

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

Методы изотопной геохронологии при решении тектонических задач

Автор-составитель: Веселовский Р.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

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*).

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

Цель: обучение базовым принципам и понятиям использования радиогенных и стабильных изотопов для решения геологических задач.

Задачи: понимание основ строения вещества, радиоактивного распада, знание основных видов радиоактивного распада и применения результатов изотопных исследований в геологической практике.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе рассматриваются базовые принципы и понятия использования радиогенных и стабильных изотопов в геологии. Детально разбираются различные изотопные системы (Rb-Sr, Sm-Nd, Re-Os, K-Ar, U-Pb и Pb-Pb и др.). Приводятся основные требования к пробоподготовке, лабораторному оборудованию, разбираются типы масс-спектрометров (TIMS, SIMS SHRIMP, ICP-MS, AMS). Детально рассматриваются различные геодинамические обстановки и характерные для них методы изотопного датирования.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП – относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по дисциплинам «Информатика», «Физика», «Общая геология», «Геотектоника».

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
(СПК-4.М (1)) Способен выполнять палеотектонические реконструкции, 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, интерпретировать данные геохимических и изотопных исследований в областях современной тектономагматической активности, оценивать поля напряжений	М-СПК-4 (1). И-2 Использует геохимические и изотопные данные при исследованиях современной тектонической активности	Знать: основные изотопные системы, используемые для решения геологических задач, особенности их применения и ограничения. Уметь: проводить оценку перспективности применения того или иного изотопно-геохронологического метода для конкретного геологического объекта, оценивать надёжность и достоверность изотопно-геохронологических данных. Владеть: навыками работы с изотопно-геохронологическими базами данных, оценки изотопного возраста геологических объектов.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет **2 з.е.**, в том числе **42** академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (28 часов лекции и 14 часов семинары), **30** 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 1. Введение. Понятия, теоретические основы и инструментальная база изотопной геологии	13	8		5	13					
Раздел 2. Основные методы изотопной геохронологии	19	6		3	9	10				10
Раздел 3. Основы изотопной геохимии. Обработка и интерпретация результатов анализа изотопных систем	30	14		6	20			10		10
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	10	<i>Устный экзамен</i>				10				
Итого	72	42				30				

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Раздел 1. Введение. Понятия, теоретические основы и инструментальная база изотопной геологии.

Понятие изотопной геохронологии. Области наук о Земле, в которых находят применение методы изотопной геологии. Наиболее яркие результаты и нерешённые проблемы, а также популярные примеры практического использования геохронологических методов для решения геодинамических и тектонических задач.

Строение атома, массовое число, определение изотопов, радиоактивность, типы радиоактивного распада и его закон, понятие периода полураспада. Основные природные радиоактивные системы. Понятия истинного возраста, кажущегося возраста, модельного возраста и температуры закрытия изотопных систем. Понятие открытых и закрытых систем.

Методика и техника изотопно-геохимических исследований. Требования, предъявляемые при отборе проб в полевых условиях. Начальные сведения о лабораторной подготовке проб. Назначение, принцип работы и основные типы масс-спектрометров (TIMS, SIMS SHRIMP, ICP-MS, AMS).

Раздел 2. Основные методы изотопной геохронологии.

Методы изотопного датирования, основанные на принципе изохронных построений (Rb-Sr, Sm-Nd, Re-Os). Понятие изохроны, оценка ошибок и определение точности измерений. Минеральная и валовая изохроны. Возможности и ограничения перечисленных методов датирования. Выбор пород и минералов для датирования. Величина ϵ_{Nd} .

K-Ar метод: принцип использования, области применения, особенности и недостатки. Метод ступенчатых возрастных спектров ($^{40}Ar/^{39}Ar$) – преимущества и недостатки.

U-Pb и Pb-Pb методы датирования. Понятия конкордии и дискордии. Локальное датирование отдельных минеральных зёрен. Трековое датирование. Методы датирования по космогенным изотомам (^{14}C). Использование стабильных изотопов кислорода, водорода, углерода и серы при решении геологических задач.

Раздел 3. Основы изотопной геохимии. Обработка и интерпретация результатов анализа изотопных систем.

Радиогенные изотопы в магматическом процессе: интерпретация изотопного состава океанических базальтовых магм, типы гранитов (I-, S-, M-, A-типы) и их изотопный состав. Радиогенные изотопы в осадочном процессе, основные методы изотопного датирования осадочных пород.

Основные методы оценки точности результатов датирования. Источники ошибок. Примеры интерпретации результатов изотопных исследований при решении широкого спектра геологических задач, изучении эволюции осадочных бассейнов, палеогеографических, геодинамических и др. Изотопная геология как инструмент анализа динамических природных систем. Современные проблемы и нерешённые задачи геохронологии.

План проведения семинарских занятий:

1. Методы изотопной геологии. Использование изотопной геологии для решения фундаментальных и прикладных задач современной геологии. Мировые геохронологические коллективы и научные школы.
2. Принципиальные схемы масс-спектрометрического оборудования. Алгоритмы датирования горных пород и минералов различными геохронометрами. Требования

к пробоотбору и пробоподготовке при проведении геохронологических исследований.

3. Датирование пород и минералов изохронными методами: построение изохроны, вычисление возраста пород и минералов. Построение диаграммы с конкордией.
4. Построение и сравнение мультиэлементных диаграмм для различных геодинамических обстановок. Методы реконструкции палеогеодинамических обстановок по данным изотопной геохимии.
5. Вычисление кажущегося и истинного возраста пород по результатам Ar/Ar датирования. Термохронология: вычисление скорости эксгумации горных пород с использованием изотопно-геохронологических данных.

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.

Примерные расчетно-графические задачи по разделам дисциплины:

1. Вычисление изотопного возраста с помощью изохронных построений.
2. Определение источников сноса исходя из представленной геологической ситуации и изотопно-геохронологических данных.
3. Оценка изотопного возраста при помощи конкордии.
4. Определение модельного возраста пород.

Примерные темы рефератов:

1. Возраст Земли и шкала геохронологического времени.
2. Датирование магматических пород калий-аргоновым методом.
3. Датирование докембрийских пород Lu-Hf методом.
4. Геохимия изотопов углерода.
5. Мультиэлементные диаграммы для различных геодинамических обстановок.
6. Реконструкции островодужных обстановок по данным изотопной геохимии.
7. Методы датирования по космогенным изотопам.
8. Зависимость метода датирования от состава горных пород.
9. Реконструкции коллизионных обстановок по данным изотопной геохимии.
10. Реконструкции островодужных обстановок по данным изотопной геохимии.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (экзамене):

1. Основные задачи изотопной геохимии и геохронологии.
2. Причины вариаций изотопного состава элементов в природе.
3. Изотопы и изобары. Виды радиоактивного распада. Уравнение радиоактивного распада. Период полураспада и константа распада. Цепочки радиоактивных превращений.
4. Изотопный состав кислорода и водорода в гидросфере, земной коре и мантии Земли.
5. Виды масс-спектрометров, применяемых в современном изотопном анализе, принципиальное устройство их основных узлов.
6. Основы K-Ar метода геохронологии. Вид распада. Формула для практического расчёта возраста. Аналитические способы определения калия и аргона. Возможности и ограничения метода.
8. ^{40}Ar - ^{39}Ar вариант K-Ar метода. Преимущества и сложности метода.
9. Основы Rb-Sr метода геохронологии. Области применения. Устойчивость и механизмы

нарушения Rb-Sr системы пород и минералов.

10. Способы представления Rb-Sr и Sm-Nd изотопных данных.

11. Основы изотопной геохимии стронция. Причины и характер вариаций изотопного состава стронция в природе. Оценки Rb/Sr отношения в примитивной и обеднённой мантии.

12. Двухкомпонентное смешение и изотопная геохимия. Двухкомпонентное смешение и изохрона.

13. Основы Sm-Nd метода геохронологии и изотопной геохимии неодима.

14. Модельный возраст в Sm-Nd и U-Pb системах. Принципы расчёта, геологический смысл.

15. Основы U-Pb метода геохронологии. Главные преимущества метода. Диаграмма с конкордией и двухстадийная модель при изучении цирконов. Устойчивость цирконов к наложенным процессам.

16. Изохроны и дискордии – сходство и различия.

17. Основные принципы термохронологии.

18. Трековое датирование.

19. Основные методы датирования магматических горных пород.

20. Основные методы датирования осадочных горных пород.

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

Результаты обучения, соответствующие виды оценочных средств	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания (устный опрос): основ использования геохронологических методов; закона радиоактивного распада; принципа работы аналитического оборудования для изотопного датирования	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но неструктурированные знания	Систематические знания
Умения (устный опрос): использовать методы изотопной геохронологии для решения задач тектоники и	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать методы изотопной геохронологии для решения	Успешное умение использовать методы изотопной геохронологии для решения задач тектоники и геодинамики

геодинамики			задач тектоники и геодинамики	
Владение (устный опрос) различными методами изотопного датирования и их применения для решения различных задач в области наук о Земле	Навыки владения методами изотопного датирования отсутствуют	Фрагментарное владение методами изотопного датирования	В целом сформированные навыки владения методами изотопного датирования	Уверенное владение методами изотопного датирования

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

- 1) Интерпретация геохимических данных: Учеб. Пособие / Е.В.Скляров и др.; Под ред. Е.В.Склярова. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001.– 288 с. – *кафедральный фонд*
- 2) Фор Г. Основы изотопной геологии. М., "Мир". 1989. – *кафедральный фонд*

- дополнительная литература:

- 1) Isotope Geology. Claude J. Allegre. Cambridge University Press. 2008. 512 p.
- 2) The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics (Second Edition). C.M.R.Fowler. Cambridge University Press. 2005.685 p.

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

Д) Материально-технического обеспечение:

Учебная аудитория с мультимедийным проектором

Прибор для тектонофизического моделирования, три фотоаппарата, тренога, весы, контейнеры и кюветы, песок, глина, силикон и др., струбцины, шуруповерт, пила, наждачная бумага

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Веселовский Р.В.

(сотрудник каф.динамической геологии), преподаватели: Веселовский Р.В.

11. Разработчики программы: профессор Веселовский Р.В.