

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

Построение геодинамических реконструкций

Автор-составитель: Лубнина Н.В.

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Геотектоника и геодинамика

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № _____, _____)

Москва 20__

Рабочая программа дисциплины (модуля) 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 №1674 от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение – 2018.

© 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 освоения дисциплины «**Построение глобальных реконструкций в геодинамике**» являются получение магистрантами навыков построения магнитотектонических и геодинамических реконструкций в специализированных программах (Gmap и GPlates).

Задачами: 1) научиться строить реалистичные геодинамические реконструкции на основе кондиционных палеомагнитных данных; 2) уметь рассчитывать кинематические параметры перемещений континентальных блоков на сфере; 3) научиться представлять 3D реконструкции (анимации) перемещения плит в абсолютной/относительной системах координат для фанерозоя и докембрия соответственно.

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

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Высшая математика», «Физика», «Общая геология», «Историческая геология», «Структурная геология», «Геотектоника», «Палеомагнитология».

Дисциплина необходима для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

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

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

СПК-4.М Владение навыками построения палеотектонических реконструкций, в том числе на основании палеомагнитных данных, составления и анализа карт фаций и мощностей, определения горизонтальных смещений в условиях покровно-складчатой структуры и при региональных сдвигах, умение интерпретировать данные геохимических и изотопных исследований в областях современной тектономагматической активности, оценивать поля напряжений (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать: Особенности построения глобальных реконструкций в абсолютной и относительной системах координат; основные принципы геологических корреляций, используемых в геодинамике; принципы построения магнитотектонических и геодинамических реконструкций.

Уметь: работать с Глобальными палеомагнитными базами данных, рассчитывать координаты палеомагнитного полюса; оценивать качество палеомагнитных данных согласно критериям палеомагнитной надежности; реконструировать положение континентальных блоков в абсолютной и относительной системах координат; рассчитывать кинематические параметры движения континентальных блоков на сфере; сопоставлять магнитотектонические реконструкции с геологическими, географическими и тектоническими данными.

Владеть: методами построения магнитотектонических и геодинамических реконструкций в абсолютной и относительной системах координат в различных специализированных программах.

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 1 з.е., в том числе 30 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (14 часов – занятия лекционного типа, 14 часов – занятия семинарского типа, 2 часов – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 6 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

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

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Основной целью дисциплины «**Построение глобальных реконструкций в геодинамике**» является формирование у магистрантов четких научных представлений о роли палеомагнитных и структурных методов исследований при решении глобальных, региональных и локальных задач и построении глобальных магнитотектонических и геодинамических реконструкций в абсолютных и относительных системах координат. Основное внимание в курсе уделено обучению и практическому освоению современных методик построения глобальных и региональных геодинамических реконструкций. Основными задачами курса является освоение программных комплексов Gmap и GPlates и их применение для построения геодинамических реконструкций.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Магнитотектонические и геодинамические реконструкции. Основные принципы построения	2	2	-	-	2	
Раздел 2. Математические методы обработки палеомагнитных данных. Критерии надежного и ключевого палеомагнитного полюса.	2	2	-	-	2	
Раздел 3. Современные Глобальные палеомагнитные базы данных	4	2	-	2	4	
Раздел 4. Принципы построения магнитотектонических реконструкций в абсолютной и относительной системах координат.	2	2	-	-	2	
Раздел 5. Траектории кажущейся миграции палеомагнитных полюсов (ТКМП). Кинематические параметры движений на сфере. Программа GMAP-2015	8	2	-	4	6	1 расчетно-графическая работа, 2 часа
Раздел 6. GIS-система для построения геодинамических реконструкций GPLates 3.1.	16	4	-	8	12	2 расчетно-графические работы, 4 часа
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	2					2
Итого	36			28		8

Содержание разделов дисциплины:

Содержание лекционных занятий:

1. Раздел 1. Магнитотектонические и геодинамические реконструкции. Основные принципы построения.

Магнитотектоника. Основные направления магнитотектонических исследований. Прямая и обратная задачи магнитотектоники. Основные принципы и отличия построения магнитотектонических и геодинамических реконструкций для фанерозоя и докембрия.

2. Раздел 2. Математические методы обработки палеомагнитных данных. Критерии надежного палеомагнитного полюса

Расчет положения полюса древнего дипольного поля в современной системе координат (виртуальный геомагнитный полюс). Переход в древнюю систему координат, в которой дипольный полюс расположен на оси вращения Земли (палеомагнитный полюс). Матрицы вращения. Статистика Фишера для определения среднего положения и достоверности результатов измерений направлений остаточной намагниченности. Критерии надежности палеомагнитных определений (Q) [Van der Voo, 1993] и Demag Code (DC) [McElhinny and McFadden, 2000]. Понятие ключевого палеомагнитного полюса [Buchan et al., 2000].

3. Раздел 3. Современные Глобальные палеомагнитные базы данных.

Принципы построения каталогов палеомагнитных определений. Глобальные палеомагнитные базы данных [McElhinny, Lock, 1997], [Pisarevsky, 2005 и MagIC-Pmag [Tauxe et al., 2006].

4. Раздел 4. Принципы построения магнитотектонических реконструкций в абсолютной и относительной системах координат.

Принципы построения магнитотектонических реконструкций. Определение полярности палеомагнитных определений. Абсолютные системы координат: Система всех плит; Система горячих точек; Система оси вращения Земли. Построение геодинамических реконструкций в абсолютных системах координат. Методы конечного совмещения и Траектории кажущейся миграции полюса. Относительные системы координат. Метод фиксации одного континента.

5. Траектория кажущейся миграции палеомагнитного полюса (ТКМП). Кинематические параметры движений на сфере. Программа Gmap-2015 (Т. Torsvik, 2015).

Траектория кажущейся миграции полюса. Принципы построения: метод наименьших квадратов, дискре Кинематические параметры движения континентальных блоков на сфере. Вращения на сфере. Эйлеров полюс. Определение параметров вращения блока относительно неподвижного кратона.

8. GIS-система для построения геодинамических реконструкций GPlates 3.1.

Глобальные и региональные палеогеографические и геодинамические реконструкции в ГИС-системе GPlates. Общие сведения. Точечные, линейные и площадные объекты в GPlates. Порядок организации и создания временного среза (time-slice) геодинамической реконструкции. Границы литосферных плит. Создание новых континентальных блоков в программе GPlates для конкретного интервала времени; понятие о времени существования континентального блока в геодинамических реконструкциях. Коды основных континентальных блоков, используемых в программе GPlates.

Основные темы семинарских занятий:

Раздел 3. Современные Глобальные палеомагнитные базы данных.

Работа с палеомагнитными базами данных. Селекция палеомагнитных определений для континентальных блоков, участвующих в дальнейшем при построении собственных реконструкций магистрантами.

Раздел 5. Траектории кажущейся миграции палеомагнитных полюсов (ТКМП). Кинематические параметры движений на сфере. Программа GMAP-2015

Знакомство с программой Gmap-2015 (Т. Torsvik, 2015). Построение Траекторий кажущейся миграции полюса с использованием палеомагнитных полюсов. Отобранных из Глобальных баз данных (Раздел 3). Расчет кинематических параметров перемещений континентальных блоков.

Раздел 6. GIS-система для построения геодинамических реконструкций GPlates 3.1.

Работа с геологическими, географическими и тектоническими данными (2 часа).

Работа с EarthByte Plate Model 2009 – Глобальной базой данных, содержащей границы всех современных плит, а также палеоплит. Плиты, образовавшиеся или уничтоженные в прошлом, не учитываются в данной модели. Работа с Глобальной базой данных Dynamic Closed Plate Polygon Data Files, позволяющей проследить изменения границ 40 основных плит от 0 до 140 млн. лет (с интервалом в 1 млн. лет).

Работа с Эйлеровыми полюсами вращения (2 часа).

Геометрические операции на сфере. Дуги больших и малых кругов. Эйлеров полюс вращения. Треки и каспы. Построение реконструкций относительно горячих точек.

Привязка и обработка растровых изображений (2 часа).

Загрузка и обработка нескольких растровых изображений в форматах *.jpeg или *.NetCDF, включая временные последовательности растровых изображений для визуализации «по сетке». Привязка глобальных растровых изображений, охватывающих весь земной шар (карта линейных магнитных аномалий, конвекции в мантии+динамической топографии поверхности и др.). «Вырезание» растровых данных для конкретных полигонов, используемых при построении реконструкций. Создание геодинамических реконструкций вместе с растровыми данными в различных проекциях (ортогональной, прямоугольной, Меркаторовской, Мольвейда, Робинсона и др.). On-line перемещение и изменение положения геодинамической реконструкции на экране.

Расчет кинематических параметров. Представление 3D реконструкций (2 часа).

Кинематические характеристики движения плит – скорость перемещения, угол поворота, угловая скорость. Связь между векторами линейных и угловых скоростей. Построение 3D реконструкций (анимаций) перемещения плит в абсолютной/относительной системах координат для фанерозоя.

Рекомендуемые образовательные технологии:

При реализации программы дисциплины «**Построение глобальных реконструкций в геодинамике**» используются различные образовательные технологии. Во время аудиторных занятий (28 часов) проводятся лекции с использованием ПК и компьютерного проектора. В учебном процессе, помимо чтения лекций, которые составляют 50% аудиторных занятий, широко используются активные и интерактивные формы обучения (разбор конкретных ситуаций, обсуждение отдельных разделов дисциплины, индивидуальная работа магистранта в компьютерном классе кафедры динамической геологии или библиотеке Геологического факультета). В сочетании с внеаудиторной работой (6 часов) это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

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.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля:

1. Определить Эйлеров полюс вращения Мадагаскара относительно Африки в мезозое-кайнозое.
2. Реконструировать кинематику раскрытия Атлантического океана на основании анализа линейных магнитных аномалий в относительной системе координат.
3. Определить кинематику движения Иберийского полуострова относительно «стабильной» Европы на основании анализа линейных магнитных аномалий и палеомагнитных полюсов.
4. Построить магнитотектоническую реконструкцию в Системе Гавайской горячей точки.
5. Определить абсолютное смещение Исландской горячей точки относительно Гавайской.
6. Построить Траектории кажущейся миграции отдельного блока в определенном временном интервале. Понятие ключевого полюса.
7. Построить магнитотектоническую реконструкцию относительно одного фиксированного континента.

Для закрепления знаний студентов по отдельным разделам курса «**Построение глобальных реконструкций в геодинамике**» проводятся самостоятельные практические занятия, целью которых является формирование навыков самостоятельной работы с Глобальными палеомагнитными базами данных, освоение программных комплексов Gmap-2004 и GPlates для построения магнитотектонических и геодинамических реконструкций.

Основные темы самостоятельных практических занятий:

1. **Раздел 5.** Знакомство с пакетом программ Gmap-2015 (Т. Torsvik, 2015). Построение Траекторий кажущейся миграции полюса. Расчет кинематических параметров перемещений континентальных блоков.

2. **Раздел 6.** Знакомство с ГИС-системой GPlates. Принципы работы, возможности, ограничения. Панели инструментов, создание макетов геодинамических

реконструкций.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Траектории кажущейся миграции полюса – способы построения аппроксимирующей зависимости.
2. Основные принципы и методы построения палинспастических реконструкций.
3. Горячие точки и мантийные плюмы: реконструкции в абсолютной системе координат.
4. Реконструкции раскрытия Атлантики: новые методы и подходы
5. Палеогеографические реконструкции складчатых областей: оценка перемещений.
6. Ороклины: примеры, механизмы и модели образования.
7. Применение Анизотропия магнитной восприимчивости (AMS) для построения глобальных реконструкций дайковых роев.
8. Метод штриховых кодов ('bar codes') для тестирования геодинамических реконструкций.
9. Крупные магматические провинции: методы изучения и перспективы.
10. Глобальные пояса перемагничивания пород: использование для построения геодинамических реконструкций.

Требования к сдаче зачета:

1. Сдать 3 самостоятельные расчетно-графические работы.
2. Знать особенности построения глобальных реконструкций в абсолютной и относительной системах координат.
3. Знать основные принципы геологических корреляций, используемых в геодинамике и принципы построения магнитотектонических и геодинамических реконструкций.
4. Уметь работать с Глобальными палеомагнитными базами данных, рассчитывать координаты палеомагнитного полюса, оценивать качество палеомагнитных данных согласно критериям палеомагнитной надежности, реконструировать положение континентальных блоков в абсолютной и относительной системах координат, рассчитывать кинематические параметры движения континентальных блоков на сфере и сопоставлять магнитотектонические реконструкции с геологическими, географическими и тектоническими данными
5. Владеть методами построения магнитотектонических и геодинамических реконструкций в абсолютной и относительной системах координат в различных специализированных программах.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

- 1) Палеомагнитология. А.Н. Храмов, Г.И. Гончаров, Р.А. Комиссарова и др. Л.: Недра, 1982. 312 с.

- 2) Butler, R. Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geological Terranes. Electronic Edition, 1998. 237 p.
- 3) Condie, Kent C., 1997, Plate Tectonics and Crustal Evolution, published by Butterworth Heinemann, Boston.
- 4) Gurnis, M., M. Turner, S. Zahirovic, L. DiCaprio, S. Spasojevic, R. D. Müller, J. Boyden, M. Seton, V. C. Manea, and D. J. Bower, [Plate tectonic reconstructions with continuously closing plates](#), Computers & Geosciences, 38, 35-42, 2012.
- 5) McElhinny, M.W., McFadden, P.L. Paleomagnetism: Continents and Oceans. 1999. Academic Press. International Geophysics series, Volume 73. 386 p.

- дополнительная литература:

- 1) Кокс, А., Харт, Р. Тектоника плит. М.: Мир, 1989. 427 с.
- 2) Boyden, J.A., Müller, R.D., Gurnis, M., Torsvik, T.H., Clark, J.A., Turner, M., Ivey-Law, H., Watson, R.J. and Cannon, J.S., 2011, Next-generation plate-tectonic reconstructions using GPlates, in: Geoinformatics: Cyberinfrastructure for the Solid Earth Sciences, Keller G.R. and Baru, C., eds., Cambridge University Press, p. 95–114.
- 3) Williams, S., Müller, R.D., Landgrebe, T. C.W., Whittaker, J.M., 2012, An open-source software environment for visualizing and refining plate tectonic reconstructions using high resolution geological and geophysical data sets, GSA Today, 22, no. 4/5, doi: 10.1130/GSATG139A.1.
- 4) Qin, X., Müller, R.D., Cannon, J., Landgrebe, T.C.W., Heine, C., Watson, R.J., and Turner, M., 2012, The GPlates Geological Information Model and Markup Language, Geosci. Instrum. Method. Data Syst. Discuss., 2, 1–63, doi:10.5194/gid-2-365-2012.

Специальные компьютерные программы, используемые при проведении палеомагнитных исследований.

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

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Global Paleomagnetic DataBase GPMDB-2004 (Pisarevsky, 2005);
- On-Line Data and Software Tools in Paleomagnetism and Plate Tectonics (Milan, Italy);
- Lisa Tauxe, Subir K. Banerjee, Robert F. Butler and Rob van der Voo. Essentials of Paleomagnetism: Fifth Web Edition (<https://earthref.org/MagIC/books/Tauxe/Essentials/>);
- Global Paleomagnetic Data Base MagIC-Pmag [Tauxe et al., 2006].

Г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (лицензионное программное обеспечение не требуется):

Магистрантам во время самостоятельной работы рекомендуется использовать материалы последних публикаций в высокорейтинговых журналах (сайт <http://www.sciencedirect.com/>), а также на сайтах издательств Springer –

<http://www.springer.com>) и Wiley (onlinelibrary.wiley.com), всероссийской научной электронной библиотеки eLibrary (<http://elibrary.ru/>).

При самостоятельной работе студентам рекомендовано использование следующих информационных ресурсов:

- Программа Gplates – <http://www.gplates.org/> (the Gplates Web Portal)
- Geodynamics: software and databases (<http://www.geodynamics.no/Web/Content/Software/>);
- Software for Palaeomagnetic Directional Analysis and Statistics;
- Программа GMAP software (<http://www.geodynamics.no/GMAP/>);
- Энциклопедия Британника: <http://global.britannica.com/science/plate-tectonics>

Д) Материально-техническое обеспечение: мультимедийный проектор, компьютер, экран.

При изучении дисциплины магистрантами осваиваются базовые пакеты программ, используемые для интерпретации палеомагнитных данных, установленных в компьютерном классе кафедры динамической геологии геологического факультета МГУ. Для проведения лекционных занятий используются компьютерные презентации, подготовленные в Microsoft Power Point. Для самостоятельной работы используются компьютерные классы геологического факультета МГУ с доступами к ресурсам Интернет.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Лубнина Н.В.

11. Автор (авторы) программы – Лубнина Н.В.