

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

**УТВЕРЖДАЮ**  
**Декан Геологического**  
**факультета**  
**академик**  
\_\_\_/Д.Ю.Пущаровский/  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 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 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**

**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.

**1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО** – вариативная часть, профессиональный цикл, курс – II, семестр – 3.

### **2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**

освоение дисциплин «Информатика», «Физика», «Общая геология», «Геотектоника». 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:

ОПК-3.М Способность в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать, интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию (формируется частично).

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:** 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. Формат обучения** – лекционные, практические и семинарские занятия.

**5. Объем дисциплины (модуля)** составляет 2 з.е., в том числе 52 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (14 часа – занятия лекционного типа, 28 часа – занятия семинарского типа, 10 часов – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 20 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

### **Краткое содержание дисциплины (аннотация):**

В курсе рассматриваются базовые принципы и понятия использования радиогенных и стабильных изотопов в геологии.

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 практического типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Введение		2			2	
Раздел 2. Понятия, теоретические основы и инструментальная база изотопной геологии		4		7	11	
Раздел 3. Основные методы изотопной геохронологии		3		7	10	2 расчетно-графических работы, 10 часов
Раздел 4. Основы изотопной геохимии		3		7	10	Подготовка реферата, 10 часов
Раздел 5. Обработка и интерпретация результатов анализа изотопных систем		2		7	9	
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>						10**
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>42</b>				<b>30</b>

## **Содержание разделов дисциплины:**

### **Содержание лекционных занятий**

#### **Введение.**

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.

#### **Понятия, теоретические основы и инструментальная база изотопной геологии.**

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).

#### **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  $\epsilon_{Nd}$ .

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 изотопам ( $^{14}C$ ). Использование стабильных изотопов кислорода, водорода, углерода и серы при решении геологических задач.

#### **Основы изотопной геохимии**

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.

#### **Обработка и интерпретация результатов анализа изотопных систем.**

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.

## **Содержание семинарских занятий:**

**Раздел 1. Введение.** Методы изотопной геологии. Использование изотопной геологии для решения фундаментальных и прикладных задач современной геологии. Мировые геохронологические коллективы и научные школы.

**Раздел 2. Понятия, теоретические основы и инструментальная база изотопной геологии.** Принципиальные схемы масс-спектрометрического оборудования. Алгоритмы датирования горных пород и минералов различными геохронометрами. Требования к пробоотбору и пробоподготовке при проведении геохронологических исследований.

**Раздел 3. Основные методы изотопной геохронологии.** Датирование пород и минералов изохронными методами: построение изохроны, вычисление возраста пород и минералов. Построение диаграммы с конкордией.

**Раздел 4. Основы изотопной геохимии.** Построение и сравнение мультиэлементных диаграмм для различных геодинамических обстановок. Методы реконструкции палеогеодинамических обстановок по данным изотопной геохимии.

**Раздел 5. Обработка и интерпретация результатов анализа изотопных систем.** Вычисление кажущегося и истинного возраста пород по результатам Ar/Ar датирования. Термохронология: вычисление скорости экзгумации горных пород с использованием изотопно-геохронологических данных.

#### **Рекомендуемые образовательные технологии**

При реализации программы дисциплины «Методы изотопной геохронологии при решении тектонических задач» во время аудиторных занятий (42 часа) занятия проводятся в виде лекций и семинаров с использованием ПК и компьютерного проектора, а самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателя (консультации и помощь в решении предложенных задач).

#### **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.**

Для текущего контроля успеваемости студентам предлагается подготовить реферат и выполнить несколько расчетно-графических задач.

##### **Решение расчетно-графических задач 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.

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

##### *Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:*

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.  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  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.

#### Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: 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: использовать методы изотопной геохронологии для решения задач тектоники и геодинамики	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 задач тектоники и геодинамики	Успешное умение использовать методы изотопной геохронологии и для решения задач тектоники и геодинамики
Владения: различными методами изотопного	Навыки владения методами изотопного	Фрагментарное владение методами изотопного	В целом сформированные навыки владения	Уверенное владение методами изотопного

датирования и их применения для решения различных задач в области наук о Земле	датирования отсутствуют	датирования	методами изотопного датирования	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.
- 2) Фор Г. Основы изотопной геологии. М., "Мир". 1989.

#### - дополнительная литература:

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

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

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем.

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

Д) Материально-технического обеспечение:

мультимедийный проектор, компьютер, экран.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Веселовский Р.В.

11. Автор (авторы) программы – Веселовский Р.В.