

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
Сейсмо-гравитационное моделирование
Seismic and gravity inversion

Авторы-составители: Лыгин И.В., Булычев А.А., Золотая Л.А.

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 «Сейсмо-гравитационное моделирование» является изучение алгоритмов и методик совместной интерпретации сейсморазведочных и гравиразведочных данных.

Задачи – освоение студентами технологии построения геоплотностного разреза на основе данных сейсморазведки и гравиразведки.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В дисциплине «Сейсмо-гравитационное моделирование» излагаются основные методы и подходы совместной интерпретации сейсморазведочных и гравиразведочных данных. Приводятся практические примеры комплексного анализа материалов сейсморазведки и гравиразведки в задачах создания глубинного модели строения Земли; двумерного моделирования геоплотностного разреза вдоль региональных профилей ГСЗ; трехмерного моделирования упругих свойств и плотности на локальных площадях.

На практических занятиях студенты знакомятся с методами построения согласованных сейсмо-гравитационных моделей.

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.М 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 классических подходов и инновационных идей	Знать: основные принципы комплексного анализа гравиразведочных и сейсморазведочных данных, особенности современных методов, подходов и технологий совместной интерпретации данных сейсморазведки и гравиразведки с учетом петрофизической и геологической обстановки. Уметь: выбрать и обосновать оптимальную методику исследования; последовательность методов и процедур интерпретации гравиразведочных и сейсморазведочных данных, обеспечивающую эффективное решение поставленной задачи.

	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 совместной интерпретации данных гравиразведки и сейсморазведки, обеспечивающих максимальный учет геологических параметров объекта. Уметь: активно использовать и модернизировать современные средства и технологии интерпретации гравиразведочных и сейсморазведочных данных; выбрать и обосновать последовательность методов и технологий совместной интерпретации, обеспечивающую эффективное решение поставленной задачи; построить наглядные результативные модели.
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 комплексной геологической, гравиметрической, и сейсморазведочной информации, формальные и неформальные способы учета априорной геологической информации, применяемые при решении сложных геологических задач. Уметь: творчески, с учетом особенностей геологического объекта и задач и стадии исследований, использовать современные методы совместной интерпретации данных сейсморазведки и гравиразведки, выбрать оптимальную методику комплексного анализа геоданных и применить ее для решения конкретной геолого-геофизической задачи, строить наглядные и геологически значимые результативные 2Д и 3Д решения (разрезы и объемные модели).

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 – экзамен.

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. Комплексный анализ сейсморазведочных и гравиразведочных данных.	16	4	4	2	10	4			2	6
Текущая аттестация 1: доклад с презентацией	7			2	2		5			5
Раздел 2. Методика двумерного сейсмо-гравитационного моделирования.	14	2	4	2	8	4			2	6
Текущая аттестация 2: доклад с презентацией	7			2	2		5			5
Раздел 3. Основы трехмерного сейсмо-гравитационного моделирования.	6	2		2	4				2	2
Текущая аттестация 3: защита реферата	12			2	2		4	6		10
Всего	62	8	8	12	28					34
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	10	<i>Устный экзамен</i>				10				
Итого	72	28				44				

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Раздел 1. Комплексный анализ сейсморазведочных и гравиразведочных данных.

1.1. Физические основы совместного анализа сейсморазведочных и гравиразведочных данных.

История развития направления сейсмо-гравитационного моделирования. Геолого-геофизические задачи, требующие совместного анализа сейсморазведочных и гравиразведочных данных. Петрофизическая основа связи упругих параметров и плотности горных пород. Эмпирические зависимости скорость-плотность для различных регионов, условий залегания и типов горных пород. Подходы и алгоритмы совместного анализа сейсморазведочных и гравиразведочных данных

1.2. Модели внутреннего строения Земли по данным сейсмологии и гравиметрии.

Элементы сейсмологии. Определение массы и глобальных особенностей распределения плотности планеты по её гравитационному полю. Сейсмологические, сейсмотомографические и плотностные модели Земли. Решение прямой задачи гравиразведки на сфере. Методы согласования сейсмологических и плотностных моделей Земли. Глобальные модели границы Мохоровичича по сейсмическим и гравиметрическим данным. Анализ уточненной модели земной коры CRUST1.0 и ее гравитационного поля.

Раздел 2. Методика двумерного сейсмо-гравитационного моделирования.

Особенности методики выполнения совместных детальных полевых профильных сейсморазведочных и площадных гравиразведочных работ. Методика построения двумерной сейсмоплотностной модели, удовлетворяющей наблюдаемому гравитационному полю, условию изостатической уравниваемости модели, степени корреляции между значениями плотности и сейсмической скорости в выделенных частях модели и другим параметрам. Подходы учета априорной геолого-геофизической информации при региональных и малоглубинных сейсмо-гравитационных исследованиях. Примеры согласованных двумерных сейсмо-гравитационных моделей вдоль региональных профилей глубинного сейсмического зондирования.

Раздел 3. Современные подходы трехмерного сейсмо-гравитационного моделирования.

Построение согласованной трехмерной сейсмо-гравитационной модели на основе сейсмического куба данных и детальных материалов гравитационного поля. Роль данных геофизических исследования скважин при установлении корреляционных связей плотность – скорость. Предельные оценки чувствительности (возможности) гравитационных исследований для различных геологических задач. Итерационный метод уточнения скоростного закона на стадии обработки сейсмических данных путем согласования зависимости скорость-плотность и построения плотностной модели, не противоречащей гравитационному полю. Примеры трехмерного сейсмо-гравитационного моделирования. Перспективные направления развития комплекса сейсморазведка-гравиразведка.

План проведения семинаров.

Раздел 1. Комплексный анализ сейсморазведочных и гравиразведочных данных.

1.1. Подходы и алгоритмы совместного анализа сейсморазведочных и гравиразведочных данных.

Обсуждение методики комбинированного сеточно-блокового моделирования для построения слоистых и слоисто-блоковых моделей глубинного строения на основе глубин залегания сейсмических поверхностей, интервальных скоростей, априорной плотностной модели. Анализ критериев выбора геометрических параметров модели (размер

элементарной ячейки, учет краевых эффектов) от размеров области моделирования и типа (двумерное или трехмерное) моделирования. Анализ особенностей методов подбора латерального изменения плотности в слое, формы плотностной границы, решения нелинейной трехмерной задачи гравиразведки. Оценка невязки между наблюдаемыми и модельными данными.

1.2. Доклады студентов с презентацией по Разделу 1 «Комплексный анализ сейсморазведочных и гравиразведочных данных».

Физические основы совместного анализа сейсморазведочных и гравиразведочных данных. Модели внутреннего строения Земли по данным сейсмологии и гравиметрии. Подходы и алгоритмы совместного анализа сейсморазведочных и гравиразведочных данных.

Раздел 2. Методика двумерного сейсмо-гравитационного моделирования.

2.1. Совместный анализ профильных сейсморазведочных и площадных гравиразведочных данных.

Анализ корреляционно-статистических методов и методов машинного обучения, направленных на выделение локальной компоненты гравитационного поля, наилучшим образом отвечающей форме сейсмических горизонтов и скоростным аномалиям в заданном интервале глубин. Обсуждение методов построения изогипс заданного (исследуемого целевого) горизонта по результатам комплексной интерпретации площадных данных гравиразведки и профильных данных сейсморазведки.

2.2. Доклады студентов с презентацией по Разделу 2 «Методика двумерного сейсмо-гравитационного моделирования».

Методика двумерного сейсмо-гравитационного моделирования. Совместный анализ профильных сейсморазведочных и площадных гравиразведочных данных.

Раздел 3. Современные подходы трехмерного сейсмо-гравитационного моделирования.

3.1. Обсуждение подходов построения согласованной трехмерной сейсмо-гравитационной модели на основе сейсмического куба данных и детальных материалов гравитационного поля.

3.2. Доклады студентов по темам рефератов. Анализ примеров двумерного и трехмерного сейсмо-гравитационного моделирования.

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 и докладах (с презентацией).

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

1. Геолого-геофизические задачи, требующие совместного анализа сейсморазведочных и гравиразведочных данных.
2. Цели сейсмо-гравитационного моделирования.
3. Петрофизическая основа связи упругих параметров и плотности горных пород.
4. Эмпирические зависимости скорость-плотность для различных регионов, условий залегания и типов горных пород.
5. Определение массы и глобальных особенностей распределения плотности планеты по её гравитационному полю.
6. Сейсмологические, сейсмотомографические и плотностные модели Земли. Решение прямой задачи гравиразведки на сфере.

7. Модели глобальных моделей границы Моховичича по сейсмическим и гравиметрическим данным.
8. Методика построения сейсмоплотностной модели, удовлетворяющей наблюдаемому гравитационному полю, условию изостатической уравновешенности модели, степени корреляции между значениями плотности и сейсмической скорости в выделенных частях модели.
9. Роль априорной геолого–геофизической информации при региональных сейсмо-гравитационных исследованиях.
10. Предельные оценки чувствительности (возможности) гравитационных исследований для различных геологических задач.
11. Методы машинного обучения, направленные на построение контактной границы по профильным сейсмическим и площадным гравиметрическим данным..

Примерный перечень тем докладов:

1. Структура земной коры и деформации, связанные с субдукцией подводных гор в северной части Манильского жолоба по данным физического и гравитационного моделирования.
2. Топография границы Мохо и структуры земной коры под Восточно-Вьетнамским морем по данным 3D-инверсии гравитационного поля.
3. Трехмерная модель плотности верхней части земной коры Деканской Синеклизы, Центральная Индия.
4. Толщина земной коры Цинхай-Тибетского плато, полученная по данным глобальных моделей EGM2008 и CRUST 2.0.
5. Разведка месторождений железной руды в Патагонии. Выводы из гравитационного, магнитного и ЕП моделирований.
6. Связь скорость – плотность – глубина.
7. Собственные колебания Земли – гравиметрические и сейсмологические задачи изучения глубинного строения.
8. Глобальная модель границы Мохо по сейсмическим и гравиметрическим данным.
9. Уточнение модели слоистой среды по данным гравитационного поля на основе критериальных методов решения обратных задач.
10. Совместная инверсия гравиметрических и сейсмических данных при моделировании строения земной коры вдоль профиля.
11. Сейсмическая томография с использованием аномалий Буге.
12. Решение обратной задачи гравиразведки по данным градиентометрических измерений.
13. Совместная инверсия гравиметрических и электроразведочных данных.
14. Примеры совместной инверсии сейсмических и гравиметрических данных.

Примерный перечень тем рефератов:

1. Современные подходы к определению распределения объемной плотности с использованием данных сейсморазведки и ГИС.
2. Современные алгоритмы совместной инверсия гравитационных и сейсмических данных для двумерного и трехмерного моделирования земной коры.
3. Синхронная и последовательная инверсия геофизических данных.
4. Совместная трехмерная инверсия мюонной томографии и гравитационных данных.
5. Геологические результаты практической реализации современных подходов совместной интерпретации сейсморазведочных и гравиразведочных данных.
6. Построение изображения среды на основе совместной инверсии сейсмических и гравиметрических данных.
7. Комбинированная глобальная модель границы Мохо, построенная на основе сейсмических и гравиметрических данных.

8. Комбинированная модель строения земной коры по данным сейсмической томографии и гравитационному полю.
9. Примеры трехмерного гравитационного моделирования сложных соляных или иных структур (в Южной части Мексиканского залива, в Каспийском регионе, на юге Карского моря, в Поволжье, в Восточной Сибири и др.).
10. Примеры выявления колебания уровня грунтовых вод при мониторинговых измерениях методами сейсморазведки и гравиразведки.
11. Совместная инверсия сейсмических и градиентометрических гравиметрических данных.
12. Совместная инверсия сейсмических, магнитотеллурических и гравиметрических данных с использованием структурных ограничений.
13. Изучение соотношений между скоростью сейсмических волн и плотностью в литосфере методом сейсмо-гравитационного моделирования.
14. Достижения в регуляризованной инверсии гравиметрических и электромагнитных данных.
15. Поиск региональных соотношений скорости-плотности земной коры с использованием гравитационного 2D моделирования.

Расчетные домашние задания:

1. Проверка глубинных моделей строения Земли на соответствие гравитационному полю.
2. Сопоставление гравитационного эффекта разреза с и без учета уплотнения с глубиной.
3. Коррекция глубинно-скоростной модели на основе плотностного моделирования.
4. Площадное восстановление морфологии горизонта по профильным сейсмическим данным и аномалиям поля силы тяжести, заданным на площади, на основе методов машинного обучения.

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

Примерный перечень типовых вопросов при промежуточной аттестации (экзамене):

1. Гравитационное поле - источник знаний об истинной форме Земли и о распределении плотности в её внутренних зонах.
2. Сейсмология как метод изучения внутренних процессов и внутреннего строения Земли.
3. Связь сейсмических характеристик с составом и состоянием горных пород. Петрофизическая связь сейсмических параметров и плотности горных пород.
4. Эмпирические зависимости скорость-плотность для различных регионов, условий залегания и типов горных пород. Роль ГИС при установлении этих зависимостей.
5. Возможность построения алгоритма прямой задачи от объемных плотностных разрезов, задаваемых на регулярной сетке - «Куб плотностей» (решение задачи в спектральной области). Критерии выбора геометрических параметров модели.
6. Понятие прямой и обратной задачи гравиразведки. Физико-геологические и математические модели интерпретации.
7. Обратная задача определения избыточной плотности в изолированном объеме. Регуляризирующий алгоритм решения задачи.
8. Сейсмологические модели Земли. Принципы построения согласованной сейсмологической и плотностной модели.
9. Плотностные модели земной коры и литосферы типичных региональных структур и особенности их проявления в физических полях.

10. Проблема разделения потенциальных полей на составляющие. Использование «геологической редукции» как метода разделения полей. Возможные подходы к построению алгоритмов разделения полей.
11. Построение контактной поверхности по гравиметрическим данным и сейсморазведки на эталонном участке. Регуляризирующий алгоритм решения задачи.
12. Корреляционно-статистический подход фильтрации для выделения локальной компоненты гравитационного поля наилучшим образом отвечающей форме сейсмических горизонтов или скоростным аномалиям в заданном интервале глубин.

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

Результаты обучения, соответствующие виды оценочных средств	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: Знания: принципов, основных алгоритмов и методики сейсмогравитационного моделирования	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения (устный опрос) целенаправленно, с учетом конечной геологической задачи и масштаба исследований, собрать необходимый данные, выбрать оптимальную методику создания согласованной сейсмогравитационной модели и применить ее для решения конкретной геолого-геофизической задачи.	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности принципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы.	Успешное умение.
Навыки (владения, опыт деятельности (устный опрос) методами сбора информации, методами сейсмогравитационного моделирования и способами наглядного изображения результатов.	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных элементов	В целом сформированные навыки.	Свободное владение и использование.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Соколова Т.Б., Булычев А.А., Лыгин И.В., Старовойтов А.В., Тевелев Ал.В., Шалаева Н.В. Интерпретация геофизических материалов. УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ. Тверь, ООО "Издательство ГЕРС", 2011. - 208 с.
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка. Учебник для вузов. — Тверь: Изд-во АИС, 2006.
3. Булычев А.А., Лыгин И.В., Соколова Т.Б. и др. Конспект лекций по курсу Гравиразведка: Учеб. пособие. М.: КДУ, "Университетская книга", 2017. 124 с.

4. Никитин А.А., Хмелевской В.К. Комплексирование геофизических методов: учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: ВНИИГеосистем, 2012. 346 с.

- дополнительная литература:

1. Булычев А.А., Лыгин И.В., Мелихов В.Р. Численные методы решения прямых задач грави- и магниторазведки (конспект лекций). М.: отдел оперативной печати геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, 2010. 164 с. (URL: http://geophys01.geol.msu.ru/STUDY/facultet/forward08_03_2011.pdf).
2. Бондарев В.И., Крылатков С.М. Сейсморазведка. Учебник для студентов ВУЗов в 2-х книгах. Кн.2. Обработка, анализ и интерпретация данных. 2012.
3. Викулин А.В. Физика Земли и геодинамика. Учебное пособие для геофизических специальностей вузов. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ им. Витуса Беринга, 2008. 463 с. ISBN 5-7968-0358-1 (978-5-7968-0358-5)
4. Андреев Б.А., Клушин И.Г. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. Л.: Недра, 1965. 405 с.
5. Гвишиани А.Д., Диаман М., Михайлов В.О. и др. Алгоритмы искусственного интеллекта для кластеризации магнитных аномалий // Физика Земли. 2002. № 7. С. 13-28.
6. Гольцман Ф.М. Статистические модели интерпретации. М.: Наука, 1971. 327 с.
7. Гольцман Ф.М., Калинина Т.Б. Статистическая интерпретация магнитных и гравитационных аномалий. Л.: Недра, 1983. 248 с.
8. Никитин А.А. Использование статистической теории обнаружения сигналов для выделения слабых геофизических аномалий // Изв. вузов. Геология и разведка. 1977. № 6. С. 77-87.
9. Петров А.В., Трусов А.А. Компьютерная технология статистического и спектрально-корреляционного анализа трехмерной геоинформации КОСКАД 3D // Геофизика. 2000. № 4. С. 29-33.
10. Приезжев И.И. Уточнение геологической модели по данным гравитационного поля на основе критериальных методов решения обратных задач // Геофизика. 2010. № 1. С. 65-68.
11. Серкерев С.А. Корреляционные методы анализа в гравиразведке и магниторазведке. М.: Недра, 1986. 247 с.
12. 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.
13. Элланский М.М. Петрофизические связи и комплексная интерпретация данных промысловой геофизики. М.: Недра, 1978. 254 с.

Б) Перечень программного обеспечения:

- лицензионное

1. Программы **Golden Software – Surfer** (версия 10 или выше) и **Golden Software – Grapher** (версия 6 или выше);
2. **GravMagInv**

- свободного доступа

1. **Tm-2.EXE** - – авторы: А. А. Булычев, А.Н. Зайцев, МГУ, кафедра геофизических методов исследования земной коры, 2001;
2. **Tg-2.EXE** - – авторы: А. А. Булычев, А.Н. Зайцев, МГУ, кафедра геофизических методов исследования земной коры, 2001;
3. **HSpectr** /версия 1.04.03 – авторы: А. А. Булычев, А.Н. Зайцев, МГУ, кафедра геофизических методов исследования земной коры; ©2003
4. 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 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. Каталог данных лаборатории Лоуренса <https://ds.iris.edu/ds/products/emc-llnl-g3dv3/>.
5. Каталог данных Comcat: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>.
6. Международный центр глобальных моделей Земли <http://icgem.gfz-potsdam.de/home>.
7. Данные о возрасте литосферы http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/ocean_age/data/2008/grids/age/
8. Данные о рельефе поверхности Мохо по данным спутниковой миссии GOCE <http://gocedata.como.polimi.it/>
9. Программное обеспечение GravMagInv <https://www.gravmaginv.ru/>
10. 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., Кузнецов К.М., Соколова Т.Б.

11. Разработчики программы: Лыгин Иван Владимирович – доцент, Булычев Андрей Александрович – профессор, Золотая Людмила Алексеевна – доцент.