

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

Геодинамика

Автор-составитель: Михайлов В.О.

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:
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 приема на обучение – 2016.

© 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

Цель изучения дисциплины «Геодинамика» состоит в рассмотрении методов современной геодинамики для оценки геодинамического состояния литосферы и моделирования процессов формирования ее основных структур, и для использования геодинамики при интерпретации геологических и геофизических данных.

Задачами дисциплины «Геодинамика» являются рассмотрение количественных математических моделей процессов, происходящих в коре и мантии Земли, методов современной геодинамики, основные классы решаемых задач, главные достижения и проблемы, геодинамические модели, используемые при изучении строения и эволюции структур земной коры, а также при интерпретации геологических и геофизических данных.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – базовая часть, общепрофессиональный цикл, дисциплины по выбору, курс – IV, семестр – 7.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин – «Высшая математика», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Физика», «Уравнения математической физики», «Интегральные преобразования», «Структурная геология и геокартирование», «Историческая геология», «Физика Земли», «Магниторазведка», «Гравирозведка», «Сейсморазведка», «Электроразведка» и др.

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

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

ОПК-3.Б Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично),

ОПК-4.Б Способность применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично),

ПК-7.Б Готовность применять на практике базовые общепрофессиональные знания и навыки при решении производственных задач (в соответствии с профилем подготовки) (формируются частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

Знать: современные представления о динамике недр Земли и ее поверхностной оболочки; современные методы изучения процессов, происходящих в недрах и на поверхности Земли; основные технологии изучения геодинамических процессов.

Уметь: рассчитывать напряженное состояние литосферы, создавать математические модели процессов осадконакопления и денудации, строить диаграммы предельной прочности.

Владеть: современными методами определения геодинамического состояния среды и использовать их при интерпретации геологических и геофизических данных.

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия.

5. Объем дисциплины составляет 1 з.е., в том числе 28 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (14 часов – занятия лекционного типа, 14 часов – занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 8 академических часов 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):

Основное внимание уделяется методам математического моделирования процессов в литосфере и мантии Земли и примерам приложения моделей и методов геодинамики к изучению конкретных тектонических структур. Подробно рассматриваются напряжения в литосфере и методы их изучения, строение разломных зон, термический режим континентальной и океанической литосферы, термические модели океанических рифтовых зон и зон субдукции, движущие силы и основные проблемы тектоники плит. В разделе геодинамики осадочных бассейнов дается систематическое изложение математической теории палеотектонического анализа, рассматриваются модели формирования бассейнов различных типов и их термический режим, сведения по теории генерации углеводородов и о прогнозе нефтегазоносности осадочных бассейнов.

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	
Геодинамика: предмет и основные понятия.		2		2	4	1 Контрольная работа
Напряжения и деформации в литосфере. Реология литосферы.		4		4	8	1 Контрольная работа
Геодинамические приложения теории теплопроводности.		4		4	8	1 Реферат Контрольная работа
Геодинамика осадочных бассейнов		4		4	8	1 Контрольная работа
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>						4
Итого	36	28				8

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Геодинамика: предмет и основные понятия.

Рассматривается предмет геодинамики, методы описания тектонических процессов, происходящих в поверхностных оболочках Земли. Даются современные представления о динамике недр Земли и ее поверхностной оболочки, современные методы изучения процессов, происходящих в недрах и на поверхности Земли. Особое внимание уделяется современным технологиям изучения геодинамических процессов, в частности измерению глобального гравитационного поля и его временных вариаций (спутники ГРЕЙС и ГОУС), измерению вертикальных и горизонтальных смещений (GPS и GLONASS, интерферометрия со сверхдлинной базой, технология InSAR), изучению напряженного состояния литосферы и его вариаций во времени.

Кратко рассматриваются базовые основы тектоники плит, основные трудности и нерешенные проблемы, примеры применения геодинамических моделей при интерпретации данных геологии и геофизики.

Раздел 2. Напряжения и деформации в литосфере. Реология литосферы.

Напряжения в литосфере. Методы изучения напряженного состояния (данные сейсмологии, скважинные измерения, методом разгрузки керна и гидроразрыва). Мировая карта напряжений, особенности распределения напряжений в литосфере на конвергентных, дивергентных и трансформных границах плит. Методы количественной оценки региональных и локальных напряжений.

Напряжения и деформации в твердых телах. Задачи, решаемые с помощью линейной теории упругости. Основные соотношения теории упругости и границы ее применения. Конкретные задачи: (1) Напряжения при изменении поверхностной нагрузки. (2) Задача об изгибе тонких пластин и ее применение для описания региональной и локальной изостатической компенсации. (3) Задача о потере устойчивости тонких пластин и ее применение для описания деформации пластов под действием горизонтального сжатия.

Механика вязкой жидкости. Вязкость горных пород. Теория погранслоя. Послеледниковые поднятия. Течения в астеносфере. Примеры описания эволюции тектонических структур в рамках модели вязкой жидкости.

Теория образования разломов. Движения по разломам. Трение на разломах. Результаты тектонофизического моделирования.

Реология горных пород. Уравнение Дорна: как происходит деформация пород на различных уровнях в литосфере. Диаграммы предельной прочности. Зависимость от мощности литосферы и ее термического режима. Диаграммы прочности для различных типов литосферы (щиты, орогены, осадочные бассейны, океаническая литосфера). Сопоставление с геологическими и геофизическими данными. Пример: реконструкция современного поля напряжений вдоль профиля Уралсейс.

Раздел 3. Геодинамические приложения теории теплопроводности.

Основы теории теплопроводности. Основные уравнения. Нестационарные задачи теплопроводности. Задача Стефана. Термические напряжения. Температурные волны.

Термические модели континентальной литосферы. Роль радиоактивной теплогенерации.

Термическая модель океанической рифтовой зоны. Зависимость топографии и теплового потока от возраста океанической литосферы.

Процессы, происходящие на конвергентных границах плит. Термическая модель зоны субдукции. Угол субдукции. Роль фазовых переходов.

Модели эволюции и термический режим зон континентальной коллизии.

Тепловая конвекция. Конвекция в мантии Земли. Связь движений в мантии, астеносфере и литосфере. Движущие силы тектоники плит.

Раздел 4. Геодинамика осадочных бассейнов.

Классификация осадочных бассейнов и их внутреннее строение. Основные процессы, с которыми может быть связано формирование осадочных бассейнов. Бассейны, формирующиеся на конвергентных, дивергентных и трансформных границах

плит. Геолого-геофизические данные о строении и эволюции осадочных бассейнов. Кривые тектонического погружения. Математическая теория палеотектонического анализа. Термический режим осадочных слоев. Модели генерации углеводородов. Температурно-временные индексы.

Математические модели процессов осадконакопления и денудации. Модели формирования внутриплитных и пострифтовых осадочных бассейнов (модель Д. Мак-Кензи и ее модификации). Пример: строение и история формирования Московского бассейна в полосе профиля 1-ЕВ. Модели формирования и эволюции осадочных бассейнов на пассивных континентальных окраинах. Модели формирования и эволюции предгорных прогибов. Пример: строение и история формирования Предкавказских прогибов. Осадочные бассейны зон субдукции.

Содержание семинаров.

Примерная тематика семинаров и заданий для самостоятельной работы.

1. Построение геотерм для континентальной литосферы (щиты, осадочные бассейны, орогены) и для океанической литосферы (по работам [1, 7, 12]).
2. Построение диаграмм предельной прочности для континентальной литосферы (щиты, осадочные бассейны, орогены) и океанической литосферы (по работам [11, 15]).
3. Строение и история формирования Московского бассейна в полосе профиля 1-ЕВ (самостоятельное изучение и реферат – работы [10]).
4. Методы оценки региональных и локальных полей напряжений (самостоятельное изучение и реферат - работы [11]).
5. Построение кривых тектонического погружения. Оценка возможной величины растяжения по модели Мак-Кензи. (работы [9, 14]).
6. Современные модели мантийной конвекции (по работам [3, 5, 6, 8]).
7. Применение моделей геодинамики при интерпретации геологических и геофизических данных (по работам [4, 10, 11]).
8. Изгиб литосферы под действием вертикальной нагрузки (по работам [1, 2]).
9. Проблема устойчивости литосферы под действием горизонтальных сжимающих сил (по работам [1, 2]).

Рекомендуемые образовательные технологии

При реализации программы дисциплины «Геодинамика» используются различные образовательные технологии. Во время аудиторных занятий для лекций и семинаров используется ПК и компьютерный проектор. На семинарах предполагаются как информация преподавателя, так и собственные доклады-сообщения студентов в виде презентаций по 10 минут каждая с последующим обсуждением. Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей: консультации и помощь в написании рефератов и индивидуальную работу студента в компьютерном классе отделения Геофизики или библиотеке Геологического факультета.

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

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

В течение преподавания курса Геодинамика в качестве форм текущего контроля успеваемости студентов используются написание и заслушивание на семинаре реферата, проведение контрольных работ, а по итогам обучения в 7-ом семестре проводится экзамен.

Примерный перечень контрольных вопросов.

1. Методы изучения горизонтальных и вертикальных движений на поверхности Земли.
2. Данные о временных вариациях гравитационного поля и их использование в геодинамике.
3. Основные трудности и нерешенные проблемы тектоники плит.
4. Реология горных пород. Экспериментальные данные о зависимости реологических свойств от давления и температуры. Механизмы ползучести горных пород.
5. Теория разломообразования Андерсона и уравнение Дорна. Диаграммы предельной прочности. Профили прочности для различных типов литосферы. Роль реологической расслоенности литосферы.
6. Методы изучения напряженного состояния литосферы. Источники напряжений, характерные величины. Напряженное состояние блока литосферы погруженного в мантию. Напряжения в зоне надвига.
7. Основные соотношения теории упругости. Плоское напряженное состояние, плоское деформированное состояние. Область применения теории упругости. Напряжения, возникающие вследствие эрозии и седиментации.
8. Двумерный изгиб пластины. Локальная и региональная изостазия. Устойчивость литосферы под действием горизонтальных сжимающих сил. Пространственно-периодическая нагрузка. Зависимость типа компенсации от длины волны.
9. Закон Фурье. Уравнение теплопроводности. Вклад радиоактивности. Континентальная геотерма. Эффект эрозии.
10. Нестационарная задача теплопроводности. Температурные волны. Температурные напряжения. Термический режим зон субдукции. Роль фазового перехода оливин - шпинель.
11. Термическая модель океанической рифтовой зоны.
12. Геодинамика осадочных бассейнов. Определение скоростей тектонических движений.
13. Температурно-временные индексы.
14. Модели формирования предгорных прогибов.
15. Модели формирования пассивных континентальных окраин.
16. Модели формирования задуговых бассейнов, пулапартов.
17. Формирование пострифтовых осадочных бассейнов. Модель Д. Мак-Кензи.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: современных представлений о динамике недр Земли и ее поверхностной оболочки; современных методов изучения процессов, происходящих в недрах и на поверхности	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания

Земли; основных технологий изучения геодинамических процессов.				
Умения: рассчитывать напряженное состояние литосферы, создавать математические модели процессов осадконакопления и денудации, строить диаграммы предельной прочности.	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение рассчитывать напряженное состояние литосферы, создавать математические модели процессов осадконакопления и денудации, строить диаграммы предельной прочности.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение рассчитывать напряженное состояние литосферы, создавать математические модели процессов осадконакопления и денудации, строить диаграммы предельной прочности.	Успешное умение рассчитывать напряженное состояние литосферы, создавать математические модели процессов осадконакопления и денудации, строить диаграммы предельной прочности.
Владения: современными методами определения геодинамического состояния среды и использовать их при интерпретации геологических и геофизических данных.	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение современными методами определения геодинамического состояния среды и использовать их при интерпретации геологических и геофизических данных	В целом сформированные навыки владения современными методами определения геодинамического состояния среды и использовать их при интерпретации геологических и геофизических данных	Владение современным и методами определения геодинамического состояния среды и использовать их при интерпретации геологических и геофизических данных

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. В.Н. Жарков "Внутреннее строение Земли и планет" М. "Наука" 1978
2. Михайлов В.О., В.М. Гордин, Е.П. Тимошкина, Е.А. Киселева, Е.И. Смольянинова Геодинамические модели и их применение при совместной интерпретации

геологических и геофизических данных (обзор). Изв. РАН сер. «Физика Земли», №1, 2007.

- дополнительная литература:

3. Добрецов Н.А., Кирдяшкин А.Г., Кирдяшкин А.А. Глубинная геодинамика. Новосибирск. СО РАН. ГЕО. 2001, 408 С.
4. Котелкин В. Д., Л. И. Лобковский. Глобальная теория эволюции планет Мясникова и современная термохимическая модель эволюции Земли. Изв. РАН сер. «Физика Земли», №1, 2007.
5. Кронрод В.А., О.Л. Кусков Моделирование термической структуры континентальной литосферы. Изв. РАН сер. «Физика Земли», №1, 2007.
6. Лобковский Л. И., Никишин А. М., Хаин В. Е. Современные проблемы геотектоники и геодинамики. М: Научный мир, 2004. – 612с.
7. Михайлов В.О. Математический метод решения задачи палеотектонического анализа. Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1989. №3. С. 78-90.
8. Михайлов В.О., и др. Московская субпровинция: Численный геодинамический анализ истории формирования Московского бассейна в сечении профиля 1ЕВ: Сценарий формирования и оценка перспектив нефтегазоносности. // Глава в монографии «Методика изучения глубинного строения, эволюции и металлогении Восточно-Европейской платформы и прилегающих областей», Министерство природных ресурсов, 2007.
9. Михайлов В.О., Кислева Е.А., Смольянинова Е.И., Тимошкина Е.П., Тевелев А.В., 2001. Оценка региоальных и локальных напряжений вдоль профиля Уралсейс. В сб.: *Морозов А.Ф. (ред) Глубинное строение и геодинамика Южного Урала (проект Уралсейс)*, Тверь, с. 275-283.
10. Михайлов В.О., Тимошкина Е.П. Анализ данных по хребту Гаккеля на основе термической модели океанической рифтовой зоны. ДАН, 1993, т. 331, с. 497-499.
11. Теркот Д., Шуберт Дж. Геодинамика. М.: «Мир». 1985. Т.1 и 2. 368 с.
12. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости М.: «Наука». 1979. 560 с.
13. Braun J., Beaumont C. A physical explanation of the relationship between flank uplifts and the breakup unconformity at rifted continental margins// *Geology*. 1989. v. 17. С.760-764.
14. McKenzie D.P. Some remarks on the development of sedimentary basins // *Earth and Planetary Sci. Lett.* 1978. V. 40. P. 25-31
15. Ranalli G., Merphy D.C. Rheological stratification of the lithosphere// *Tectonophysics*. 1987. v. 132. С. 281-295.

Б) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Специальные вычислительные компьютерные программы, созданные сотрудниками и преподавателями кафедры Геофизики Геологического факультета МГУ.

В) Материально-техническое обеспечение

Для материально-технического обеспечения дисциплины Геодинамика используется специализированная аудитория с ПК и LCD проектором, компьютерный класс отделения Геофизики и библиотека Геологического факультета МГУ.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель – Михайлов В.О.

11. Автор программы – Михайлов В.О.