

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

**Декан Геологического факультета
академик**

_____/Д.Ю.Пушаровский/

«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Комплексный анализ и интерпретация геолого-геофизических данных

Авторы-составители: Никитин А.А., Лыгин И.В., Куликов В.А., Булычев А.А.

Уровень высшего образования:

Магистратура ММ

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Магистерская программа: Геофизика

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № _____, _____)

Москва 20__

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение – 2018.

Цель и задачи дисциплины

Целями курса «Комплексный анализ и интерпретация геолого-геофизических данных» является – ознакомление студентов с последовательностью развития идей и способов комплексного анализа и интерпретации геолого-геофизических данных, знакомство с геоинформационными системами и технологией комплексного анализа;

Задачи - освоение основных алгоритмов комплексного анализа геоданных; изучение основных методик количественной комплексной интерпретации геоданных.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, профессиональные дисциплины по выбору, курс – II, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «освоение дисциплин «Общая геология», «Геотектоника», «Геология и геохимия нефти и газа», «Гравиразведка», «Магниторазведка», «Электроразведка», «Сейсморазведка», «Геофизические исследования скважин», «Ядерная геофизика», «Геотермия», «Петрофизика», «Комплексирование геофизических методов», «Теоретические основы обработки геофизических сигналов», «Методы обработки и интерпретации гравимагнитных аномалий», «Геологическая интерпретация данных электроразведки», «Геологическая интерпретация гравимагнитных данных».

3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

ОПК-3 – Способность в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать, интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию,

ОПК-4 – Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки,

ПК-1. Способность самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта.

ПК-2. Способность создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования теоретических и практических знаний в области геологии.

ПК-3. Способность использовать специализированные профессиональные теоретические знания и практические навыки для проведения прикладных исследований.

ПК-4. Способность к профессиональной эксплуатации современного полевого/лабораторного оборудования в соответствии с профилем подготовки.

ПК-5. Способность использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач.

ПК-9. Способность проводить семинарские, лабораторные и практические занятия по специальным дисциплинам.

СПК-1. Способность самостоятельно ставить задачи научных и практических исследований в области геофизики, а также решать их с использованием современных подходов к проведению геофизических наблюдений, обработке данных, решению прямых и обратных задач, геологической интерпретации результатов.

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

Знать: основные алгоритмы и методику комплексного анализа геоданных.

Уметь: выбрать оптимальную методику комплексного анализа геоданных и применить ее для решения конкретной геолого-геофизической задачи.

Владеть: методами комплексного анализа геоданных.

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия.

5. Объем дисциплины составляет **2 з.е.**, в том числе **28** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**8** часов – занятия лекционного типа, **20** часов – занятия семинарского типа), **2** часа – групповые консультации, **8** часов – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации, **44** академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен

6. Содержание дисциплины структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе «Комплексный анализ и интерпретация геолого-геофизических данных» излагаются основные методы комплексного анализа и интерпретации геолого-геофизических данных: математические модели комплексного анализа и интерпретации, атрибутивный анализ геофизических полей, алгоритмы комплексного анализа при наличии и отсутствии эталонных объектов, метод главных компонент для решения задач классификации и энергетической фильтрации. Рассматривается математическая задача количественной интерпретации геоданных, методика построения слоистых и блоково-слоистых моделей глубинного строения земной коры, а также основные существующие геоинформационные системы.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы * (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Введение.		1			1	Дискуссии, устные опросы, 4 часа
Раздел 2. Основные алгоритмы комплексного анализа геоданных.		2		4	6	Контрольная работа, 4 часа
Раздел 3. Количественная комплексная интерпретация геоданных.		1		4	5	Дискуссии, устные опросы, 6 часов
Раздел 4. Комплексная интерпретация гравитационных и магнитных полей		1		4	5	Контрольная работа, 4 часа
Раздел 5. Методика построения согласованных физико-геологических моделей земной коры		1		4	5	Дискуссии, устные опросы, 6 часов
Раздел 6. Геоинформационные системы		1		2	3	Дискуссии, устные опросы, 6 часов
Раздел 7. Перспективы развития новых математических методов и геоинформационных систем при решении задач комплексного анализа и количественной интерпретации геолого-геофизических данных.		1		2	3	Контрольная работа, 4 часа
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>						10
Итого	72			28		44

Содержание разделов дисциплины:

(1) Введение.

История создания методов комплексных анализа и интерпретации геолого-геофизических данных. Развитие геоинформационных систем и технологий комплексного анализа и интерпретации данных. Математические модели комплексного анализа и количественной комплексной интерпретации.

(2) Основные алгоритмы комплексного анализа геоданных.

- Атрибутный анализ геофизических полей. Расчеты атрибутов волновых и потенциальных полей в скользящих окнах «живой» формы статистических, спектральных, корреляционных и градиентных. Размеры окна для вычисления состоятельных и эффективных оценок атрибутов. Информативность атрибутов и способы ее оценки при решении задач поисков и геокартирования. Особенности расчета атрибутов для волновых и потенциальных полей.

- Основные алгоритмы комплексного анализа геоданных при наличии эталонных объектов: логические, регрессионные (нейронные регрессионные сети), проверки статистических гипотез (байесовский подход) и вероятностные нейронные сети. Оценка качества методов распознавания образов. Примеры применения.

- Основные алгоритмы классификации геополей на однородные области при отсутствии эталонных объектов: метод главных компонент, метод К-средних и его модификации. Оценка качества проведенной классификации. Методики расчетов по алгоритмам классификации. Примеры применения.

- Развитие метода главных компонент при решении задач классификации с учетом корреляционных связей между полями и их атрибутами по всей площади наблюдений или в пределах временного разреза. Математическая и физическая идентичность метода главных компонент и энергетической фильтрации. Алгоритм многопризнаковой (многоатрибутной) энергетической фильтрации и результаты его применения при обработке потенциальных и волновых полей.

(3) Количественная комплексная интерпретация геоданных.

Математическая постановка задач количественной комплексной интерпретации по определению геометрических и физических параметров искомым объектов. Понятие о согласованных физико-геологических моделях. Количественные оценки адекватности физико-геологических моделей реальной среде.

(4) Комплексная интерпретация гравитационных и магнитных полей.

Методика комплексной интерпретации гравитационного и магнитного полей на основе их трансформации в нижнее полупространство, включающая:

- пересчеты полей в нижнее полупространство по алгоритмам Б.А. Андреева, А.В. Петров, И.М. Приезжева с построением разрезов эффективных значений плотности и намагниченности;

- расчет коэффициента ранговой корреляции эффективных значений физических параметров в скользящем 3D-окне;

- геометризация глубинного разреза по аномальным значениям коэффициента ранговой корреляции;

- задачи априорной плотностной (магнитной) модели и перевод эффективных значений физических параметров в их «истинные» значения;

- оценка вещественного состава пород по значениям плотности и намагниченности с привлечением имеющихся значений скорости и проводимости.

(5) Методика построения согласованных ФГМ земной коры.

Методика сеточного моделирования при построении слоистых и слоисто-блоковых моделей глубинного строения земной коры, включающих: использование карт глубин залегания поверхностей по данным ГСЗ, КМПВ и др. методов, задание априорной плотностной (магнитной) модели и ее коррекция путем линейной интерполяции

- расчет физических параметров между слоями, создание сети точечных источников по разрезу с дальнейшим решением прямой задачи и расчета невязки между наблюдаемыми и модельными данными;

- возможности интеграции детерминированного и вероятностно-статистического подхода для количественной комплексной интерпретации.

Технология построения согласованных ФГМ земной коры по данным комплекса глубинной сейсморазведки, МТЗ, грави- и магниторазведки масштаба 1:200000. Примеры ее использования по геотраверсам на территории Восточной Сибири.

Технологии «прямого» прогноза углеводородов по данным комплексного анализа атрибутов временного сейсмического разреза, потенциальных и электромагнитных полей. Возможности подтверждения абиогенной гипотезы образования ловушек углеводородов.

(6) Геоинформационные системы.

Геоинформационные системы и технологии комплексного анализа и количественной комплексной интерпретации геолого-геофизических данных (ГИС-ПАРК, ГИС-ИНТЕГРО GCIS, СЭВР, СОМІNTER, СИГМА-3D, ПАНГЕЯ, КОСКАД-3D, Geo Frame, Petrel и др.

(7) Перспективы развития новых математических методов и геоинформационных систем при решении задач комплексного анализа и количественной интерпретации геолого-геофизических данных. Возможности генетических алгоритмов и экспертных систем.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Для стимулирования самостоятельной работы студентов и оценки текущей успеваемости в течение семестра проводятся три письменные контрольные работы. Успешно написавшие контрольные работы студенты допускаются к экзамену.

Примерный список вопросов при проведении текущего контроля (контрольные работы) и промежуточной аттестации студентов:

1. Понятие комплексного анализа геолого-геофизических данных. Математические модели комплексного анализа и количественной интерпретации.

2. Атрибутный анализ геофизических полей. Расчеты атрибутов волновых и потенциальных полей в скользящих окнах «живой» формы статистических, спектральных, корреляционных и градиентных.

3. Атрибутный анализ геофизических полей. Размеры окна для вычисления состоятельных и эффективных оценок атрибутов. Информативность атрибутов и способы ее оценки при решении задач поисков и геокартирования. Особенности расчета атрибутов для волновых и потенциальных полей.

4. Основные алгоритмы комплексного анализа геоданных при наличии эталонных объектов: логические, регрессионные (нейронные регрессионные сети), проверки статистических гипотез (байесовский подход) и вероятностные нейронные сети. Оценка качества методов распознавания образов. Примеры применения.

5. Основные алгоритмы классификации геополей на однородные области при отсутствии эталонных объектов: метод главных компонент, метод К-средних и его модификации. Оценка качества проведенной классификации. Методики расчетов по алгоритмам классификации. Примеры применения.

6. Метод главных компонент при решении задач классификации с учетом корреляционных связей между полями и их атрибутами по всей площади наблюдений или в пределах временного разреза. Математическая и физическая идентичность метода главных компонент и энергетической фильтрации.

7. Алгоритм многопризнаковой (многоатрибутной) энергетической фильтрации и результаты его применения при обработке потенциальных и волновых полей.

8. Математическая постановка задач количественной комплексной интерпретации по определению геометрических и физических параметров искомым объектов.

9. Понятие о согласованных физико-геологических моделях. Количественные оценки адекватности физико-геологических моделей реальной среде.

10. Методика комплексной интерпретации гравитационного и магнитного полей на основе пересчета полей в нижнее полупространство по алгоритмам Б.А. Андреева, А.В. Петрова, И.М. Приезжева с построением разрезов эффективных значений плотности и намагнитченности.

11. Методика комплексной интерпретации гравитационного и магнитного полей на основе расчета коэффициента ранговой корреляции эффективных значений физических параметров в скользящем 3D-окне. Геометризация глубинного разреза по аномальным значениям коэффициента ранговой корреляции.

12. Задачи априорной плотностной (магнитной) модели и перевод эффективных значений физических параметров в их «истинные» значения.

13. Оценка вещественного состава пород по значениям плотности и намагнитченности с привлечением имеющихся значений скорости и проводимости.

14. Методика сеточного моделирования при построении слоистых и слоисто-блоковых моделей глубинного строения земной коры на основе данных ГСЗ, КМПВ и др. методов, задание априорной плотностной (магнитной) модели и ее коррекция путем линейной интерполяции.

15. Методика сеточного моделирования при построении слоистых и слоисто-блоковых моделей глубинного строения земной коры. Расчет физических параметров между слоями, создание сети точечных источников по разрезу с дальнейшим решением прямой задачи и расчета невязки между наблюдаемыми и модельными данными.

16. Интеграция детерминированного и вероятностно-статистического подхода для количественной комплексной интерпретации геоданных.

17. Технология построения согласованных ФГМ земной коры по данным комплекса глубинной сейсморазведки, МТЗ, грави- и магниторазведки масштаба 1:200000. Примеры ее использования по геотраверсам на территории Восточной Сибири.

18. Технологии «прямого» прогноза углеводородов по данным комплексного анализа атрибутов временного сейсмического разреза, потенциальных и электромагнитных полей. Возможности подтверждения abiогенной гипотезы образования ловушек углеводородов.

19. Геоинформационные системы и технологии комплексного анализа и количественной комплексной интерпретации геолого-геофизических данных.

20. Перспективы развития новых математических методов и геоинформационных систем при решении задач комплексного анализа и количественной интерпретации геолого-геофизических данных. Возможности генетических алгоритмов и экспертных систем.

Темы для самостоятельной работы студентов

- Атрибутивный анализ волновых и потенциальных полей
- Нейронные (регрессионные и вероятностные) сети для анализа геолого-геофизических данных.
- Алгоритмы классификации полей при отсутствии и наличии эталонных объектов.
- Методики комплексного анализа гравитационного и магнитного полей.
- Методики построения физико-геологических моделей строения земной коры по комплексу геолого-геофизических данных.

- Возможности прямого прогноза наличия углеводородов по комплексу геоданных.
- Геоинформационные системы и технологии комплексного анализа и количественной комплексной интерпретации геолого-геофизических данных (ГИС-ПАРК, ГИС-ИНТЕГРО GCIS, СЭВР, СОМІNTER, СИГМА-3Д, ПАНГЕЯ, КОСКАД-3д Geo Frame, Petrel и др.).

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: основные алгоритмы и методику комплексного анализа геоданных	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: выбрать оптимальную методику комплексного анализа геоданных и применить ее для решения конкретной геолого-геофизической задачи	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы	Успешное выбрать оптимальную методику комплексного анализа геоданных и применить ее для решения конкретной геолого-геофизической задачи
Владения: методами комплексного анализа геоданных	Навыки владения методами отсутствуют	Фрагментарное владение методами комплексного анализа геоданных	В целом сформированные навыки использования методов комплексного анализа геоданных	Владение методами комплексного анализа геоданных

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Никитин А.А., Хмелевской В.К. Комплексование геофизических методов: учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: ВНИИгеосистем, 2012. 346 с.
2. Никитин А.А., Петров А.В. Теоретические основы обработки геофизической информации: учебное пособие. – 3-е изд., доп. – М.: ВНИИгеосистем, 2013. 118 с.
3. Черемисина Е.Н., Никитин А.А. Геоинформационные системы и технологии: учебник для вузов. – М.: ВНИИгеосистем, 2011. 376 с.
4. Черемисина Е.Н., Никитин А.А. Системный анализ в природопользовании: учебное пособие для вузов. – М.: ВНИИгеосистем, 2014. 117 с.

- дополнительная литература:

1. Андреев Б.А., Клушин И.Г. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. Л.: Недра, 1965. 405 с.
2. Гвишиани А.Д., Диаман М., Михайлов В.О. и др. Алгоритмы искусственного интеллекта для кластеризации магнитных аномалий // Физика Земли. 2002. № 7. С. 13-28.
3. Гольцман Ф.М. Статистические модели интерпретации. М.: Наука, 1971. 327 с.
4. Гольцман Ф.М., Калинина Т.Б. Статистическая интерпретация магнитных и гравитационных аномалий. Л.: Недра, 1983. 248 с.
5. Никитин А.А. Использование статистической теории обнаружения сигналов для выделения слабых геофизических аномалий // Изв. вузов. Геология и разведка. 1977. № 6. С. 77-87.
6. Петров А.В., Трусков А.А. Компьютерная технология статистического и спектрально-корреляционного анализа трехмерной геоинформации КОСКАД 3D // Геофизика. 2000. № 4. С. 29-33.
7. Приезжев И.И. Уточнение геологической модели по данным гравитационного поля на основе критериальных методов решения обратных задач // Геофизика. 2010. № 1. С. 65-68.
8. Серкерев С.А. Корреляционные методы анализа в гравиразведке и магниторазведке. М.: Недра, 1986. 247 с.
9. Шимелевич М.И., Оборнев Е.А. Нейросетевой метод магнитотеллурического мониторинга геоэлектрических параметров среды на основе неполных данных // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 1. Вып. 11. С. 171-176.
10. Элланский М.М. Петрофизические связи и комплексная интерпретация данных промысловой геофизики. М.: Недра, 1978. 254 с.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения пакеты программ КОСКАД 3D; Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint (при необходимости)

В) Материально-техническое обеспечение:

- персональные компьютеры.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватели– Булычев А.А., Лыгин И.В., Куликов В.А.

11. Авторы программы – Никитин А.А., Булычев А.А., Лыгин И.В., Куликов В.А.