

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ТЮМЕНСКИЙ НАУЧНЫЙ
ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

Принято Ученым советом
ТюмНЦ СО РАН
Протокол № 6

«06» сентября 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ТюмНЦ СО РАН
 А.Н.Багашев

«09» 09 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б.1.В/В.2 «Математические модели сейсморазведки»

Направление подготовки 05.06.01 Науки о Земле

Направленность (профиль) подготовки:

25.00.10 Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

Уровень высшего образования:
подготовка кадров высшей квалификации (аспирантура)

Присваиваемая квалификация:
«Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения: очная, заочная

Тюмень, 2019

Настоящая рабочая программа дисциплины «Математические модели сейсморазведки» (код дисциплины Б.1.В/В2) входит в состав вариативных дисциплин Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 05.06.01 Науки о Земле направленностей (профилей) 25.00.10 Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых и составлена на основании:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 05.06.01 Науки о Земле (уровень подготовки кадров высшей квалификации)//Приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 №870 с изменениями и дополнениями от 30 апреля 2015 года;
- Учебного плана подготовки аспирантов по направлению подготовки 05.06.01 Науки о Земле направленностей (профилей) 25.00.36 Геоэкология (по отраслям) и составлена на основании, утвержденного на заседании Ученого совета ТюмНЦ СО РАН от «22» декабря 2019г., протокол № 1.

В рабочей программе представлены цели и задачи дисциплины, методы преподавания и формы контроля, сформулированы требования к уровню ее освоения, дано краткое содержание разделов (тем), приведен список рекомендуемой основной и дополнительной литературы, предложены вопросы для текущего контроля, примерные тестовые задания для тестирования, темы докладов, тематика рефератов, перечень вопросов для промежуточного (итогового) контроля знаний (зачет).

Составители:
Скворцов А.Г.

Рабочая программа дисциплины «Математические модели сейсморазведки» утверждена на заседании Ученого совета ТюмНЦ СО РАН от «06» сентября 2019г., протокол № 6.

Зав.отделом аспирантуры



Устинова Е.В.

1.1. Цель учебной дисциплины

Целью освоения дисциплины «Математические модели сейсморазведки» является получение студентом комплекса знаний по ведущему геофизическому методу, который используется при исследовании земных недр и поиске и разведке месторождений углеводородов, рудных месторождений, при решении инженерных задач.

1.2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Математические модели сейсморазведки» входит в состав вариативных дисциплин Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы подготовки аспиранта, код дисциплины Б.1.В/В2.

РАЗДЕЛ 2. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕУЗЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- теоретические и физические основы разведочной сейсмики;
- свойства горных пород;
- характеристики сейсмической записи;
- аппаратуру и методику для наземных наблюдений;
- аппаратуру и методику морских исследований;
- скорости распространения сейсмических волн.

Уметь:

- выполнять все виды работ, связанных с поиском месторождений полезных ископаемых средствами сейсморазведки;
- применять вычислительную технику и программные средства для решения задач сейсморазведки;
- анализировать и обобщать фондовые данные.

Владеть:

- методами и способами цифровой обработки данных;
- математическим аппаратом, используемым при обработке и интерпретации сейсмических данных.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения

Код и содержание компетенции	Перечень планируемых результатов обучения
УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	ЗНАТЬ: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов УМЕТЬ: при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации

	<p>исходя из наличных ресурсов и ограничений ВЛАДЕТЬ: навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях ВЛАДЕТЬ: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>
<p>ПК-1. Готовность применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач геофизики с учетом мировых тенденций в соответствии с направленностью, организовывать работу исследовательского коллектива в этой области деятельности</p>	<p>ЗНАТЬ: методы исследования и решения профессиональных задач в геофизики с учетом мировых тенденций развития методов и средств в геофизики; приемы организации работы исследовательского коллектива в этой области. УМЕТЬ: применять методы исследования и решения профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития методов и средств геофизики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, исходя из мировых тенденций развития методов и средств геофизики; организовывать работы исследовательского коллектива в этой области. ВЛАДЕТЬ: перспективными методами исследования и решения профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития методов и средств геофизики, приемами и технологиями оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач, приемами организации работы исследовательского коллектива в этой области.</p>
<p>ПК-2. Способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в различных областях геофизики и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта.</p>	<p>ЗНАТЬ: методы проектирования комплексных научно-исследовательских и научно-производственных работ ЗНАТЬ: современное состояние исследований в области геофизики основные проблемы и перспективные направления развития в данной отрасли науки УМЕТЬ: формулировать актуальные научные проблемы в рамках области геофизики, оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши от реализации</p>

	<p>исследований в областях данных проблем УМЕТЬ применять на практике методы сбора, обработки, анализа и обобщения фондовых данных по геофизики ВЛАДЕТЬ: прикладными навыками эксплуатации современного лабораторного оборудования, а также программными пакетами для обработки данных в области научной деятельности</p>
--	---

РАЗДЕЛ 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объем дисциплины и виды учебной работы (в часах)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 ч). Объем дисциплины, виды учебной работы аспирантов очной и заочной формы обучения на освоение дисциплины приведены в таблице 2.

Изучение дисциплины «Математические модели сейсморазведки» по очной и заочной формам обучения проводится на 3 курсе обучения в 5 семестре.

Таблица 2

Объем дисциплины и виды учебной работы (в часах)

Виду учебной работы	Всего часов	
	Очная форма	Заочная форма
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия	-	-
Самостоятельная работа (всего)	72	72
В том числе:		
Реферат	-	-
Другие виды (др.)	-	-
Подготовка к экзамену		
Вид промежуточной (итоговой) аттестации	зачет – 5 семестр	зачет – 5 семестр

3.2. Содержание разделов учебной дисциплины.

Таблица 3

Наименование раздела (темы) дисциплины	Содержание раздела дисциплины
Тема 1 Введение	Сейсморазведка как раздел разведочной геофизики. Зарождение в рамках сейсмологии. Основные этапы развития. Роль отечественных ученых в формировании сейсморазведки. Три этапа развития техники регистрации и три подхода к обработке сейсмических данных. Основы цифровой регистрации сейсмической информации. Место разведочной сейсмики при решении различных геологических и геофизических задач. Основные труды по сейсморазведке.
Тема 2 Динамическая	Сведения из теории упругости. Способы описания процессов,

теория упругости	происходящих в упругих телах под действием внешних и внутренних сил. Напряжение. Деформация. Связь напряжений и деформаций; упругая энергия. Закон Гука. Упругие постоянные. Энергия деформации.
Тема 3 Физические и геологические основы сейсморазведки	<p>Продольные, поперечные волны и их источники. Поверхностные волны. Фронт, тыл, профиль и запись волны. Упругие свойства изотропной среды. Скорость распространения упругих волн в горных породах. Интервальная, истинная, средняя и пластовая скорости. Основные принципы геометрической сеймики. Отражение, преломление и дифракция сейсмических волн. Закон Снеллиуса. Коэффициенты отражения и прохождения. Геометрическое расхождение волны. Коэффициент поглощения и декремент поглощения.</p> <p>Особенности отражения сейсмических волн от незеркальных границ. Образование головной (преломленной) волны. Понятие о распространении сейсмических волн в неабсолютно упругих средах. Упругие волны в однородном полупространстве. Зона малых скоростей (ЗМС) и верхняя часть разреза (ВЧР). Изохронны, лучи, годограф. Кажущаяся скорость. Линейные, встречные, нагоняющие и поверхностные годографы. Взаимные волны, взаимные точки, взаимные времена и принцип взаимности. Полезные волны и волны-помехи. Понятие о сферической волне. Гармонические колебания. Спектральный состав колебаний. Принцип Гюйгенса. Принцип Ферма. Зоны Френеля. Основные модели сейсмических сред. Методы и модификации сейсморазведки.</p> <p>Классификация упругих тел: однородные изотропные, однородные анизотропные, неоднородные изотропные и неоднородные анизотропные. Идеально упругие и реальные тела. Однородные изотропные среды. Основные соотношения теории упругости для однородных сред. Макроскопические свойства реальных геологических сред. Идеально упругие тела как модели реальных сред. Масштабные эффекты при построении модели реальных сред.</p>
Тема 4 Волновые процессы в упругих средах	<p>1 Волновые уравнения и их решения Волновые уравнения. Решение волнового уравнения в случае плоских волн. Решение волнового уравнения в случае сферических волн. Начальные и краевые условия. Поверхностные волны.</p> <p>2 Скорости распространения сейсмических волн в горных породах Факторы, влияющие на скорость распространения упругих волн в горных породах. Влияние литологии. Влияние плотности. Влияние пористости. Влияние глубины залегания, давления, возраста и температуры горных пород. Влияние порового флюида. Влияние условий залегания горных пород. Понятие о математическом моделировании процесса распространения упругих волн в горных породах. Методы определения скоростей.</p> <p>3 Сейсмическая модель среды, поля времен и годографы Модели сред. Сейсмические границы. Интегральные характеристики сейсмических сред. Понятие поля времен. Понятие сейсмического годографа. Уравнения поля времен и лучей.</p> <p>4 Годографы Годографы кратных отраженных волн.</p>

	<p>Вывод уравнения годографа дифрагированной волны. Годографы головной волны. Годограф головной волны в случае плоской границы и однородной покрывающей среды. Годографы головных (преломленных) волн в случае неплоских границ.</p> <p>5 Характеристика сейсмической записи и структура волнового поля</p> <p>Первичное поле сейсмических источников. Волновое поле вторичных волн.</p> <p>Спектральные особенности волнового поля. Волновое поле помех. Форма сейсмического импульса. Математическая модель сейсмограммы.</p>
Тема 5 Методика и техника проведения полевых наблюдений	<p>Взрывное возбуждение волн. Невзрывное возбуждение волн. Теория группирования.</p> <p>Группирование источников. Группирование приемников. Системы наблюдений в МОВ.</p> <p>Системы наблюдений в МПВ. Сети профилирования. Технология наземных работ.</p> <p>Технология работ на акваториях. Технология скважинных исследований. Топографо-геодезическое обоснование. Техника безопасности и охрана окружающей среды.</p>
Тема 6 Сейсморазведочная аппаратура	<p>Амплитуда волны. Динамический диапазон.</p> <p>Сейсмоприемник. Сейсморегистрирующие и сейсмовоспроизводящие каналы. Сейсморазведочные усилители, фильтры и регуляторы усиления. Регистрирующие и воспроизводящие устройства.</p> <p>Регистраторы. Дискретизация аналогового сигнала по времени. Частота Найквиста.</p> <p>Квантование аналоговых сигналов по амплитуде. Мультиплексирование. Регистрация сейсмических колебаний многоканальной цифровой станцией. Сейсмические станции и установки.</p>
Тема 7 Обработка и интерпретация сейсмических данных	<p>1 Основы обработки сейсмических записей</p> <p>Приемка полевых материалов. Цели и задачи цифровой обработки сейсмических записей.</p> <p>Виды и графы обработки. Понятие об алгоритмах обработки. Виды цифровой обработки.</p> <p>Препроцессинг. Типовая кинематическая обработка. Последующие стадии обработки.</p> <p>2 Анализ сейсмограмм и временных разрезов</p> <p>Принципы и виды корреляции сейсмических волн. Распознавание и особенности корреляции отраженных волн. Особенности корреляции преломленных волн.</p> <p>3 Определение скоростей распространения упругих волн в горных породах</p> <p>Определение пластовых и средних скоростей. Лабораторные методы определения скорости.</p> <p>Вычисление эффективной скорости. Способ теоретических годографов. Способ постоянной разности. Способ встречных годографов. Определение эффективной скорости по точке пересечения годографов. Определение эффективной скорости с использованием метода наименьших квадратов.</p> <p>Анализ и обобщение результатов вычисления средних и эффективных скоростей.</p> <p>4 Построение динамических временных и глубинных разрезов, структурных карт и схем (метод средних скоростей)</p> <p>Построение отражающих границ по продольным годографам</p>

	отраженных волн (способ эллипсов, окружностей и нулевого времени). Построение временных и глубинных сейсмических разрезов МОВ и ОГТ. Составление сейсмических разрезов, структурных карт и схем. 5 Интерпретация годографов головных и рефрагированных волн Определение граничных скоростей: способ средних арифметических (t_0); способ пластовых скоростей. Построение преломляющих границ. Обработка непродольных годографов. Построение временных динамических разрезов по данным МПВ: способ редуцирования, способ общей глубинной площадки(ОГП МПВ). Интерпретация годографов рефрагированных волн. Проблема выпадающего слоя.
Тема 8 Решение прямых и обратных задач сейсморазведки	Расчеты волновых полей в задачах сейсморазведки: 1 Влияние структуры тонкослоистой зоны на форму записи образующихся на ней волн: а) Отраженные волны от тонкослоистых зон; б) Фильтрующий эффект зоны малых скоростей; 2 Прогноз волнового поля на поверхности и во внутренних точках среды, содержащей тонкослоистые пачки. Общая схема решения обратных задач сейсморазведки. Обратная кинематическая задача.
Тема 9 Применение сейсморазведки	Поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений. Типовые экономико-математические модели нефтегазовой сейсморазведки. Поиски и разведка твердых полезных ископаемых. Гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания.

3.4. Разделы (модули), темы дисциплины и виды занятий.

Таблица 4

Наименование раздела (темы) дисциплины	Аудиторные часы			Самостоятельная работы (часы)	Трудоёмкость, ч / ЗЕ
	Лекции	Практические занятия	Всего		
1	2	3	4	5	6
Тема 1	4		4	8	
Тема 2	4		4	8	
Тема 3	4		4	8	
Тема 4	4		4	8	
Тема 5	4		4	8	
Тема 6	4		4	8	
Тема 7	4		4	8	
Тема 8	4		4	8	
Тема 9	4		4	8	
ИТОГО:	36		36	72	108/3

3.5. Самостоятельная работа аспирантов

Текущая самостоятельная работа (СРС) включает:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по темам;
- подготовка к практическим работам;
- выполнение реферативной работы, написание аннотации к научной статье;
- подготовка к контрольной работе, коллоквиуму, зачету.

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР), направлена на повышение творческого потенциала аспирантов и ориентирована на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных и профессиональных компетенций.

ТСР включает следующие виды самостоятельной работы:

- поиск и обзор опубликованной и фондовой литературы, электронных источников информации по индивидуально заданной теме реферата;
- структурирование и презентация информации

РАЗДЕЛ 4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Предусмотрены следующие виды контроля и аттестации обучающихся при освоении дисциплины:

- текущий контроль успеваемости;
- итоговая аттестация (зачет)

Текущий контроль осуществляется в виде устных и письменных опросов на занятиях. Итоговый контроль осуществляется в виде зачета.

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

- 1 Общая характеристика сейсмической записи и структуры волнового поля
- 2 Этапы и тенденции развития сейсморазведки.
- 3 Стадии сейсморазведочных работ и выбор сети наблюдения
- 4 Форма сейсмического импульса, расчет синтетических сейсмограмм
- 5 Обратные задачи сейсморазведки, общая схема их решения
- 6 Преобразование Фурье, свертка, корреляция и их применение в цифровой обработке
- 7 Обобщенный граф обработки данных МОГТ
- 8 Демультимплексирующее, подготовка и редактирование сейсмических записей, мьютинг
- 9 Статические поправки - назначение, влияние на характер сейсмической записи
- 10 Расчет статических поправок по данным МСК
- 11 Расчет статических поправок по данным МПВ
- 12 Метод ABC расчета статики
- 13 Методы коррекции статических поправок
- 14 Кинематические поправки - определение, априорная кинематика
- 15 Коррекция кинематических поправок - необходимость, принципы
- 16 Вертикальные и горизонтальные спектры скоростей
- 17 Регулировка амплитуд сейсмической записи
- 18 Классификация основных видов фильтрации сейсмической записи
- 19 Одноканальные согласованные фильтры ФНЧ, ФВЧ, ПФ, РФ.
- 20 Одноканальные оптимальные фильтры; деконволюция
- 21 Многоканальная фильтрация; веерный фильтр
- 22 Фильтрация в области Z-трансформант
- 23 Явление сейсмического сноса
- 24 Миграционные преобразования сейсмических разрезов - идея миграции, способы
- 25 Динамический анализ сейсмических записей; преобразования Гильберта
- 26 Псевдоакустический каротаж (ПАК), прогнозирование геологического разреза
- 27 AVO анализ как процедура динамического анализа
- 28 Интерференционные системы. Амплитудно-частотная характеристика систем ОГТ.
- 29 Построение отражающих границ способом засечек
- 30 Построение отражающих границ способом t_0
- 31 Способы построения сейсмических карт, виды карт, точность построений
- 32 Интерпретация временных разрезов, стратиграфическая привязка отражающих горизонтов
- 33 Геологическая интерпретация временных разрезов, выделение тектонических нарушений, эрозионных врезов, рифов
- 34 Интерпретация данных МПВ - способы, различные случаи
- 35 Технология работ и интерпретация данных МПВ - ОГП
- 36 Группирование сейсмоприемников и источников - назначение, эффекты
- 37 Поверхностные волны, их свойства

- 38 Принципы работы сейсмоприемников
- 39 Вибросейморазведка, виды свип-сигналов.
- 40 Принципы работы гидравлических вибраторов.
- 41 Принципы цифровой регистрации сигналов
- 42 Телеметрические сейсморегистрирующие системы
- 43 Сейсморазведка 3D- регулярные системы наблюдения, понятие бина, блоковая технология работ.
- 44 Обменные волны - возникновение, свойства
- 45 Системы наблюдения в сейсморазведке и их параметры

Критерии итоговой оценки результатов освоения дисциплины

Оценка	Критерии
1	2
зачтено	ставится в случае, если аспирант покажет глубокое, исчерпывающее понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, продемонстрирует умения анализировать причинно-следственные связи процессов с задачами его профессиональной квалификации.
Не зачтено	ставится в случае, если имел место неправильный ответ хотя бы на один из основных вопросов, грубые ошибки в ответе, непонимание сущности излагаемых вопросов, неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Дахнов В.А.Н. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин. – Москва: Недра, 1982.
2. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Резванов Р.А., Африкян А.Н. Геофизические исследования скважин: учебник для вузов. – Москва: Изд-во «Нефть и газ» РГУ, 2004. – 400 с.
3. Дьяконов Д.И., Леонтьев Е.И., Кузнецов Г.С. Общий курс геофизических исследований скважин: учебник для вузов. – Москва: Недра, 1984. – 432 с
4. Ерофеев Л.Я., Вахромеев Г.С., Зинченко В.С, Номоконова Г.Г. Физика горных пород: учебник для вузов. - Томск: Издательство ТПУ, 2006. – 520 с.
5. Исаев В.И. Интерпретация данных гравиметрии и геотермии при прогнозировании и поисках нефти и газа: учебное пособие. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 172 с.
6. Итенберг С.С. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин: учеб. пособие для вузов. – Москва: Недра, 1987. - 375 с.
7. Элланский М.Н. Петрофизические связи и комплексная интерпретация данных промысловой геофизики. - М.: Недра, 1978. - 212с.
8. Гурвич, Илья Исидорович. Сейсмическая разведка: [Учеб. для вузов по спец. "Геофиз. методы поисков и разведки полез. иск-х"] / И. И. Гурвич, Г. Н. Боганик. ?Издание 3-е, переработанное. ?Москва: Недра, 1980. ?551с. (43 экз.)
11. Ягола А.Г., Янфей В. И др. Обратные задачи и методы их решения. Приложения к геофизике.
12. М.: Физматлит, 2014 - 217 с. URL: <http://e.lanbook.com/view/book/50537/>

13. Науки о Земле: Учебное пособие / Г.К. Климов, А.И. Климова. - М.: ИНФРА-М, 2012 - 390 с.:

6.2. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины (разделов)

Лекции проводятся в аудиториях, приспособленных для демонстрации мультимедийных презентаций.

Программное обеспечение Microsoft Windows (акт приема передачи № APC9019391 от 21.12.2009 бессрочная)

ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition пакет Concurrent лицензий AF90-3U1P05-102

Adobe Photoshop CS4 11.0 WIN AOO License RU, Design Premium CS4 4.0 WIN AOO License RU- №7080466 от 18.12.2009)

CorelDRAW Graphics Suite X4 License ML (1-10) №4063067 от 20.01.2010

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition/ 100-149 Node 1 year Renewal License №1B08-191202-081334-380-1557 от 02.12.2019 до 03.01.2021