

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан геологического
факультета, чл.-корр. РАН



/ Еремин Н.Н. /

«25» сентября 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Сейсморазведка

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки:

05.03.01. Геология

Профиль программы бакалавриата:

Геофизика

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № 6 от 08 сентября 2025 г.)

Москва 2025

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.03.01 Геология, утвержденным приказом по МГУ от 30.12.2016 № 1674 (в действующей редакции).

Год (годы) приема на обучение – 2023.

© 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 курса "Сейсморазведка" является освоение студентами основ теории распространения сейсмических волн, методов сейсморазведки, аппаратуры и методики сейсмических исследований, обработки и интерпретации данных; развитие у студентов навыков проведения полевых сейсмических наблюдений и обработки данных.

Задачи – освоение теоретических основ сейсмических методов исследований; ознакомление с принципами работы приемно-регистрирующей аппаратуры; ознакомление с методиками проведения полевых работ; ознакомление с принципами и методиками обработки и интерпретации данных; получение практических навыков в цифровой обработке данных.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс «Сейсморазведка» в 5 семестре представляет собой вводный курс и содержит основные положения сейсморазведки. Обсуждается сущность сейсморазведки, ее место среди геофизических методов, теоретические основы метода. Показано влияние различных факторов на значения скорости распространения сейсмических волн. Приводятся кинематические особенности распространения различных типов сейсмических волн, которые могут присутствовать на сейсмических записях. Рассматриваются способы решения обратной задачи сейсморазведки в методах отраженных и преломленных волн. Обсуждаются вопросы методики проведения сейсморазведочных работ. Рассматриваются основные этапы обработки сейсмических данных методами МОВ и МПВ.

Курс «Сейсморазведка» в 6 семестре включает в себя основы кинематики. Рассматривается задачи выбора оптимальной геометрии систем наблюдения в методах МОВ и МПВ. Изучается базовый граф обработки данных МОВ.

В дисциплине «Сейсморазведка» в 7 семестре рассматривается теория кинематики сейсмических волн в вертикально-неоднородных средах. Аналитически показан вывод уравнений лучей, фронтов и годографов рефрагированных волн для вертикально-неоднородных сред. Приводятся способы решения обратной задачи для вертикально-неоднородных сред: Герглотца-Вихерта–Чибисова и Кондратьева. Рассматривается кинематика распространения рефрагированных и отраженных волн для простейших моделей вертикально-неоднородных сред. Показаны способы решения обратной задачи сейсморазведки для двумерно-неоднородных сред методом сейсмотомографии. Кроме того, рассматриваются теоретические основы цифровой обработки сейсмических данных: преобразование Фурье, Z- преобразование, фильтрация, деконволюция, миграция, AVO – анализ, преобразование Гильберта

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, профильные дисциплины, курс – III и IV, семестр – 5, 6, 7.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

Дисциплина базируется на следующих естественнонаучных курсах: «Теория функций комплексной переменной», «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Аналитическая геометрия», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Уравнения математической физики», «Физика», «Механика сплошных сред», «Общая геология», «Информатика», «Введение в специальность», «Теория поля»,

«Интегральные преобразования» и формирует знания, необходимые студентам для написания выпускной квалификационной работы, а также при решении научно-исследовательских, производственно-технологических задач в будущей профессиональной деятельности.

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-1 на уровне бакалавриата, ОПК-2 на уровне бакалавриата, ОПК-3 на уровне бакалавриата	ОПК-1.Б – способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично). ОПК-2.Б – способен использовать знание теоретических основ фундаментальных геологических дисциплин при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности (формируется частично). ОПК-3.Б – способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично);	Знать: теоретические основы распространения сейсмических волн; принципы функционирования сейсмической аппаратуры; методику проведения полевых сейсмических наблюдений; теоретические основы цифровой обработки сейсмических данных; основы интерпретации данных; Уметь: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; применять знания о современных методах приема и регистрации сейсмической информации; анализировать работу геофизической аппаратуры, способы ее правильного применения и настройки; профессиональную потребность отслеживать тенденции и направления развития эффективных технологий геологической разведки, проявлять профессиональный интерес к развитию смежных областей.

СПК-1 на уровне бакалавриата	СПК-1.Б (1) – способен проводить поиск, критический анализ, обобщение и систематизацию научной информации в области сейсморазведки (формируется частично).	Владеть: основными методами, способами и средствами получения, хранения и обработки информации, иметь навыки обработки данных и работать с компьютером как средством управления информацией; научно-методическими основами и стандартами в области геофизической аппаратуры и уметь применять их.
-------------------------------------	---	---

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия.

5. Объем дисциплины составляет **8 з.е.** (288 ак. часов), в том числе **154** академических часа аудиторной нагрузки, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, из них **70** часов – занятия лекционного типа, **27** часов – практических занятий, **57** часов – занятия семинарского типа. **134** академических часа отводится на самостоятельную работу обучающихся. Форма аттестации – зачеты в **5, 6** семестрах, экзамен в **7** семестре.

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

5 семестр

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (ак. часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы	Самостоятельная работа обучающегося, часы (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)

		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Сущность сейсморазведки и ее место среди геофизических методов. Физические основы сейсморазведки. Скорости распространения сейсмических волн в горных породах.		2	-	-	2	Подготовка к контрольному опросу, 5 часов
Раздел 2. Сейсмические волны и их кинематические характеристики.		4	-	-	4	Подготовка к контрольному опросу, 5 часов
Раздел 3. Методы отраженных и преломленных волн.		2	-	-	2	Подготовка к контрольному опросу, 5 часов
Раздел 4. Аппаратура и методика сейсмических наблюдений.		2	-	-	2	Подготовка к контрольному опросу, 5 часов
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>						10
Итого	40	10				30

6 семестр

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (ак. часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы	Самостоятельная работа обучающегося, часы (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)

		Занятия лекционного о типа	Практическ ие занятия	Занятия семинарско го типа	Всего	
Раздел 1. Системы наблюдения в наземной и морской сейсморазведке.		4	1	2	7	Подготовка к контрольному опросу 6 часов
Раздел 2. Прямая и обратная кинематическая задача. Получение и обработка данных метода отраженных волн.		4	1	4	9	Подготовка к контрольному опросу 6 часов
Раздел 3. Получение и обработка данных метода преломленных волн		4	1	6	11	Подготовка к контрольному опросу 6 часов
Раздел 4. Основы динамики. Волновые уравнения. Смещение продольных и поперечных волн. Упругие модули.		4	2	6	12	Подготовка к контрольному опросу 6 часов
Раздел 5. Основы динамики. Отражение и преломление плоских волн на плоской границе между двумя упругими полупространствами.		4	2	6	12	Подготовка к контрольному опросу 6 часов
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>						10
Итого	91	51				40

7 семестр

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (ак. часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы	Самостоятельная работа обучающегося, часы (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)

		Занятия лекционн ого типа	Практиче ские занятия	Занятия семинарск ого типа	Всего	
Раздел 1. Общие свойства лучей, уравнения лучей, фронтов и голографов рефрагированных волн в вертикально-неоднородных средах.		6	-	-	6	Подготовка к контрольному опросу, 5 часов
Раздел 2. Решения обратной задачи для вертикально-неоднородных сред.		6	-	-	6	Подготовка к контрольному опросу, 5 часов
Раздел 3. Кинематика распространения рефрагированных и отраженных волн для простейших моделей вертикально-неоднородных сред.		6	-	-	6	Подготовка к контрольному опросу, 10 часов
Раздел 4. Решения обратной задачи для двумерно-неоднородных сред.		6	5	10	21	Подготовка к контрольному опросу, 10 часов
Раздел 5. Предварительный граф обработки сейсмических сигналов.		8	5	11	24	Подготовка к контрольному опросу, 12 часов
Раздел 6. Расширенный граф обработки сейсмических сигналов.		8	10	12	30	Подготовка к контрольному опросу, 12 часов
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>						10
Итого	157		93			64

РАЗВЕРНУТОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ И РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

5 семестр

Введение

Сущность сейсморазведки и ее место среди геофизических методов. Принципиальная схема проведения полевых сейсморазведочных работ. Модели сред в сейсморазведке. Виды сейсморазведки.

Физические основы сейсморазведки. Основные положения теории упругости. Типы сейсмических волн. Волновое уравнение. Сферические волны. Амплитудный спектр сейсмических колебаний. Принципы (постулаты) и законы теории распространения сейсмических волн. Разрешающая способность сейсморазведки. Распространение сейсмических волн в неидеально упругих средах. Коэффициенты отражения и прохождения.

Скорости распространения сейсмических волн в горных породах. Способы определения скоростей сейсмических волн. Типы сейсмических скоростей, используемые в сейсморазведке.

Сейсмические волны и их кинематические характеристики. Сейсмограмма и ее элементы. Прямые, поверхностные, дифрагированные, отраженные, преломленные волны и их годографы ОПВ для одной границы раздела и в многослойной среде.

Метод преломленных волн. Определение природы волн, пришедших в первых вступлениях. Выбор модели геологической среды. Способ « t_0 » для интерпретации годографов головных волн.

Метод отраженных волн. Метод непрерывного сейсмического профилирования. Метод георадиолокации. Способы формирования сейсмограмм при многоканальных исследованиях методом отраженных волн. Эффективная, предельная эффективная и пластовые скорости в методе отраженных волн. Решение обратной задачи по одиночным годографам отраженных волн. Метод общей глубинной точки.

Методика сейсмических наблюдений. Системы наблюдений в сейсморазведке. Параметры систем наблюдения в сейсморазведке.

Сейсморазведочная аппаратура и техника. Источники упругих колебаний. Приемники сейсмических колебаний. Сейсмические косы. Сейсмические станции.

6 семестр

Основные положения метода отраженных волн.

Отражение от системы горизонтальных слоев, залегающих на полупространстве.

Кинематика кратных отраженных волн и основы метода общей глубинной точки.

Типы помех. Понятие зоны малых скоростей. Расчет статических поправок. Кинематические поправки и скоростной анализ. Краткие сведения о стандартных процедурах обработки.

Методика наблюдения в методе МОВ.

Метод преломленных волн. Головные волны. Сейсморазведка на преломленных (головных волнах).

Метод преломленных волн. Рефрагированные волны.

Головные волны от тонких слоев и слоев ограниченной мощности. Основные типы сред, в которых распространяются рефрагированные волны. Влияние ступени в рельефе преломляющей границы на особенности волновой картины.

Система наблюдений МПВ.

7 семестр

Расширенный граф обработки данных МОВ-ОГТ. Мультиплексный/демультиплексный формат сейсмической записи.

Свертка: определение, физический смысл, свойства, примеры. Свертка, ФВК, АКФ в дискретном и аналоговом виде, примеры. Свертка в матричном виде, примеры.

Преобразование Фурье непрерывных периодических и непериодических сигналов. Спектральная плотность, амплитудный и фазовый спектры: определение, физический смысл, примеры. Дискретное преобразование Фурье. 2D преобразование Фурье

Z-преобразование: определение, оператор единичной задержки, примеры. Связь свертки и Z-преобразования.

Минимально-фазовый сигнал, нуль-фазовый сигнал.

Обратная фильтрация.

Метод наименьших квадратов: определение, примеры.

Постановка задачи оптимальной фильтрации, фильтр Винера. Веерная фильтрация.

Постановка задачи деконволюции. Виды деконволюции: сжатия, предсказывающая, формирующая.

Методы компенсации потерь амплитуды сейсмической записи.

Статические поправки: определение, физический смысл, допущения.

Группирование линии возбуждения, приемной линии.

Коэффициент отражения. Уравнения Цёппритца.

AVO-анализ: определение, решаемые задачи, алгоритм, ограничения.

Преобразования Гильберта: определение.

Частотная и амплитудная модуляция.

Аналитический сигнал, мгновенная частота, мгновенная амплитуда.

Миграция сейсмических данных: задачи миграции. Разновидности миграции. Алгоритмы миграции.

Модели сейсмических сред. Типы сейсмических границ.

Вертикально-неоднородные среды, как предельный случай горизонтально-слоистых сред. Рефрагированные волны. Параметр луча и его физический смысл. Кривизна лучей и ее связь с градиентом скорости. Свойства лучей рефрагированных волн. Симметрия лучей и годографов для вертикально-неоднородной среды. Кратные рефрагированные волны.

Уравнения лучей, фронтов и годографов для произвольного и линейного закона изменения скорости с глубиной.

Определение скорости $V(z)$ по годографам рефрагированных волн. Постановка обратной задачи. Исходное уравнение, сведение его к интегралу Абеля. Решение интеграла Абеля. Формула Чибисова для определения глубины проникновения луча рефрагированной волны.

Способ Герглота-Вихерта-Чибисова. Эмпирическая формула Кондратьева.

Преломленно-рефрагированные волны, их лучевые траектории и годограф. Отраженно-рефрагированные волны, их лучевые траектории и годограф для различных скоростных законов, содержащих границу первого рода.

Модель среды, содержащей слой с быстрым возрастанием скорости. Формула Герглота-Вихерта-Чибисова для этой модели. Модель среды с волноводом. Возможность определения мощности волновода и скорости в волноводе.

Прямые, преломленные и отраженные волны. Их лучевые траектории и годографы для различных скоростных законов. Параметрические уравнения годографов прямой рефрагированной, отраженной и рефрагированной волн в среде с вертикальным градиентом скорости.

Метод сейсмической томографии. Постановка задачи сейсмической томографии, параметризация модели, дискретизация модели, уравнение прямой задачи в интегральном виде, линеаризация прямой задачи. Матрица оператора прямой задачи, вычисление компонент матрицы оператора прямой задачи, способы построения лучевого покрытия: метод пристрелки, метод изгиба луча, решение ур-я Эйконала. Решение обратной задачи, система нормальных уравнений, разложение по собственным векторам: решение с минимальной нормой, дисперсия компонент вектора параметров модели, регуляризация Тихонова, Байесовский подход.

Внутреннее строение планеты Земля. Скорости и градиенты скорости внутри Земли.

Содержание практических занятий.

Практические работы по сейсморазведке в 6 семестре.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практической работы	Количество ак. часов	Коды формируемых компетенций
1		Практическая работа 1. Рассчитать геометрию системы наблюдения МОВ.	1	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б

2		Практическая работа 2. Рассчитать геометрию системы наблюдения МПВ.	1	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
3		Практическая работа 3. Рассчитать предельную эффективную скорость, кажущуюся скорость, среднюю скорость.	1	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
4		Практическая работа 4. Рассчитать статические поправки.	1	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
5		Практическая работа 5. Рассчитать кинематические поправки.	1	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
6		Практическая работа 6. Рассчитать акустический импеданс для заданной модели сред.	1	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б

7		Практическая работа 7. Рассчитать модуль Юнга и коэффициент Пуассона по заданным значениям скоростей в среде.	1	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
Итого ак. часов практических занятий			7	

Практикум по сейсморазведке в 7 семестре.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Количество ак. часов	Коды формируемых компетенций
1		Практикум 1. Базовый анализ сейсмических данных в программе SeisPro.	2	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
2		Практикум 2. Обработка данных морского НСП. Определение коэффициента отражения от дна. SeisPro, чтение данных, присвоение геометрии и бинировании сейсмических данных.	2	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б

3		Практикум 3. Определение модели среды методом MASW.	2	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
4		Практикум 4. Расчет атрибутов качества и кратности сейсмических данных в программе SeisPro.	2	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
5		Практикум 5. Работа с кросс-плотами в SeisPro – карта системы наблюдений, карта кратности, карта распределения удалений, карта отношения сигнал-шум.	2	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
6		Практикум 6. Обработка данных наземного инженерного ОГТ в программе SeisPro.	4	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
7		Практикум 7. Обработка данных нефтяного ОГТ в программе SeisPro. Получение суммарного разреза.	4	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б

8		Практикум 8. Построение сейсмического разреза методом сейсмотомографии.	2	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
Итого ак. часов практических занятий			20	

Всего 27 ак. часов практических занятий.

Содержание семинаров.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Содержание семинаров, 6 семестр	Количество часов	Коды формируемых компетенций
1		Семинар 1. Практическая работа с построением системы наблюдения МОВ на обобщенной плоскости.	2	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
2		Семинар 2. Расчет пластовой скорости по эффективным скоростям для метода МОВ.	6	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б

3		Семинар 3. Получение граничной скорости для системы 4 годографов МПВ.	6	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
4		Семинар 4. Практическая работа с построением системы наблюдения МПВ на обобщенной плоскости.	4	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
5		Семинар 5. Расчет коэффициента отражения и преломления от границы двух сред для нормального падения для Р- и S-волн.	6	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
Итого часов семинарских занятий, 6 семестр			24	

№ п/п	№ раздела дисциплины	Содержание семинаров, 7 семестр	Количество часов	Коды формируемых компетенций
1		Семинар 1. Практическая работа с программой, где реализован метод сейсмотомографии.	8	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б

2		Семинар 2. Получение временного разреза стандартным графом обработки.	8	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
3		Семинар 3. Получение временного разреза расширенным графом обработки.	8	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
4		Семинар 4. Преобразование временного разреза в глубинный. Миграция, постмиграционная обработка.	9	ОПК-3.Б ОПК-4.Б ПК-2.Б
Итого часов семинарских занятий, 7 семестр			33	

Рекомендуемые образовательные технологии.

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

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

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных практических работ.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы/работы. Результат каждого задания оценивается по пятибалльной шкале и суммарный результат учитывается при сдаче экзамена.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля в 5 семестре.

1. Какие модели сред используются в сейсморазведке?
2. На каких положениях основана теория сейсморазведки?
3. От каких факторов среды зависит скорость распространения сейсмических волн?
4. Какие регулярные сейсмические волны могут присутствовать на сейсмических записях?
5. Как проводится построение сейсмического разреза в методе преломленных волн?
6. Как проводится построение сейсмического разреза в методе отраженных волн?
7. Какими параметрами характеризуются системы наблюдения в сейсморазведке?
8. Какие источники и приемники сейсмических колебаний применяются в сейсморазведке?
9. Каково назначение и устройство сейсморазведочных станций?
10. Какова принципиальная схема проведения полевых работ методами отраженных и преломленных волн?

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля в 6 семестре.

1. Что такое вынос? Какие сортировки данных вы знаете?
2. Что такое общая средняя точка? В чем отличие годографа ОПВ от годографа ОГТ?
3. Что такое эффективная скорость и как она связана со средней скоростью?
4. Какие ограничения наложены на применения формулы Дикса?
5. Что такое вертикальная и горизонтальная разрешающая способность?
6. Что такое алейсинг?
7. Что такое сверточная модель сейсмотрассы?
8. Что такое импеданс?
9. Как рассчитать коэффициент отражения для нормального падения?

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля в 7 семестре.

1. Годографы каких волн рассматриваются в методе Чибисова?
2. Какая модель среды заложена в алгоритме метода Чибисова?
3. По каким признакам на годографах первых вступлений можно судить о вертикальной и латеральной неоднородности среды?
4. Чем определяется глубинность разреза, полученного МПВ? От чего зависит детальность разреза, полученного МПВ?
5. Какие способы интерпретации могут быть использованы в случае регистрации в первых вступлениях рефрагированных волн? Какие на них накладываются ограничения?
6. Могут ли разрезы, полученные методом Чибисова, содержать участки с пониженной скоростью?
7. Какие границы называются границами первого и второго рода?

8. Что собой представляет луч рефрагированной волны в вертикально-неоднородной среде?
9. Какие волны называются кратными рефрагированными? Как они образуются?
10. В каком случае годограф рефрагированной волны может быть задан в явном виде?
11. Что такое частотная фильтрация?
12. Что такое деконволюция?
13. Что такое миграция?

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации в 5 семестре.

1. Принципиальная схема проведения полевых сейсморазведочных работ. Модели сред в сейсморазведке. Виды сейсморазведки.
2. Основные положения теории упругости Сферические волны. Амплитудный спектр сейсмических колебаний. Принципы (постулаты) и законы теории распространения сейсмических волн. Распространение сейсмических волн в неидеально упругих средах. Коэффициенты отражения при нормальном падении.
3. Скорости распространения сейсмических волн в зависимости от литологии горных пород. Скорости распространения сейсмических волн в зависимости от плотности горных пород. Влияние пористости и порового флюида на скорость распространения сейсмических волн. Влияние давления, температуры, возраста и глубины залегания горных пород на скорость распространения сейсмических волн. Скорости сейсмических волн внутри Земли. Способы определения скоростей сейсмических волн. Типы сейсмических скоростей, используемые в сейсморазведке.
4. Прямые, поверхностные и дифрагированные волны и их годографы ОПВ. Законы отражения и преломления. Закон Снеллиуса. Кратные отраженные волны и их годограф ОПВ. Отраженные и головные волны в многослойной среде. Рефрагированная волна в градиентной среде и ее годограф ОПВ.
5. Определение природы волн, пришедших в первых вступлениях. Выбор модели геологической среды. Способ « t_0 » для интерпретации годографов головных волн. Способ Чибисова для интерпретации годографов рефрагированных волн.
6. Одноканальные методы отраженных волн. Эффективная, предельная эффективная и пластовые скорости в методе отраженных волн. Решение обратной задачи по одиночным годографам отраженных волн. Способы формирования сейсмограмм при многоканальных исследованиях методом отраженных волн. Метод общей глубинной точки (МОГТ). Годограф ОГТ и его свойства. Принципиальная схема получения временного разреза ОГТ. Подавление многократно отраженных волн.
7. Системы наблюдения в сейсморазведке. Параметры систем наблюдения в сейсморазведке.
8. Источники упругих колебаний. Приемники сейсмических колебаний. Сейсмические станции.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации в 6 семестре.

1. Что такое частота Найквиста и алиасинг?
2. Теорема Котельникова.
3. Типы анизотропии.
4. Групповая и фазовая скорость.
5. Эффекты при распространении сейсмических волн (расхождение, поглощение, дифракция, отражение, преломление).
6. АРУ и ПРУ.
7. Сверточная модель.
8. Деконволюция.
9. Вибросейс и свип-сигнал.
10. Искажения на разрезе НСП – антиклиналь, синклиналь, наклонный пласт.
11. Кинематика отраженной волны от наклонной границы (уравнение годографа ОПВ и ОГТ однократной и кратной волн).
12. Годограф отраженной волны в многослойной среде – скорость RMS и средняя.
13. Формула Дикса.
14. Сейсмотомография.
15. Поверхностные волны.
16. Метод MASW.
17. Разрешающая способность (вертикальная и горизонтальная).
18. Статические поправки.
19. Полосовая Фильтрация.
20. Кинематические поправки.
21. Типы суммирования.
22. Fk-фильтрация.
23. Типы шумов.
24. Мьютинг.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации в 7 семестре.

1. Модели сейсмических сред. Типы сейсмических границ.
2. Вертикально-неоднородные среды, как предельный случай горизонтально-слоистых сред. Рефрагированные волны. Параметр луча и его физический смысл. Кривизна лучей и ее связь с градиентом скорости. Свойства лучей рефрагированных волн. Симметрия лучей и годографов для вертикально-неоднородной среды. Кратные рефрагированные волны.

3. Уравнения лучей, фронтов и годографов для произвольного и линейного закона изменения скорости с глубиной.
4. Определение скорости $V(z)$ по годографам рефрагированных волн. Постановка обратной задачи. Исходное уравнение, сведение его к интегралу Абеля. Решение интеграла Абеля. Формула Чибисова для определения глубины проникновения луча рефрагированной волны.
5. Способ Герглотца-Вихерта-Чибисова. Эмпирическая формула Кондратьева.
6. Преломленно-рефрагированные волны, их лучевые траектории и годограф. Отраженно-рефрагированные волны, их лучевые траектории и годограф для различных скоростных законов, содержащих границу первого рода.
7. Модель среды, содержащей слой с быстрым возрастанием скорости. Формула Герглотца-Вихерта-Чибисова для этой модели. Модель среды с волноводом. Возможность определения мощности волновода и скорости в волноводе.
8. Прямые, преломленные и отраженные волны. Их лучевые траектории и годографы для различных скоростных законов. Параметрические уравнения годографов прямой рефрагированной, отраженной и рефрагированной волн в среде с вертикальным градиентом скорости. Внутреннее строение планеты Земля. Скорости и градиенты скорости внутри Земли.
9. Свойства систем годографов в двумерно-неоднородной среде (признаки латеральной неоднородности среды).
10. Метод сейсмической томографии.
11. AVO-анализ: определение, решаемые задачи, алгоритм, ограничения.
12. Аналитический сигнал, мгновенная частота, мгновенная амплитуда.
13. Свертка: определение, физический смысл, свойства, примеры. Свертка, ФВК, АКФ в дискретном и аналоговом виде, примеры.
14. Расширенный граф обработки данных МОВ-ОГТ.

Примерные вопросы для защиты практических работ в 6 семестре.

1. Что такое линия приема и линия возбуждения?
2. Что такое вынос и как его выбрать в методе МПВ?
3. Как связана глубинность и длина расстановки в МПВ?
4. Что такое поправки за ПВ и поправки за ПП?
5. Что такое линия приведения и какие принципы ее выбора?
6. Для чего необходимо вводить кинематические поправки?
7. В чем отличие статических и динамических модулей упругости?
8. Что такое геометрическое расхождение, поглощение и рассеяние?
9. Как рассчитать коэффициент отражения плоской волны, падающей на плоскую границу между двумя жидкостями?
10. Как рассчитать коэффициент преломления плоской волны, падающей на плоскую границу между двумя жидкостями?

Примерные вопросы для защиты практических работ в 7 семестре.

1. Как рассчитываются априорные статические поправки?

2. Как определить эффективную скорость по годографам отраженных волн?
3. Что такое присвоение геометрии и бинирование сейсмических данных?
4. Что такое балансировка амплитуд трасс?
5. Для чего требуется расширить спектр сигнала?
6. Что такое кинематические поправки и скоростной анализ?
7. Как определить коэффициент отражения от дна при работах методом НСП?
8. Что такое волны-спутники?
9. Как определить геометрию приемной расстановки из файла SEG-Y?
10. Для чего в процедуре деконволюции требуется вводить белый шум?

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания:	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: Расчет оптимальных параметров систем наблюдения	Умения отсутствуют	Не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать	Успешное умение использовать
Владения: Методами базовой обработки данных сейсморазведки МОВ и МПВ	Навыки владения методами отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированы навыки использования методов базовой обработки данных сейсморазведки МОВ и МПВ	Владение методами, использование их для решения задач

8. Ресурсное обеспечение.

Перечень основной и дополнительной литературы.

Основная литература:

1. Бреховских Л. М. Введение в механику сплошных сред: в приложении к теории волн / Л. М. Бреховских, В. В. Гончаров. — Москва: Наука, 1982. — 334 с.
2. Гайнанов В. Г. Сейсморазведка: руководство к практическим занятиям по курсу «сейсморазведка»: учебное пособие для студентов вузов / В. Г. Гайнанов. — Москва, 2006. — 148 с.

3. Ермаков А. П. Введение в сейсморазведку / А. П. Ермаков. — Тверь: Издательство ГЕРС, 2012. — 186 с.
4. Ермаков А. П. Сейсморазведка неоднородных сред / А. П. Ермаков, П. Ю. Степанов. — Москва: КДУ, 2018. — 122 с.
5. Ефимова Е. А. Сейсмическая томография: учебное пособие для студентов / Е. А. Ефимова. — Москва: Издательство Московского университета, 2005. — 121 с.
6. Терентьева Е. Б. Сейсморазведка / Е. Б. Терентьева. — Москва: Издательство МГУ, 2010. — 190 с.
7. Шериф Р. Сейсморазведка: в 2-х томах / Р. Шериф, Л. Гелдарт; перевод с английского. — Москва: Мир, 1987.

Дополнительная литература:

1. Кузнецов В. М. Многоволновая сейсморазведка: краткий библиографический справочник отечественных и зарубежных работ с 1960 по 2008 годы / В. М. Кузнецов. — Москва: Спектр, 2010. — 357 с.
2. Романюк Ю. А. Основы цифровой обработки сигналов: учебное пособие: в 3 частях. Часть 1. Свойства и преобразования дискретных сигналов / Ю. А. Романюк. — Москва: МФТИ, 2007. — 332 с.
3. Харкевич А. А. Спектры и анализ / А. А. Харкевич. — Москва: URSS: ЛИБРОКОМ, 2009. — 236 с.
4. Хильтерман Ф. Дж. Интерпретация амплитуд в сейсморазведке / Ф. Дж. Хильтерман; перевод с английского. — Москва: Издательство ГЕРС, 2010. — 251 с.
5. Шалаева Н. В. Основы сейсмоакустики на мелководных акваториях / Н. В. Шалаева, А. В. Старовойтов. — Москва: Издательство Московского университета, 2010. — 252 с.

Перечень лицензионного программного обеспечения: программа Seispro; Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint (при необходимости), программа ZondSt2D, программа SURFER.

Материально-технического обеспечение:

- а) лекционные аудитории с проектором и экраном.
- б) компьютерный класс на 30 мест, оборудованный IBM-совместимыми компьютерами под управлением ОС Windows-10 и выше.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – ст. преп. Терентьева Е.Б., вед. н.с. Ермаков А.П., асс. Турчков А.М.

11. Автор (авторы) программы – ст. преп. Терентьева Е.Б., вед. н.с. Ермаков А.П., асс. Турчков А.М.