

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт динамики геосфер Российской академии наук  
(ИДГ РАН)**



УТВЕРЖДАЮ:

ВРИО директора ИДГ РАН

Ю.И. Зецер

«19» \_\_\_\_\_ «09» 2014 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Количественная сейсмология»**

**Направление подготовки**

05.06.01 НАУКИ О ЗЕМЛЕ

**Профиль (направленность программы)**

25.00.10 Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

**Квалификация выпускника**

Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Форма обучения**

Очная

**Вид промежуточного контроля: зачет**

Москва, 2014

## **ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ**

ВО – высшее образование;

УК – универсальные компетенции;

ОПК – общепрофессиональные компетенции;

ПК – профессиональные компетенции;

ФГОС ВО – федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования

ООП – основная образовательная программа

ЛЗ – лекционное занятие

С – семинары

К – контроль (промежуточная аттестация)

СР – самостоятельная работа обучающихся

О – опрос (собеседование)

ДЗ – задание для самостоятельной/домашней работы

ФОС – фонд оценочных средств

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы.....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	6
4.1. Структура дисциплины.....	9
4.2. Содержание разделов дисциплины .....	9
4.3. Тематика аудиторных занятий.....	9
5. Текущая и промежуточная аттестация.....	10
6. Образовательные технологии.....	11
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	12
7.1. Основная литература.....	12
7.2. Дополнительная литература.....	12
7.3. Электронные ресурсы .....	12
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	13

### **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

Цель освоения дисциплины - приобретение комплекса знаний по теоретическому изучению феноменологии и физики волновых процессов во внутренних оболочках Земли, связи сейсмических волновых полей со структурными особенностями земных недр, методам оценки характеристик и свойств вещества, слагающего внутренние оболочки Земли, по динамическим характеристикам сейсмических фаз, измеренным на станциях мировой сети сейсмологических наблюдений в интересах широкого круга фундаментальных и прикладных задач современной геофизики.

Для достижения поставленной цели в процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи:

- изучение моделей строения Земли;
- изучение современных представлений о глобальных и локальных процессах, определяющих структурные особенности оболочек Земли;
- изучение методов исследования глубинного строения Земли;
- освоение современных теоретических представлений о распространении волн в упругой и неупругой среде;
- освоение практических навыков работы с широким кругом сейсмических данных: бюллетенями, каталогами, волновыми формами, метаданными сейсмологических агентств, и т.д.

### **2. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы**

Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части блока 1 программы аспирантуры.

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 2 зачетные единицы (з.е.) или 72 академических часа, в том числе 40 часов аудиторных занятий и 32 часа самостоятельной работы.

Содержание программы «Количественная сейсмология» разработано с учетом требований ФГОС ВО по направлению подготовки 05.06.01 НАУКИ О ЗЕМЛЕ, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 870, зарегистрировано в Минюсте России 20 августа 2014 г. № 33680.

Дисциплина предназначена для подготовки аспирантов и имеет практико-ориентированный характер.

Для изучения дисциплины аспиранту необходимо иметь знания в объеме программ подготовки специалиста в области математики, физики, геофизики, численных методов.

### **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины «Количественная сейсмология» направлен на формирование следующих компетенций:

#### **а) универсальных (УК)**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-3);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);

### **б) общепрофессиональных (ОПК)**

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области геофизики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовность к преподавательской деятельности в системе высшего образования (ОПК-2);

### **в) профессиональных (ПК)**

- знать принципы проведения фундаментальных и прикладных исследований в области геофизики; уметь: ставить и решать задачи по изучению физических полей Земли на основании полевых и дистанционных методов наблюдений; формулировать актуальные проблемы геофизики, критически оценивать их общенаучную значимость и возможность их решения на современном уровне развития науки; владеть практическими навыками применения методов решения прямых и обратных задач геофизики (ПК-1);
- 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; уметь применять на практике методы сбора, обработки и анализа сейсмических данных различного происхождения; владеть прикладными навыками эксплуатации современного геофизического программного обеспечения (ПК-2);
- знать современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в области обработки и интерпретации сейсмических данных; уметь организовывать процесс их сбора, обработки анализа и интерпретации; уметь критически оценивать, выбирать и применять в профессиональной деятельности современные методы систематизации и анализа данных в выбранной области исследования (ПК-3);
- знать: основные образовательные технологии, применяемые при обучении студентов и магистрантов в области геофизики, уметь проводить семинарские, лабораторные и практические занятия по сейсмологии; уметь организовывать работу и руководить студентами в целях обработки сейсмологических данных; владеть навыками формулирования образовательных задач, навыками совместной подготовки результатов учебных исследований к презентации, навыками критического оценивания работы студентов (ПК-4);
- знать особенности методов изучения физических полей Земли и используемого для этого программного обеспечения; уметь выполнять рутинные и нестандартные сейсмологические измерения волновых форм; владеть навыками установки и диагностики современного сейсмологического программного обеспечения (ПК-5).

В результате освоения дисциплины аспиранты будут

#### **знать:**

основы теории распространения сейсмических волн в Земле; типы и свойства объёмных волн и их особенности при регистрации на современном сейсмологическом оборудовании; основы описания сейсмических источников на базе динамической теории упругости; актуальные модели Земли по сейсмологическим данным; закономерности распространения и затухания сейсмических волн в реальных средах; методологию решения прямой и обратной задач; основы сейсмической томографии;

#### **уметь:**

проводить систематизацию и анализ полученных и опубликованных данных;; выводите корректные закономерности на основе сопоставления результатов наблюдений и теории; проводить анализ полученных результатов; пользоваться своими знаниями для определения основных параметров структурных неоднородностей оболочек Земли; применять стандартные и модифицированные модели Земли для решения конкретных геофизических задач; анализировать экспериментальные и наблюдательные данные; оценивать достоверность и точность получаемых результатов; эффективно использовать имеющееся программное обеспечение для анализа сейсмограмм.

**Владеть:**

навыками освоения большого объема информации; навыками самостоятельной работы; культурой постановки геофизических задач; навыками массовой обработки исходных данных и их сопоставления с теоретическими расчетами; основными приёмами программирования на Фортране, С++; навыками написания сценариев *cshell*.

**4. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины «Количественная сейсмология» составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа, из которых аудиторная нагрузка составляет 40 часов (лекции - 18 часов, семинары - 20 часов, контроль – 2 часа), самостоятельная работа обучающихся – 32 часа.

**Раздел 1.** Введение в сейсмологию. (1 лекция (2 ак/ч) + 1 семинар (2 ак/ч)) = 4 ак/ч аудиторных занятий

**Лекция №1** (2 ак/ч). Строение Земли.

Глубинное строение Земли по сейсмологическим данным. Распространение сейсмических волн в Земле. Типы сейсмических волн, их основные характеристики. Общие представления об использовании сейсмических волн для изучения строения Земли. Глобальная и региональная сейсмичность. Сеймотектоника. Геодинамика и сейсмичность (сейсмогеодинамика). Основные сейсмогеодинамические структуры Земли (спрединг, субдукция, трансформные смещения литосферы, конвекция и её режимы в различных оболочках Земли и др.) Формирование и рост внутреннего ядра Земли. Геодинамо и его связь со структурными особенностями ядра Земли.

**Семинар №1 (практический)** (2 ак/ч). Отработка навыков работы с современными приложениями для обработки графических и сейсмических данных. Графика: растровые и векторные изображения. Программы для обработки изображений. Сейсмика: введение в операционную систему UNIX. Базовые понятия, архитектура, разрешения, команды, операции ввода-вывода. Пользовательские оболочки. Сценарии *cshell* (скрипты).

**Типовые задания для домашней/самостоятельной работы:**

1. Создать структурное изображение Земли с оболочками. Подписать название оболочек. Обозначить литосферу. Изобразить мантийные границы на глубинах 410 и 640 км. Схематически изобразить лучевые диаграммы распространения волн РКР, РККР, РСР и РККР.

2. Разработать и продемонстрировать функциональность скрипта, позволяющего: (i) открывать новые и существующие файлы, (ii) считывать и сортировать информацию, (iii) проводить текстовую обработку информации файла и стандартного ввода (например, контекстный выбор), (iv) проводить математические операции (например, работа со столбцами) и (v) экспортировать данные в различные форматы.

**Раздел 2.** Базовые понятия и инструменты сейсмологии (5 лекций (10 ак/ч) + 4 семинара (8 ак/ч)) = 18 ак/ч аудиторных занятий

**Лекция №2** (2 ак/ч). Теория упругости в сейсмологии. Волны.

Основы динамической теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Связь напряжений и деформаций. Упругая энергия. Функция Грина в динамической теории упругости. Описание сейсмических источников. Сейсмический момент. Тензор сейсмического момента.

**Лекция 3** (2 ак/ч). Волны в бесконечной упругой среде.

Упругие волны от точечного источника. Волновое поле в безграничной однородной среде. Лучевая теория продольных и поперечных волн в дальней зоне. Расчет

эпицентрального расстояния для сферически-симметричной Земли и других моделей, а также с учетом поправок (эллиптичность и др.) Расчет азимута на источник/станцию. Классификация событий по эпицентральному расстоянию. Сейсмическая кода.

**Семинар №2 (практический)** (2 ак/ч). Программирование простых сейсмологических задач на С и/или Фортране. Знакомство с сейсмологическими программами под UNIX: SAC, GEOTOOL, DBE. Макропрограммы SAC. Матлаб и его функциональности.

**Типовые задания для домашней/самостоятельной работы:**

1. Представить варианты расчета эпицентрального расстояния и азимута на источник/станцию в: (i) Excel (+Матлаб – по желанию), (ii) С или Фортран.
2. Представить макропрограмму SAC для просмотра нескольких файлов в автоматическом режиме. Прозэкспортировать сейсмограмму в валидный графический формат, представить распечатку с подписью параметров очага и станции в заголовке, а также переменных по осям с единицами измерения.

**Лекция 4** (2 ак/ч). Распространение в среде с границами раздела, прочие эффекты распространения.

Отражение и преломление продольных и поперечных волн на плоских границах. Вывод формул для коэффициентов отражения и преломления. Понятие о критических углах; неоднородные волны и фазовые сдвиги. Влияние земной поверхности на распространение сейсмических волн. Угол выхода сейсмической радиации. Поверхностные волны в вертикально-неоднородной среде. Волны Рэлея и Лява. Основная и высшие гармоники. Групповая и фазовая скорость. Дисперсия. Эффект неидеальной упругости и дисперсия скорости. Отражение и преломление сферических волн. Сферические волны как суперпозиция плоских и цилиндрических волн. Головные волны. Анизотропная среда.

**Семинар №3 (теоретический)** (2 ак/ч). Расчет коэффициентов отражения/прохождения для слоистых моделей с различными акустическими импедансами слоёв. Визуализация полученных оценок.

**Типовые задания для домашней/самостоятельной работы:**

Представить зависимость коэффициента отражения волны РКіКР от угла падения на отражающую границу. Чем характеризуется полученная зависимость?

**Лекция 5** (2 ак/ч). Прямая задача.

Время пробега. Географы и стандартные модели Земли. Методы изучения сферически симметричной Земли. Свойства географов основных фаз объемных волн. Сейсмические волны в трехмерно-неоднородной среде. Лучевые построения. Рассеяние на случайных неоднородностях. Представление о методах расчета синтетических сейсмограмм.

**Семинар 4 (практический)** (2 ак/ч). Расчеты сейсмологических переменных и волновых полей. Расчет времени пробега в стандартных моделях для различных фаз с использованием доступных программ: таур, etc. Знакомство с различными программами для построения синтетических сейсмограмм (Xgbm, etc).

**Типовые задания для домашней/самостоятельной работы:**

Представить программу (С или Фортран) для расчета времени пробега в простой двухслойной модели с ростом скорости с глубиной.

**Лекция 6** (2 ак/ч). Обратная задача.

Обратные задачи сейсмологии. Сейсмическая томография. Линеаризованные методы и методы Монте-Карло. Алгоритм ближайшего соседа. Собственные колебания Земли.

**Семинар 5 (практический)** (2 ак/ч). Решение элементарных обратных задач с наперёд заданной точностью.

**Типовые задания для домашней/самостоятельной работы:**

Представить программу (C или Фортран) восстановления модельной функции с помощью алгоритма поиска пространства моделей «ближайший сосед» с визуализацией.

**Раздел 3. Обработка сейсмических данных** (3 лекции (6 ак/ч) + 4 семинара (8 ак/ч)) = 14 ак/ч аудиторных занятий

**Лекция 7** (2 ак/ч). Работа с исходными данными.

Типы и источники данных: информация о гипоцентрах и волновые формы. Сейсмические службы. Каталоги землетрясений и их унификация. Онлайн- и оффлайн-источники волновых форм. Классификация землетрясений по энергии очага. Магнитуда землетрясений. Типы магнитуд и их физические основы. Соотношения магнитудных шкал. Отбор, получение и просмотр цифровых данных. Форматы, преобразование форматов. Учёт АЧХ и ФЧХ сейсмометрического канала. Частотный и динамический диапазон сейсмических сигналов. Деконволюция.

**Семинар 6 (практический)** (2 ак/ч). Отработка навыков работы с исходными данными.

**Типовые задания для домашней/самостоятельной работы:**

Представить распечатку и считываемые файлы волновых форм в указанных форматах для события, удовлетворяющего наперёд заданным параметрам.

**Лекция 8 (2 ак/ч)**. Обработка данных трёхкомпонентной станции.

Микросейсмический шум. Соотношение сигнал/шум. Частотная фильтрация. Спектральные методы обработки. Корреляция и автокорреляция. Определение основных параметров очага землетрясения при эпицентральных или локальных наблюдениях: координаты, глубина, магнитуда. Поляризационные характеристики трёхкомпонентной записи. Поляризационная фильтрация. Сейсмическая кода. Огибающая сейсмической коды.

**Семинар 7 (практический)** (4 ак/ч). Отработка навыков работы с данными трёхкомпонентной станции.

**Типовые задания для домашней/самостоятельной работы:**

Представить программу (C или Фортран) для оценки поляризационных характеристик трёхкомпонентной записи.

**Лекция 9 (2 ак/ч)**. Обработка групповых записей.

Суммирование каналов группы: линейное, взвешенное, фазо-взвешенное. Частотно-волновой анализ. Корреляция. Определение погрешности проведённых оценок с помощью метода опорной выборки. Автоматическая локация по данным группы.

**Семинары 8 - 9 (практические)** (2 + 2 ак/ч). Отработка навыков работы с данными систем группирования.

**Типовые задания для домашней/самостоятельной работы:**

Представить распечатку с результатом обнаружения (существенного увеличения соотношения сигнал/шум) слабого сигнала в результате суммирования каналов группы.



#### 4.1. Структура дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоемкость (ак. час)
<b>Аудиторные занятия,</b> <b>в том числе:</b>	<b>40</b>
Лекционные занятия (ЛЗ)	18
Семинары (С)	20
Контроль (промежуточная и итоговая аттестация)	2
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	<b>32</b>
<b>Всего:</b>	<b>72</b>

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины	Трудоемкость (ак. час)			
		всего	очная форма обучения		
			ЛЗ	С	СР
1	Введение в сейсмологию	8	2	2	4
2	Базовые понятия и инструменты сейсмологии	30	10	8	12
3	Обработка сейсмических данных	32	6	10	16
	Контроль (аттестация)	2			
<b>Итого:</b>		<b>72</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>32</b>

#### 4.3. Тематика аудиторных занятий

Тематика лекционных занятий

Таблица 3

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во (ак. час)	Литература	Форма текущей аттестации*
1	1	Строение Земли	2	О1-О7 Д1-Д3	О или ДЗ
2	2	Теория упругости в сейсмологии. Волны.	2	О1-О7 Д1-Д3	О
	3	Волны в бесконечной упругой среде	2	О1-О7 Д1-Д3	О или ДЗ
	4	Распространение в среде с границами раздела, прочие эффекты распространения	2	О1-О7 Д1-Д3	О или ДЗ
	5	Прямая задача	2	О1,О4, Э6, Э10	О или ДЗ
	6	Обратная задача	2	О1,О4, Э6, Э10	О или ДЗ
3	7	Работа с исходными данными	2	О1,О6,О7, Э2, Э4, Э9, Э10	О или ДЗ
	8	Обработка данных трёхкомпонентной станции	2	О1,О6,О7, Э1-Э8, Э10	О или ДЗ
	9	Обработка групповых записей	2	О1, Э1-Э8, Э10	О или ДЗ
<b>Итого:</b>			<b>18</b>		

\* Примечание: О – опрос (собеседование). Формы контроля не являются жесткими и могут быть заменены преподавателем на другую форму контроля в зависимости от контингента обучающихся. Кроме того на семинарских занятиях может проводиться работа с нормативными документами, периодическими изданиями специальной российской и зарубежной литературы, материалами конференций и пр., что также оценивается преподавателем. ДЗ – задание для самостоятельной/домашней работы может быть сдано как в течение семестра, так и в ходе промежуточной аттестации

#### Тематика семинарских\* занятий

Таблица 4

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во (ак.час)	Литература
1	1	Отработка навыков работы с современными приложениями для обработки графических и сейсмических данных	2	Э6, Э10
2	2	Программирование простых сейсмологических задач на С++ и Фортране	2	Д4 или Д5, Э6, Э10
	3	Расчет коэффициентов отражения/прохождения для слоистых моделей с различными импедансами слоёв	2	О1-07, Э6, Э10
	4	Расчеты сейсмологических переменных и волновых полей	2	О1,04, Э6, Э10
	5	Решение элементарных обратных задач с наперёд заданной точностью	2	О1, Э6, Э10
3	6	Отработка навыков работы с исходными данными	2	О1,06,07, Э2, Э4, Э9
	7	Отработка навыков работы с данными трёхкомпонентной станции	4	О1,06,07, Э1-Э8, Э10
	8 - 9	Отработка навыков работы с данными систем группирования	4	О1, Э1-Э8, Э10
Итого:			20	

\***Практические** семинары проводятся с использованием рабочего места, оборудованного вычислительной машиной с необходимым программным обеспечением согласно тематике проводимого семинара. **Теоретические** семинары проводятся в лекционной аудитории.

#### 5. Текущая и промежуточная аттестация

Текущая и промежуточная аттестация аспирантов является обязательной и проводится в соответствии с локальным актом ИДГ РАН - Положением о текущей, промежуточной и государственной итоговой аттестации аспирантов ИДГ по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и фондом оценочных средств (ФОС).

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса (собеседования) в рамках участия обучающихся в дискуссиях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина - активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;

- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров, практических занятий и самостоятельной работы.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в виде зачета в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса по приказу (распоряжению заместителя директора по научной работе). Обучающийся допускается к зачету в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

### Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета

Таблица 5

Оценка зачета	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
<i>Зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует знание содержания тем учебной дисциплины. Владеет основными понятиями сейсмологии и современными представлениями о структуре Земли, имеет понятие о нерешенных проблемах, владеет подходами к решению задач в области физики Земли, сейсмологии, имеет представление о методах и специфике обработки широкого спектра геофизических данных. Способен выполнять анализ проблем и намечать пути их решения.
<i>Не зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала учебной дисциплины. Слабо владеет основными понятиями сейсмологии и современными представлениями о структуре Земли. Не имеет знаний о нерешенных проблемах. Слабо владеет подходами к решению задач в области физики Земли, сейсмологии, имеет сильно ограниченное представление о методах и специфике обработки широкого спектра геофизических данных.

### 6. Образовательные технологии

Обучение по дисциплине ведется с применением традиционных технологий по видам работ (лекционные занятия, практические и теоретические семинарские занятия, текущий контроль) по расписанию с использованием электронных учебных, методических и контролирующих пособий.

При изложении лекционного материала используются мультимедийные иллюстративные материалы. На практических семинарских занятиях аспиранты самостоятельно под руководством преподавателя решают практические задачи, решаемые сейсмологами при проведении исследований. Навыки исследовательской работы отрабатываются как на заранее подготовленных данных и моделях, так и на реальных сейсмограммах, загружаемых обучающимися по каналам Интернет. Задания для домашней/самостоятельной работы, как правило, индивидуальны и включают элементы реального научного исследования.

Самостоятельная работа по дисциплине включает самоподготовку к учебным занятиям по учебной литературе и с помощью электронных ресурсов, совершенствование полученных на практических занятиях навыков работы, освоение дополнительных опций и программ. Индивидуальная работа аспирантов проходит в библиотеке ИДГ РАН, БЕН РАН и других библиотеках, а также на вычислительных комплексах лабораторий ИДГ РАН, включая «Лабораторию сейсмологических исследований литосферы».

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**  
**7.1. Основная литература:**

Таблица 6

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
О1	К. Аки, П. Ричардс	Количественная сейсмология	М.: Мир	1983
О2	Жарков В.Н.	Внутреннее строение Земли и планет	М.: Наука	1983
О3	Магницкий В.А.	Внутреннее строение и физика Земли.	М.: Наука	2006
О4	Яновская Т.Б.	Основы сейсмологии.	СПб.: Изд-во СПбГУ	2008
О5	Бреховских Л.М.	Волны в слоистых средах	М.: Наука	1973
О6	Саваренский Е.Ф.	Сейсмические волны.	М.: Недра	1972
О7	Дж.Э.Уайт	Возбуждение и распространение сейсмических волн.	М.: Недра	1986

**7.2. Дополнительная литература:**

Таблица 7

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
Д1	Ботт М.	Внутреннее строение Земли	М.: Мир	1974
Д2	Стейси Ф.	Физика Земли	М.: Мир	1972
Д3	В.Н.Жарков, В.П.Трубицын, П.В.Самсоненко.	Физика Земли и планет. Фигуры и внутреннее строение	М.: Наука	1971
Д4	Секунов Н.	Программирование на С++ в Linux	СПб: БХВ-Петербург	2003
Д5	Хьюз Ч., Пфиглер Ч., Роуз Л.	Методы программирования: курс на основе Фортрана	М.: Мир	1981

**7.3. Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы:**

Цифровые базы данных, программы:

- Э1. База цифровых сейсмических данных IRIS <http://ds.iris.edu/ds/nodes/dmc/data/>
- Э2. База данных Геологической службы США U.S. Geological Survey (USGS) National Earthquake Information Center (NEIC) <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/?source=sitenav>
- Э3. База данных International Seismological Center <http://www.isc.ac.uk/>
- Э4. База данных Гарвардский каталог <http://www.seismology.harvard.edu/>
- Э5. База данных крупных землетрясений IRIS <http://ds.iris.edu/seismo-archives/>
- Э6. Сейсмологические программы Европейского центра данных Orfeus [http://www.orfeus-eu.org/software/seismo\\_softwarelibrary.html](http://www.orfeus-eu.org/software/seismo_softwarelibrary.html)
- Э7. База цифровых сейсмических данных Европейского центра данных Orfeus <http://www.orfeus-eu.org/data.html>
- Э8. База цифровых сейсмических данных Японии <http://jarray.eri.u-tokyo.ac.jp>
- Э9. Информационный портал ГС РАН <http://www.ceme.gsras.ru/ceme/as.html>
- Э10. Сейсмологические программы IRIS и других разработчиков <https://seiscode.iris.washington.edu>

Общие ресурсы:

- научная библиотека [eLIBRARY.RU](http://eLIBRARY.RU), более 20 полнотекстовых версий журналов по тематике курса;

- хранилище электронных копий всех издаваемых компанией Springer журналов <http://www.springerlink.com/>;
- электронная библиотека Физтеха <http://lib.mipt.ru/>
- федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru>
- библиотека по естественным наукам Российской академии наук <http://benran.ru>

Дополнительные средства обеспечения освоения дисциплины

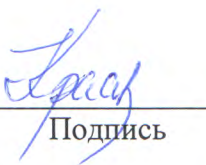
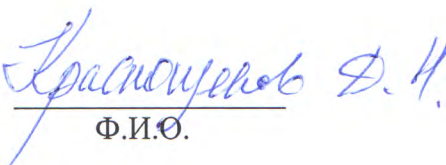
- Электронные версии основной и дополнительной литературы.

#### 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

- Кабинет (рабочее место аспиранта) с компьютером и периферийными устройствами для выполнения исследовательских лабораторных и расчетно-исследовательских работ.
- Студенческая аудитория.
- Кабинеты профильных лабораторий
- Конференц-зал Института, оснащенный мультимедийным оборудованием
- Мультимедийное оборудование. Компьютеры Лаборатории сейсмологических исследований литосферы ИДГ РАН со специализированным программным обеспечением.
- Лицензированное программное обеспечение: Adobe Acrobat 9, Microsoft Office, MATLAB, Geotool, SAC, Datascope.
- Прочее программное обеспечение: TAUP, GMT, TTIMES
- Компиляторы: C, Fortran

Разработчики:

Д.Н. Краснощеков, кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник лаборатории «Динамических процессов в земном ядре» ИДГ РАН

«16» сентября 2014 г.    
Подпись Ф.И.О.

Рецензенты:

В.М. Овчинников, доктор физико-математических наук,  
заведующий лабораторией «Динамических процессов в земном ядре» ИДГ РАН

«17» сентября 2014 г.    
Подпись Ф.И.О.

Программа «Количественная сейсмология» рассмотрена и утверждена Ученым советом ИДГ РАН (Протокол № 3а/14 от 18.09.2014 г.).