

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Клочков Юрий Владимирович  
Должность: и.о. ректора  
Дата подписания: 08.05.2024 10:38:20  
Уникальный программный ключ:  
4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d7400d1

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ГЕОФИЗИКИ

УТВЕРЖДАЮ:  
Председатель СПН  
А. Р. Курчиков  
« 7 » *мая* 2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплина «Методы моделирования сейсмических волновых  
полей»

специальность: **21.05.03 «Технология геологической разведки»**

специализация: «**Геофизические методы поисков и разведки  
месторождений полезных ископаемых**»

квалификация выпускника: горный инженер-геофизик

форма обучения: очная

курс: 4

семестр: 8

Аудиторные занятия 68 час, в т.ч.:

лекции – 34 часов

практические занятия – 34 часов

лабораторные занятия - *не предусмотрены*

Самостоятельная работа - 76 часов, в т.ч.:

Курсовая работа (проект) – *не предусмотрена*

Расчетно-графические работы – *не предусмотрены*

Занятия в интерактивной форме – *не предусмотрены*

Вид промежуточной аттестации:

Зачет - 8 семестр

Общая трудоемкость – 144/4 (часов, зач. ед.)

Рабочая программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) высшего профессионального образования (ВПО) по направлению подготовки 21.05.03 «Технология геологической разведки» (квалификация «специалист»), утвержденного приказом № 1300 Министерства образования и науки РФ от 17 октября 2016 г.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Прикладная геофизика»  
Протокол №\_1\_\_ «31»\_августа\_2018 г.

Заведующий кафедрой ПГФ



С.К. Туренко

Рабочую программу разработал:  
к.ф.-м.н., доцент кафедры



В.М. Вингалов

## 1. Цели и задачи дисциплины:

Целью преподавания дисциплины для студентов является обучение основным понятиям и методам анализа и моделирования сейсмических полей, необходимых при поиске оптимальных решений задач, возникающих в процессе профессиональной деятельности. В процессе изучения курса студенты получают представление об основных понятиях и законах геометрической сейсмологии, динамической теории распространения сейсмических волн, существующих моделях сейсмических сред и их классификации, методах и технологиях решения прямых кинематических и динамических задач, области их применения.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование базовых компетенций и навыков, принципиально необходимых для получения успешного образования специалистов в области сейсморазведки;
- обучение студентов основным методам, необходимым для моделирования и анализа сейсмических полей;
- закрепление теоретического материала лекций на практических занятиях, отработка навыков для последующего решения и анализа практических задач различной степени сложности;
- использование на лекциях и практических занятиях прикладной направленности полученных знаний, способствующих формированию мотивации к обучению и трансформации знаний в инновационные технологии.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Методы моделирования сейсмических волновых полей» относится к вариативной части дисциплин по выбору (Б.1 В.15 дв.03.01) для специализации «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых».

Для изучения данной дисциплины необходимы знания математического, естественнонаучного и профессионального цикла и должны быть сформированы следующие коды компетенций: ОК-3,7; ОПК-4,5,6; ПК-1,13,15 ПСК-1.2,1.3,1.9

### Требования к результатам освоения дисциплины

Таблица 1

Но- мер/индек с компе- тенций	Содержание компе- тенции или ее части (указываются в соот- ветствии с ФГОС)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны		
		знать	знать	знать
ОК-3	готовность к саморазви- тию, самореализации, ис- пользованию творческого потенциала	о своих достоин- ствах и недостат- ках, профессио- нальные функции в соответствии с направлением и профилем подго- товки	анализировать свои личностные качества, критически оцени- вать уровень своей квалификации и необходимость ее повышения	навыками саморазвития и методами повышения квалификации, средствами развития достоинств и устранения недостатков
ОК-7	способность к самооргани- зации и самообразованию	цели, методы и средства для по- вышения своей квалификации	использовать свое мастерство в различ- ных жизненных си- туациях	методами и навыками саморазвития и повышения своей квалификации и мастерства
ОПК-4	способность организовать свой труд на научной основе, самостоятельно оценивать результаты своей профессиональной деятельности, владением	современный уро- вень организации труда	применять достиже- ния научных иссле- дований в своей дея- тельности, выбирать готовый и разработа- ть новый алго-	навыками органи- зации труда на научной основе, навыками само- стоятельной рабо- ты, в том числе в

	навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований		ритм решения поставленных задач	сфере проведения научных исследований
ОПК-5	понимание значимости своей будущей специальности, ответственным отношением к своей трудовой деятельности	сущность и значение своей профессии в развитии общества	использовать мотивацию к выполнению профессиональной деятельности	профессиональными знаниями
ОПК-6	самостоятельное принятие решения в рамках своей профессиональной компетенции, готовностью работать над междисциплинарными проектами	профессиональные компетенции, в т.ч. информационно-технологические, проектно-конструкторские, организационно-управленческие, научно-исследовательские	принимать решения в рамках указанных компетенций	междисциплинарными знаниями в областях близких геологии, математике, физике, экологии и др
ПК-1	умение и наличие профессиональной потребности отслеживать тенденции и направления развития эффективных технологий геологической разведки, проявлением профессионального интереса к развитию смежных областей	сущность и значение своей профессии в развитии общества, тенденции и направления развития эффективных технологий геологической разведки	использовать мотивацию к выполнению профессиональной деятельности в соответствии с новыми тенденциями и направлениями развития эффективных технологий геологической разведки	знаниями в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, информационными технологиями
ПК-13	наличие высокой теоретической и математической подготовки, а также подготовки по теоретическим, методическим и алгоритмическим основам создания новейших технологических процессов геологической разведки, позволяющим быстро реализовывать научные достижения, использовать современный аппарат математического моделирования при решении прикладных научных задач	основы математического моделирования, методы построения математических моделей для решения прикладных научных задач	использовать современный аппарат математического моделирования при решении поставленных научных задач	математической подготовкой, теоретическим, методическим и алгоритмическим основам создания новейших технологических процессов геологической разведки, позволяющей быстро реализовывать научные достижения
ПК-15	способность обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющегося мирового опыта, представлением результатов работы, обоснованием предложенных решений на высоком научно-техническом и профессиональном уровне	теоретические и практические основы обработки полученных результатов, способности их анализа	обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющегося мирового опыта, представлять результаты работы, обосновывать предложенные решения на высоком научно-техническом и профессиональном уровне	методами обработки, анализа геолого-геофизической информации на высоком научно-техническом и профессиональном уровне

ПСК-1.2	умение применять знания о современных методах геофизических исследований.	физические характеристики геофизических полей и основы их теории, современные методы геофизических исследований	применять знания о современных методах геофизических исследований, выбирать оптимальный комплекс исследований	современными методами и методиками геофизических исследований, в различных геолого-геофизических условиях
ПСК-1.3	умение планировать и проводить геофизические научные исследования, оценивать их результаты.	роль и место геофизических методов в технологической цепи: поиски – разведка – подсчет запасов – разработка месторождений нефти и газа	планировать и проводить геофизические научные исследования	навыками планирования и ведения геофизических научных исследований при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых
ПСК-1.9	умение проводить математическое моделирование и исследование геофизических процессов и объектов специализированными геофизическими информационными системами, в том числе стандартными пакетами программ.	методы математического моделирования и построения математических моделей анализа и оптимизации геофизических исследований	проводить математическое моделирование и исследование геофизических процессов и объектов специализированными геофизическими информационными системами, в том числе стандартными пакетами программ	различными способами построения математических моделей анализа и оптимизации геофизических исследований

### *Содержание дисциплины*

### *Содержание разделов и тем дисциплины*

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.	<b><i>Введение</i></b>	Содержание курса (цели и задачи), его связь со смежными дисциплинами. История развития и проблемы моделирования сейсмических волновых полей и их место в обработке и интерпретации геофизических данных
2.	<b><i>Тема 1. Основные понятия теории упругости</i></b>	Упругие деформации и напряжения. Связь между напряжениями и деформациями. Обобщенный закон Гука. Уравнения динамического равновесия. Уравнение Ламэ динамики упругих сред. Понятие о прямой динамической задаче.
3.	<b><i>Тема 2. Упругие волны</i></b>	Волновое уравнение. Решение волнового уравнения. Понятие волны. Гармонические волны. Разложение сферической волны на плоские волны. Фазовая и групповая скорости волны. Дисперсия скорости. Геометрическое расхождение и поглощение волны. Аналитическое представление сейсмических колебаний.
4.	<b><i>Тема 3. Геометрическая сейсмика</i></b>	Приближение геометрической сейсмики. Уравнение поля времен. Понятие о прямой кинематической задаче. Основные принципы геометрической сейсмики. Разрешающая способность сейморазведки по горизонтали. Принцип Ферма. Дифференциальные уравнения лучей.
5.	<b><i>Тема 4. Законы отражения, преломления, ди-</i></b>	Законы отражения и преломления. Монотипные и обменные волны. Уравнения Цепприца. Головные волны.

	<i>фракции</i>	Рефрагированные волны. Дифрагированные волны. Поверхностные волны. Методы решения прямой кинематической задачи.
<b>6.</b>	<b>Тема 5. Решение прямой динамической задачи</b>	Решение уравнения Ламэ. Лучевой метод. Нулевое приближение лучевого ряда. Программные комплексы моделирования волновых полей.
<b>7.</b>	<b>Тема 6. Модели сейсмических упругих сред</b>	Понятие модели. Современная классификация моделей. Модель горизонтально-слоистой среды. Модель слоисто-непрерывной среды. Модель анизотропной среды. Флюидонасыщенные среды. Модели Био, Гассмана. Петроупругое моделирование
<b>8.</b>	<b>Тема 7. Неупругие модели.</b>	Законы поглощения и затухания сейсмических волн. Волны в модели Био и ее модификациях.
<b>9.</b>	<b>Тема 8. Области применения моделирования сейсмических волновых полей.</b>	Проектирование полевых сейсморазведочных работ. Обработка сейсмических данных. Комплексная интерпретация материалов сейсморазведки, ГИС и бурения.

**Междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

Таблица 3

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин									
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	Источники сейсмических колебаний	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

**Разделы (модули), темы дисциплины и виды занятий**

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц, час.	Лаб. зан., час	Практ. зан., час	Семинары, час	Самостоятельная работа, час	Всего, час	Из них, в интерактивной форме обучения, час
1.	<b>Введение</b>	<b>2</b>	-			-	<b>2</b>	
2.	<b>Тема 1. Основные понятия теории упругости</b>	<b>4</b>	<b>2</b>			-	<b>6</b>	
3.	<b>Тема 2. Упругие волны</b>	<b>4</b>	<b>2</b>			<b>14</b>	<b>20</b>	
4.	<b>Тема 3. Геометрическая сейсмика</b>	<b>4</b>	<b>4</b>			<b>8</b>	<b>16</b>	
5.	<b>Тема 4. Законы отражения, преломления, дифракции</b>	<b>4</b>	<b>8</b>			<b>14</b>	<b>26</b>	
6.	<b>Тема 5. Решение прямой динамической задачи</b>	<b>6</b>	<b>8</b>			<b>14</b>	<b>28</b>	
7.	<b>Тема 6. Модели сейсмических упругих сред</b>	<b>4</b>	<b>6</b>			<b>10</b>	<b>20</b>	

8.	<i>Тема 7. Неупругие модели</i>	4	-			8	12	
9.	<i>Тема 8. Области применения моделирования сейсмических волновых полей.</i>	2	4			8	14	
		34	34			76	144	-

**Перечень лекционных занятий**

*Таблица 5*

№ раз-дела	№ те-мы	Наименование лекции	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Методы преподавания
1	2	3	4	5	6
1	1	<b>Введение</b>	2	ОК-3,7; ОПК-4,5,6; ПК-1,13,15 ПСК-1.2,1.3,1.9	Лекция – диалог
2	2	<b>Тема 1. Основные понятия теории упругости</b>	4		Лекция – диалог
3	3	<b>Тема 2. Упругие волны</b>	4		Лекция – диалог
4	4	<b>Тема 3. Геометрическая сейсмика</b>	4		Лекция – диалог
5	5	<b>Тема 4. Законы отражения, преломления, дифракции</b>	4		Лекция – диалог
6	6	<b>Тема 5. Решение прямой динамической задачи</b>	6		Лекция – диалог
7	7	<b>Тема 6. Модели сейсмических упругих сред</b>	4		Лекция – диалог
8	8	<b>Тема 7. Неупругие модели</b>	4		Лекция – диалог
9	9	<b>Тема 8. Области применения моделирования сейсмических волновых полей.</b>	2		Лекция – диалог
		Итого	34		

**Перечень тем лабораторных занятий.**

№ п/п	№ раз-дела (модуля) и темы дис-цип.	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудо-емкость (часы)	Формиру-емые компе-тенции	Методы преподава-ния
1	1	<b>Тема 1. Основные понятия теории упругости.</b> Уравнение Ламэ динамики упругих сред.	2	ОК-3,7; ОПК-4,5,6; ПК-1,13,15 ПСК-1.2,1.3,1.9	Работа в малых группах
2	2	<b>Тема 2. Упругие волны.</b> Волновое уравнение. Решение волнового уравнения.	2		Работа в малых группах
3	3	<b>Тема 3. Геометрическая сейсмика</b> Ос-	4		Работа в ма-

		новые принципы.			ных группах
4	4	<b>Тема 4. Законы отражения, преломления, дифракции.</b> Методы решения прямой кинематической задачи.	8		Работа в малых группах
5	5	<b>Тема 5. Решение прямой динамической задачи.</b> Программные комплексы моделирования волновых полей.	8		Работа в малых группах
6	6	<b>Тема 6. Модели сейсмических упругих сред.</b> Программные комплексы петроупругого моделирования.	6		Работа в малых группах
7	7	<b>Тема 7. Области применения моделирования сейсмических волновых полей.</b> Проектирование систем наблюдений полевых сейсморазведочных работ. Обработка сейсмических данных: учет ВЧР. Комплексная интерпретация материалов сейсморазведки, ГИС и бурения: AVO-анализ	4		Работа в малых группах
		ИТОГО	34		

**Перечень тем самостоятельной работы**

Таблица 7

№ п/п	№ раздела (модуля) и темы	Наименование темы	Трудоемкость (час.)	Виды контроля	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	1	<b>Тема 2. Разложение волн произвольной формы на гармонические колебания. Преобразование Фурье. Численные реализации.</b>	14	Устный опрос	ОК-3,7; ОПК-4,5,6; ПК-1,13,15 ПСК-1.2,1.3,1.9
2	2	<b>Тема 3. Следствия из принципа Ферма: принцип композиции, закон Снеллиуса.</b>	8	Устный опрос	
3	3	<b>Тема 4. Аппроксимации Аки-Ричардса и Шуэ.</b>	14	Устный опрос	
4	4	<b>Тема 5. Методы численного решения волнового уравнения.</b>	14	Устный опрос	
5	5	<b>Тема 6. VTI, TTI, NTI- анизотропия.</b>	10	Устный опрос	
6	6	<b>Тема 7. Оценка поглощения и затухания.</b>	8	Устный опрос	
7	7	<b>Тема 8. Сравнительные достоинства и недостатки основных способом моделирования при решении различных задач</b>	8	Устный опрос	
		Итого:	<b>76</b>		

### Тематика курсовых работ (проектов)

- учебным планом не предусмотрены

### Оценка результатов освоения учебной дисциплины

Рейтинговая система оценки знаний студентов \_3\_ курса направления 21.05.03 – «Технология геологической разведки» специализации «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» на 6 семестр.

Максимальное количество баллов за каждую текущую аттестацию

Таблица 8

1-ый срок предоставления результатов текущего контроля	2-ой срок предоставления результатов текущего контроля	3-ий срок предоставления результатов текущего контроля	Итого
20	30	50	100

№	Виды контрольных мероприятий	баллы	№ недели
1	Работа на лабораторных занятиях	10	2-6
2	Текущий контроль	10	2-5
3	Итого за первую текущую аттестацию	<b>20</b>	
4	Работа на лабораторных занятиях	10	6-11
5	Текущий контроль	20	12
6	Итого за вторую текущую аттестацию	<b>30</b>	
7	Работа на лабораторных занятиях	20	12-16
8	Текущий контроль	20	17
9	Доклад по теме самостоятельной работы	10	4-16
10	Итого за третью текущую аттестацию	<b>50</b>	
11	ВСЕГО	<b>100</b>	

### Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Карта обеспеченности учебной и учебно-методической литературой по дисциплине представлена в приложении 1.

### Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Таблица 9

№ п/п	Наименование информационных ресурсов	Ссылка
1.	Сайт ФГБОУВО ТИУ	<a href="http://www.tyuiu.ru/">http://www.tyuiu.ru/</a>
2.	Система поддержки дистанционного обучения Educon	<a href="http://educon.tyuiu.ru:8081/">http://educon.tyuiu.ru:8081/</a>
3.	Электронный каталог Библиотечно-издательского комплекса	<a href="http://webirbis.tyuiu.ru/">http://webirbis.tyuiu.ru/</a>
4.	Электронная библиотечная система eLib	<a href="http://elib.tyuiu.ru/">http://elib.tyuiu.ru/</a>
5.	Геологический портал GeoKniga	<a href="http://www.geokniga.org/">http://www.geokniga.org/</a>

*Материально-техническое обеспечение дисциплины*

Таблица 10

Перечень средств, необходимых для успешного освоения образовательной программы		
Наименование	Кол-во	Значение
Мультимедийное оборудование	1	для проведения лекций
Мультимедийная аудитория	1	для проведения лабораторных работ
Сейсмограммы, сейсмические разрезы	25	для проведения лабораторных работ

## КАРТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ УЧЕБНОЙ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРОЙ

Учебная дисциплина «Методы моделирования сейсмических волновых полей». Форма обучения:

Кафедра «Прикладная геофизика» \_\_\_\_\_

очная: 4 курс 8 семестр

Код, специальность 21.05.03 «Технология геологической разведки» спец-я Геофизические методы поиска и разведки месторождений полезных ископаемых

### Фактическая обеспеченность дисциплины учебной и учебно-методической литературой

Учебная, учебно- методическая литература по рабочей программе	Название учебной и учебно-методической литературы, автор, издательство	Год издания	Вид издания	Вид занятий	Кол-во экземпляров в БИК	Количество обучающихся, использующих указанную литературу, %	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Место хранения	Наличие эл. варианта в электронно-библиотечной системе ТюмГНГУ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Основная	Боганик Г. Н. Сейсморазведка [Текст] : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых" направления подготовки дипломированных специалистов "Технологии геологической разведки" / Г. Н. Боганик, И. И. Гурвич ; Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе. - Тверь : АИС, 2006. - 744 с.	2006	У	ЛС	58+ Неограниченный доступ	20	100	БИК	-

Заведующий кафедрой С.К. Туренко  
« 31 » 08 2018 г.

Директор БИК Д.Х. Каюкова

Солмонова БИК М.И. А.И. Ешмицкая

