

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

УТВЕРЖДАЮ
и.о. декана Геологического факультета
чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Ерёмин/
« ___ » _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Морская гравиразведка и магниторазведка
Marine gravity and magnetic prospecting

Авторы-составители: Лыгин И.В., Попов М.Г., Булычев А.А., Коснырева М.В.

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Магистерская программа

Геофизика

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № _____, _____)

Москва 2022

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 магистратуры*).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от _____ 2022 года (протокол №__).

Год приема на обучение: 2022

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Целью курса «Морская гравиразведка и магниторазведка» является получение знаний об аппаратуре и методике морских наблюдений, об особенностях обработки и интерпретации данных морской гравиметрической и магнитометрической съемки, а также о строении океанов и морей по гравиметрическим и магнитометрическим данным с опорой на дополнительную геолого-геофизическую информацию.

Задачи – приобретение знаний, на основе которых магистр мог самостоятельно организовывать морские гравиметрические и магнитометрические наблюдения, контролировать их проведение и осуществлять обработку и интерпретацию полученных данных.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В дисциплине «Морская гравиразведка и магниторазведка» анализируются особенности гравиметрического и магнитометрического методов, применяемых на акваториях с целями изучения их глубинного строения и прогноза морских месторождений. Приводятся сведения о свойствах гравитационных и магнитных полей в океанах и морях, аппаратуре, методиках наблюдений, обработке и интерпретации данных. Обсуждаются возможности гравиметрического и магнитометрического методов при поиске и разведке морских месторождений, изучении глубинного строения и геодинамики литосферы.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП – вариативная часть, профессиональный блок, дисциплина по выбору модуля «Гравиразведка и магниторазведка». Курс – II, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

обучающийся должен владеть базовыми естественно-научными, математическими и профессиональными знаниями в объеме вступительного экзамена в магистратуру, а также знаниями дисциплин «Общая геология», «Геофизические методы исследования», «Теория геофизических полей», «Комплексирование геофизических методов», «Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий», «Структурная и региональная гравиразведка и магниторазведка».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
ОПК-2.ММ Способен самостоятельно формулировать цели исследований, устанавливать последовательность решения профессиональных задач (формируется частично).	ММ.ОПК-2. И-1. Определяет цель, задачи, обосновывает актуальность и разрабатывает логическую схему проекта в профессиональной области. ММ.ОПК-3. И-2. Формулирует методику решения исследовательских задач на основе	Знать: основные принципы проектирования и выполнения акваторных магнитометрических и гравиметрических съемок с учетом петрофизической и геологической обстановки. Уметь: выбрать и обосновать оптимальную методику исследования, последовательность методов и процедур проектирования и выполнения морских гравиразведочных и магниторазведочных данных, обеспечивающих эффективное решение поставленной задачи.

	классических подходов и инновационных идей геологических и смежных наук.	
ОПК-5.ММ Способен использовать современные вычислительные методы и компьютерные технологии для решения задач профессиональной деятельности.	ММ.ОПК-5. И-1. Выбирает способы обработки данных и программные средства для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности. М.ОПК-5. И-2. Использует ГИС-технологии для решения профессиональных задач. М.ОПК-5. И-3. Использует компьютерные, в т.ч. ГИС-технологии для представления результатов исследований.	Знать: особенности современных методов, подходов и технологий обработки и анализа данных гравиразведки и магниторазведки. Уметь: использовать современные средства и технологии анализа гравиразведочных и магниторазведочных данных; выбрать и обосновать последовательность методов и технологий интерпретации, обеспечивающих эффективное решение поставленной задачи.
МПК-1 Способен 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	МПК-1. И-1 Определяет цели и задачи геофизических исследований. МПК-1. И-2 Владеет методами проведения геофизических наблюдений и обработки данных. МПК-1. И-3 Знает основы решения прямых и обратных задач геофизики, геологической интерпретации данных.	Знать: современные методы обработки и интерпретации геологической, гравиметрической, и магнитометрической информации, применяемые при решении геологических задач. Уметь: творчески, с учетом особенностей геологического объекта и задач и стадии исследований, использовать современные методы анализа данных гравиразведки и магниторазведки, выбрать оптимальную методику анализа геоданных и применить ее для решения конкретной геолого-геофизической задачи.

4. Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 28 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (20 часов – занятия лекционного типа, 8 часов – занятия семинарского типа), 44 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины Форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графические работы	Работа с литературой (включая подготовку <small>по плану</small>)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Раздел 1. Методика морской гравиметрической съемки.	16	8			8				8	8
Текущая аттестация 1: <i>доклад с презентацией</i>	6			2	2		4			4
Раздел 2. Методика морской магнитометрической съемки.	16	8			8				8	8
Текущая аттестация 2: <i>доклад с презентацией</i>	6			2	2		4			4
Раздел 3. Примеры акваторных гравиметрических и магнитометрических работ и их результаты.	10	4			4				4	4
Текущая аттестация 3: <i>защита реферата</i>	12			4	4		4	4		8
Всего	64	20		8	28					36
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	8	<i>Устный экзамен</i>				8				
Итого	72	28				44				

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Раздел 1. Методика морской гравиметрической съемки.

1.1. Краткий исторический обзор морских гравиметрических наблюдений. Развитие морской гравиметрической аппаратуры. Современное состояние и задачи морской гравиметрии. Космические средства изучения гравитационного поля Земли на акваториях. Основные понятия и определения основ теории измерения силы тяжести на подвижном основании. Возмущающие ускорения. Применение методов фильтрации к измерению силы тяжести. Стабилизация основания. Эффект Этвеша.

1.2. Морские гравиметры. Упругая система морского гравиметра, динамика упругой системы: уравнение рычага УСГ, постоянная времени, влияние вертикальных движений основания, эффект «кросс-каплинг». Гравиметры с крутильной нитью. Струнный гравиметр. Предполевая подготовка морского гравиметра к съемке.

1.3. Методика морской гравиметрической съемки. Особенности методики морской гравиразведки. Подготовка аппаратуры к морским работам: эталонирование гравиметров, испытание на стендах вертикальных и горизонтальных ускорений, определение динамических параметров. Гравиметрические наблюдения на море: опорные наблюдения, морские наблюдения. Навигационное обеспечение. Обработка наблюдений. Подводные гравиметрические съемки.

1.4. Методика редуцирования и составления карт аномалий силы тяжести. Редукции и аномалии силы тяжести: в свободном воздухе, Буге, Глени, изостатические, Граф-Хантера. Результаты изучения гравитационного поля океанов по спутниковой альтиметрии. Аномалии геоида.

Раздел 2. Методика морской магнитометрической съемки.

2.1. Краткий исторический обзор морских магнитометрических наблюдений. Структура магнитного поля Земли. Аномальное магнитное поле на океанах. Особенности вариаций геомагнитного поля на акваториях в зависимости от географической широты. Современное состояние и задачи морской магнитометрии.

2.2. Аппаратура для морских магнитометрических измерений. Методика морской магнитометрической съемки. Проектирование геометрии сети наблюдений морских гравиразведочных и магниторазведочных работ. Методика придонных магнитометрических измерений.

2.3. Способы учета геомагнитных вариаций на море. Вариации магнитного поля в полярных широтах. Градиентометрический метод измерения параметров магнитного поля Земли на акваториях. Способы учета девиационной составляющей судна.

2.4. Особенности обработки и интерпретация магнитных аномалий на морских акваториях. Некоторые принципиальные вопросы обработки морских площадных и профильных магнитометрических данных. Обработка данных дифференциальных гидромагнитных съемок. Интегрирование курсового градиента. Увязка данных площадных съемок в точках пересечения профилей. Оценка точности морской площадной съемки. Фильтрация и трансформация аномального магнитного поля.

Раздел 3. Примеры акваторных гравиметрических и магнитометрических работ и их результаты.

3.1. Интерпретация гравитационных аномалий. Основные закономерности распределения аномалий силы тяжести океанов. Районирование акваторий по характеру гравитационных аномалий в различных редуциях. Корреляционные связи аномалий силы тяжести с рельефом, возрастом дна океанов, мощностью земной коры и литосферы. Примеры результатов морских гравиметрических исследований.

3.2. Морская магниторазведка при изучении строения океанической коры и ее вклад в развитие теории тектоники литосферных плит. Источники магнитных аномалий в

осадочной толще шельфовых зон. Примеры результатов морских магнитометрических исследований.

План проведения семинаров.

Раздел 1. Методика морской гравиметрической съемки.

1.1. Обсуждение теоретических основ измерения силы тяжести на подвижном основании и методики морской гравиметрической съемки в зависимости от геологической задачи.

Раздел 2. Методика морской магнитометрической съемки.

2.1. Анализ особенностей методики морских магнитометрических съемок в условиях интенсивных геомагнитных вариаций.

Раздел 3. Примеры акваторных гравиметрических и магнитометрических работ и их результаты.

3.1. Анализ особенностей интерпретации аномалий гравитационного и магнитного полей в морских акваториях.

3.2. Обсуждение вклада морской магниторазведки и гравиразведки в развитие теории тектоники литосферных плит.

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

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

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при контрольном тестировании, докладах (с презентацией), защите рефератов.

Примерный перечень типовых вопросов для проведения текущего контроля (контрольное тестирование):

1. Особенности морской гравиметрической аппаратуры.
2. Особенности морской магнитометрической аппаратуры.
3. Платформенные и бесплатформенные гравиметры для измерения силы тяжести на подвижном основании.
4. Эффект Этвеша.
5. Эффект «кросс-каплинг».
6. Учет сползания нуля-пункта морского гравиметра.
7. Методы учета возмущающих ускорений при наблюдениях силы тяжести на подвижном основании.
8. Способы учета вариаций магнитного поля Земли при морских магнитометрических работах.
9. Способы учета девиационного влияния средства носителя (морского судна) при выполнении магнитных съемок
10. Этапы предполевой подготовки и выполнения морской гравиметрической съемки.
11. Этапы предполевой подготовки и выполнения морской магнитометрической съемки.
12. Особенности обработки данных морских гравиметрических съемок.
13. Особенности обработки данных морских магнитометрических съемок.
14. Особенности обработки и интерпретация гравитационных аномалий на морских акваториях.
15. Особенности обработки и интерпретация магнитных аномалий на морских акваториях.

16. Методы увязка данных площадных съемок в точках пересечения профилей и оценка точности морской площадной съемки.
17. Редукции и аномалии силы тяжести: в свободном воздухе, Буге, Глени, изостатические, Граф-Хантера.
18. Основные закономерности распределения аномалий силы тяжести океанов.
19. Основные закономерности распределения аномалий магнитного поля океанов.

Примерный перечень тем рефератов:

1. Аппаратура для морских гравиметрических измерений.
2. Методика морских гравиметрических измерений.
3. Спутниковые методы изучения гравитационного поля на морских акваториях.
4. Аппаратура для морских магнитометрических измерений.
5. Методика морских магнитометрических измерений.
6. Способы учета магнитных вариаций при морских магнитометрических измерениях.
7. Способы учета девиации при морских магнитометрических измерениях.
8. Донные геофизические обсерватории (регистрация гравитационного и магнитного полей).
9. Магнитные поля подводных вулканов.
10. Полосовые магнитные аномалии.
11. Магнитные поля гидротермальных полей.
12. Магнитные эффекты подводных течений и морских приливов.
13. Поиск неразорвавшихся боеприпасов на морском дне.
14. Технология подводной навигации.
15. Гравитационные эффекты морских приливов.
16. Гравитационные поля глубоководных поднятий.
17. Гравитационные поля срединно-океанических хребтов и абиссальных котловин.
18. Глубоководные гравиметрические исследования с использованием автономных подводных средств.
19. Инженерная магниторазведка на акваториях.
20. Магнитометрические исследования на подводных рудных объектах.

Примерный перечень тем докладов:

1. Современное состояние и задачи морской гравиметрии.
2. Современное состояние и задачи морской магнитометрии.
3. Классификация морских гравиметров.
4. Классификация морских магнитометров.
5. Космические средства изучения гравитационного поля Земли на акваториях.
6. Подавление возмущающих ускорений при измерении силы тяжести на подвижном основании.
7. Планирование площадных гравиметрических и магнитометрических съемок.
8. Методика площадных гравиметрических съемок.
9. Методика площадных магнитометрических съемок.
10. Средства навигационного обеспечения морской гравиметрической съемки.
11. Проблемы учета геомагнитных вариаций при морских магнитометрических съемках.
12. Способы учета девиационного влияния средства носителя (морского судна) при выполнении магнитных съемок.
13. Особенности донных магнитометров.
14. Требования к донным гравиметрическим системам.
15. Определение возраста горных пород морей и с использованием магниторазведочных данных.
16. Геодинамика литосферных плит по данным морских магниторазведочных работ.

17. Результаты изучения гравитационного поля океанов по спутниковой альтиметрии.
18. Методы восстановления магнитного поля по данным измерений курсового градиента магнитного поля.
19. Особенности строения океанической коры по данным гравиметрических и магнитометрических исследований.
20. Магнитометрические и гравиметрические факты, подтверждающие и опровергающие теорию тектоники литосферных плит.
21. Изучение структуры осадочной толщи в шельфовых зонах по данным морских детальных гравиметрических и магнитометрических съемок.

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень типовых вопросов при промежуточной аттестации (зачете):

1. Понятия и определения теории измерения силы тяжести на подвижном основании. Возмущающие ускорения.
2. Применение методов фильтрации к измерению силы тяжести на подвижном основании.
3. Стабилизация основания.
4. Эффект Этвеша.
5. Упругая система морского гравиметра. Динамика упругой системы: уравнение рычага УСГ, постоянная времени, влияние вертикальных движений основания, эффект «кросс-каплинг».
6. Гравиметры с крутильной нитью.
7. Струнный гравиметр.
8. Физические и математические принципы работы бесплатформенных гравиметров. Примеры бесплатформенных гравиметров.
9. Методика морской гравиметрической съемки.
10. Методика редуцирования и составления карт аномалий силы тяжести.
11. Результаты изучения гравитационного поля океанов по спутниковой альтиметрии. Аномалии геоида.
12. Интерпретация гравитационных аномалий на морских акваториях.
13. Структура магнитного поля Земли. Аномальное магнитное поле на океанах. Вариации магнитного поля Земли.
14. Аппаратура для морских магнитометрических измерений.
15. Методика морской магнитометрической съемки.
16. Методика дифференциальных гидромагнитных измерений.
17. Интерпретация магнитных аномалий на морских акваториях.
18. Строение океанической коры и тектоника литосферных плит.
19. Тектоника литосферных плит и плотностные модели земной океанической коры и литосферы.
20. Изучение структуры осадочной толщи в шельфовых зонах по данным детальной морской гравиметрической съемки.
21. Изучение структуры магнитоактивного слоя океанов.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (зачет).

Оценка результатов обучения	Незачет	Зачет
Знания - особенностей аппаратуры и методики морских гравиметрических и	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания

магнитометрических работ, методики обработки и интерпретации получаемых данных (<i>устный опрос</i>)		
Умения - выбрать оптимальную методику морской гравиразведки и магниторазведки, проконтролировать проведение наблюдений, выполнить обработку и интерпретацию данных, а также геологическое истолкование построенных моделей (<i>устный опрос</i>)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)
Навыки (владения, опыт деятельности) - методами проектирования морских гравиметрических и магнитометрических съемок, обработки и интерпретации данных морской гравиразведки и магниторазведки для получения информации о строении различных частей морских акваторий (шельфовых зон, срединно-океанических хребтов, абиссальных равнин и зон субдукции, подводных вулканов и др.) (<i>устный опрос</i>)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

1. Гайнанов А.Г., Пантелеев В.Л. Морская гравиразведка: Учеб.пособие для вузов. М.: Недра. 1991. 214 с.
2. Пантелеев В.Л., Булычев А.А. Измерение силы тяжести на подвижном основании (конспект лекций): Учеб.пособие. М.: Изд-во Московского Университета. 2003. 80 с.
3. Городницкий А.М., Филин А.М., Малютин Ю.Д. Морская магнитная градиентная съемка. М.: Изд-во ВНИРО. 2004. 140 с.
4. Гордин В.М., Розе Е.Н., Углов Б.Д. Морская магнитометрия. М.: Недра. 1986. 231 с.

- дополнительная литература:

1. Литвинов Э.М. Введение в морскую геофизику. С-Пб.: Недра, 1993. 184 с.
2. Морские геофизические исследования. Под ред. Маловицкого Я.П. М.: Недра, 1977. 375 с.

3. Гордин В.М. Очерки по истории геомагнитных измерений. М.: ИФЗ РАН. 2004. 164 с.

Б) Перечень программного обеспечения:

- лицензионное

1. Geosoft Oasis Montaj.

- свободного доступа

1. пакет программ Open Office.

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com
- Базы, реестры, справочники (свободный доступ, подписки)
- модель морской береговой линии GSHHG и др.;
- модели рельефа морского дна и дневного рельефа Topex-relief, SRTM, ETOPO1 и др.;
- модели аномального гравитационного поля Земли Topex-gravity, WGM2012 и др.;
- модели аномального магнитного поля WDMAM, EMAG2.
- модели земной коры CRUST, мощности осадочного чехла SEDTHICK, литосферы LITHO и др.

Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

1. Поисковая система научной информации www.scopus.com
2. Электронная база научных публикаций www.webofscience.com
3. Обновляемый курс лекций и комплект учебных геологических карт на сайте <http://wiki.web.ru/wiki/>.
4. Международный центр глобальных моделей Земли <http://icgem.gfz-potsdam.de/home>.
5. Данные о возрасте литосферы http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/ocean_age/data/2008/grids/age/
6. Данные о рельефе поверхности Мохо по данным спутниковой миссии GOCE <http://gocedata.como.polimi.it/>
7. Программное обеспечение GravMagInv <https://www.gravmaginv.ru/>
8. Ресурс по гравиразведке <https://www.gravitymsu.ru/>

Д) Материально-технического обеспечение:

Учебный компьютерный класс, оснащенный мультимедийным проектором и учебной доской. Персональные компьютеры, оснащенные необходимыми стандартными и специальными прикладными программами.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватели: Ответственный за курс — Лыгин Иван Владимирович (доцент), преподаватели: Лыгин И.В., Булычев А.А., Кузнецов К.М., Фадеев А.А., Соколова Т.Б.

11. Разработчики программы: Лыгин Иван Владимирович – доцент, Попов Михаил Георгиевич – доцент, Булычев Андрей Александрович – профессор, Коснырева Мария Владимировна – доцент.