

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой Геофизики



В. Н. Глазнев

29.05.2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.15 Сейсморазведка

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 05.03.01 Геология
2. Профиль подготовки/специализации: Геофизические методы поисков и разведки минеральных ресурсов
3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр
4. Форма образования: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: геофизики
6. Составители программы: Дубянский Александр Игоревич, к.г.-м.н., доцент
7. Рекомендована: научно-методическим советом геологического факультета, протокол № 9 от 29.05.2023 г.
8. Учебный год: 2025-2026 Семестр(ы)/Триместр(ы): 5, 6

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины «Сейсморазведка» является:

- подготовка бакалавров компетентных в сфере сейсморазведки, владеющих знаниями теоретических и физических основ сейсморазведки, обладающих умениями и навыками проведения полевых геофизических исследований, обработки и комплексной интерпретации материалов геофизических исследований.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование у обучаемых представлений о геофизическом поле, условиям его формирования и способах измерения его параметров, принципах работы современной геофизической аппаратуры;
- получение обучаемыми знаний о методиках проведения геофизических исследований, способах обработки и интерпретации получаемых материалов;
- приобретение обучаемыми практических навыков проведения полевых исследований и интерпретации получаемых данных.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Блок 1. Вариативная часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Требование к входным знаниям: базовые знания, умения и навыки по дисциплинам Математика, Физика, Информатика, Математическая статистика в геофизике, Методы компьютерной статистики в геофизике, Численные методы в геофизике, Методы компьютерной математики в геофизике, Минералогия с основами кристаллографии, Петрография, Геофизика, Дифференциальные уравнения в геофизике, Методы математической физики в геофизике, Геофизическая аппаратура, Интегральные преобразования в геофизике, Спектральный анализ в геофизике, Системный анализ геофизических данных, Геофизические исследования скважин.

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей: Научно-исследовательская работа, Сейсморазведка общей глубинной точки, Основы обработки геофизических данных, Методы обработки данных геофизики, Скважинная геофизика, Промысловая геофизика, Методы инженерной геофизики, Геофизические методы в гидрогеологических исследованиях, Применение геоинформатики при геофизических исследованиях, Моделирование геологических объектов средствами геоинформатики, Организация и планирование геофизических работ, Менеджмент геофизических проектов, Обработка и интерпретация сейсмических данных, Комплексирование геофизических методов, Геолого-геофизические модели.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен выполнять регистрацию геофизических данных в процессе полевых и лабораторных геофизических исследований	ПК-1.1	Выполняет регистрацию полевых и лабораторных геофизических наблюдений	Знать: современные методики сейсморазведки, оборудование и современные обрабатывающие комплексы. Уметь: использовать современное оборудование и аппаратуру, применять обрабатывающие комплексы для решения геологических задач. Владеть навыком: использования современного оборудования и аппаратуры и применения обрабатывающих комплексов для решения геологических задач.

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час (в соответствии с учебным планом) — 5/180.

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен): зачёт, экзамен.

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		№ семестра
			5	6	
Аудиторные занятия		84	48	36	
В том числе:	лекции	28	16	12	
	практические	28	16	12	
	лабораторные	28	16	12	
Самостоятельная работа		60	24	36	
в том числе: курсовая работа (проект)					
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)		36	-	36	
Итого:		180	72	108	

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Определение и сущность методов сейсмической разведки	Введение в предмет. Этапы развития сейсморазведки. Значение и роль сейсмометрии в настоящее время при поисках и разведки полезных ископаемых, при решении инженерных задач и фундаментальных проблем внутреннего строения Земли.	Сейсморазведка
1.2	Математические и физические основы волновых процессов в упругих средах	Упругие волны в безграничной среде: общие понятия; упругие модули; сферические волны; принципы Ферма, Гюйгенса, Френеля. Распространение упругих волн в не абсолютно упругих средах. Элементы теории упругости: исходные уравнения; начальные и краевые условия; примеры решения волнового уравнения. Однородные плоские волны в изотропной безграничной среде. Законы отражения и преломления. Перераспределение энергии сейсмических волн в процессе отражения и преломления. Головные волны.	Сейсморазведка
1.3	Упругие свойства горных пород	Скорости распространения упругих волн в горных породах. Влияние на скорость литологии; взаимосвязь скорости и плотности; влияние пористости и порового флюида; влияние глубины залегания, давления, возраста и температуры горных пород. Влияние особых условий залегания горных пород.	Сейсморазведка
1.4	Модели сейсмических сред, поля времен, годографы волн в двухслойной и многослойной среде	Модели сред. Сейсмические границы. Интегральные характеристики сейсмических сред. Поля времен, годографы. Решение уравнения поля времен и расчет сейсмических лучей и годографов. Двухслойная модель среды. Вывод уравнений прямой и монотипной однократной отраженной волн. Годографы кратных отраженных волн. Выводы уравнения годографов обменных отраженных волн и дифрагированной волны. Годографы головных волн. Взаимоотношения годографов прямых, отраженных и головных волн. Годографы однократно-отраженных волн в горизонтально-слоистой среде. Годографы головных волн в многослойной среде.	Сейсморазведка
1.5	Вертикально градиентные среды	Вертикально-градиентные среды. Уравнения лучей и поля времен. Уравнение годографа рефрагированной волны в общем виде. Уравнение годографа рефрагированной волны для линейного закона возрастания скорости с глубиной и для других зависимостей скорости от глубины. Годографы рефрагированных волн в	Сейсморазведка

		двумерно-неоднородных средах. Годографы отраженных и преломленных волн при наличии сейсмических границ в градиентном полупространстве.	
1.6	Основы метода общей глубинной точки	Идея метода ОГТ. Вывод уравнения годографа ОГТ однократно отраженной волны. Положение в разрезе общей глубинной точки. Кинематические поправки. Годографы ОГТ в сложно построенных средах. Годографы ОГТ многократно отраженных волн. Годографы дифрагированных волн на сейсмограммах ОГТ. Уравнение годографа ОГП головной волны.	Сейсморазведка
1.7	Методы и модификации сейсморазведки	Методы и модификации сейсморазведки; классификация методов. Методы, использующие отраженные и преломленные волны. Методы, использующие проходящие волны. Вертикальное сейсмическое профилирование. Модификации ВСП. Системы наблюдений ВСП. Методы пассивной сейсморазведки.	Сейсморазведка
1.8	Источники сейсмических волн	Источники упругих волн. Особенности использования взрывных источников. Невзрывные импульсные и вибрационные источники. Особенности сейсморазведки при использовании вибраторов. Сейсмические источники при работах в акваториях. Сейсмические источники поперечных волн.	Сейсморазведка
1.9	Регистрирующая и вспомогательная аппаратура при проведении сейсмических исследований	Состав сейсмического канала. Сейсмоприемники. Сейсмические станции. Вспомогательные технические средства. Принципы цифровой магнитной записи. Квантование сигналов по времени и амплитуде. Блок-схема цифровой сейсмической станции. Структура и комплектация современных многоканальных сейсмических станций.	Сейсморазведка
1.10	Системы наблюдений при проведении сейсмических работ	Общая характеристика систем наблюдений. Типы систем наблюдений. Основы методики и технологии работ методом ОГТ. Профильные системы наблюдений. Пространственные системы наблюдений. Регулярные и не регулярные системы наблюдений.	Сейсморазведка
1.11	Основы обработки сейсмических данных	Сейсмические обрабатывающие центры. Задачи предварительной обработки материалов. Графы обработки. Процедуры редакции сейсмической записи. Основные процедуры стандартного графа обработки: сортировка сейсмических трасс; регулировка амплитуд; временная и пространственно-временная фильтрации. Основные процедуры стандартного графа обработки: анализ скоростей; расчет, ввод и коррекция кинематических и статических поправок; суммирование, миграция.	Сейсморазведка
1.12	Анализ и интерпретация сейсмических данных	Анализ кинематических и динамических характеристик сейсмических записей. Разрезы мгновенных амплитуд, частот и фаз. Геологическая интерпретация аномальных эффектов.	Сейсморазведка
<b>2. Практические занятия</b>			
2.2	Математические и физические основы волновых процессов в упругих средах	Решение прямой задачи при моделировании отраженных, головных волн, волн Релея и звуковых волн.	Сейсморазведка
2.3	Упругие свойства горных пород	Определение зависимости скорости и плотности для различных типов пород.	Сейсморазведка
2.4	Модели сейсмических сред, поля времен, годографы волн в двухслойной и многослойной среде	Построение распределения упругих констант по вертикали.	Сейсморазведка
2.5	Вертикально градиентные среды	Оценка зависимости скорости от давления, температуры и литологии.	Сейсморазведка
2.6	Основы метода общей глубинной точки	Физические и математические основы метода ОГТ.	Сейсморазведка

2.7	Методы и модификации сейсморазведки	Классификация методов сейсморазведки.	
2.8	Источники сейсмических волн	Классификация источников сейсмических волн.	Сейсморазведка
2.9	Регистрирующая и вспомогательная аппаратура при проведении сейсмических исследований	Классификация современных сейсмических станций.	Сейсморазведка
2.10	Системы наблюдений при проведении сейсмических работ	Особенности систем наблюдений 1D, 2D, 3D.	Сейсморазведка
2.11	Основы обработки сейсмически данных	Принципы цифровой обработки полевой сейсмической информации.	Сейсморазведка
2.12	Анализ и интерпретация сейсмических данных	Принципы построения сейсмического изображения геологической среды.	Сейсморазведка
<b>3. Лабораторные работы</b>			
3.2	Математические и физические основы волновых процессов в упругих средах	Моделирование отраженных волн.	Сейсморазведка
3.3	Упругие свойства горных пород	Изучение физических свойств горных пород.	Сейсморазведка
3.4	Модели сейсмических сред, поля времен, годографы волн в двухслойной и многослойной среде	Расчет годографов отраженных и головных волн.	Сейсморазведка
3.5	Вертикально градиентные среды	Расчет годографов рефрагированных волн.	Сейсморазведка
3.6	Основы метода общей глубинной точки	Расчет годографов ОГТ.	Сейсморазведка
3.7	Методы и модификации сейсморазведки	Разделение методов сейсморазведки по особенностям физико-географических условий проведения работ.	Сейсморазведка
3.8	Источники сейсмических волн	Физико-технические особенности невзрывных источников сейсмических волн.	Сейсморазведка
3.9	Регистрирующая и вспомогательная аппаратура при проведении сейсмических исследований	Устройство современных цифровых сейсмических и сейсмоприемников.	Сейсморазведка
3.10	Системы наблюдений при проведении сейсмических работ	Расчет параметров системы наблюдений 2D и 3D.	Сейсморазведка
3.11	Основы обработки сейсмически данных	Построение графа цифровой обработки сейсмической информации.	Сейсморазведка
3.12	Анализ и интерпретация сейсмических данных	Геологическая интерпретация сейсмического изображения геологической среды.	Сейсморазведка

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1.1	Определение и сущность методов сейсмической разведки	-	-	-	2	-	4
1.2	Математические и физические основы волновых процессов в упругих средах	2	2	2	2	2	10
1.3	Упругие свойства горных пород	2	2	2	2	2	10
1.4	Модели сейсмических сред,	2	2	2	2	4	12

	поля времен, годографы волн в двухслойной и многослойной среде						
1.5	Вертикально градиентные среды	2	2	2	2	4	12
1.6	Основы метода общей глубинной точки	2	2	2	2	2	10
1.7	Методы и модификации сейсморазведки	2	2	2	4	2	12
1.8	Источники сейсмических волн	2	2	2	6	4	16
1.9	Регистрирующая и вспомогательная аппаратура при проведении сейсмических исследований	2	2	2	6	4	16
1.10	Системы наблюдений при проведении сейсмических работ	4	4	4	6	4	22
1.11	Основы обработки сейсмически данных	4	4	4	6	4	22
1.12	Анализ и интерпретация сейсмических данных	4	4	4	6	4	22
	Итого:	28	28	28	46	36	180

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: указание наиболее сложных разделов, работа с конспектами лекций, презентационным материалом, рекомендации по выполнению курсовой работы, по организации самостоятельной работы по дисциплине и др.)

Обучающимся следует использовать опубликованные методические пособия по курсу «Сейсморазведка» из списка литературы и презентационные материалы электронного курса лекций «Сейсморазведка» на Образовательном портале ВГУ – <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=5814>, содержащего презентации лекций, необходимую литературу и ссылки на электронные ресурсы, практические задания по темам и вопросы для самоконтроля.

Вид работы	Методические указания
Подготовка к лекциям, работа с презентационным материалом и составление конспекта	Лекция является важнейшей составляющей учебного процесса, В ходе лекции обучающийся имеет возможность непосредственного, интерактивного контакта с преподавателем. Лектор знакомит обучающегося с новым материалом, разъясняет учебные элементы, трудные для самостоятельного понимания, систематизирует учебный материал и ориентирует в учебном процессе. В ходе лекционных занятий рекомендуется: а) вести конспектирование учебного материала, обращая при этом внимание на категории и формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт исследований; б) желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых, в последующем, делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, почерпнутых из рекомендованной литературы; в) задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений и разрешения противоречивых позиций; г) дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.
Лабораторные занятия	Лабораторные занятия допускают различные формы проведения и могут быть направленными на освоение современного оборудования, программных средств обработки данных, проведение экспериментальных исследований и пр. При подготовке к <u>лабораторному занятию</u> необходимо изучить теоретический материал, который будет использоваться в ходе выполнения лабораторной работы. Нужно внимательно прочитать методические указания (описание) к лабораторной работе и продумать план выполнения работы. Непосредственному выполнению лабораторной работы может предшествовать краткий опрос обучающихся преподавателем для оценки их готовности к занятию. При выполнении лабораторной работы, достаточно часто, выполняются следующие операции: а) измерение различных фи-

	<p>зических параметров; г) анализ, обработка данных и обобщение результатов; д) защита результатов. При защите результатов работы, преподаватель определяет степень понимания обучающимся смысла выполненной лабораторной работы и полученных им результатов.</p>
Консультации	<p>Консультации предполагают повторный разбор учебного материала, который либо слабо усвоен обучающимися, либо не усвоен совсем. Основная цель консультаций – восполнение пробелов в знаниях студентов. К такому виду консультаций относятся текущие индивидуальные и групповые консультации по учебному предмету и предэкзаменационные консультации. На консультациях преподаватель может разъяснять способы и приемы самостоятельной работы с конкретным материалом или при выполнении конкретного задания. К такому виду консультаций будут относиться консультации по курсовым и дипломным работам, консультации в период проведения учебных и производственных практик. Такие консультации могут проводиться и с помощью электронной почты. Для того, чтобы консультация прошла результативно, вопросы нужно готовить заранее.</p>
Подготовка к текущей аттестации	<p>Текущая аттестация – это контроль процесса освоения обучающимися содержания образовательных программ, формирования соответствующих компетенций, первичных профессиональных умений и навыков; оценка результатов самостоятельной деятельности обучающихся. Форма проведения текущей аттестации может быть устной или письменной, а также с использованием современных информационных технологий. Возможны следующие формы текущей аттестации: а) контрольная работа; б) круглый стол, дискуссия, полемика, диспут, дебаты; в) проект; г) реферат; д) доклад, сообщение; ж) собеседование; з) творческое задание; и) тест; к) эссе и др. Текущая аттестация осуществляется с применением фонда оценочных средств (КИМы, комплекты разноуровневых заданий, задачи и т.п.). При подготовке к текущей аттестации необходимо, изучить конспект лекций, соответствующие разделы учебников и учебных пособий, проработать рекомендованную дополнительную литературу. Возможность использования обучающимися при проведении аттестации учебной литературы, справочных пособий и других вспомогательных материалов определяется преподавателем. По решению кафедры, результаты текущей аттестации могут учитываться при промежуточной аттестации обучающихся.</p>
Выполнение тестов	<p>Тестирование является одним из наиболее эффективных методов контроля знаний обучающихся. Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие либо конкретный, краткий, четкий ответ на вопрос, либо несколько вариантов ответа, если в вопросе содержится множественная характеристика явления или факта. Подготовка обучающегося к тестированию предусматривает необходимость: а) проработать информационный материал по дисциплине; б) изучить терминологические аспекты дисциплины, иметь в виду возможное наличие различающихся определений одного и того же понятия в разных учебных источниках; в) если в дидактическом материале содержатся статистические данные, то их необходимо систематизировать, используя схемы и таблицы. Определившись с вариантом ответа на тестовое задание, необходимо выполнить проверку его правильности, мысленно повторив весь ход своего учебного поиска.</p>
Выполнение кейс-задания (ситуационная задача)	<p>Кейс (ситуационная задача) — это строящееся на реальных фактах описание проблемной ситуации, которая требует решения. Решить кейс – это значит исследовать предложенную ситуацию (кейс), собрать и проанализировать информацию, предложить возможные варианты решений и выбрать из них наиболее предпочтительный. Алгоритм решения кейс-задания: а) анализ кейса; б) выдвижение гипотезы; в) выбор оптимального варианта; г) прогнозирование; д) анализ предполагаемых результатов; е) оформление результатов решения кейса и его защита или презентация.</p>
Самостоятельная работа обучающегося	<p>Самостоятельная работа обучающегося является основным средством овладения учебным материалом во время, свободное от обязательных учебных занятий. Она может выполняться в библиотеке, учебных кабинетах, компьютерных классах, а также – в домашних условиях. Материал учебной дисциплины, предусмотренный рабочим учебным планом для усвоения обучающимся в процессе самостоятельной работы, выносится на промежуточную аттестацию наряду с учебным материалом, который рассматривался при проведении учебных занятий. Самостоятельная работа обучающихся во внеаудиторное время может состоять из: а) повторения лекционного материала; б) подготовки к семинарам (практическим занятиям); в) изучения учебной и научной литературы; г) изучения нормативных материалов (в т.ч. в электронных базах данных); д) решения задач, выданных на практических занятиях; ж) подготовки к контрольным работам, тестированию и т.д.; з) подготовки к семинарам устных докладов (сообщений); и) подготовки рефератов, эссе и иных индивидуальных письменных работ по заданию преподавателя; к) выполнения курсовых работ,</p>

	предусмотренных учебным планом; л) выполнения выпускных квалификационных работ и др.; м) выделение наиболее сложных и проблемных вопросов по изучаемой теме, получение разъяснений и рекомендаций по данным вопросам с преподавателями факультета в рамках их консультаций; н) проведение самоконтроля путем ответов на вопросы текущего контроля знаний, решения представленных в учебно-методических материалах рабочей программы дисциплины задач, тестов, написания рефератов и эссе по отдельным вопросам изучаемой темы.
Подготовка к промежуточной аттестации: экзамен/зачет/зачет с оценкой	<p>Промежуточная аттестация направлена на проверку конечных результатов обучения, выявление степени усвоения обучающимися системы знаний, умений и навыков, полученных в результате изучения данной дисциплины.</p> <p>Подготовка к экзамену/зачету/зачету с оценкой включает в себя три этапа: а) самостоятельная работа в течение семестра; б) непосредственная подготовка в дни, предшествующие зачету/зачету с оценкой/экзамену по темам курса; в) подготовка к ответу на вопросы, содержащиеся в билетах. В период подготовки, обучающийся повторно обращается к пройденному учебному материалу. Подготовка осуществляется на основании методических рекомендаций по дисциплине и списка вопросов изучаемой дисциплины, конспектов лекций, учебников и учебных пособий, научных статей, информации Интернет-среды. Для получения более полной и разносторонней информации рекомендуется использовать несколько учебников. Обучающийся вправе сам придерживаться любой из представленных в учебниках точек зрения по спорной проблеме (в том числе, отличной от мнения преподавателя), но при условии ее достаточной научной аргументации. Основным источником подготовки к зачету является конспект лекций, где учебный материал дается в систематизированном виде, основные положения его детализируются, подкрепляются современными фактами и информацией, которые в силу новизны не вошли в опубликованные печатные источники. В ходе подготовки к экзамену, обучающимся необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем. Экзамен/зачет/зачет с оценкой проводится по вопросам, охватывающим весь пройденный в рамках дисциплины материал.</p>

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины** (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Боганик, Г.Н. Сейсморазведка : учебник для студ. вузов, обуч. по специальности "Геофиз. методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых" направления подготовки дипломир. специалистов "Технологии геол. разведки" / Г.Н. Боганик, И.И. Гурвич ; Рос. гос. геологразвед. ун-т им. С.Орджоникидзе, Ассоц. науч.-техн. и делового сотрудничества по геофиз. исслед. и работам в скважинах .— Тверь : АИС, 2006 .— 743 с. : ил. — Предм. указ.: с.711-729 .— Библиогр.: с.730-733 .— ISBN 1810-5599. – 23 экз.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Электронный учебный курс «Сейсморазведка» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=5814">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=5814</a>
3	Сейсморазведка: Справочник геофизика / [Т.Б. Яновская, Л.И. Ратникова, Ф.М. Ляховицкий и др.] ; под ред. И.И. Гурвича, В.П. Номоконова .— М. : Недра, 1981 .— 464 с. : ил. — Авт. указаны в огл.
4	Знаменский, Владимир Вячеславович. Общий курс полевой геофизики : учебник для студ. геофиз. спец. вузов / В.В. Знаменский .— М. : Недра, 1989 .— 519,[1] с. : ил. — (Высшее образование) .
5	Шерифф, Роберт Е. Сейсморазведка : в 2 т. / Р. Шерифф, Л. Гелдарт ; пер. с англ. под ред. А.В. Калинина .— М. : Мир, 1987-. Т. 1: История, теория и получение данных / пер. Е.А. Ефимовой .— 1987 .— 447 с. : ил.
6	Шерифф, Роберт Е. Сейсморазведка : в 2 т. / Р. Шерифф, Л. Гелдарт ; пер. с англ. под ред. А.В. Калинина .— М. : Мир, 1987-. Т. 2: Обработка и интерпретация данных / пер. Е.А. Ефимовой, М.А. Стор .— 1987 .— 400 с. : ил.
7	Шнеерсон, Михаил Борисович. Наземная сейсморазведка с невзрывными источниками колебаний / М.Б. Шнеерсон, В.В. Майоров .— М. : Недра, 1980 .— 205 с. : ил.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
8	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
9	Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>



10	Электронно-библиотечная система «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
11	Электронно-библиотечная система «РУКОНТ» (ИТС Контекстум) <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>
12	Электронно-библиотечная система «Юрайт» <a href="https://lib.vsu.ru/url.php?url=http://www.biblio-online.ru">https://lib.vsu.ru/url.php?url=http://www.biblio-online.ru</a>
13	Электронный учебный курс «Сейсморазведка» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=5814">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=5814</a>
14	Массовый онлайн курс МГУ «Сейсморазведка» <a href="https://teach-in.ru/course/seismic-tomography">https://teach-in.ru/course/seismic-tomography</a>

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

(учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Дубянский, Александр Игоревич. Сейсморазведка : учебно-методическое пособие : [для студ. геол. фак. Воронеж. гос. ун-та, обуч. на 3 к. очного отд-ния направления - 020300 (Геология)] / А.И. Дубянский, С.И. Березнева ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2014-. Ч. 1 .— 2014 .— 33 с. : ил., табл.
2	Дубянский, Александр Игоревич. Сейсморазведка : учебно-методическое пособие : [для студ. геол. фак. Воронеж. гос. ун-та, обуч. на 3 к. очного отд-ния направления - 020300 (Геология)] / А.И. Дубянский, С.И. Березнева ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2014-. Ч. 2 .— 2017 .— 97 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 29.
3	Электронный учебный курс «Сейсморазведка» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=5814">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=5814</a>

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

№ пп	Программное обеспечение
1	WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmс
2	OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmс
3	СПС "Консультант Плюс" для образования
4	Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах
5	Университетская лицензия на программный комплекс для ЭВМ -MathWorks Total Academic Headcount – 25
6	Неисключительные права на ПО Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Расширенный Russian Edition

Электронный учебный курс «Сейсморазведка» на Образовательном портале ВГУ – <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=5814>.

Программа реализуется с применением дистанционных технологий.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

№ пп	№ аудитории	Адрес	Название аудитории	Тип аудитории	Материально-техническое обеспечение
1	2п	г. Воронеж, Университетская пл.1, корпус 1Б	Лаборатория геофизической аппаратуры	лаборатория	Геофизический регистратор ZET-048E, сейсмокоса 16 канальная, сейсмическая станция «Эхо-2», сейсмоприёмники СВ-10, СВ 20, сейсмоприёмники СМ 3КВ, частотомеры, генераторы, вольтметры, осциллографы
2	101п	г. Воронеж, Университетская пл.1, корпус 1Б	Лаборатория гравимагнитных методов	лаборатория	Компьютер Intel Atom, LCD-проектор BENQ MP 515
3	103п	г. Воронеж, Университетская пл.1, корпус 1Б	Лаборатория сейсморазведки	лаборатория	

4	104п	г. Воронеж, Университетская пл.1, корпус 1Б	Лаборатория информационных технологий	лаборатория	Персональный компьютер Core i3-4130 3,4 GH 4GB RAM DDR3- 1600 500GB HDD2+2 USB 2.0/2USB 3.0 Intel graphics 4400 VGA/HDMI Mouse+Key Board (15 шт.), TV LG 42"
---	------	---	---	-------------	---

### 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Математические и физические основы волновых процессов в упругих средах.	ПК-1.1	Выполняет регистрацию полевых и лабораторных геофизических наблюдений	Тест № 1 Практическое задание № 1 Лабораторная работа № 1 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
2	Упругие свойства горных пород.	ПК-1.1	Выполняет регистрацию полевых и лабораторных геофизических наблюдений	Тест № 2 Практическое задание № 2 Лабораторная работа № 2 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
3	Модели сейсмических сред, поля времен, годографы волн в двухслойной многослойной среде.	ПК-1.1	Выполняет регистрацию полевых и лабораторных геофизических наблюдений	Тест № 2 Практическое задание № 3 Лабораторная работа № 3 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
4	Вертикально градиентные среды.	ПК-1.1	Выполняет регистрацию полевых и лабораторных геофизических наблюдений	Тест № 3 Практическое задание № 4 Лабораторная работа № 4 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
5	Основы метода общей глубинной точки.	ПК-1.1	Выполняет регистрацию полевых и лабораторных геофизических наблюдений	Тест № 3 Практическое задание № 5 Лабораторная работа № 5 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
6	Методы и модификации сейсморазведки.	ПК-1.1	Выполняет регистрацию полевых и лабораторных геофизических наблюдений	Тест № 4 Практическое задание № 6 Лабораторная работа № 6 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
7	Источники сейсмических волн.	ПК-1.1	Выполняет регистрацию полевых и лабораторных геофизических наблюдений	Тест № 4 Практическое задание № 7 Лабораторная работа № 7 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
8	Регистрирующая и вспомогательная аппаратура при проведении сейсмических исследований.	ПК-1.1	Выполняет регистрацию полевых и лабораторных геофизических наблюдений	Тест № 5 Практическое задание № 8 Лабораторная работа № 8 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
9	Системы наблюдений при проведении сейсмических работ.	ПК-1.1	Выполняет регистрацию полевых и лабораторных гео-	Тест № 5 Практическое задание № 9 Лабораторная работа № 9 Контроль освоения материала может осуществ-

			физических наблюдений	ляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
10	Основы обработки сейсмических данных.	ПК-1.1	Выполняет регистрацию полевых и лабораторных геофизических наблюдений	Тест № 6 Практическое задание № 10 Лабораторная работа № 10 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
11	Анализ и интерпретация сейсмических данных.	ПК-1.1	Выполняет регистрацию полевых и лабораторных геофизических наблюдений	Тест № 7 Практическое задание № 11 Лабораторная работа № 11 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
Промежуточная аттестация, форма контроля – зачёт. Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме на Образовательном портале ВГУ				КИМ № 1
Промежуточная аттестация, форма контроля – экзамен. Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме на Образовательном портале ВГУ				КИМ № 2

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Практические задания:

1. Решение прямой задачи при моделировании отраженных, головных волн, волн Релея и звуковых волн.
2. Определение зависимости скорости и плотности для различных типов пород.
3. Построение распределения упругих констант по вертикали.
4. Оценка зависимости скорости от давления, температуры и литологии.
5. Физические и математические основы метода ОГТ.
6. Классификация методов сейсморазведки.
7. Классификация источников сейсмических волн.
8. Классификация современных сейсмических станций.
9. Особенности систем наблюдений 1D, 2D, 3D.
10. Принципы цифровой обработки полевой сейсмической информации.
11. Принципы построения сейсмического изображения геологической среды.

#### Тестовые задания:

##### Тест № 1

1. Введение в предмет.
2. Этапы развития сейсморазведки.
3. Значение и роль сейсмометрии в настоящее время при поисках и разведки полезных ископаемых, при решении инженерных задач и фундаментальных проблем внутреннего строения Земли.
4. Упругие волны в безграничной среде: общие понятия; упругие модули; сферические волны; принципы Ферма, Гюйгенса, Френеля.
5. Распространение упругих волн в не абсолютно упругих средах.
6. Элементы теории упругости: исходные уравнения; начальные и краевые условия; примеры решения волнового уравнения.
7. Однородные плоские волны в изотропной безграничной среде.
8. Законы отражения и преломления.
9. Перераспределение энергии сейсмических волн в процессе отражения и преломления.
10. Головные волны.

##### Тест № 2.

1. Скорости распространения упругих волн в горных породах.
2. Влияние на скорость литологии; взаимосвязь скорости и плотности; влияние пористости и порового флюида; влияние глубины залегания, давления, возраста и температуры горных пород.

3. Влияние особых условий залегания горных пород.
4. Модели сред. Сейсмические границы.
5. Интегральные характеристики сейсмических сред.
6. Поля времен, годографы.
7. Решение уравнения поля времен и расчет сейсмических лучей и годографов.
8. Двухслойная модель среды. Вывод уравнений прямой и монотипной однократной отраженной волн.
9. Годографы кратных отраженных волн. Выводы уравнения годографов обменных отраженных волн и дифрагированной волны.
10. Годографы головных волн. Взаимоотношения годографов прямых, отраженных и головных волн.
11. Годографы однократно-отраженных волн в горизонтально-слоистой среде.
12. Годографы головных волн в многослойной среде.

#### **Тест № 3.**

1. Вертикально-градиентные среды. Уравнения лучей и поля времен.
2. Уравнение годографа рефрагированной волны в общем виде.
3. Уравнение годографа рефрагированной волны для линейного закона возрастания скорости с глубиной и для других зависимостей скорости от глубины.
4. Годографы рефрагированных волн в двумерно-неоднородных средах.
5. Годографы отраженных и преломленных волн при наличии сейсмических границ в градиентном полупространстве.
6. Идея метода ОГТ. Вывод уравнения годографа ОГТ однократно отраженной волны.
7. Положение в разрезе общей глубинной точки.
8. Кинематические поправки.
9. Годографы ОГТ в сложно построенных средах. Годографы ОГТ многократно отраженных волн.
10. Годографы дифрагированных волн на сейсмограммах ОГТ. Уравнение годографа ОГП головной волны.

#### **Тест № 4.**

1. Методы и модификации сейсморазведки; классификация методов.
2. Методы, использующие отраженные и преломленные волны.
3. Методы, использующие проходящие волны.
4. Вертикальное сейсмическое профилирование. Модификации ВСП.
5. Системы наблюдений ВСП. Методы пассивной сейсморазведки.
6. Источники упругих волн. Особенности использования взрывных источников.
7. Невзрывные импульсные и вибрационные источники.
8. Особенности сейсморазведки при использовании вибраторов.
9. Сейсмические источники при работах в акваториях.
10. Сейсмические источники поперечных волн.

#### **Тест № 5.**

1. Состав сейсмического канала. Сейсмоприемники.
2. Сейсмические станции. Вспомогательные технические средства.
3. Принципы цифровой магнитной записи. Квантование сигналов по времени и амплитуде.
4. Блок-схема цифровой сейсмической станции.
5. Структура и комплектация современных многоканальных сейсмических станций.
6. Общая характеристика систем наблюдений.
7. Типы систем наблюдений. Основы методики и технологии работ методом ОГТ.
8. Профильные системы наблюдений.
9. Пространственные системы наблюдений.
10. Регулярные и не регулярные системы наблюдений.

#### **Тест № 6.**

1. Сейсмические обрабатывающие центры.
2. Задачи предварительной обработки материалов.
3. Графы обработки. Процедуры редакции сейсмической записи.
4. Основные процедуры стандартного графа обработки: сортировка сейсмических трасс; регулировка амплитуд; временная и пространственно-временная фильтрации.
5. Основные процедуры стандартного графа обработки: анализ скоростей; расчет, ввод и коррекция кинематических и статических поправок; суммирование, миграция.

#### **Тест № 7.**

1. Анализ кинематических и динамических характеристик сейсмических записей.
2. Разрезы мгновенных амплитуд, частот и фаз.

### 3. Геологическая интерпретация аномальных эффектов.

Описание технологии проведения

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах): выполнение лабораторных работ; тестирования. Критерии оценивания приведены ниже.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Контрольно-измерительные материалы текущей аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков, и(или) опыт деятельности в области сейсморазведки.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены ниже.

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Перечень вопросов к зачёту:

1. Введение в предмет.
2. Однородные плоские волны в изотропной безграничной среде.
3. Двухслойная модель среды. Вывод уравнений прямой и монотипной однократной отраженной волны.
4. Этапы развития сейсморазведки.
5. Годографы однократно-отраженных волн в горизонтально-слоистой среде. Годографы головных волн в многослойной среде.
6. Сейсмические источники поперечных волн.
7. Значение и роль сейсмометрии в настоящее время при поисках и разведки полезных ископаемых, при решении инженерных задач и фундаментальных проблем внутреннего строения Земли.
8. Модели сред. Сейсмические границы.
9. Сейсмические источники при работах в акваториях.
10. Распространение упругих волн в не абсолютно упругих средах.
11. Однородные плоские волны в изотропной безграничной среде.
12. Двухслойная модель среды. Вывод уравнений прямой и монотипной однократной отраженной волны.
13. Упругие волны в безграничной среде: общие понятия; упругие модули; сферические волны; принципы Ферма, Гюйгенса, Френеля.
14. Влияние особых условий залегания горных пород.
15. Идея метода ОГТ. Вывод уравнения годографа ОГТ однократно отраженной волны.
16. Элементы теории упругости: исходные уравнения; начальные и краевые условия.
17. Вертикально-градиентные среды. Уравнения лучей и поля времен. Годографы дифрагированных волн на сейсмограммах ОГТ. Уравнение годографа ОГП головной волны.
18. Невзрывные импульсные и вибрационные источники. Особенности сейсморазведки при использовании вибраторов.
19. Законы отражения и преломления. Перераспределение энергии сейсмических волн в процессе отражения и преломления.
20. Методы и модификации сейсморазведки; классификация методов.
21. Источники упругих волн. Особенности использования взрывных источников.
22. Головные волны. Годографы головных волн. Взаимоотношения годографов прямых, отраженных и головных волн.
23. Скорости распространения упругих волн в горных породах.
24. Системы наблюдений ВСП. Методы пассивной сейсморазведки.
25. Влияние на скорость литологии; взаимосвязь скорости и плотности; влияние пористости и порового флюида; влияние глубины залегания, давления, возраста и температуры горных пород.
26. Годографы рефрагированных волн в двумерно-неоднородных средах.
27. Вертикальное сейсмическое профилирование. Модификации ВСП.
28. Интегральные характеристики сейсмических сред.

29. Годографы ОГТ в сложно построенных средах. Годографы ОГТ многократно отраженных волн.
30. Методы, использующие проходящие волны.
31. Поля времен, годографы. Решение уравнения поля времен и расчет сейсмических лучей и годографов.
32. Положение в разрезе общей глубинной точки.
33. Методы, использующие отраженные и преломленные волны.
34. Законы отражения и преломления. Перераспределение энергии сейсмических волн в процессе отражения и преломления.
35. Годографы кратных отраженных волн. Выводы уравнения годографов обменных отраженных волн и дифрагированной волны.
36. Кинематические поправки.
37. Этапы развития сейсморазведки.
38. Уравнение годографа рефрагированной волны в общем виде. Уравнение годографа рефрагированной волны для линейного закона возрастания скорости с глубиной и для других зависимостей скорости от глубины.
39. Модели сред. Сейсмические границы.
40. Этапы развития сейсморазведки.
41. Годографы отраженных волн при наличии сейсмических границ в градиентном полупространстве.
42. Кинематические поправки.

#### **Перечень вопросов к экзамену:**

1. Состав сейсмического канала. Сейсмоприемники.
2. Графы обработки. Процедуры редакции сейсмической записи.
3. Геологическая интерпретация аномальных эффектов.
4. Сейсмические станции. Вспомогательные технические средства.
5. Регулярные и не регулярные системы наблюдений.
6. Разрезы мгновенных амплитуд, частот и фаз.
7. Принципы цифровой магнитной записи. Квантование сигналов по времени и амплитуде.
8. Пространственные системы наблюдений.
9. Анализ кинематических и динамических характеристик сейсмических записей.
10. Блок-схема цифровой сейсмической станции.
11. Общая характеристика систем наблюдений.
12. Основные процедуры стандартного графа обработки: анализ скоростей.
13. Структура и комплектация современных многоканальных сейсмических станций.
14. Задачи предварительной обработки материалов.
15. Основные процедуры стандартного графа обработки: ввод и коррекция кинематических и статических поправок.
16. Типы систем наблюдений. Основы методики и технологии работ методом ОГТ.
17. Основные процедуры стандартного графа обработки: суммирование и миграция.
18. Сейсмические обрабатывающие центры.
19. Профильные системы наблюдений.
20. Основные процедуры стандартного графа обработки: сортировка сейсмических трасс.
21. Блок-схема цифровой сейсмической станции.
22. Регулярные и не регулярные системы наблюдений.
23. Основные процедуры стандартного графа обработки: регулировка амплитуд.
24. Блок-схема цифровой сейсмической станции.
25. Общая характеристика систем наблюдений.
26. Основные процедуры стандартного графа обработки: временная фильтрация.
27. Блок-схема цифровой сейсмической станции.
28. Регулярные и не регулярные системы наблюдений.
29. Задачи предварительной обработки материалов.
30. Основные процедуры стандартного графа обработки: пространственно-временная фильтрация.

Описание технологии проведения

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков, и(или) опыт деятельности в области прикладной геофизики.

При оценивании используются качественные шкалы оценок.

#### Критерии оценивания результатов обучения при текущей и промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами и фактами, способен применять теоретические знания для решения практических задач в области прикладной геофизики	Повышенный уровень	Отлично (Зачтено)
Обучающийся владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами и фактами, способен применять теоретические знания для решения практических задач в области прикладной геофизики, но при этом допускает отдельные ошибки при ответах на вопросы.	Базовый уровень	Хорошо (Зачтено)
Обучающийся владеет, частично, понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами и фактами, фрагментарно способен применять теоретические знания для решения практических задач в области прикладной геофизики.	Пороговый уровень	Удовлетворительно (Зачтено)
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания в базовых положениях и теоретических основах дисциплины, допускает грубые ошибки в иллюстрировании результатов и применении изученных методов при решении задач прикладной геофизики.	–	Неудовлетворительно (Не зачтено)

#### Фонд оценочных средств сформированности компетенций

##### ПК-1 Способен выполнять регистрацию геофизических данных в процессе полевых и лабораторных геофизических исследований

1) Закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

**ЗАДАНИЕ 1. Какие параметры связывает закон Снеллиуса?**

1. Угол падения, угол отражения и скорости над и под границей.
2. Угол отражения и акустическую жёсткость границы.
3. Скорость продольных и поперечных волн и плотность.
4. Угол преломления и время регистрации головной волны.

**ЗАДАНИЕ 2. Какой принцип определяет траекторию луча на основе минимальности времени пробега по этому лучу?**

1. Принцип Ферма.
2. Принцип Гюйгенса.
3. Принцип Френеля.
4. Принцип Релея.

**ЗАДАНИЕ 3. Какие два параметра среды связывает скорость ОГТ?**

1. Скорость и угол наклона границы.
2. Скорость и угол падения луча на границу.
3. Скорость и плотность.
4. Скорость и коэффициент отражения.

2) Открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности, короткий ответ: Да/Нет)

**ЗАДАНИЕ 1. Является ли эффективная скорость интегральной характеристикой среды?**

Ответ: **Да**

**ЗАДАНИЕ 2. В методе ОГТ используются головные волны?**

Ответ: **Нет**

3) Открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

**ЗАДАНИЕ 1. Принципиальное отличие результативных материалов сейсморазведки МОВ от результатов других геофизических методов.**

**Ответ (5 баллов):** Результатом сейсморазведки, которая использует отражённые волны, является 2-х или 3-х мерное изображение особенностей структурного строения и физических параметров геологической среды. Другими геофизическими методами, которые при своей реализации используют в основном потенциальные поля, нельзя получить подобное изображение.

**Ответ (2 балла):** Результаты сейсморазведки мало чем отличаются от результатов других геофизических методов.