

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения**  
**высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»**  
**в г. Апатиты**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.14 Сейсморазведка**

(название дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

**основной профессиональной образовательной программы**  
**по направлению подготовки**

**05.03.01 Геология**  
**направленность (профиль) «Геофизика»**

(код и наименование направления подготовки  
с указанием направленности (профиля) (наименования магистерской программы))

**высшее образование – бакалавриат**

уровень профессионального образования: высшее образование – бакалавриат / высшее образование –  
специалитет, магистратура / высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

**бакалавр**

квалификация

**очная**

форма обучения

**2020**

год набора

**Составитель:**

Бекетова Е.Б., канд.техн.наук,  
доцент кафедры горного дела, наук о  
Земле и природообустройства

Утверждено на заседании кафедры горного  
дела, наук о Земле и природообустройства  
(протокол № 10 от 11 июня 2020 г.)

Зав. кафедрой



Терещенко С.В.

## **1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Целью изучения дисциплины «Сейсморазведка» 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.

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.

## **2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- готовность применять на практике базовые общепрофессиональные знания и навыки полевых геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических работ при решении производственных задач (в соответствии с направленностью (профилем) программы бакалавриата) (ПК-4).

## **3. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Данная дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части образовательной программы по направлению подготовки 05.03.01 Геология, профиль «Геофизика».

Для освоения данной дисциплины обучающиеся используют знания, умения, навыки, которые они получили в процессе изучения дисциплин: «Физика», «Высшая математика», «Общая геология», «Структурная геология и геокартирование», «Литология», «Теория колебаний», «Геофизика», «Минералогия с основами кристаллографии», «Петрография».

В свою очередь, «Сейсморазведка» представляет собой методологическую базу для дисциплин, таких как «Комплексирование геофизических методов», «Теория обработки геофизической информации», «Геофизический мониторинг», «Физика Земли».

**4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц или 252 часа.  
(из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

Курс	Семестр	Трудоемкость в ЗЕТ	Общая трудоемкость (час.)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС	Курсовые работы	Кол-во часов на контроль	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ						
3	6	2	72	16	32	-	48	-	24			зачет
4	7	5	180	32	16	16	64	12	60	20	36	экзамен, курсовая работа
<b>Итого:</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>252</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>112</b>	<b>12</b>	<b>84</b>	<b>20</b>	<b>36</b>	зачет, экзамен, курсовая работа

В интерактивной форме часы используются в виде заслушивания и обсуждения, подготовленных студентами курсовых, практических и лабораторных работ, рефератов по тематике дисциплины.

**5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ**

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной	Кол-во часов на СРС	Количество часов на контроль
		ЛК	ПР	ЛБ				
1	Введение	2			2		6	
2	Динамическая теория упругости	4	10		14		8	
3	Физические и геологические основы сейсморазведки	10	22		32		10	
4	Волновые процессы в упругих средах	6	4	4	14	2	10	
5	Методика и техника проведения полевых наблюдений	6	4	-	10	1	10	
6	Сейсморазведочная аппаратура	4		4	8	1	10	
7	Обработка и интерпретация сейсмических данных	8	4	4	16	1	12	
8	Решение прямых и обратных задач сейсморазведки	4	4	4	12	3	12	
9	Применение сейсморазведки	4	-	-	4	4	6	
	<b>Всего:</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>112</b>	<b>12</b>	<b>84</b>	
	Курсовая работа 7 семестр						<b>20</b>	
	Экзамен 7 семестр							36
	<b>Итого:</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>112</b>	<b>12</b>	<b>104</b>	<b>36</b>

## Содержание разделов дисциплины

### Раздел 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 сеймики при решении различных геологических и геофизических задач. Основные труды по сейсморазведке.

### Раздел 2. Динамическая теория упругости

Сведения из теории упругости. Способы описания процессов, происходящих в упругих телах под действием внешних и внутренних сил. Напряжение. Деформация. Связь напряжений и деформаций; упругая энергия. Закон Гука. Упругие постоянные. Энергия деформации.

### Раздел 3. Физические и геологические основы сейсморазведки

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. 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.

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.

### Раздел 4. Волновые процессы в упругих средах

#### 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.

#### 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.

#### 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.

#### 4. Годографы

Годографы кратных отраженных волн. 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.

#### *5. Характеристика сейсмической записи и структура волнового поля*

Первичное поле сейсмических источников. Волновое поле вторичных волн. Спектральные особенности волнового поля. Волновое поле помех. Форма сейсмического импульса. Математическая модель сейсмограммы.

#### **Раздел 5. Методика и техника проведения полевых наблюдений**

Взрывное возбуждение волн. Невзрывное возбуждение волн. Теория группирования. Группирование источников. Группирование приемников. Системы наблюдений в МОВ. Системы наблюдений в МПВ. Сети профилирования. Технология наземных работ. Технология работ на акваториях. Технология скважинных исследований. Топографо-геодезическое обоснование. Техника безопасности и охрана окружающей среды.

#### **Раздел 6. Сейсморазведочная аппаратура**

Амплитуда волны. Динамический диапазон. Сейсмоприемник. Сейсморегистрирующие и сейсмовоспроизводящие каналы. Сейсморазведочные усилители, фильтры и регуляторы усиления. Регистрирующие и воспроизводящие устройства. Регистраторы. Дискретизация аналогового сигнала по времени. Частота Найквиста. Квантование аналоговых сигналов по амплитуде. Мультиплексирование. Регистрация сейсмических колебаний многоканальной цифровой станцией. Сейсмические станции и установки.

#### **Раздел 7. Обработка и интерпретация сейсмических данных**

##### *1. Основы обработки сейсмических записей*

Приемка полевых материалов. Цели и задачи цифровой обработки сейсмических записей. Виды и графы обработки. Понятие об алгоритмах обработки. Виды цифровой обработки. Препроцессинг. Типовая кинематическая обработка. Последующие стадии обработки.

##### *2. Анализ сейсмограмм и временных разрезов*

Принципы и виды корреляции сейсмических волн. Распознавание и особенности корреляции отраженных волн. Особенности корреляции преломленных волн.

##### *3. Определение скоростей распространения упругих волн в горных породах*

Определение пластовых и средних скоростей. Лабораторные методы определения скорости. 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. Анализ и обобщение результатов вычисления средних и эффективных скоростей.

##### *4. Построение динамических временных и глубинных разрезов, структурных карт и схем (метод средних скоростей)*

Построение отражающих границ по продольным годографам 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.

#### **Раздел 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 пакки.*

Общая схема решения обратных задач сейсморазведки. Обратная кинематическая задача.

### **Раздел 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.

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### **Основная литература:**

1. Бондарев В.И. Сейсморазведка: Курс лекций. В 3-х частях. Ч.1. Физические и кинематические основы сейсморазведки. – Екатеринбург: УГГА, 1995. - 96 с.
2. Бондарев В.И. Сейсморазведка: Курс лекций. В 3-х частях. Ч.2. Методика полевых работ. Основы кинематической интерпретации данных сейсморазведки – Екатеринбург: УГГА, 1995. - 176 с.
3. Бондарев В.И. Сейсморазведка: Курс лекций. В 3-х частях. Ч.3. Основы теории, методики полевых работ и обработки результатов сейсмических наблюдений методом общей глубинной точки. – Екатеринбург: УГГА, 1996. - 240 с.

### **Дополнительная литература:**

4. Соколов, А.Г. Полевая геофизика: учебное пособие / А.Г. Соколов, О.В. Попова, Т.М. Кечина. – Оренбург: ОГУ, 2015.-160 с. – [Электронный ресурс]. – URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330594](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330594)

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В образовательном процессе используются:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), комплект мультимедийного оборудования, включающий мультимедиапроектор, экран, переносной ноутбук для демонстрации презентаций; учебно-наглядные пособия; обеспечивающие тематические иллюстрации);
- помещения для самостоятельной работы (оснащены компьютерными столами, стульями, доской аудиторной, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета);
- помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (оснащены наборами инструментов, оборудованием, расходными материалами для монтажа, ремонта и обслуживания информационно-телекоммуникационной сети филиала и вычислительной техники);
- лаборатория физики горных пород и процессов горного производства.

### **7.1 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ:**

1. Microsoft Windows.
2. Microsoft Office / LibreOffice.

### **7.2 ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ:**

1. ЭБС «Издательство Лань» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Издательство Лань». - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>;
2. ЭБС «Электронная библиотечная система ЮРАЙТ» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». - Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>;
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]: электронно-периодическое издание; программный комплекс для организации онлайн-доступа к лицензионным материалам / ООО «НексМедиа». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>.

### **7.3 СОВРЕМЕННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ:**

1. Электронная база данных Scopus;
2. «Университетская библиотека online» – электронная библиотечная система – <http://biblioclub.ru/>
3. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" – <http://window.edu.ru/>;
4. Информационный портал "Студенту вуза" – <http://studentu-vuza.ru/>.

### **7.4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

1. Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс <http://www.consultant.ru/>.

## **8. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ**

Не предусмотрено.

## **9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ**

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.