

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ВЛАДИКАВКАЗСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГФИ ВНЦ РАН)



«УТВЕРЖДАЮ»

ВРИО директора ГФИ ВНЦ РАН
к.г.н. *О.Г. Бурдзиева* О.Г. Бурдзиева

«22» *июня* 2015 г.

ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**ГЕОФИЗИКА, ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Рекомендуется для направления подготовки
научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению
05.06.01 Науки о земле**

**Направленность «Геофизика, геофизические методы поисков полезных
ископаемых»**

1. Цели и задачи освоения дисциплины

1. Приобретение современных знаний о внутреннем строении Земли и физических процессах, протекающих в недрах Земли.

2. Овладение современными методами геофизического эксперимента и приёмами его планирования.

3. Приобретение знаний и навыков применения современных методов обработки и интерпретации геофизических данных с целью изучения глубинного строения Земли, а также – поиска и разведки месторождений полезных ископаемых.

2. Место дисциплины в структуре ОПП:

Дисциплина преподаётся аспирантам первого и второго года обучения. Курс основан на ранее полученных аспирантами знаниях по геофизике, общей геологии, а также других предметах естественно-математического цикла. Содержание программы соответствует программе кандидатского экзамена по специальности 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых». Программа предусматривает усвоение аспирантами дополнительных знаний, отражающих последние достижения экспериментальной и теоретической геофизики, а также знаний по геотектонике и палеомагнетизму.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения учебной дисциплины «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» направлен на формирование элементов следующих компетенций:

а) универсальных (УК):

1) Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

б) общепрофессиональных (ОПК):

1) Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области геофизики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

в) профессиональных (ПК):

1) Способность интегрировать фундаментальные и прикладные разделы геофизики (в том числе гравимагниторазведка, геоэлектрика, сейсмология и сейсморазведка, математическая геофизика, геофизические исследования скважин и интерпретация

геофизических данных) и специализированные геологические и геофизические знания (в том числе о физических процессах, протекающих в Земле, и внутреннем строении Земли и других планет) для решения проблем геологии и геофизики. (ПК-1);

2) Способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области геофизики и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта. (ПК-2);

3) Способность свободно и творчески пользоваться современными методами анализа, обработки и интерпретации комплексной геофизической информации для решения научных и практических задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности (ПК-3);

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

1. **Знать**: модели внутреннего строения Земли; вещество Земли в условиях высоких температур и давлений; состав различных оболочек Земли; фазовые переходы внутри Земли; вулканические явления; гипотезы о происхождении и развитии Земли; прямые и обратные задачи геофизики методы их решения.

2. **Уметь**: ставить и решать задачи по изучению внутреннего строения Земли на основании измерений физических полей, в том числе: естественных физических полей Земли (пассивные геофизические методы) и отклика земных недр на внешнее воздействие (активные геофизические методы).

3. **Владеть** следующими навыками: применения методов решения прямых и обратных задач геофизики, обработки и интерпретации геофизических данных.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Геофизика и геофизические методы поисков полезных ископаемых» составляет 5 зачетных единиц, 180 часов, из которых аудиторная нагрузка составляет 48 часов (Лекции – 26 часов, семинары – 22 часа), самостоятельная работа студентов – 96 часов, контроль - 36 часов. На 1 курсе: лекции-12 часов, семинары-12 часов, самостоятельная работа студента - 48 часов. На 2 курсе: лекции - 14 часов, семинары - 10 часов, самостоятельная работа студента - 48 часов, контроль - 36 часов.

Содержание дисциплины

Введение

Цель, задачи и значение курса. Предмет и методы исследования.

Раздел 1. Внутреннее строение Земли

1. Элементы сейсмологии и сейсмические данные.
2. Оболочки твердой Земли.
3. Модели Земли: плотность, давление, упругие модули, сила тяжести в недрах Земли. Уравнения состояния вещества земных недр. Методы определения уравнений состояния вещества недр Земли и планет.
4. Фазовые переходы в Земле.
5. Распределение температуры и термодинамических параметров.
6. Вязкость, электропроводность, теплопроводность.
7. Химический и минералогический состав.

Раздел 2. Гравитационное поле и фигура Земли. Собственные колебания Земли.

1. Внешнее поле.
2. Фигуры равновесия и фигура Земли. Нормальное поле.
3. Отклонение поля от равновесного.
4. Аномалии силы тяжести.
5. Земные приливы. Числа Лява.
6. Теория свободного вращения твердой и упругой Земли вокруг центра масс: уравнения Эйлера и Лиувилля, формулы Эйлера и Лява-Лармора для периода изменчивости широт (чандлеровского периода) при свободном вращении твердой и упругой Земли.
7. Вынужденная нутация Земли, кинематические соотношения Пуансо, связывающие траектории вектора угловой скорости относительно подвижной и неподвижной систем координат. Решение Хафа-Слудского-Пуанкаре о свободной и вынужденной нутации Земли с твердой оболочкой и эллипсоидальным идеально жидким однородным несжимаемым ядром.
8. Собственные колебания Земли. Сфероидальные и крутильные колебания. Затухания колебаний. Распределение диссипативной функции в Земле.

Раздел 3. Магнитное поле Земли

1. Современное геомагнитное поле, его пространственно-временные характеристики.
2. Мировые и региональные аномалии. Полосовые магнитные аномалии в океанах.
3. Вековые вариации, экскурсы.

4. Физические основы палеомагнетизма.
5. Инверсии геомагнитного поля. Магнитная геохронологическая шкала А
6. Палеомагнетизм и палеотектоника.
7. Теория генерации геомагнитного поля и его вариаций.

Раздел 4. Геотермика

1. Тепловой поток и распределение температуры в литосфере.
2. Процессы теплопереноса.
3. Адиабатическая температура и температура плавления.
4. Источники тепла.
5. Тепловой режим океанической и континентальной литосферы.
6. Гидротермальная активность осевых зон срединно-океанических хребтов.

Раздел 5. Геология земной коры и мантии

1. Геологическая характеристика упругих, вязких, нелинейно-вязких, вязкоупругих и пластических сред.
2. Геологические свойства горных пород при высоких температурах и давлениях. Диффузионная и дислокационная ползучесть.
3. Геологические модели литосферы и мантии. Толщина океанической и континентальной литосферы.
4. Классификация разломов в земной коре. Трение на разломах. Теория образования разломных зон по Андерсону. Тектонические покровы и гравитационное соскальзывание.
5. Прерывистое скольжение по разлому и теория упругой отдачи. Данные наблюдения по разлому Сан-Андреас.

Раздел 6. Напряжения, конвекция, гравитационная дифференциация в недрах Земли и планет

1. Тектоника плит.
2. Уравнения тепловой конвекции. Числа Релея, Рейнольдса, Прандтля, Нуссельта.
3. Модели конвекции в мантии Земли. Влияние реологии на мантийную конвекцию.
4. Проблема гравитационной дифференциации в недрах Земли. Образование земной коры, мантии и ядра.
5. Конвекция и гравитационная дифференциация в магматических камерах.
6. Напряжения в земной коре и литосфере.

Раздел 7. Внутреннее строение Луны, планет земной группы и планет-гигантов.

1. Задачи сравнительной планетологии.
2. Данные о гравитационном поле и фигуре.
3. Тепловая история Луны и планет.
4. Модели внутреннего строения и химический состав.

Раздел 8. Происхождение и эволюция Земли, Луны и планет

1. Строение Солнечной системы.
2. Основы теории образования Солнца и протопланетного диска.
3. Динамические и космохимические модели эволюции протопланетного диска и формирование планет.
4. Происхождение и ранняя эволюция Земли, Луны и планет.

Раздел 9. Прикладная геофизика, поиск и разведка полезных ископаемых.

1. Гравимагниторазведка. Прямые и обратные задачи теории потенциала. Решение некорректных обратных задач с учётом априорной информации. Современные алгоритмы. Область применения и информативность метода. Рудные и структурные задачи. Методика полевых работ и аппаратурная база.
2. Сейсморазведка. Физические основы: упругие свойства горных пород, излучение и распространение сейсмических волн в геологической среде. Методы ГСЗ, ОГТ, сейсмической томографии. Обработка сейсмических данных: фильтрация, ввод статических и кинематических поправок, деконволюция, суммирование, миграция. Скоростной анализ. Анализ амплитуд отраженных волн (AVO). Интерпретация сейсмических данных. Сейсмостратиграфия. Современные алгоритмы. Область применения и информативность метода. Нефтегазовая сейсморазведка. Инженерная сейсморазведка. Методика полевых работ и аппаратурная база.
3. Электроразведка. Методы постоянного (ВЭЗ, ДЗ, ЕП) и переменного (МТЗ, ЧЗ, ЗСБ(Д)) тока. Решение прямых и обратных задач электроразведки. Современные алгоритмы. Область применения и информативность метода. Рудные и структурные задачи. Методика полевых работ и аппаратурная база.
4. Геофизические методы исследования скважин (ГИС). Методы ГИС. Аппаратура ГИС. Геологические задачи, решаемые методами ГИС. Обработка и интерпретация данных ГИС. Применение ГИС при поисках и разведке и контроле эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Структура дисциплины.

| № п/п | Раздел дисциплины | Курс | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов (трудоемкость в часах) | | | | Формы текущего контроля успеваемости |
|-----------------------------|---|------|---|---------------|----------------|--------------------------------|--|
| | | | лекции | семи- нары | лаб. работы | самост. работа аспиранта | Форма промежуточной аттестации |
| 1 | Введение | 1 | 2 | | | 2 | Собеседование |
| 2 | Внутреннее строение Земли | 1 | 2 | 4 | | 14 | Собеседование |
| 3 | Гравитационное поле и фигура Земли. Собственные колебания Земли. | 1 | 4 | 4 | | 16 | Собеседование |
| 4 | Магнитное поле Земли. | 1 | 4 | 4 | | 16 | Собеседование |
| 5 | Геотермика | 2 | 2 | 1 | | 6 | Собеседование |
| 6 | Геология земной коры и мантии | 2 | 2 | 1 | | 6 | Собеседование |
| 7 | Напряжения, конвекция, гравитационная дифференциация в недрах Земли и планет | 2 | 2 | 2 | | 12 | Собеседование |
| 8 | Внутреннее строение Луны, планет земной группы и планет- гигантов | 2 | 2 | 2 | | 12 | Собеседование |
| 9 | Происхождение и эволюция Земли, Луны и планет | 2 | 2 | 2 | | 6 | Собеседование |
| 10 | Прикладная геофизика, поиск и разведка полезных ископаемых | 2 | 4 | 2 | | 6 | Собеседование |
| Аттестация | | | | | | 36 | Экзамен |
| Итого: 5 З.Е. или 180 часов | | | 26 | 22 | | 128 | |

5. Рекомендуемые образовательные технологии

При реализации программы дисциплины «Геофизика и геофизические методы поисков полезных ископаемых» используются различные образовательные технологии – аудиторные занятия проводятся в виде лекций и семинаров с использованием ПК и компьютерного проектора, самостоятельная работа аспирантов подразумевает работу под руководством преподавателя (консультации и помощь в подготовке к контрольным работам) и индивидуальную работу аспиранта в библиотеке ГФИ ВНЦ РАН и других библиотеках.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта.

6.1 Примерные темы рефератов по разделам дисциплины

1. Внутреннее строение Земли: химический и минералогический состав.
2. Гидротермальная активность осевых зон срединно-океанических хребтов.
3. Реология земной коры и мантии: данные наблюдений по разлому Сан-Андреас.
4. Теория генерации геомагнитного поля и его вариации.
5. Проблемы гравитационной дифференциации в недрах Земли. Образование земной коры, мантии и ядра.
6. Основные теории образования Солнца и протопланетного диска, происхождения и ранней эволюции Земли, Луны и планет

6.2 Контрольные вопросы и задания для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

В течение преподавания курса «Геофизика и геофизические методы поисков полезных ископаемых» в качестве форм текущего контроля успеваемости аспирантов используются такие формы, как доклад по теме реферата и его оценка; собеседование (контрольные вопросы) и при окончании каждой темы. По итогам выполнения и сдачи контрольных работ и реферата проводится кандидатский экзамен, на который выделяется 36 часов.

Контрольные вопросы:

По разделу 1.

- Стандартные модели Земли: виды, способы построения.
- Вещество Земли в условиях высоких температур и давлений. Уравнения состояния.

- Химический и минералогический состав пород оболочек Земли.
- Фазовые переходы внутри Земли: виды и признаки по геофизическим данным.

По разделу 2.

- Поле силы тяжести: его составляющие, нормальное поле с.т. – геодезический и геофизический способы его определения.
- Фигуры равновесия и фигура Земли. Геоид и квазигеоид: способы определения. Системы высот.
- Аномалии силы тяжести: природа, способы определения, редукции силы тяжести.
- Земные приливы.
- Вращение Земли. Процесс изменения широт. Нутация.
- Собственные колебания Земли: природа, наблюдения и использование при изучении внутреннего строения планеты.

По разделу 3.

- Происхождение Главного магнитного поля Земли (МПЗ). История развития представлений и современное состояние теории гидромагнитного динамо.
- Пространственно-временная структура МПЗ, его составляющие.
- Квазистатическое аномальное магнитное поле Земли (АМПЗ): природа, способы измерения, применение при изучении внутреннего строения Земли.
- Вариации магнитного поля Земли внешнего происхождения: природа, характерные периоды, измерения и применение.
- История МПЗ. Палеомагнетизм. Методы и аппаратура для палеомагнитных исследований. Применение палеомагнитных исследований при изучении палеотектоники.

По разделу 4.

- Происхождение тепловой энергии Земли.
- Способы измерения теплового потока.
- Распределение температуры в глубоких недрах Земли.
- Тепловые модели литосферы различных геотектонических структур.
- Тепломассоперенос в литосфере: способы. Гидротермальная активность.

По разделу 5.

- Основные реологические модели, используемые в геофизике и геодинамике: упругая, вязкая, пластическая, упруго-вязкая и др.
- Природа неупругих деформаций горных пород. Диффузионная и дислокационная ползучесть.
- Механические свойства литосферы и мантии Земли на больших пространственно-временных масштабах. Толщина и эффективная мощность литосферы.
- Хрупкое разрушение горных пород. Разломы, их классификация. Критерии разломообразования в литосфере. Активизация разломов в поле тектонических напряжений.
- Теория упругой отдачи.

По разделу 6.

- Глобальная плитная тектоника: история возникновения концепции, сравнение с гипотезой «дрейфа континентов» Вегенера, геофизические и геологические доказательства.
- Движущие силы тектоники плит.
- Мантийная конвекция: природа, источники энергии, проявление в геофизических данных. Различные модели конвекции. Роль фазовых переходов и континентов.
- Причины образования оболочек Земли: ядра, мантии, литосферы. Гравитационная дифференциация.
- Напряжения в литосфере Земли: природа, проявления в сейсмической и иной геодинамической активности, способы изучения.

По разделу 7.

- Состав Солнечной системы, основные характеристики Солнца, основные характеристики планет, малых планет и астероидов.
- Модели строения планет Земной группы. Способы их построения. Современная и древняя активность планет земной группы.
- Планеты-гиганты: их происхождение и внутреннее строение.
- Луна. Гипотезы о её происхождении. Внутреннее строение. Данные о составе Луны. История и современные способы изучения Луны.
- Спутники планет Солнечной системы. Данные об их составе, строении и активности.
- Гравитационные и магнитные поля планет Солнечной системы.

По разделу 8.

- Строение Солнечной системы. Распределение массы и углового момента Солнца и планет. Орбиты планет. Закон Тициуса-Боде.
- История развития представлений об образовании Солнечной системы «Горячая» теория Лапласа. Теория Шмидта.
- Современное состояние космогонической теории. Этапы формирования Солнечной системы. Протопланетный диск, его гравитационная неустойчивость. Аккреция. Формирование планетозималей. Образование планет.
- Современные космохимические данные и их значение для космогонической теории.
- Современные данные о планетных системах звёзд, их роль для понимания процессов образования планет Солнечной системы.
- Ранняя эволюция Земли и планет, дифференциация внутрипланетных оболочек.
- Гипотезы об образовании Луны и спутников иных планет.

По разделу 9.

- Классификация методов прикладной геофизики. Пометодная и пообъектная классификация.
- Прямые и обратные задачи геофизики. Некорректность обратных задач геофизики.
- Основные методы решения некорректных обратных задач.
- Прямые и обратные задачи теории потенциала: свойства и методы решения.
- Способы измерения аномалий силы тяжести: относительные и абсолютные измерения. Гравиметрические сети.
- Редукции силы тяжести, их геологическое содержание.
- Геологическая интерпретация аномалий силы тяжести: региональные, поисковые и разведочные задачи интерпретации.
- Высокоточная гравиразведка: современная аппаратура, особенности методики съёмки и обработки данных, применение.
- Аэрогравиметрические съёмки. Современная аппаратура, методика и применение.
- Способы измерения аномалий магнитного поля Земли. Аппаратура: модульные и компонентные съёмки. Методика съёмки. Учёт вариаций. Аэромагниторазведка.
- Геологическая интерпретация аномалий магнитного поля: региональные, поисковые и разведочные задачи интерпретации.
- Поиск и разведка рудных месторождений и структурных ловушек углеводородов

методами гравимагниторазведки.

- Трансформации потенциальных полей. Их применение для решения поисковых задач.
- Статические методы и походы к интерпретации данных гравимагниторазведки.
- Основные методы сейсмической разведки. Их применение при решении различных геологических задач.
- Аппаратурная база современной сейсморазведки. Наземные и морские сейсмические исследования.
- Применение сейсморазведки при поиске месторождений углеводородов.
- Основные этапы обработки сейсмических данных по методу ОГТ.
- Амплитудный и скоростной анализ. Сейсмическая инверсия. Импеданс.
- Обработка сейсмических данных по методу КМПВ и ГСЗ.
- Геологическая интерпретация сейсмических данных. Сеймостратиграфия. Атрибутный анализ. Определение основных физических свойств пластов горных пород по данным сейсморазведки.
- Инженерно-сейсмические исследования.
- Прикладная сейсмотомография: алгоритмы и области применения.
- Современные направления развития теории и методов сейсморазведки. Моделирование и инверсия сейсмических волновых полей.
- Основные методы прикладной электроразведки. Методы постоянного и переменного тока. Их применение.
- Электроразведочное оборудование и аппаратура. Наземные, морские и аэроэлектрические наблюдения.
- Прямые и обратные задачи методов постоянного тока. Рудные и структурные задачи.
- Прямые и обратные задачи методов переменного тока. Рудные и структурные задачи.
- Геофизические методы исследования скважин: классификация используемых методов, их применение при решении геологических задач.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

1. Ампилов Ю.П. От сейсмической интерпретации к моделированию и оценке месторождений нефти и газа. – М.: Спектр. 2008. 384 с.
2. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология. В 2 ч. – М.: Мир, 1983.
3. Арефьев С.С. Эпицентральные сейсмологические исследования. – М.: Академкнига, 2003.
4. Ботт М. Внутреннее строение Земли. Наука, М., 1983.

5. Буллен К. Введение в теоретическую сейсмологию. Мир, М., 1966.
6. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. – М.: Наука. 1982. 415 с.
7. Жарков В.Н., Трубицын В.П. Физика планетных недр. Наука, М., 1980.
8. Магницкий В.А. Внутреннее строение и физика Земли. М.: Наука. 2006.
9. Печерский Д.М. Петромагнетизм и палеомагнетизм. – М.: Наука. 1985.
10. Светов Б.С. Основы геоэлектрики. – М.: Издательство ЛКИ. 2008. – 656 с.
11. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестников. – М.: Наука, 2003.
12. Стейси Ф. Физика Земли. Мир, М., 1972.
13. Теркот Д., Шуберт Дж. Геодинамика. М.: Мир. 1985.
14. Тихонов А.Н., Арсенин А.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука. 1986. 288 с.
15. Хуторской М.Д. Введение в геотермию. – М.: Изд-во РУДН. 1996.
16. Яновский Б.М. Земной магнетизм. В 2 т. 2-е изд. Л.: Изд-во ЛГУ. 1978. Т.1: 268 с., Т.2: 117 с.

Дополнительная литература:

1. Бровар В.В., Магницкий В.А., Шимбирёв Б.П. Теория фигуры Земли. – М.: Геодезиздат. 1961. 256 с.
2. Бурлацкая С.П. Археомагнетизм: Структура и эволюция магнитного поля Земли / Отв. ред. А.Н. Диденко. – М. ГЕОС. 2007. 344 с.
3. Гравиметрия и геодезия. – М.: Научный мир. 2010. 527 с.
4. Добровольский И.П. Математическая теория подготовки и прогноза тектонического землетрясения. – М.: Физматлит, 2009.
5. Завьялов А.Д. Среднесрочный прогноз землетрясений: основы, методика и реализация. – М.: Наука, 2006.
6. Общая геофизика. / Под ред. В.А. Магницкого. – М.: МГУ, 1995.
7. Собственные колебания Земли. М. :Мир, 1964./ Ред. В. Н. Жарков.
8. Саваренский Е. Ф. Сейсмические волны. М.: Недра, 1972.
9. Пузырев Н. Н. Методы и объекты сейсмических исследований. Новосибирск, 1997.
10. Хмелевской В.К., Горбачев Ю.И., Калинин А.В., Попов М.Г., Селиверстов Н.И.,
11. Шевнин В.А. Геофизические методы исследований. – Петропавловск-Камчатский. Изд-во КГПУ. 2004. 232 с.

8. Краткое содержание дисциплины (аннотация)

Дисциплина посвящена изучению внутреннего строения Земли на основе измерения различных физических полей, а также – изучению физических процессов, протекающих в недрах Земли и определяющих её эволюцию и современную активность. Отдельное внимание в курсе уделяется изложению методов поисков полезных ископаемых и решения прямых и обратных задач геофизики.