

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
геологический факультет

Направление 020700 ГЕОЛОГИЯ
Профиль ГЕОФИЗИКА

ПРОГРАММА

дисциплины

«Модели и методы магнитотеллурики»

для подготовки магистра

Авторы:

профессор **М.Н.Бердичевский**

профессор **В.И.Дмитриев**

доцент **П.Ю.Пушкарев**

доцент **А.Г. Яковлев**

Москва 2011

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Модели и методы магнитотеллурики» является получение знаний о свойствах магнитотеллурических функций отклика, о поведении магнитотеллурического поля в средах различной размерности и о методах анализа и интерпретации магнитотеллурических данных. Также в ходе освоения дисциплины приобретаются навыки выбора оптимальной для каждого конкретного случая стратегии интерпретации магнитотеллурических данных.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Модели и методы магнитотеллурики» относится к блоку профильной подготовки ООП магистратуры. Она читается в рамках магистерской программы «Глубинная геофизика» профиля «Геофизика». Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин из базовой и вариативной частей ООП бакалавриата: блоков общенаучной подготовки (математические дисциплины «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Вычислительная математика») и профильной подготовки (геофизические дисциплины «Теория геофизических полей», «Электроразведка», «Некорректные задачи геофизики», «Интерпретация данных электроразведки»). Также дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплины «Теория электромагнитных зондирований» (вариативная часть ООП магистратуры, блок профильной подготовки).

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В процессе изучения дисциплины «Модели и методы магнитотеллурики» формируются элементы следующих компетенций:

универсальных, в том числе:

а) общекультурных (ОК):

– способность к сотрудничеству и партнерству, владение развитой системой философско-мировоззренческих, социокультурных и нравственных ценностей; способность осознавать свою роль и предназначение в разнообразных профессиональных и жизненных ситуациях; умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности (ОК-1);

– способность ориентироваться в социально-экономической проблематике; адаптироваться к новым профессиональным технологиям, социальным явлениям и процессам, умение переоценивать накопленный опыт, анализировать собственные достижения и перспективы самосовершенствования (ОК-2);

– способность к самореализации, активной жизненной позиции и эффективной профессиональной деятельности; развитию целеустремленности и настойчивости в достижении целей, самостоятельности и инициативности; способность принимать ответственные решения, эффективно действовать в нестандартных обстоятельствах, в ситуациях профессионального риска (ОК-5);

б) общенаучных (ОНК):

– владение фундаментальными разделами математики, необходимыми для решения научно-исследовательских и практических задач в профессиональной области; способность создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные математические результаты, владение знаниями об ограничениях и границах применимости моделей; способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания в области физики (ОНК-6);

в) инструментальных (ИК):

– владение иностранным языком в устной и письменной форме для осуществления коммуникации в учебной, научной, профессиональной и социально-культурной сферах общения; владение терминологией специальности на иностранном языке; умение готовить публикации, проводить презентации, вести дискуссии и защищать представленную работу на иностранном языке (ИК-2);

– владение навыками использования программных средств и работы в компьютерных сетях, использования ресурсов Интернет; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации (ИК-3);

– способность использовать современную вычислительную технику и специализированное программное обеспечение в научно-исследовательской работе (ИК-5);

г) системных (СК):

– способность к творчеству, порождению инновационных идей, выдвижению самостоятельных гипотез (СК-1);

– способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации, к постановке целей исследования и выбору оптимальных путей и методов их достижения (СК-2);

– способность к самостоятельному обучению и разработке новых методов исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля деятельности; к инновационной научно-образовательной деятельности (СК-3);

д) профессиональных (ПК):

– способность глубоко осмысливать и формировать диагностические решения проблем геологии путем интеграции фундаментальных разделов геологии, геофизики, геохимии,

гидрогеологии и инженерной геологии, геологии горючих ископаемых, экологической геологии и специализированных геологических знаний (ПК-2);

– способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (ПК-3);

– готовность в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в составлении отчетов, рефератов, библиографий и обзоров по тематике научных исследований, в подготовке докладов и публикаций (ПК-4);

– способность применять на практике методы сбора, обработки, анализа и обобщения фондовой, полевой и лабораторной геологической информации (ПК-5);

– способность применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов геологических исследований при решении научно-производственных задач (ПК-7);

– умение использовать углубленные специализированные профессиональные теоретические и практические знания для проведения научных фундаментальных и прикладных исследований (ПК-8);

– способность свободно и творчески пользоваться современными методами обработки и интерпретации комплексной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, инженерно-геологической, геокриологической, нефтегазовой и эколого-геологической информации для решения научных и практических задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности (ПК-11);

– готовность к использованию практических навыков организации и управления научно-исследовательскими и научно-производственными работами при решении фундаментальных и прикладных геологических задач (ПК-12).

В результате освоения дисциплины «Модели и методы магнитотеллурики» обучающийся должен:

Знать: свойства магнитотеллурических функций отклика; особенности поведения магнитотеллурического поля в средах различной размерности; теоретические основы методов анализа и интерпретации магнитотеллурических данных; основные термины на английском языке.

Уметь: выбрать, исходя из результатов анализа магнитотеллурических данных и имеющейся априорной информации, оптимальную стратегию интерпретации магнитотеллурических данных.

Владеть: методами анализа и интерпретации магнитотеллурических данных, в том числе в рамках двумерных и трёхмерных моделей среды.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Модели и методы магнитотеллурики» составляет 3 зачётные единицы или 108 часов, в том числе аудиторной нагрузки 36 часов (лекции 12 часов, практические занятия 12 часов и семинары 12 часов) и самостоятельной работы студентов 72 часа.

4.1. Структура преподавания дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Семинары	Самостоятельная работа студента	
1	О детерминированной природе импеданса	10	1-2	2	2	2	12	
2	Магнитотеллурические и магнитовариационные функции отклика	10	3-4	2	2	2	12	
3	Модели приповерхностных и глубинных структур	10	5-6	2	2	2	12	Контрольная работа
4	Постановка обратной задачи	10	7-8	2	2	2	12	
5	Интерпретационная модель	10	9-10	2	2	2	12	
6	Стратегия инверсии	10	11-12	2	2	2	12	Контрольная работа
Промежуточная аттестация:		10						Экзамен

4.2. Содержание дисциплины

(1). О детерминированной природе импеданса

1. Задача о поле плоской волны в слоистой среде, содержащей трёхмерную неоднородность: актуальность, постановка и основной результат.

2. Инварианты тензора импеданса по отношению к вращению системы координат.
3. Одномерная модель среды, поведение кривых магнитотеллурического зондирования в интервалах S и h .
4. Двухмерная модель среды, E- и H-поляризации.
5. Разложение тензора импеданса в модели суперпозиции структур.
6. Амплитудные и фазовые полярные диаграммы тензора импеданса.
7. Дисперсионные соотношения второго рода, случаи их нарушения.
8. Четыре вида классификации магнитотеллурических аномалий.

(2). Магнитотеллурические и магнитовариационные функции отклика

1. Классическая задача о главных значениях и направлениях симметричного тензора.
2. Эллипсы электрического поля.
3. Постановка задачи об определении главных значений и направлений тензора $[Z]$.
4. Метод Свифта.
5. Метод Эггерса.
6. Метод Бара для разделения локальных и региональных эффектов.
7. Метод Грума-Бэйли.
8. Метод фазового тензора (Кэлдуэлла-Бибби-Брауна).
9. Матрица Визе-Паркинсона $[W]$. Выражение через тензор $[Z]$. Индукционные стрелки.
10. Вращение матрицы $[W]$. Инварианты. Полярные диаграммы.
11. Горизонтальный магнитный тензор $[M]$. Вращение, инварианты.
12. Метод Эггерса для определения главных значений и направлений тензора $[M]$.
13. Магнитный тензор Шмукера. Связь с $[W]$ и $[M]$. Индукционные стрелки Шмукера.
14. Постановка задачи с учётом эффекта источника. Тензор обобщённого импеданса.
15. Аномальное магнитотеллурическое поле в воздухе.
16. Идея синтеза магнитотеллурического поля по $[Z]$ и $[W]$.

(3). Модели приповерхностных и глубинных структур

1. 2D модель вертикального контакта двух однородных сред.
2. 2D модель дайки в однородном полупространстве.
3. 2D и 3D модели приповерхностных неоднородностей, создающих P-эффект.
4. 2D модель с верхним слоем из двух сегментов.
5. 2D модель с верхним слоем из трёх сегментов.
6. 2D модель с заэкранированной неоднородностью.
7. 3D модель сферического цилиндра в верхнем слое.

8. 2D модели горста и грабена.
9. Влияние коровых проводников на компоненты поля и функции отклика.
10. Эффект экранирования и глубинный S-эффект на кривых магнитотеллурического зондирования.
11. Оценка возможности 2D аппроксимации 3D коровых аномалий.
12. Эквивалентность изотропных и анизотропных коровых проводников.
13. Влияние выступа астеносферы на компоненты поля и функции отклика.
14. Гальваническое и индукционное возбуждение астеносферы.
15. Оценка возможности 2D аппроксимации 3D мантийных аномалий.
16. Эквивалентность изотропных и анизотропных мантийных проводников.
17. Влияние разломов на чувствительность поля к приповерхностным неоднородностям и глубинным структурам.

(4). Постановка обратной задачи

1. Построение нормального фонового разреза при решении обратной задачи.
2. Инверсия в классе двумерных моделей.
3. Инверсия в классе трёхмерных моделей.
4. Единственность обратной одномерной задачи.
5. Единственность обратной двумерной задаче по E-поляризации.
6. О неустойчивости решения обратной задачи.
7. Условно-корректная постановка обратной задачи.
8. Метод подбора.
9. Метод регуляризации.

(5). Интерпретационная модель

1. Распознавание статических искажений.
2. Усреднение кажущихся сопротивлений.
3. Фильтрация кажущихся сопротивлений.
4. Привязка кажущихся сопротивлений к реперу.
5. Метод динамической коррекции.
6. Трансформация Зохди.
7. Магнитовариационный тест.
8. Магнитотеллурический тест.
9. Визуализация геоэлектрических структур.
10. Псевдорельефы для модели суперпозиции структур.

(6). Стратегия инверсии

1. Сглаживающая и контрастная инверсии.
2. Квазиодномерная инверсия.
3. S-метод.
4. Чувствительность E- и H-поляризации к геоэлектрическим структурам.
5. Устойчивость E- и H-поляризации к трёхмерным искажениям.
6. Два подхода к многокритериальной обратной задаче (на примере Тянь-Шаня).
7. Интерпретация в режиме проверки гипотез (на примере Байкальской рифтовой зоны).
8. Подведение итогов, основные выводы.

5. Образовательные технологии

При реализации программы дисциплины «Модели и методы магнитотеллурики» используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия (36 часов) включают лекции, в том числе интерактивные и с демонстрацией слайдов, а также практические занятия и семинары. Самостоятельная работа студентов (108 часов) включает повторение материалов лекций, подготовку к семинарам, выполнение практических заданий, а также подготовку к двум контрольным работам и к экзамену.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Для стимулирования самостоятельной работы студентов в течение всего семестра проводятся две письменные контрольные работы. Успешно написавшие контрольные работы и выполнившие практические задания студенты допускаются к экзамену. Список вопросов к экзамену совпадает с приведённым выше списком тем, составляющих содержание дисциплины.

Темы практических занятий:

- (1). Разработка программы решения прямой 1D задачи МТЗ.
- (2). Разработка программы трансформации кривых МТЗ.
- (3). 2D моделирование и анализ МТ-данных.
- (4). Решение обратной 2D задачи МТЗ.
- (5). 3D моделирование и анализ МТ-данных.
- (6). Решение обратной 3D задачи МТЗ.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. М.: Научный мир, 2009. 680 с.

б) дополнительная литература:

1. Бердичевский М.Н., Жданов М.С. Интерпретация аномалий переменного электромагнитного поля Земли. М.: Недра, 1981. 327 с.

2. Спичак В.В. Магнитотеллурические поля в трёхмерных моделях геоэлектрики. М.: Научный мир, 1999. 204 с.

3. Bahr K., Simpson F. Practical magnetotellurics. Cambridge University Press, 2005. 270 p.

в) Интернет-ресурсы:

1. <http://mtnet.dias.ie/main/> - сайт магнитотеллурического научного сообщества.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для материально-технического обеспечения дисциплины «Модели и методы магнитотеллурики» используются лекционные аудитории и библиотека геологического факультета МГУ.

9. Краткое содержание дисциплины

Рассматриваются магнитотеллурические и магнитовариационные функции отклика, анализируются их свойства, возможности оценки по ним размерности и направлений простирания геоэлектрических структур, разделения локальных и региональных эффектов. Исследуется поведение магнитотеллурического поля и функций отклика для различных геоэлектрических моделей. Подробно рассматриваются методы двухмерной и трёхмерной интерпретации магнитотеллурических данных, использующие различные способы параметризации модели и учёта априорной информации, обсуждается выбор стратегии интерпретации данных.

Программу составили:

Марк Наумович Бердичевский, профессор

(МГУ имени М.В.Ломоносова,
Геологический факультет)

Владимир Иванович Дмитриев, профессор

(МГУ имени М.В.Ломоносова,
Факультет ВМК)

Павел Юрьевич Пушкарев, доцент

(МГУ имени М.В.Ломоносова,
Геологический факультет)

Андрей Георгиевич Яковлев, доцент

(МГУ имени М.В.Ломоносова,
Геологический факультет)

Программа составлена в соответствии с проектом Образовательного стандарта МГУ имени М.В.Ломоносова подготовки бакалавра и магистра с присуждением степеней по направлению 020700 Геология.

Программа утверждена на заседании Учебно-Методического Совета Геологического факультета МГУ от «___» _____ 2011 г.

Протокол № _____.