малоамплитудных тектонических нарушений на подрабатываемых территориях крупных городов. Примеры картирования малоамплитудных нарушений в Восточной Украине.

Геофизические методы при изучении плавунных песков. Плавунные грунты – угроза для строительства наземных и подземных сооружений. Формы залегания плавуннов. Электромагнитные и упругие свойства плавунных песков. Геофизические методы при картировании плавуннов.

Геофизические исследования при изучении зоны выветривания. Физико-геологические модели зон выветривания. Моделирование зон выветривания. Постепенное уменьшение трещиноватости с глубиной. Мозаичность зон выветривания.

Направления технической геофизики

Магистральные трубопроводы, водопроводные трубы, силовые кабели и кабели связи в земле подвергаются агрессивному воздействию среды. Существуют разные и довольно развитые технические методы для обнаружения, локализации линейных сооружений, оценки их технического состояния и прогноз их срока жизни.

Одной из распространенных задач технической геофизики является оценка глубины заложения свай и фундаментов. Такие оценки опираются на теорию, на сложившиеся методики, приемы обработки и интерпретации результатов измерений.

Человек окружает себя транспортной сетью - дорогами, сопровождаемыми тоннелями и мостами. Период безопасной эксплуатации транспортных сетей зависит от качества изысканий перед их сооружением, от контроля их технического состояния и своевременного ремонта, а также от оценки качества после ремонта.

Сильные техногенные загрязнения геологической среды возникают под влиянием свалок бытовых и промышленных отходов и хвостохранилищ вблизи разработки месторождений полезных ископаемых. Рассматривается масштаб проблемы, степень влияния на здоровье человека, на флору и фауну, подземные и поверхностные воды.

Утечки из водоемов и водопроводных сетей приводят к потерям питьевой воды и к переувлажнению грунта, которое может вести к росту коррозионной агрессивности грунта, росту сейсмической опасности, провоцирование карстовых и суффозионных явлений. Поэтому средства контроля за процессами утечек представляют собой важную задачу технической геофизики.

Блуждающие токи, уходящие из линий электропередач, из систем электрического транспорта (трамвай, поезд) и мощных заземлений являются источниками помех и

вызывают ускоренную коррозию труб и кабелей в зоне действия блуждающих токов. Рассматриваются методы и принципы выявления блуждающих токов, система мониторинга за этим опасным явлением и меры, направленные на уменьшение вреда от его воздействия.

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

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

Для стимулирования самостоятельной работы студентов в течение всего семестра, по завершении трех разделов дисциплины проводятся 3 письменные контрольные работы. Для усвоения второй части курса, посвященной теории электроразведочных методов, студенты выполняют самостоятельные 2 лабораторные задачи по интерпретации геофизических данных. Для глубокого усвоения материала по итогам прослушанного курса студенты самостоятельно подготавливают письменные рефераты и доклады на темы, связанные с инженерной электроразведкой. Студенты, которые успешно написали контрольные работы, выполнили и сдали практические работы, подготовили и сдали рефераты, допускаются к экзамену.

Примерная тематика заданий для самостоятельной работы

1. Подготовка рефератов на следующие темы:

- Электрическое сопротивление терригенных и скальных грунтов. Связь удельного сопротивления с физико-механическими свойствами грунтов.
- Диэлектрическая проницаемость терригенных и скальных грунтов.
- Поляризуемость терригенных и скальных грунтов.
- Упругие свойства терригенных и скальных грунтов. Результаты сейсморазведки и физико-механические свойства грунтов.
- Электромагнитные свойства воды и сезонные изменения свойств воды.
- Диэлектрическая проницаемость мерзлых грунтов.
- Электрическое сопротивление мерзлых грунтов.
- Поляризуемость мерзлых грунтов.
- Электрическое сопротивление, ВП и СВП и их связь с петрофизическими свойствами грунтов.
- Анизотропия сопротивления
- Оценка технического состояния магистральных трубопроводов
- Нефтяные загрязнения
- Глубина фундаментов и свайных конструкций
- Свалки и хвостохранилища

2. Подготовка докладов по темам:

- Геофизические исследования карста.
- Геофизические исследования на оползнях.
- Геофизические поиски малоамплитудных тектонических нарушений.
- Геофизические исследования плавунных песков.
- Азимутальные измерения в электроразведке.
- Векторные измерения в электроразведке.
- Измерения магнитного поля на постоянном токе.
- Электроразведка в геофизическом комплексе при решении инженерно-геологических задач.
- Геофизика и строительство.
- Геофизика в городах и на промышленных предприятиях.
- Горизонтально-слоистый разрез, двумерная электротомография, векторная электротомография, электротомографический мониторинг. Что дальше?

- Как построить окончательный инженерно-геологический разрез по данным геофизики и бурения.
- Оценка коэффициента фильтрации электроразведкой
- Изучение сложных 3Д объектов с помощью инвариантов в СГ, ВЭЗ и ЭП МДС, 3D-электротомография и векторных измерений (ВИЭП)
- Электроразведка при изысканиях на транспорте
- Утечки воды из водоемов и трубопроводов
- Блуждающие токи

Для текущего контроля успеваемости проводится 1 коллоквиум и три контрольных работ, а промежуточная аттестация проводится в виде экзамена, на котором студенты должны показать свои знания по следующему списку вопросов.

Примерный перечень контрольных вопросов при проведении промежуточной аттестации (экзамен):

1. Определение термина *Геологическая среда, Экзотехносфера, Эндотехносфера* и физико-геологические модели в инженерной геофизике. Природа помех в инженерной геофизике. Массив горных пород. Особенности инженерно-геологических исследований.
2. Удельное электрическое сопротивление ГП. Связь электрических параметров с физико-механическими и водными свойствами ГП
3. Характеристика возбуждаемых и измеряемых электромагнитных полей в методах постоянного тока и низкочастотного поля.
4. Современная отечественная и зарубежная электроразведочная аппаратура для наземных исследований
5. Физические модели среды и типы упругих волн.
6. Сейсмические и сейсмоакустические волновые поля: основы малоуглубинной сейморазведки, способы возбуждения упругих колебаний, форма и тип волн, возбуждаемый этими системами, методики съемки.
7. Обзор сейсмической аппаратуры и оборудования для наземных измерений: технические средства и способы возбуждения, приема и регистрации упругих волн при сейсмических исследованиях.
8. Особенности скважинных сейсмических наблюдений.
9. Современные направления в развитии сейсмической аппаратуры.
10. Литологическое расчленение массивов горных пород.
11. Геофизические исследования карстово-суффозионных процессов.
12. Геофизика на оползнях.
13. Геофизические методы обнаружения и картирования малоамплитудных тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости.
14. Геофизические методы при изучении плавунных песков.
15. Геофизические исследования при изучении зоны выветривания.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Незачет»	«Зачет»
Знания: (в соответствии с разделом 3 данной программы)	Знания отсутствуют	Систематические или общие, но не структурированные

		знания
Умения: (в соответствии с разделом 3 данной программы)	Умения отсутствуют	Успешное умение или в целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера
Владения: (в соответствии с разделом 3 данной программы)	Навыки владения отсутствуют	Владение навыками

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Электрическое зондирование геологической среды. Часть 1. Прямые задачи и методика работ. //Под ред. В.К. Хмелевского и В.А. Шевнина. М., 1988, 176 с.
2. Электрическое зондирование геологической среды. Часть 2. Интерпретация и практическое применение. //Под ред. В.К. Хмелевского и В.А. Шевнина. М., 1992, 200 с.
3. Электроразведка методом сопротивлений //Под ред. В.К. Хмелевского и В.А. Шевнина. М., 1994, 160 с.
4. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики. Учебник для вузов. /Под редакцией В.А. Богословского. -М.: Недра, 1990, - 501 с.
5. Ляховицкий Ф.М., Хмелевской В.К., Яценко З.Г. Инженерная геофизика. –М.: Недра, 1989, - 252 с.
6. Колесников В.П. Основы интерпретации электрических зондирований. - М.: Научный мир, 2007. - 248 с.
7. Жданов М.С. «Электроразведка». -М.: Недра, 1986, 316 с.
8. Калинин А.В., Калинин В.В., Пивоваров Б.Л. Сейсмоакустические исследования на акваториях. М., Недра, 1983, 204 с.
9. В.А. Комаров. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л.: Недра, 1980, 391 с.

- дополнительная литература:

1. Геологические проблемы Московской агломерации. Сб. научн. тр./Под ред. Г.А. Голодковской, А.В. Калинина. – М.: Изд-во МГУ, 1991, – 192с.
2. Черняк Г.Я. Электромагнитные методы в гидрогеологии и инженерной геологии. – М.: Недра, 1987, -213 с.
3. Геоэкологическое обследование предприятий нефтяной промышленности. Под ред. проф. В.А. Шевнина, доц. И.Н. Модина. –М.: РУССО, 1999, - 511 с.

Б) Материально-техническое обеспечение:

- специализированное помещение на 20 человек,
- компьютерный класс с выходом в Интернет.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватели – Модин И.Н., Шевнин В.А.

11. Авторы программы – Модин И.Н., Шевнин В.А.