

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



«УТВЕРЖДАЮ»

ВРИО директора ГФИ ВНЦ РАН
к.т.н. О.Г. Бурдзиева

«22» июня 2015 г.

ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ И ГЕОЭЛЕКТРИКА

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 природе и происхождении переменного электромагнитного поля Земли, взаимодействия магнитосферы Земли с потоками солнечного ветра, солнечно-земных связях, геомагнитной активности, атмосферно-ионосферных и атмосферно-литосферных связях.

2. Овладение методами исследования внутреннего строения Земли на основе измерения электромагнитных полей естественного и искусственного происхождения.

3. Приобретение знаний и умений по измерению электромагнитных полей в полевых и обсерваторских условиях, обработке и интерпретации результатов.

2. Место дисциплины в структуре ОПП:

Дисциплина "Электромагнитное поле Земли и геоэлектрика" преподается аспирантам второго года обучения и представляет дисциплину вариативной части ОПП. Дисциплина «Электромагнитное поле Земли и геоэлектрика» базируется на курсе "Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых". Аспиранты, обучающиеся по данному курсу, должны знать основы математического анализа, термины и понятия по курсу "Общая геология".

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения учебной дисциплины «Электромагнитное поле Земли и геоэлектрика» 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 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:** магнитогидродинамические колебания и волны, неустойчивость и процессы в околоземной плазме, внешние оболочки Земли: магнитосфера и ионосфера, их взаимодействие с потоками комического излучения, геомагнитная активность, виды и меры активности, распространение электромагнитного поля в оболочках Земли, методы изучения внутреннего строения Земли на основании измерений электромагнитного поля.

2. **Уметь:** выполнять и анализировать результаты полевых и обсерваторских измерений электромагнитного поля Земли, планировать и осуществлять геоэлектрические эксперименты.

3. **Владеть навыками:** определения индексов геомагнитной активности, интерпретации кривых электромагнитного зондирования.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Электромагнитное поле Земли и геоэлектрика» составляет 2 зачетных единицы, 72 часа, из которых аудиторная нагрузка составляет 36 часов (лекции - 12 часов, семинары – 24 часа), самостоятельная работа аспирантов – 36 часов. В качестве форм контроля проводится собеседование по окончании каждой темы и написание реферата.

Содержание

1. Электродинамика.

1.1 Общие законы электродинамики. Классификация задач теории электромагнитного поля. Электромагнитные потенциалы. Краевые условия и постановка краевых задач. Плоские волны в слоистых средах. Волны типа Е и Н. Поле диполя. Ближняя и дальняя зоны.

1.2 Уравнения электромагнитного поля. Квазистационарное электромагнитное поле. Электромагнитные волны. Геометрическая оптика. Отражение и преломление волн. Электромагнитные волны в волноводах. Электромагнитные колебания в резонаторах. Излучение электромагнитных волн. Поглощение и рассеяние волн. Энергия и импульс

электромагнитного поля.

1.3 Основные уравнения магнитной гидродинамики и физики плазмы. Приближения больших и малых магнитных чисел Рейнольдса. Магнитогидродинамические граничные условия. Теорема Каулинга. Тензор диэлектрической проницаемости, дисперсионное уравнение. Показатель преломления вектора поляризации. Групповая скорость. Уравнение переноса. МГД - волны. Дрейфовые волны. Неустойчивость плазмы. Нелинейные волны. Теория альвеновских резонансов. Солитоны и вихри в сплошных средах. Метод обратной задачи.

2. Электромагнитное поле Земли.

2.1 Геомагнитное поле. Структура и динамика магнитосферы Земли. Солнечная активность. Солнечный ветер и межпланетное магнитное поле. Взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли. Процессы в хвосте магнитосферы во время возмущений. Движение заряженных частиц в магнитосферной плазме. Электрическое поле и токи в магнитосфере. Радиационные пояса. Плазмосфера и плазмопауза.

2.2 Ионосфера Земли. Магнитосферно-ионосферные связи. Полярные сияния, высыпания частиц в ионосферу.

2.3 Геомагнитные возмущения. Магнитные бури и их классификация. Магнитные суббури. Индексы геомагнитной активности (K_p , AE, Dst и др.).

2.4 Геомагнитные пульсации и их классификация, спектрально-амплитудные характеристики, закономерности возбуждения. Связь геомагнитных пульсаций с процессами в межпланетном магнитном поле и солнечном ветре. Пространственное разделение геомагнитных пульсаций. Теории геомагнитных пульсаций. Распространение пульсаций в магнитосфере и ионосфере Земли.

2.5 ОНЧ-излучения, их классификация, спектрально-амплитудные характеристики, закономерности возбуждения. Связь ОНЧ-излучений с геомагнитными пульсациями и высыпаниями заряженных частиц. Теории генерации ОНЧ-излучений. Особенности распространения ОНЧ-волн в магнитосфере и ионосфере Земли.

2.6 Методы наземной диагностики состояния магнитосферной плазмы и солнечного ветра. Аппаратура и методика наблюдений геомагнитных пульсаций и ОНЧ-излучений.

2.7 Атмосферное электричество и атмосферные волны. Атмосферно-ионосферные и атмосферно-литосферные связи.

2.8 Электромагнитное поле океана, особенности спектра и пространственной структуры. Виды полей внутреннего происхождения и их особенности. Поля течений и волн. Влияние океана на магнитотеллурическое поле. Измерения полей в океане их

использование для изучения геоэлектрического разреза и гидродинамических процессов.

3. Геоэлектрика.

3.1 Электризация в твердых телах и земной коре.

3.2 Электромагнитные свойства горных пород. Механизмы электризации в твердых телах. Процессы электризации в земной коре.

3.3 Методы электромагнитного зондирования Земли.

3.4 Глубинное электромагнитное зондирование Земли с естественными источниками поля.

3.5 Сейсмoeлектрические методы исследования Земли.

3.6 Применение метода переходных процессов для решения задач малоглубинной геоэлектрики и исследований окружающей среды.

3.7 Построение моделей электропроводности с учетом априорной геолого-геофизической информации.

3.8 Концепция электромагнитного мониторинга и его применение для оценки риска природных катастроф по электромагнитным данным.

4. Математическая обработка результатов наблюдений. Методы численного моделирования и интерпретации электромагнитных полей. Основы программирования и вычислительной техники.

4.1. Прямые и косвенные наблюдения. Постановка прямой и обратной задачи теории ошибок. Случайные величины и их вероятностные характеристики. Эмпирические формулы. Способ наименьших квадратов. Спектральный анализ. Элементы корреляционного анализа. Основные представления теории информации. Теорема Винера-Хинчина. Спектрально-временной анализ.

4.2 Прямые и обратные задачи геоэлектрики. Методы компьютерного моделирования электромагнитных полей. Детерминистские и стохастические подходы к проблеме инверсии электромагнитных данных. Методы искусственного интеллекта и их применение для анализа и интерпретации электромагнитных и других геофизических данных. Методы численного решения систем линейных алгебраических уравнений.

4.3 Основные понятия о языках программирования. Языки высокого и низкого уровня. Основы программирования на ФОРТРАНе. Понятие об операционной системе ЭВМ. Использование стандартных пакетов и библиотек математических программ для решения научно-технических задач.

Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Курс	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов (трудоемкость в часах)				Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации
			лекции	семи- нары	конт- роль	самост. работа аспиранта	
1	Электродинамика	2	2	2		8	Собеседование,
2	Электромагнитное поле Земли	2	4	8		8	Собеседование
3	Геоэлектрика	2	4	8		8	Собеседование
4	Математическая обработка электромагнитных измерений	2	2	6		12	Собеседование, Реферат
Итого: 2 З.Е. или 72 часа			12	24		36	

5. Рекомендуемые образовательные технологии

При реализации программы дисциплины «Электромагнитное поле Земли и геоэлектрика» используются различные образовательные технологии – аудиторные занятия проводятся в виде лекций и семинаров с использованием ПК (с необходимым программным обеспечением) 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 ВНИЦ РАН и других библиотеках города.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

6.1 Примерные темы рефератов по разделам дисциплины

1. Структура и динамика магнитосферы Земли
2. Природа полярных сияний, закономерности их географического распределения.

3. Связь геомагнитных пульсаций с процессами в межпланетном магнитном поле и солнечном ветре.

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

В течение преподавания курса «Электромагнитное поле Земли и геоэлектрика» в качестве форм текущего контроля успеваемости аспирантов используются такие формы, как доклад по теме реферата и его оценка; собеседование (контрольные вопросы) по окончании каждой темы, контрольные работы (практические работы по математической обработке результатов электромагнитных исследований). По итогам выполнения и сдачи контрольных работ (собеседований) и реферата проводится кандидатский экзамен, на который выделяется 36 часов.

Контрольные вопросы:

По разделу 1.

- Волны типа **H** и **E**
- Поле диполя в слоистой среде. Ближняя и дальняя зоны.
- Энергия и импульс электромагнитного поля
- Показатель преломления вектора поляризации.
- Теория Альвеновских резонансов

По разделу 2.

- Структура и динамика магнитосферы Земли.
- Процессы в хвосте магнитосферы во время возмущений.
- Движение заряженных частиц в магнитосферной плазме.
- Сравнительный анализ и способы определения индексов геомагнитной активности
- Связь геомагнитных пульсаций с процессами в межпланетном магнитном поле и солнечном ветре
- Связь ОНЧ-излучений с геомагнитными пульсациями и высыпаниями заряженных частиц
- Влияние океана на магнитотеллурическое поле

По разделу 3.

- Модель распределения электропроводности по радиусу Земли.
- Электромагнитные свойства основных изверженных, метаморфических и осадочных горных пород.
- Связь электропроводности и поляризуемости со структурой пористости,

- флюидонасыщенностью и типом флюида.
- Естественный потенциал электрического поля, его происхождение.
- Аппаратура для глубинных геоэлектрических исследований.
- Методы постоянного и переменного тока: классификация, сравнительные характеристики и решаемые задачи.
- Глубинность различных методов геоэлектрических исследований при различном строении разреза.
- Особенности магнитотеллурических исследований на суше, в океане и в переходной зоне.
- Применение геоэлектрики для исследований приповерхностных неоднородностей разреза.

По разделу 4.

- Прямая задача метода ВЭЗ для горизонтально-слоистой среды.
- Интерпретация кривых ВЭЗ.
- Типы кривых магнитотеллурического зондирования. Поперечное сопротивление и продольная проводимость.
- Методы моделирования электромагнитных полей в слоистых и неоднородных средах.
- Применение методов распознавания образов для интерпретации результатов геоэлектрических зондирования.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

Рекомендуемая литература

К разделу 1.

1. И.Е. Тамм. Основы теории электричества. изд., 1976.
2. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред. 1982.
3. Г.Альвен, К.Г. Фельтхаммер. Космическая электродинамика. 1967.
4. Дж. Данжи. Космическая электродинамика. 1961.
5. Б.Б. Кадомцев. Коллективные явления в плазме. 1988.
6. А.Б. Михайловский. Теория плазменных неустойчивостей. тт. I, 2. 1975.
7. В.Л. Гинзбург, А.А. Рухадзе. Волны в магнитоактивной плазме. 1975.
8. В.И. Петвиашвили, О.А. Похотелов. Уединённые волны в плазме. 1989.
9. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс Фейнмановские лекции по физике. Вып. 5 – 7. М.: Мир, 1978.

10. Дж. Шерклиф Курс магнитной гидродинамики. М.: Мир, 1967.

11. Дж. А. Стрэттон. Теория электромагнетизма. 1948.

К разделу 2.

1. Б.М.Яновский - Земной магнетизм. I и II тт.1978

2. С-И.Акасофу, С.Чепмен - Солнечно-земная физика. т.1, 1974 и т.2, 1975.

3. Б.А.Тверской – Основы теоретической космофизики. М.: УРСС, 2004.

4. А.В.Гульельми, В.А.Троицкая - Геомагнитные пульсации и диагностика магнитосферы. 1973.

5. А.В.Гульельми - МГД-волны в околоземной плазме. 1979.

6. М.И.Пудовкин, О.М.Распопов, Н.Г.Клейменова - Возмущения электромагнитного поля Земли. ч.1.1975, ч.2. 1976, ч.3. 1977.

7. Дж.Чалмерс – Атмосферное электричество. Л.:Гидрометеиздат, 1979.

8. А.Нишида - Геомагнитный диагноз магнитосферы. 1980

9. В.И.Петвиашвили, О.А.Похотелов - Уединенные волны в плазме и атмосфере. 1989.

10. М.Б. Гохберг, С.Л. Шалимов - Воздействие землетрясений и взрывов на ионосферу. М.: Наука. 2006.

11. В. В. Сочельников, - Основы теории естественного электромагнитного поля в море. Л.: Гидрометеиздат. 1979.

12. А.А. Кауфман. Введение в теорию геофизических методов. Гравитационные, электрические и магнитные поля. Часть I. М., Недра, 1997.

13. У. Паркинсон. Введение в геомагнетизм, М., Мир, 1986.

К разделу 3.

1. В.М.Финкель - Физические основы торможения разрушения,1977.2. М.Б.Гохберг, В.А.Моргунов, О.А.Похотелов - Сейсмoeлектромагнитные явления, Москва, "Наука", 1988.

2. Электромагнитные исследования земных недр (под ред. В.В. Спичака), Научный мир, 2005.

3. Справочник геофизика. Электроразведка. 1989.

4. М.С. Жданов, Электроразведка, М., Недра, 1986.

К разделу 4.

1. Дж. Форсайт, М. Малькольм, К. Маулер. Машинные методы математических вычислений. 1980.

2. Д. Мак-Кракен, У. Дорн. Численные методы и программирование на ФОРТРАНЕ.

1977.

3. Н. П. Бахвалов. Численные методы. т. I. 1987.
4. Б.М.Шиголев. Математическая обработка результатов наблюдений. 1969.
5. Дж.Скарборо. Численные методы математического анализа. 1934. А.А.Харкевич. Спектры и анализ. 1952.
6. А.А. Никитин. Теоретические основы обработки геофизической информации. М., Недра, 1986.
7. Электромагнитные исследования земных недр (под ред. В.В. Спичака), Научный мир, 2005.
8. М.Н. Бердичевский, М.С. Жданов. Интерпретация аномалий переменного электромагнитного поля Земли. М., Наука, 1984.
9. В.В. Спичак. Магнитотеллурические поля в трехмерных моделях геоэлектрики. М., Научный мир, 1999.
10. А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. Методы решения некорректных задач. М., Наука, 1988.

8. Краткое содержание дисциплины (аннотация)

Дисциплина «Электромагнитное поле Земли и геоэлектрика» посвящена изучению переменного электромагнитного поля Земли, физических процессов в магнитосфере и ионосфере Земли, влияния солнечной активности на электромагнитное поле Земли, а также – изучения внутреннего строения Земли геоэлектрическими методами. В результате изучения дисциплины аспиранты должны получить профессиональные знания по современному состоянию теории электромагнитного поля Земли и его взаимодействия с твёрдыми оболочками Земли, теории физических процессов в магнитосфере и ионосфере, определяющих геомагнитную активность, видах и уровнях геомагнитной активности, а также – выработать практические умения и навыки по практическому изучению переменного электромагнитного поля Земли и электрических свойств горных пород. В процессе изучения дисциплины практические занятия подразумевают работу с результатами наблюдений электромагнитного поля и их интерпретацию, в том числе – с использованием специального программного обеспечения, а также – изучение полевой и обсерваторской аппаратуры для измерения электромагнитных полей. В ходе самостоятельной работы аспиранты изучают необходимую литературу, решают предлагаемые задачи и ведут интерпретацию полевых материалов.