

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

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана Геологического факультета

чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Ерёмин/

« ___ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Палеомагнетизм и глобальные реконструкции

Автор-составитель: Лубнина Н.В.

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Геология и полезные ископаемые (ММ)

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № _____, _____)

Москва

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 магистратуры*).

Год (годы) 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

Целями освоения дисциплины «Палеомагнетизм и геодинамические реконструкции» являются получение магистрантами знания особенностей строения магнитного поля Земли, возможности его сохранения горными породами; освоение основных принципов палеомагнитного анализа; получение навыков построения магнитотектонических и геодинамических реконструкций, в том числе докембрийских суперконтинентов.

Задачи: познакомить студентов с основными методами геодинамических реконструкций.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе дисциплины «Палеомагнетизм и геодинамические реконструкции» рассмотрены принципы решения прямых и обратных задач магнитотектоники, методы и техника обработки и интерпретации палеомагнитных результатов, а также применение палеомагнитных методов в магнитотектонике при решении глобальных, региональных и локальных задач и построении магнитотектонических реконструкций в абсолютных и относительных системах координат; рассмотрены геологические критерии, необходимые для построения геодинамических реконструкций.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП – относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по дисциплинам «Высшая математика», «Физика», «Геологические процессы».

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ПК-2.ММ Способен создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования теоретических и практических знаний в области геологии (формируется частично)	ММ.ПК-2. И-1. Знает теоретические основы и методологию моделирования. ММ.ПК-2. И-2. Знает возможности и ограничения распространенных стандартных программ моделирования (по направленности подготовки). ММ.ПК-2. И-3. Владеет базовыми навыками использования стандартных	<u>Знать:</u> Особенности магнитного поля Земли и методы его изучения; основные принципы построения Траекторий кажущейся миграции полюса; принципы построения магнитотектонических и геодинамических реконструкций в абсолютной и относительной системах координат. <u>Уметь:</u> работать с Глобальной палеомагнитной базой данных, рассчитывать положение палеомагнитного полюса; реконструировать широтное положение изучаемых континентальных блоков; реконструировать положение континентальных блоков в абсолютной и относительной системах координат; рассчитывать кинематические параметры движения континентальных блоков на сфере. <u>Владеть</u> навыками палеомагнитного анализа

	программ моделирования (по направленности подготовки). ММ.ПК-2. И-4. Знает основные особенности интерпретации данных моделирования (по направленности подготовки).	и методами построения магнитотектонических и геодинамических реконструкций.
--	---	---

4. Объем дисциплины (модуля) составляет **2** з.е., в том числе **28** академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции и семинары), **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 (модуля), 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 (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	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 доклада)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Раздел I. Введение. Магнитотектонические и геодинамические реконструкции. Построение реконструкций в абсолютной и относительной системах координат	2	2			2					
Раздел II. Математические методы обработки палеомагнитных данных. Статистика на сфере.	7	2		2	4	3				3
Раздел III. Каталоги палеомагнитных определений и Глобальная палеомагнитная база данных (GPMD). Отбор новых палеомагнитных данных из литературных источников	7	2		2	4	3				3
Раздел IV. Траектории кажущейся миграции палеомагнитных полюсов. Программа GMAP	5			2	2	3				3
Раздел V. Построение магнитотектонических реконструкций. Реконструкции в относительной системе координат. Кинематические параметры перемещений плит	5	2			2	3				3
Раздел VI. Докембрийские реконструкции. Абсолютная система координат. Ключевой палеомагнитный полюс [Buchan et al., 2000]. Подход Эванса–Писаревского (2008). Программа GPlates	5			2	2	3				3

Раздел VII. Палеогеографические и палеоклиматические комплексы-индикаторы.	7	2		2	4	3				3
Раздел VIII. Геологические признаки образования и распада суперконтинентов. Тестирование магнитотектонических реконструкций	7	2		2	4	3				3
Раздел IX. Геологические корреляции при построении геодинамических реконструкций суперконтинентов	17	2		2	4	3		10		13
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	10	<i>Устный экзамен</i>					10			
Итого	72	28					44			

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

1. Раздел I. Введение. Магнитотектонические и геодинамические реконструкции. Построение реконструкций в абсолютной и относительной системах координат

Магнитотектоника. Основные направления магнитотектонических исследований. Прямая и обратная задачи магнитотектоники. Глобальные, региональные и локальные реконструкции. Основные принципы построения магнитотектонических и геодинамических реконструкций. Реконструкции по линейным магнитным аномалиям. Система всех плит. Реконструкции относительно горячих точек. Система оси вращения Земли. Преимущества и ограничения реконструкций в каждой из этих систем. Относительная система координат. Метод фиксации одного континента. Понятие истинной миграции полюса (TPW). Динамические реконструкции с динамически развивающимися границами плит: основные принципы построения и пространственно-временные соотношения.

2. Раздел II. Математические методы обработки палеомагнитных данных

Компоненты намагниченности (x , y , z) и переход к склонению и наклонению в современной системе координат.

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. Учет недипольной составляющей поля. Матрицы вращения.

Статистика Фишера для определения среднего положения и достоверности результатов множества измерений направлений остаточной намагниченности.

3. Раздел III. Каталоги палеомагнитных определений и Глобальная палеомагнитная база данных (GPMDB). Работа с литературными источниками

Принципы построения каталогов палеомагнитных определений. Индекс надежности палеомагнитных определений – критерий Ван дер Ву [Van der Voo, 1991] и DemagCode [Demarest, 1993], R-index [Meert et al., 2020]. Тесты палеомагнитной надежности: контакта, внутриформационных конгломератов (галеков), несогласия, складки, обращения. Синскладчатая намагниченность.

Глобальные палеомагнитные базы данных: GPMDB [McElhinny, Lock, 1997; Pisarevsky, 2005], MagIC [Tauxe, 2019], Paleomagia [Vekkolainen et al., 2017].

4. Раздел IV. Траектория кажущейся миграции палеомагнитного полюса. Программа Gmap [T. Torsvik, 2005].

Траектория кажущейся миграции полюса (ТКМП или APWP). Принципы построения: метод наименьших квадратов, дискретного и скользящего окон, надежных палеомагнитных полюсов, сплайн-функции. Геометрические операции на сфере. Дуги больших и малых кругов. Треки и каспы.

Вращения на сфере. Эйлеров полюс вращения. Определение параметров вращения блока относительно Эйлерова полюса.

Знакомство с программой Gmap [Т. Torsvik, 2005]. Расчет кинематических параметров перемещения континентальных блоков – скорости перемещения, угла поворота, угловой скорости.

5. Раздел V. Построение магнитотектонических реконструкций. Геометрические операции на сфере. Эйлеров полюс вращения. Реконструкции в относительной системе координат. Кинематические параметры перемещений плит.

Принципы построения магнитотектонических реконструкций. Выбор полярности палеомагнитных определений.

Дуги больших и малых кругов. Изменение склонения. Изменения наклонения. Суммарный поворот. Движение вдоль широты.

Относительные системы координат. Метод фиксации одного континента. Кинематические параметры перемещения континентальных блоков на сфере. Определение величины поворота и угловой скорости движения блока относительно неподвижного кратона. Оценка реалистичности полученных параметров.

6. Раздел VI. Докембрийские реконструкции. Абсолютная система координат. Ключевой палеомагнитный полюс [Buchan et al., 2000]. Подход Эванса–Писаревского (2008). Программа GPlates

Понятие суперконтинентального цикла. Принципы построения докембрийских магнитотектонических реконструкций. Магнитотектонические реконструкции по единичным одновозрастным полюсам. Долготная неопределенность. Понятие ключевого палеомагнитного полюса.

Абсолютные системы координат: Система всех плит; Система горячих точек; Система оси вращения Земли. Построение реконструкций в абсолютных системах координат. Методы конечного совмещения и Траектории кажущейся миграции полюса. Подход Эванса–Писаревского (2008) для реконструкции взаимного положения двух континентальных блоков по парам одновозрастных ключевых полюсов. Знакомство с программой GPlates.

7. Раздел VII. Палеогеодинамические и палеоклиматические комплексы-индикаторы

Основные принципы выделения комплексов-индикаторов геодинамических обстановок. Четыре основные группы индикаторных формаций: океанические, активные окраины континентов, пассивные окраины континентов, внутриконтинентальные.

Палеоклиматические комплексы-индикаторы и палеоклиматические пояса. Главные комплексы-индикаторы арктического пояса (морены и тиллиты). Пояса умеренного и тропического климатов (гумидные и аридные области): карбонаты с рифовыми постройками, бурые угли и эвапориты. Экваториальные пояса: каменные угли, бокситы и фосфориты.

8. Раздел VIII. Геологические признаки образования и распада суперконтинентов. Тестирование магнитотектонических реконструкций на основании геологических данных

Геологические признаки образования суперконтинента: (1) Литологические и биохимические индикаторы; (2) Высокая степень эрозии и низкий уровень Мирового

океана; (3) Изменения химического и изотопного состава воды, связанные с существенным привнесом в океан континентального материала; (4) Климатические изменения в сторону похолодания; (5) Замедленное развитие жизненных форм.

Геологические признаки распада суперконтинентов: (1) Формирование крупных трапповых провинций и роев даек; (2) Резкие изменения климата (частое чередование эпох похолодания и потепления); (3) Повышение уровня Мирового океана в связи с возникновением и ростом протяженных океанических хребтов; (4) Интенсивные трансгрессии и образование внутриконтинентальных впадин; (5) Внезапное увеличение площади распространения карбонатных и обогащенных SiO_2 осадков; (6) Интенсивное захоронение органики; (7) Резкое увеличение биотических обстановок.

9. Раздел IX. Геологические корреляции при построении геодинамических реконструкций суперконтинентов

Мезоархейский суперконтинент (континентальное ядро) Ваалбара: модели, основанные на геологических корреляциях и палеомагнитных данных. Железисто-кремнистые формации (BIF), базитовый вулканизм, терригенное осадконакопление, корреляция геологических разрезов.

Палеопротерозойский мегаконтинент NENA (North Europe–North America). Модели, основанные на геологических корреляциях и палеомагнитных данных. Аккреционно-коллизийные орогены. Мантийные плюмы, Крупные магматические провинции (LIP) и метод «штриховых кодов» (bar codes) – примеры реконструкций.

Ледниковые периоды в геологической истории Земли: комплексы-индикаторы и эффект “SnowBall Earth”.

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.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетных работ, при защите рефератов, при контрольных опросах.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля:

1. Построить векторы элементов нормального магнитного поля Земли вдоль широтного профиля – от северного до южного магнитных полюсов
2. В чем отличие магнитного полюса Земли от геомагнитного и палеомагнитного?
3. Что такое широта и почему мы не можем определить палеодолготу?
4. Сколько дуг большого и малого кругов можно провести через две точки на сфере?
5. Что такое ортодрома и сколько их можно провести через две точки на сфере?
6. Определить критерий надежности палеомагнитного определения (по Van der Voo, 1991) и присвоить ему DemagCode.
7. Можно ли определить относительные долготные перемещения двух континентов на основании их Траекторий кажущейся миграции полюсов? Обоснуйте ответ конкретным примером.
8. Реконструировать взаимное положение двух континентов на основании их Траекторий кажущейся миграции полюса.

9. Учет истинной миграции полюса (TPW) при построении реконструкций в абсолютной системе координат.
10. Определить вращение/смещение террейна относительного стабильного кратона.
11. Реконструировать вращение Иберийского полуострова относительно «стабильной» Европы по данным линейных магнитных аномалий.
12. Провести полный компонентный анализ результатов температурной чистки.
13. Выделить характеристическую компоненту намагниченности. Обосновать время приобретения породами этой компоненты намагниченности.

Расчетные домашние задания:

1. **Раздел II. Математические методы обработки палеомагнитных данных**
Знакомство с пакетом программ Р. Энкина PMGSC-42 “Paleomagnetic Data Analysis”. Выделение компонент намагниченности для коллекции образцов, прошедшей чистку переменным магнитным полем и ступенчатую температурную чистку. Расчет среднего направления для всех выделенных компонент намагниченности. Определение первичной/вторичной природы компоненты намагниченности. Расчет положения палеополюсов.
2. **Раздел III. Каталоги палеомагнитных определений и Глобальная палеомагнитная база данных (GPMD). Работа с литературными источниками.**
Работа с палеомагнитными базами данных в программах Microsoft Office и ArcGIS. Отбор палеомагнитных определений для континентальных блоков, участвующих в дальнейшем при построении собственных реконструкций магистрантами.
Работа с литературными данными – отбор из последних публикаций в журналах Top25 палеомагнитных полюсов для конкретных континентальных блоков, участвующих в реконструкциях магистрантов. Сбор и анализ палеогеографических и палеоклиматических данных по комплексам индикаторам для этих континентальных блоков.
3. **Раздел IV. Траектория кажущейся миграции палеомагнитного полюса. Программа Gmap [T. Torsvik, 2005].** Построение Траекторий кажущейся миграции полюса для конкретных континентальных блоков, участвующих в дальнейшем при построении реконструкций магистрантами.
4. **Раздел V. Построение магнитотектонических реконструкций. Геометрические операции на сфере. Эйлеров полюс вращения. Реконструкции в относительной системе координат. Кинематические параметры перемещений плит.** Расчет кинематических параметров перемещения блока/террейна относительно фиксированного континента. Определение параметров вращения блока/террейна относительно неподвижного континентального блока. Оценка реалистичности полученных параметров.
5. **Раздел VI. Докембрийские реконструкции. Абсолютная система координат. Ключевой палеомагнитный полюс [Buchan et al., 2000]. Подход Эванса–Писаревского (2008). Программа GPlates.** Реконструкция положения конкретных континентальных блоков в составе докембрийских суперконтинентов на основании наиболее надежных палеомагнитных данных в программе GPlates. Обоснование возможного положения континентальных блоков на конкретных широтах в изучаемом временном интервале.

6. **Раздел VII. Палеогеодинамические и палеоклиматические комплексы-индикаторы.** Тестирование широтного перемещения континентальных блоков по палеогеографическим и палеоклиматическим данным.
7. **Раздел VIII. Геологические признаки образования и распада суперконтинентов. Тестирование магнитотектонических реконструкций на основании геологических данных.** Геологические признаки распада и образования суперконтинентов. Тестирование построенных магистрантами магнитотектонических реконструкций по комплексам-индикаторам различных геодинамических обстановок.
8. **Раздел IX. Геологические корреляции при построении геодинамических реконструкций суперконтинентов.** Корреляция реконструкций, построенных по палеомагнитным данным, с реконструкциями по горячим точкам и магнитным аномалиям. Сопоставление собственных реконструкций магистрантов с геодинамическими реконструкциями, построенных с использованием метода штриховых кодов и палеогеографических данных.

Примерный перечень тем рефератов:

1. Горячие точки и мантийные плюмы: реконструкции в абсолютной системе координат.
2. Литологические и биохимические индикаторы, указывающие на существование крупных континентальных масс.
3. Формирование крупных трапповых провинций и роев даек как индикатор распада суперконтинентов: геологические, геохимические и палеомагнитные критерии.
4. Резкие изменения климата как индикатор распада суперконтинентов. Эпохи глобального оледенения.
5. Суперконтинент Пангея: реконструкции, построенные по палеомагнитным данным.
6. Двигутся ли горячие точки?
7. Реконструкции раскрытия Атлантики.
8. Вращение Иберийского полуострова в мезозое: современные данные.
9. Магнитотектонические реконструкции мегаконтинента Гондвана и геологические корреляции.
10. Оставалась ли конфигурация «Палеопангея» Дж. Пайрера неизменной в докембрийской эволюции Земли: геологические и палеомагнитные свидетельства.
11. Мегаконтиненты Паннотия и Гондвана: геологические корреляции и палеомагнитные данные.
12. Изменения химического и изотопного состава воды в периоды образования и распада суперконтинентов.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (экзамене)

1. По данным компонентного анализа результатов температурной чистки рассчитать палеомагнитный полюс с направления выделенной характеристической компоненты.
2. Вычисление среднего направления выделенной компоненты естественной остаточной намагниченности по штуфам и по сайтам: главные отличия и преимущества.

3. Как исключить вековые вариации при расчете палеомагнитного полюса?
4. Рассчитать статистические параметры палеомагнитного полюса.
5. Рассчитать палеошироту и доверительные интервалы.
6. Рассчитать основные кинематические параметры перемещения континентальных блоков.
7. Нефишеровское распределение палеомагнитных данных: азимутальная асимметрия. Распределение Бингхема.
8. В чем разница между геомагнитным, виртуальным геомагнитным и палеомагнитным полюсами?
9. Оценить смещение и вращение палеомагнитного полюса в пространстве.
10. Основные способы построения Траектории кажущейся миграции полюса: преимущества и ограничения.
11. Три абсолютные системы координат. Преимущества и ограничения реконструкций в различных абсолютных системах координат.
12. Реконструировать кинематику раскрытия Атлантического океана на основании анализа линейных магнитных аномалий.
13. Построить магнитотектоническую реконструкцию в Системе Гавайской горячей точки.
14. Определить абсолютное смещение Исландской горячей точки относительно Гавайской.
15. Определить, является палеомагнитный полюс ключевым.
16. Построить магнитотектоническую реконструкцию относительно одного фиксированного континента.
17. Несоответствие магнитотектонической и палеогеографической реконструкций: возможные причины и способы решений.
18. Вторичные метахронные компоненты намагниченности: возможности их использования при построении магнитотектонических реконструкций.
19. Совпадение разновозрастных полюсов для одного и того же тектонического блока: геологические и палеомагнитные следствия.
20. Геологические комплексы-индикаторы распада суперконтинентов.
21. Геологические комплексы-индикаторы образования суперконтинентов.

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

Результаты обучения, соответствующие виды оценочных средств	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания (устный опрос): Особенностей	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания возможностей и ограничений

<p>магнитного поля Земли и методы его изучения; основные принципы построения Траекторий кажущейся миграции полюса; принципы построения магнитотектонических и геодинамических реконструкций в абсолютной и относительной системах координат</p>				<p>палеомагнитного метода при построении геодинамических реконструкций</p>
<p>Умения (<i>устный опрос</i>): работать с Глобальной палеомагнитной базой данных, рассчитывать положение палеомагнитного полюса; реконструировать широтное положение изучаемых континентальных блоков; реконструировать положение континентальных блоков в абсолютной и относительной системах координат; рассчитывать кинематические параметры</p>	<p>Умения отсутствуют</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать палеомагнитные данные для реконструкции положения континентальных блоков в абсолютной и относительной системах координат</p>	<p>Успешное умение использовать палеомагнитные данные для реконструкции положения континентальных блоков в абсолютной и относительной системах координат и рассчитывать кинематические параметры движения континентальных блоков на сфере.</p>

движения континентальных блоков на сфере.				
Владения (устный опрос): навыками палеомагнитного анализа и методами построения магнитотектонических и геодинамических реконструкций	Навыки владения палеомагнитным анализом отсутствуют.	Наличие отдельных навыков палеомагнитного анализа, фрагментарное владение методикой палеомагнитного анализа	В целом сформированные навыки использования палеомагнитных данных для построения магнитотектонических реконструкций	Владение методами палеомагнитного анализа и построения геодинамических реконструкций

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. (печатные издания доступны в Научной библиотеке МГУ имени М.В. Ломоносова, электронные – в кафедральном фонде).
- 2) Кокс, А., Харт, Р. Тектоника плит. М.: Мир, 1989. 427 с. (печатные издания доступны в Научной библиотеке МГУ имени М.В. Ломоносова, электронные – в кафедральном фонде).
- 3) Butler, R. Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geological Terranes. Electronic Edition, 1998. 237 p. (электронные издания доступны в кафедральном фонде).
- 4) McElhinny, M.W., McFadden, P.L. Paleomagnetism: Continents and Oceans. 1999. Academic Press. International Geophysics series, Volume 73. 386 p. (электронные издания доступны в кафедральном фонде).

- дополнительная литература:

- 1) Evans, M.L., Heller, F. Environmental Magnetism. Principal and Applications of Enviromagnetics. Elsevier Science, 2003. 295 p.
- 2) Богданова, С.В., Писаревский, С.А., Ли, Ч.Х., 2009. Образование и распад Родинии (по результатам МПГК 440). Стратиграфия, Геологическая Корреляция, т.17, 3, 29-45.
- 3) Eglington, B.M., Reddy, S.M. & Evans, D.A.D., 2009. The IGCP 509 Database System: Design and application of a tool to capture and illustrate litho- and chronostratigraphic information for Palaeoproterozoic tectonic domains. In: Reddy, S.M., Mazumder, R., Evans, D.A.D. & Collins, A.S., eds., Palaeoproterozoic Supercontinents and Global Evolution. Geological Society of London Special Publication v.323, p.27-47.
- 4) Applied Paleomagnetism – <http://www.appliedpaleomagnetism.com/index.htm>
- 5) Rogers J.W., Santosh M. Continents and supercontinents. Oxford University Press, 2004. 298 p. 16.

- 6) Steinberger, B., and Torsvik, T. H., 2008. Absolute plate motions and true polar wander in the absence of hotspot tracks. *Nature*, 452(7187), 620–623.
- 7) Wessel, P., and Kroenke, L. W., 1997. A geometric technique for relocating hotspots and refining absolute plate motions. *Nature*, 387(6631), 365–369.

Б) Перечень программного обеспечения:

- лицензионное

нет

- нелицензионное и свободного доступа

пакет программ Open Office

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com

Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- поисковая система научной информации www.scopus.com

- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

- всероссийской научной электронной библиотеки Elibrary <http://elibrary.ru/>

- Wiley onlinelibrary.wiley.com

- сайты издательств Springer – <http://www.springer.com>

- 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/>);

- 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/>)

- Энциклопедия Британника: <http://global.britannica.com/science/plate-tectonics>

Д) Материально-техническое обеспечение:

Учебная аудитория с мультимедийным проектором

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Лубнина Н.В. (сотрудник каф. динамической геологии), преподаватели: Лубнина Н.В.

11. Разработчики программы: профессор Лубнина Н.В.