



**Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Иркутский государственный университет»**



**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины Б1.В.05 Современные аналитические методы исследования в геологии

Направление подготовки 05.04.01 Геология

Направленность подготовки «Геология и месторождения полезных ископаемых»

Квалификация выпускника - магистр

Форма обучения заочная

Согласовано с УМК геологического факультета

Протокол № 3

от «13» марта 2023 г.

Председатель УМК:

Легунов С.П.

Рекомендовано кафедрой полезных ископаемых:

Протокол № 6

от «14» марта 2023 г.

Зав. кафедрой

С.В.Рассказов

Иркутск 2023 г.

## Содержание

стр.

- I. Цели и задачи дисциплины
- II. Место дисциплины в структуре ОПОП
- III. Требования к результатам освоения дисциплины
- IV. Содержание и структура дисциплины
  - 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов
  - 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
  - 4.3 Содержание учебного материала
    - 4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ
    - 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов
  - 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов
  - 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)
- V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - а) перечень литературы
  - б) периодические издания
  - в) список авторских методических разработок
  - г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы
- VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины
  - 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:
  - 6.2. Программное обеспечение:
  - 6.3. Технические и электронные средства обучения:
- VII. Образовательные технологии
- VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

## I. Цели и задачи дисциплины

Цель - обучить магистранта основам современных лабораторных методов исследований, используемых для решения геологических задач, развить навыки использования методов в науке и производстве.

Задачи:

научить магистранта:

- разбираться в геохронологических системах и их использовании для прецизионных измерений возраста геологических процессов на современном уровне развития геологии;
- понимать суть интерпретации изотопных данных в свете термохронологии;
- анализировать прецизионные изотопные и микроэлементные данные о протекающих на Земле процессах с позиций хронологии источников магматических пород континентов и океанов.

## II. Место дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина **Современные аналитические методы исследования в геологии** относится к профессиональному циклу, части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Общая геология», «Историческая геология», «Геохимия», «Геотектоника», «Региональная геология», «Геодинамика Центральной Азии», «Современные проблемы геологии». Развитие современной геологии, появление новых геологических идей целиком зависит от уровня технологий, применяемых в тех или иных направлениях исследований Земли и планет. Ежегодно публикуются сотни статей, выходят монографические работы, открывающие новые перспективы знаний. Эти знания должны быть донесены магистранту. Курс настраивает магистранта на необходимость постоянного ознакомления с текущей литературой по проблемам, находящимся в настоящее время на острие науки. Методы элементного и изотопного анализа горных пород и минералов постоянно совершенствуются, возникают новые возможности для аргументации геологических гипотез. С учетом новых подходов, существующие гипотезы ставятся под сомнение, а на их смену приходят новые более уверенные построения.

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: написание ВКР.

## III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1 <i>Осуществляет сбор и структурирование фактической информации, полученной в результате полевых и лабораторных исследований</i>	ИДК <sub>ПК1</sub>	Способность выбора типа исследования для конкретного региона
ПК-2	ИДК <sub>ПК2</sub>	Выбор материально-

<p><i>Понимает материально-технические средства, необходимые при решении поставленных задач, устанавливает области применения и использования полевого и лабораторного оборудования в ходе выполнения работ в рамках задач профессиональной деятельности</i></p>		<p>технических средств и грамотное использование при проведение работ</p>
<p><b>ПК-3</b> <i>Воспринимает современные методы и методологию исследований как инструмент изучения геологических процессов и месторождений полезных ископаемых</i></p>	<p><b>ИДК<sub>ПК3</sub></b></p>	<p>Знание теоретических основ традиционных и новых разделов геологии и их использование при решении геологических задач с использованием современных аналитических методов</p>

#### IV. Содержание и структура дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часа,  
в том числе 3 зачетных единиц

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 144 часов

Из них 14 часов – лекции, 28 часов – практическая подготовка

Форма промежуточной аттестации: зачет

##### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
					Лекции	Семинарские /практические /лабораторные занятия	Консультации		
	Раздел 1. Геохронологические системы Тема 1. Основополагающее значение радиоизотопных исследований в решении главнейшего вопроса геологии – возраста и становления ранней Земли Тема 2. Основы радиоизотопного датирования, геохронометрические модели Тема 3. Рубидий–стронциевая изотопная система Тема 4. Самарий–неодимовая изотопная система	2	35		5	10	2	18	Письменный опрос

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Самостоя- тельная работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
	Тема 5. Уран–свинцовая и торий–свинцовая изотопные системы Тема 6. Рений–осмиевая изотопная система Тема 7. Калий–аргоновая изотопная система Тема 8. Изотопная система $^{14}\text{C}$ – $^{14}\text{N}$								
	Раздел 2. Термохронологические модели Тема 9. Потери радиогенных изотопов породами и минералами Тема 10. Распределение радиогенного аргона внутри минерала Тема 11. Температурные спектры изотопов аргона Тема 12. Радиогенный аргон в остывающей дайке Тема 13. Радиогенные изотопы в экзоконтактной зоне магматического тела Тема 14. Диффузия в режиме Лапласа	2	35	5	10	2	18	Письменный опрос	
	Раздел 3. Хронология компонентов источников магматических пород Тема 15. Подходы к изучению происхождения магматических пород по изотопным данным Тема 16. Океанические базальты	2	38	4	8	3	23	Письменный опрос	
<b>Итого часов</b>		<b>2</b>	<b>108</b>		<b>14</b>	<b>28</b>	<b>7</b>	<b>59</b>	

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
3	Раздел 1. Геохронологические системы	Работа с литературными источниками	В течение семестра	18	Письменный опрос	См. раздел 5
3	Раздел 2. Термохронологические модели	Работа с литературными источниками	В течение семестра	18	Письменный опрос	См. раздел 5
3	Раздел 3. Хронология компонентов источников магматических пород	Работа с литературными источниками	В течение семестра	23	Письменный опрос	См. раздел 5
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>59</b>		
<b>Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час)</b>						

### 4.3 Содержание учебного материала

#### Раздел 1. ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Тема 1. Основополагающее значение радиоизотопных исследований в решении главного вопроса геологии – возраста и становления ранней Земли

- 1.1. Дискуссия о возрасте Земли
- 1.2. Прорыв в изучении догеологической истории 4,57–4,54 млрд лет назад по метеоритам
  - 1.2.1. Возраст метеоритов
  - 1.2.2. Возраст Земли и планет земной группы по короткоживущим радионуклидам
  - 1.2.3. Возраст железных ядер астероидов
- 1.3. Прорыв в изучении хронологии процессов ранней Земли
  - 1.3.1. Первичная кора Земли 4,4–4,0 млрд лет назад
  - 1.3.2. Тектонические процессы архея 4,0–2,5 млрд лет назад
  - 1.3.3. Древнейшие породы Азии
- 1.4. Заключение о геологических процессах ранней Земли

Тема 2. Основы радиоизотопного датирования, геохронометрические модели

- 2.1. Закон Резерфорда – Содди
- 2.2. Радионуклиды, измерительная аппаратура
- 2.3. Модель замкнутой системы радионуклидов
  - 2.3.1. Построение изохроны для комагматичных пород интрузивного массива
  - 2.3.2. Соотношения минеральной и валовой изохрон
  - 2.3.3. Изохроны и эрохроны, модели Макинтайра
  - 2.3.4. Простейшее датирование по  $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$  в урансодержащей системе
  - 2.3.5. Изохронная плоскость
- 2.4. Модель открытой системы радионуклидов
- 2.5. Соотношение между моделями закрытой и открытой систем радионуклидов
- 2.6. Модель отторжения дочерних радионуклидов от материнских
  - 2.6.1. Основные понятия модели
  - 2.6.2. Диффузионные дискордии
  - 2.6.3. Соединение моделей Холмса – Хаутерманса и Вассербурга
  - 2.6.4. Изотопный состав отторженных свинцов как показатель начального отношения в изохронной модели
- 2.7. Заключение об основных принципах выбора геохронометрической модели

Тема 3. Рубидий–стронциевая изотопная система

- 3.1. Рубидий и стронций
- 3.2. Датирование метеоритов и минимальное первичное стронциевое изотопное отношение

3.3. Масс-спектрометрический анализ  $\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}$ ,  $\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}$ , концентраций Rb и Sr

3.4. Вариации  $\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_0$  в гранитах

3.5. Примеры изохрон с геологическим и искаженным возрастом

3.6. Заключение об использовании датировок и требованиях к датированию образцов в Rb–Sr-изотопной системе

Тема 4. Самарий–неодимовая изотопная система

- 4.1. Самарий и неодим
- 4.2. Датирование метеоритов
- 4.3. Датирование магматических пород



4.4. Масс-спектрометрический анализ  $\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}}$ ,  $\frac{^{147}\text{Sm}}{^{144}\text{Nd}}$ , концентраций Sm и Nd

4.5. Заключение об использовании датировок и требованиях к датированию образцов в Sm–Nd-изотопной системе

Тема 5. Уран–свинцовая и торий–свинцовая изотопные системы

5.1. Торий, уран и свинец

5.2. Датирование метеоритов

5.3. Датирование магматических пород

5.4. Заключение о возможностях датирования в U–Pb-изотопной системе

Тема 6. Рений–осмиевая изотопная система

6.1. Рений и осмий

6.2. Датирование метеоритов

6.3. Датирование магматических пород

6.4. Датирование рудной минерализации

6.5. Эволюция изотопного состава Os в Мировом океане

6.6. Заключение о достоинствах и недостатках Re–Os-метода датирования

Тема 7. Калий–аргоновая изотопная система

7.1. Калий и аргон

7.2. Метод  $^{40}\text{K}$ – $^{40}\text{Ar}$  (калий–аргоновый)

7.2.1. Расчет возраста

7.2.2. Измерения радиогенного  $^{40}\text{Ar}$

7.2.3. Точность и воспроизводимость датировок

7.2.4. Условия правильного определения возраста

7.2.5. Надежность измерений возраста

7.3. Метод  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

7.3.1. Причины возникновения метода

7.3.2. Принципы измерения возраста

7.3.3. Графическая форма представления результатов

7.3.4. Примеры датирования

7.4. Унаследование аргона

7.5. Фракционирование аргона

7.6. Искажение концентраций радиогенного аргона в результате вторичных изменений пород

7.7. Изотопная идентификация ксеногенного материала

7.8. Датирование осадочных пород и кор выветривания

7.9. Заключение об использовании датировок и требованиях к датированию образцов в K–Ar-изотопной системе

Тема 8. Изотопная система  $^{14}\text{C}$ – $^{14}\text{N}$

8.1. Углерод и азот

8.2. Измеренные и калиброванные даты

8.3. Измерение дат  $^{14}\text{C}$  и их приведение к календарным значениям (на примере юга Восточной Сибири)

8.4. Заключение об использовании дат  $^{14}\text{C}$

Раздел 2. ТЕРМОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Тема 9. Потери радиогенных изотопов породами и минералами

9.1. Вводные замечания

9.2. Термохронологические построения по минералам со структурами распада твердых растворов

9.3. Развитие формальной теории диффузии радиогенных изотопов

9.4. Основы формальной теории диффузии

- 9.5. Несогласованность концепции температуры закрытия Додсона с формальной теорией диффузии
- 9.6. Заключение о необходимости применения формальной теории диффузии при интерпретации данных по радиогенным изотопам.
- Тема 10. Распределение радиогенного аргона внутри минерала
- 10.1. Переход от открытой К–Аг-изотопной системы к закрытой: коэффициент  $\alpha$
- 10.2. Определение коэффициента  $\alpha$  традиционным К–Аг-методом
- 10.3. Применение коэффициента  $\alpha$  для датирования наложенных геологических процессов
- 10.3.1. Прямоугольное распределение аргона ( $\alpha = 0$ )
- 10.3.2. Преобладание прямоугольной фракции аргона ( $0 < \alpha < 0,5$ )
- 10.3.3. Преобладание полусинусоидой фракции аргона ( $0,5 < \alpha \leq 1$ )
- 10.4. Заключение о низкотемпературных потерях радиогенного аргона
- Тема 11. Температурные спектры изотопов аргона
- 11.1. Кинетика ступенчатого нагрева
- 11.2. Алгебраическое выражение для изохроны в обратных аргон–аргоновых координатах
- 11.3. Одинаковые энергии активации контаминирующего, радиогенного и нуклеогенного аргона
- 11.4. Разделение радиогенного и атмосферного аргона
- 11.5. Более слабая связь контаминирующего аргона с кристаллической структурой, чем радиогенного и нуклеогенного:  $E_c < E_{rad} = E_{39}$
- 11.6. Энергия активации нуклеогенного аргона ниже радиогенного и выше контаминирующего:  $E_c < E_{39} < E_{rad}$
- 11.7. Потери радиогенного аргона в геологическом прошлом
- 11.8. Избыточный аргон–40
- 11.9. Заключение о подходах к интерпретации аргон–аргоновых спектров
- Тема 12. Радиогенный аргон в остывающей дайке
- 12.1. Кинетика аргона
- 12.2. Расчёт К–Аг-изотопных балансов в остывающей дайке
- 12.3. Замыкание изотопной системы
- 12.4. Применение расчётов температурной области замыкания изотопной системы остывающего магматического тела
- 12.5. Заключение о термохронологии меняющейся во времени диффузии
- Тема 13. Радиогенные изотопы в экзоконтактовой зоне магматического тела
- 13.1. Термическая модель
- 13.2. Расчет кажущегося возраста в одномерном случае
- 13.3. Сопоставление результатов теоретических расчетов с данными измерений изотопов в экзоконтактовой зоне штока Эльдора
- 13.4. Изотопные данные по экзоконтактовой зоне Эльджуртинского гранитного массива
- 13.5. Заключение о диффузии в поле температур, меняющихся во времени и пространстве
- Тема 14. Диффузия в режиме Лапласа
- 14.1. Уравнение лапласового возраста
- 14.2. Геологические условия эволюции К–Аг-изотопной системы в режиме Лапласа и перехода к замкнутому накоплению
- 14.2.1. Шарыжалгайский комплекс западного побережья Байкала
- 14.2.2. Глубинные включения из щелочных базальтов и базальтоидов
- 14.3. Заключение о геологических условиях проявления режима Лапласа
- 14.3.1. Область дивергенции
- 14.3.2. Область конвергенции

### Раздел 3. ХРОНОЛОГИЯ КОМПОНЕНТОВ ИСТОЧНИКОВ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

#### Тема 15. Подходы к изучению происхождения магматических пород по изотопным данным

##### 15.1. Вводные замечания

##### 15.2. Изотопная эволюция Nd и Sr

##### 15.3. Диаграммы смешения

15.3.1. Диаграмма  $\left( \frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}} \right)_0 - 1/\text{Sr}$

15.3.2. Диаграмма  $\frac{{}^{143}\text{Nd}}{{}^{144}\text{Nd}} - \frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}}$

##### 15.4. Изотопная эволюция Pb

##### 15.5. Изохронные и неизохронные соотношения компонентов магм из мантийных и коровых источников

###### 15.5.1. Соотношения источников MORB и OIB

###### 15.5.2. Соотношения источников континентальной коры и подстилающей литосферной мантии

###### 15.5.3. Примитивный и истощённый состав верхней мантии

###### 15.5.4. Соотношения источников континентальной литосферной мантии

##### 15.6. Мотивация исследований компонентов магматических расплавов

#### Тема 16. Океанические базальты

##### 16.1. Гипотезы происхождения базальтов океанических островов (OIB)

##### 16.2. Глобальные эталонные составы и конечные компоненты

###### 16.2.1. Конечные компоненты

###### 16.2.1.1. DDM

###### 16.2.1.2. HIMU

###### 16.2.1.3. EM 2

###### 16.2.1.4. EM 1

###### 16.2.1.5. Альтернативные гипотезы происхождения обогащённых компонентов

###### 16.2.2. Валовый состав Земли, обеднённые составы PREMA, FOZO, C, F

###### 16.2.3. Аномалия DUPAL

##### 16.3. Цепочки вулканических островов и симаунтов центральной части Тихого океана

###### 16.3.1. Императорская цепочка

###### 16.3.2. Гавайская цепочка: этапы извержений вулканов

###### 16.3.3. «Большой Императорско-Гавайский локоть»: проблема образования и возраста

###### 16.3.4. Временные вариации объёма магм Императорско-Гавайской цепочки вулканов

###### 16.3.5. Цепочки островов и симаунтов Полинезии

##### 16.4. Магматизм Гавайской цепочки

###### 16.4.1. Изотопный состав Sr

###### 16.4.2. Изотопные составы Sr, Nd и Pb

###### 16.4.3. Изотопный состав Hf

###### 16.4.4. Изотопный состав Os

###### 16.4.5. Изотопный состав He

##### 16.5. Магматизм Императорской цепочки

##### 16.6. Магматизм цепочек Полинезии

###### 16.6.1. Изотопные составы Sr, Nd и Pb лав на островах

###### 16.6.1.1. Питкэрн и Гамбье

###### 16.6.1.2. Маркизский архипелаг

###### 16.6.1.3. Сосаити

###### 16.6.1.4. Аустраль и Кука

###### 16.6.2. Изотопный состав Os

###### 16.6.3. Синтез изотопных данных по лавам Полинезии

## 16.7. Заключение о характере глубинной динамики под океанами

### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции * (индикаторы)
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Раздел 1	Геологические процессы ранней Земли	2		УО	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub> ИДК <sub>ПК3</sub>
2	Раздел 2	Основные принципы выбора геохронометрической модели	2		УО	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub> ИДК <sub>ПК3</sub>
3	Раздел 2	Использование датировок. Требования к датированию образцов. Необходимость применения формальной теории диффузии при интерпретации данных по радиогенным изотопам.	6		УО	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub> ИДК <sub>ПК3</sub>
4	Раздел 3	Изохронные и неизохронные соотношения компонентов магм из мантийных и коровых источников	4		УО	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub> ИДК <sub>ПК3</sub>
5	Раздел 3	Соотношения источников MORB и OIB	2		УО	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub> ИДК <sub>ПК3</sub>
6	Раздел 3	Соотношения источников континентальной коры и подстилающей литосферной мантии	6		УО	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub> ИДК <sub>ПК3</sub>
7	Раздел 3	Океанические базальты. Гипотезы происхождения базальтов океанических островов (OIB). Конечные компоненты	8		УО	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub> ИДК <sub>ПК3</sub>
8	Раздел 3	Характер глубинной динамики под океанами	6		УО	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub> ИДК <sub>ПК3</sub>

### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов

№ пп/п	Тема*	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
	Возраст Земли и планет земной группы по	Подготовить устное сообщение по теме на 15-20	ПК-1; ПК-2;	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub>

	короткоживущим радионуклидам. Древнейшие породы Азии	минут с демонстрацией материала в виде презентации	ПК-3	ИДК <sub>ПК3</sub>
	Соотношения минеральной и валовой изохрон. Изотопный состав отторженных свинцов как показатель начального отношения в изохронной модели. Примеры изохрон с геологическим и искаженным возрастом.	Подготовить устное сообщение по теме на 15-20 минут с демонстрацией материала в виде презентации	ПК-1; ПК-2; ПК-3	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub> ИДК <sub>ПК3</sub>
	Датирование метеоритов. Датирование магматических пород Датирование рудной минерализации. Датирование осадочных пород и кор выветривания	Подготовить устное сообщение по теме на 15-20 минут с демонстрацией материала в виде презентации	ПК-1; ПК-2; ПК-3	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub> ИДК <sub>ПК3</sub>
	Точность и воспроизводимость датировок. Графическая форма представления результатов. Измеренные и калиброванные даты	Подготовить устное сообщение по теме на 15-20 минут с демонстрацией материала в виде презентации	ПК-1; ПК-2; ПК-3	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub> ИДК <sub>ПК3</sub>
	Основы формальной теории диффузии. Применение расчётов температурной области замыкания изотопной системы остывающего магматического тела	Подготовить устное сообщение по теме на 15-20 минут с демонстрацией материала в виде презентации	ПК-1; ПК-2; ПК-3	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub> ИДК <sub>ПК3</sub>
	Примитивный и истощённый состав верхней мантии	Подготовить устное сообщение по теме на 15-20 минут с демонстрацией материала в виде презентации	ПК-1; ПК-2; ПК-3	ИДК <sub>ПК1</sub> ИДК <sub>ПК2</sub> ИДК <sub>ПК3</sub>

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Задача организации самостоятельной работы студентов (СРС) заключается в создании условий развития интеллектуальной инициативы и мышления, перевод на индивидуальную работу от формального выполнения определенных заданий при пассивной роли студента к познавательной активности с формированием собственного мнения при решении поставленных проблемных вопросов и задач.

Цель СРС - научить студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою квалификацию.

Студенты могут выполнять СРС как индивидуально, так и малыми группами (творческими бригадами). Публичное обсуждение и защита своей работы повышают роль СРС и усиливают стремление к ее качественному выполнению.

При подготовке докладов (устных сообщений) следует помнить:

1. Доклад должен быть на ту тему, которая интересна докладчику.
2. Следует определить ключевую идею доклада и чётко её обозначить перед слушателями.
3. Выделить основную часть и заключение.

4. Использовать визуальные средства: презентации, схемы, графики, короткие видеоролики и проч.

5. При подготовки презентации:

- 1 слайд – 1 мысль;
- минимум текста;
- крупный шрифт;
- использовать диаграммы и графики вместо таблиц;
- иллюстрации не должны быть слишком сложными;
- минимум звуковых и анимационных эффектов.

6. Много примеров – это хорошо. Это основной инструмент по воздействию на аудиторию.

7. Начать доклад можно с обращения к актуальному событию, небольшой истории, вопроса, интересного факта или цитаты известного лица.

8. Не стоит перегружать доклад цифрами.

9. Не читать текст доклада с листа или из презентации.

10. Следить за временем.

При написании реферата помните, что существуют стандартные элементы структуры реферата:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников (списков литературы);
- приложения.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, определяются цель работы и задачи, подлежащие решению для её достижения, описываются объект и предмет исследования, информационная база исследования, а также кратко характеризуется структура реферата.

Основная часть реферата должна содержать материал, необходимый для достижения поставленной цели и задач, решаемых в процессе выполнения реферата. При необходимости текст основной части делится на разделы и подразделы. Заголовка «ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ» в содержании реферата быть не должно. Обязательным для реферата является логическая связь между разделами и последовательное развитие основной темы на протяжении всей работы, самостоятельное изложение материала, аргументированность выводов. Также обязательным является наличие в основной части реферата ссылок на использованные источники.

В заключение логически последовательно излагаются выводы, к которым пришел автор реферата в результате его выполнения. Заключение должно кратко характеризовать решение всех поставленных во введении задач и достижение цели реферата.

#### **4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)**

Курсовые работы не предусмотрены

### **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **а) основная литература**

1. Рассказов, Сергей Васильевич. Радиоизотопные методы хронологии геологических процессов [Текст] : учеб. пособие / С. В. Рассказов, И. С. Чувашова ; рец.: С. П. Примина, С. И. Дриль ; Иркутский гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т земной коры. - Иркутск :

Изд-во ИГУ, 2012. - 300 с. : ил. ; 25 см. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-9624-0689-3. – 12 экземпляров.

**б) дополнительная литература**

1. Калиева и калинатровая вулканические серии в кайнозойе Азии [Текст] = Potassic and sodic volcanic series in the Cenozoic of Asia / С. В. Рассказов [и др.] ; ред. М. И. Кузьмин ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т земной коры, Иркутский гос. ун-т. - Новосибирск : Гео, 2012. - 351 с. : ил. ; 28 см. - Библиогр.: с. 297-319. - ISBN 978-5-906284-05-1. – 6 экземпляров.

**в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

<http://geo.web.ru>;  
[http://geo.web.ru/geolab](http://geo.web.ru/geolab;).;  
[ru.wikipedia.org/wiki](http://ru.wikipedia.org/wiki);  
[nehudit.ru/books/subcat\\_318.html](http://nehudit.ru/books/subcat_318.html)

**VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

**6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Занятия проводятся с посещением специализированных лабораторных помещений ИЗК СО РАН в рамках работы «Совместной лаборатории современных методов исследований в динамической и инженерной геологии». Классической «мокрой химией» определяются петрогенные элементы вулканических пород. Методом индуктивно связанной плазменной масс-спектрометрии (ИСП-МС) на масс-спектрометре Agilent 7500ce измеряются концентрации около 30 элементов-примесей с погрешностью 3-5 % (для некоторых элементов с погрешностью до 10 %). Используемые методики обеспечивают получение аналитических данных, соответствующих современным требованиям ведущих отечественных и зарубежных лабораторий. Масс-спектрометрические измерения на приборе Finnigan MAT 262 дают возможность получения прецизионных данных по изотопным системам Th, U-Pb, Rb-Sr и Sm-Nd для датирования пород и изотопно-геохимических оценок источников базальтовых расплавов. Чистые комнаты для химической пробоподготовки. Международные стандартные образцы. Чистые реактивы. Тefлоновые перегонные системы для дополнительной очистки реактивов. Перегонная система Ellix-3 Millipor (Франция) для очистки воды. В 2012 г. в Байкальском аналитическом центре коллективного пользования введен в эксплуатацию многоколлекторный масс-спектрометр высокого разрешения с индуктивно-связанной плазмой Neptun Plus (Германия).

**6.2. Программное обеспечение:**

№	Наименование программного продукта	Кол-во	Обоснование для пользования ПО (Лицензия, Договор, счёт, акт или иное)	Дата выдачи лицензии	Срок действия права пользования
1	Антиплагиат. ВУЗ» ,25 тыс. проверок	1	№ 3453/03-Е-0084 от 16.02.2021	16.02.2021	1 год
2	7zip (ежегодно обновляемое ПО)	Условия правообладателя	Условия использования по ссылке: <a href="https://www.7-zip.org/license.txt">https://www.7-zip.org/license.txt</a>	Условия правообладателя	бессрочно
3	OpenOffice (ежегодно обновляемое ПО)	Условия правообладателя	Условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a> (Программа распространяется на условиях GNU General Public License.)	Условия правообладателя	бессрочно
4	PDF24Creator 8.0.2 (ежегодно обновляемое ПО)	Условия правообладателя	Условия использования по ссылке: <a href="https://en.pdf24.org/pdf/lizenz_en_de.pdf">https://en.pdf24.org/pdf/lizenz_en_de.pdf</a>	Условия правообладателя	бессрочно

	ПО)				
5	Acrobat Professional 11 AcademicEdition License Russian Multiple Platforms Adobe	20	Договор подряда 04-040-12 от 21.09.2012	31.07.2015	бессрочно
6	BigBlueButtom	Условия правообладателя	Условия использования по ссылке: <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/BigBlueButtom">https://ru.wikipedia.org/wiki/BigBlueButtom</a>	Условия правообладателя	бессрочно
7	Corel Draw Graphics Suite X6 AE	3	1031 Государственный контракт № 03-019-13	11.06.2013	бессрочно
8	Google Chrome 57.0.2987.133 (ежегодно обновляемое ПО)	Условия правообладателя	Условия использования по ссылке: <a href="https://www.google.ru/chrome/browser/privacy/eula_text.html">https://www.google.ru/chrome/browser/privacy/eula_text.html</a>	Условия правообладателя	бессрочно
9	Microsoft Office 2003 Win32 Russian Academic OPEN No Level	40	Номер Лицензии Microsoft 41251593	24.10.2006	бессрочно

### 6.3. Технические и электронные средства обучения:

Аудитория, используемая при проведении практических занятий, оснащена мультимедийным проектором, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы. Презентации по основным разделам дисциплины, таблица радиогенных и стабильных изотопов, хроно-стратиграфическая шкала, палеомагнитная шкала, стратиграфический кодекс, дополнения к стратиграфическому кодексу.

### VII. Образовательные технологии

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении практических работ.

### Наименование тем занятий с использованием активных и интерактивных форм обучения:

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
1	Основополагающее значение радиоизотопных исследований в решении главнейшего вопроса геологии – возраста и становления ранней Земли	Лекционное занятие	Групповые дискуссии, анализ ситуации	0,5
2	Основы радиоизотопного датирования, геохронометрические модели	Практическое занятие	Групповые дискуссии, анализ ситуации	0,5
3	Построение изохроны	Практическое занятие	Групповые дискуссии, анализ ситуации	0,5
4	Модель отторжения дочерних	Практическое	Групповые дискуссии, анализ	0,5



	радионуклидов от материнских	кое занятие	ситуации	
Итого часов				2

### VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

#### Компетенции (дескрипторы компетенций), формируемые в процессе изучения дисциплины

Индекс и наименование компетенции и ИДК	Признаки проявления компетенции/дескриптора (ов) в соответствии с уровнем формирования в процессе освоения дисциплины
ПК-1; ИДК <sub>ПК1</sub> ПК-2; ИДК <sub>ПК2</sub> ПК-3; ИДК <sub>ПК3</sub>	<p>Базовый уровень: знания фундаментальных и прикладных разделов современных аналитических методов; способность самостоятельно проводить научные исследования с выбором в современных аналитических методов; знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, способность к абстрактному мышлению; умение работать с аналитическим оборудованием</p> <p>Повышенный уровень: способность поиска новых путей при решении профессиональных задач с использованием новых аналитических методов; способность самостоятельно обобщать и анализировать результаты прецизионных анализов, делать выводы, формулировать заключения и рекомендации; способность создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования углубленных теоретических и практических знаний в области геологии с использованием современных аналитических методов; освоить пробоподготовку и измерения проб на современном аналитическом оборудовании; представление результатов, полученных с личным участием магистранта</p>

#### Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета

Оценочные материалы по данной дисциплине представлены в виде тестового задания, которое помогает выявить сформированность компетенции у обучающихся.

#### Тест 1

##### Выбор правильной последовательности

- От радиоактивного к радиогенному нуклиду:
  - $^{87}\text{Sr}$
  - $^{87}\text{Rb}$
- От радиоактивного к радиогенному нуклиду:
  - $^{147}\text{Sm}$
  - $^{143}\text{Nd}$
- От радиоактивного к радиогенному нуклиду:
  - $^{40}\text{Ar}$
  - $^{40}\text{K}$
- От радиоактивного к радиогенному нуклиду:
  - $^{206}\text{Pb}$
  - $^{238}\text{U}$
- От радиоактивного к радиогенному нуклиду:
  - $^{187}\text{Re}$
  - $^{187}\text{Os}$

6. От радиоактивного к радиогенному нуклиду:

- а)  $^{14}\text{C}$
- б)  $^{14}\text{N}$

7. Последовательность земных оболочек:

- а) переходный слой
- б) ядро
- в) кора
- г) мантия

8. Увеличение энергии активации миграции радиогенного аргона в кристаллических решетках минералов:

- а) биотит
- б) плагиоклаз
- в) амфибол

**Выбор одного варианта правильного ответа**

9. Возраст Земли и древнейших пород на Земле:

- а) 3560 млн лет
- б) 6 тыс лет
- в) 4566 млн лет

10. Минимальное первичное изотопное стронциевое отношение

(BABI):

- а) 0.69899
- б) 0.70735
- в) 0.63899

11. Плюм – это расплавная аномалия, протягивающаяся :

- а) из верхней мантии
- б) от переходного слоя мантии
- в) от ядра
- г) от подошвы литосферы
- д) от границы Мохо

12. В какой радиоизотопной системе можно датировать осадочные отложения последних 50 тыс. лет?

- а) Rb-Sr
- б) Sm-Nd
- в) K-Ar
- г) Re-Os
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$

13. Обогащенный конечный мантийный компонент океанов

- а) DMM
- б) EM1
- в) HIMU

14. Калий-содержащий минерал:

- а) апатит
- б) галенит
- в) биотит

15. Минерал с высоким содержанием тяжелых редкоземельных элементов (РЗЭ) и с низким содержанием легких:

- а) гранат
- б) кальцит
- в) плагиоклаз
- г) пироксен

- д) биотит
- е) калиевый полевой шпат
- ж) магнетит

16. Изотопная система, для которой применима модель конкордия-дискордия:

- а) Rb-Sr
- б) Sm-Nd
- в) K-Ar
- г) U-Th
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$
- ж) Re-Os

17. Точный метод измерения радиогенного аргона:

- а) объемный метод
- б) метод изотопного разбавления

18. Метод элементного анализа горных пород и минералов:

- а) индуктивно-связанная плазменная масс-спектрометрия (ИСП-МС)
- б) масс-спектрометрия с термической ионизацией (ТИМС)

**Выбор нескольких правильных ответов из каждой группы**

19. Изотопные системы, для которых применима изохронная модель:

- а) Rb-Sr
- б) Sm-Nd
- в) K-Ar
- г) U-Th
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$
- ж) Re-Os

20. В какой радиоизотопной системе можно датировать голоценовые базальты?

- а) Rb-Sr
- б) Sm-Nd
- в) K-Ar
- г) U-Th
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$
- ж) Re-Os

21. В какой радиоизотопной системе можно датировать миоценовые базальты?

- а) Rb-Sr
- б) Sm-Nd
- в) K-Ar
- г) U-Th
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$
- ж) Re-Os

22. В какой радиоизотопной системе можно датировать позднплейстоценовые базальты?

- а) Rb-Sr
- б) Sm-Nd
- в) K-Ar
- г) U-Th
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$
- ж) Re-Os

23. В какой радиоизотопной системе можно датировать архейские породы?

- а) Rb-Sr
- б) Sm-Nd
- в) K-Ar
- г) U-Th
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$
- ж) Re-Os

24. Какими методами датировались осадочные отложения, представленные в керне скважины BDP-98 Академического хребта оз. Байкал?

- а) палеомагнитный метод
- б) уран-свинцовый метод
- в) калий-аргоновый метод
- г) бериллиевый метод

## Тест 2

### Выбор правильной последовательности

1. Увеличение энергии активации миграции радиогенного аргона в кристаллических решетках минералов:
  - а) калиевый полевой шпат (санидин)
  - б) биотит
  - в) плагиоклаз
  - г) амфибол
2. От радиоактивного к радиогенному нуклиду:
  - а)  $^{147}\text{Sm}$
  - б)  $^{143}\text{Nd}$
3. От радиоактивного к радиогенному нуклиду:
  - а)  $^{40}\text{Ar}$
  - б)  $^{40}\text{K}$
4. От радиоактивного к радиогенному нуклиду:
  - а)  $^{206}\text{Pb}$
  - б)  $^{238}\text{U}$
5. От радиоактивного к радиогенному нуклиду:
  - а)  $^{187}\text{Re}$
  - б)  $^{187}\text{Os}$
6. От радиоактивного к радиогенному нуклиду:
  - а)  $^{14}\text{C}$
  - б)  $^{14}\text{N}$
7. Последовательность земных оболочек:
  - а) переходный слой
  - б) ядро
  - в) кора
  - г) мантия
8. От радиоактивного к радиогенному нуклиду:
  - а)  $^{87}\text{Sr}$
  - б)  $^{87}\text{Rb}$

### Выбор одного варианта правильного ответа

9. В какой радиоизотопной системе можно датировать осадочные отложения последних 50 тыс. лет?
  - а) Rb-Sr
  - б) Sm-Nd

- в) K-Ar
- г) Re-Os
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$

10. Минимальное первичное изотопное стронциевое отношение (BAVI):

- а) 0.69899
- б) 0.70735
- в) 0.63899

11. Плюм – это расплавная аномалия, протягивающаяся:

- а) из верхней мантии
- б) от переходного слоя мантии
- в) от ядра
- г) от подошвы литосферы
- д) от границы Мохо

12. Возраст Земли и древнейших пород на Земле:

- а) 3560 млн лет
- б) 6 тыс лет
- в) 4566 млн лет

13. Обогащенный конечный мантийный компонент океанов

- а) DMM
- б) EM1
- в) HIMU

14. Калий-содержащий минерал:

- а) апатит
- б) галенит
- в) биотит

15. Минерал с высоким содержанием тяжелых редкоземельных элементов (РЗЭ) и с низким содержанием легких:

- а) гранат
- б) кальцит
- в) плагиоклаз
- г) пироксен
- д) биотит
- е) калиевый полевой шпат
- ж) магнетит

16. Изотопная система, для которой применима модель конкордия-дискордия:

- а) Rb-Sr
- б) Sm-Nd
- в) K-Ar
- г) U-Th
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$
- ж) Re-Os

17. Точный метод измерения радиогенного аргона:

- а) объемный метод
- б) метод изотопного разбавления

18. Метод элементного анализа горных пород и минералов:

- а) индуктивно-связанная плазменная масс-спектрометрия (ИСП-МС)
- б) масс-спектрометрия с термической ионизацией (ТИМС)

**Выбор нескольких правильных ответов из каждой группы**

19. Какими методами датировались осадочные отложения, представленные в керне скважины BDP-98 Академического хребта оз. Байкал?

- а) палеомагнитный метод
- б) уран-свинцовый метод
- в) калий-аргоновый метод
- г) бериллиевый метод

20. Изотопная система, для которой применима изохронная модель:

- а) Rb-Sr
- б) Sm-Nd
- в) K-Ar
- г) U-Th
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$
- ж) Re-Os

21. В какой радиоизотопной системе можно датировать миоценовые базальты?

- а) Rb-Sr
- б) Sm-Nd
- в) K-Ar
- г) U-Th
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$
- ж) Re-Os

22. В какой радиоизотопной системе можно датировать позднплейстоценовые базальты?

- а) Rb-Sr
- б) Sm-Nd
- в) K-Ar
- г) U-Th
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$
- ж) Re-Os

23. В какой радиоизотопной системе можно датировать архейские породы?

- а) Rb-Sr
- б) Sm-Nd
- в) K-Ar
- г) U-Th
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$
- ж) Re-Os

24. В какой радиоизотопной системе можно датировать голоценовые базальты?

- а) Rb-Sr
- б) Sm-Nd
- в) K-Ar
- г) U-Th
- д) U-Pb
- е)  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$
- ж) Re-Os

*Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме зачета.*

**Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний**

студентов:

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
	Зачет	Разделы 1-3, Тема 1-16	ПК-1; ПК-2; ПК-3

**Темы докладов (примеры):**

1. «Самый лучший» и «самый плохой» радиоизотопный метод датирования.
2. Комплексование радиоизотопных методов с другими методами датирования осадочных и вулканогенно-осадочных толщ.
3. Радиоизотопные и другие методы датирования нефти.

**Контрольные вопросы устного опроса (примеры):**

1. Можно ли использовать систематику конечных компонентов базальтов океанов для источников вулканических пород континентов?
2. Как оценивается достоверность радиоизотопного датирования?
3. Изохрона характеризует замкнутую или открытую радиоизотопную систему?

**Перечень вопросов к зачету**

1. Роль П. Кюри, Э. Резерфорда, Б. Болтвуда и В. И. Вернадского в оформлении радиоизотопной геологии как науки (по предисловию).
2. Разделы радиоизотопной геологии. Что является предметом исследований каждого раздела (по предисловию)?
3. В чем заключается основополагающая мировоззренческая роль радиоизотопной геохронологии?
4. Какими радиоизотопными методами был определен возраст Земли?
5. Когда образовались железные ядра астероидов?
6. Являются древнейшие породы Азии с гадейским и архейским возрастом протолита уникальными или имеют глобальное распространение?
7. Основное уравнение радиоизотопной геологии?
8. Радиоактивные радиогенные нуклиды (показать на примерах изотопных систем).
9. Приборы для измерения изотопного состава элементов?
10. Понятия «датировка» и «геологический возраст».
11. Понятия «изохрона» и «эррохрона».
12. Внешняя и внутренняя изохрона.
13. Начальное отношение изотопов в Rb–Sr- и Sm–Nd-изотопных системах.
14. Погрешности в построении изохрон.
15. Модели Макинтайра.
16. Критерии надежности датирования магматических пород по изохронной модели.
17. Простейший метод датирования по изотопным отношениям свинцов.
18. Геометрический образ изохронной серии проб в системе координат  $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}} - \frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ .
19. Почему нельзя точно рассчитать возраст по валовым концентрациям Th, U и Pb в монаците, цирконе, апатите и других акцессорных минералах?
20. Может ли система фигуративных точек интерпретироваться одновременно в рамках открытой и закрытой изотопных систем?
21. Начальное отношение изотопов в Pb–Pb-координатах.
22. Радиоактивные и радиогенные нуклиды в Rb–Sr-изотопной системе.
23. Распределение Rb и Sr в породах и минералах.

24. Минимальное первичное изотопное стронциевое отношение в Солнечной системе.
25. Область применения Rb–Sr-изохронного метода для геохронологических целей.
26. Требования к подбору материала для датирования в Rb–Sr-изотопной системе.
27. Модельный возраст в Rb–Sr-изотопной системе?
28. Радиоактивные и радиогенные нуклиды в Sm–Nd-изотопной системе.
29. Какое положение занимают Nd и Sm в ряду PЗЭ?
30. Распределение Sm и Nd в породах и минералах.

31. Почему в Rb–Sr-изотопной системе введен параметр  $\left(\frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}}\right)_{\text{BAB1}}$ , а для Sm–Nd-

изотопной системы подобного параметра не введено?

32. Область применения Sm–Nd-изохронного метода для геохронологических целей.
33. Требования к подбору материала для датирования в Sm–Nd-изотопной системе.
34. Распределение урана и тория в породах и минералах.
35. Происхождение свинца.
36. Свинцовые парадоксы.
37. Область применения U–Pb-метода.
38. Преимущество U–Pb-метода перед другими методами радиоизотопного датирования.
39. Датирование индивидуальных зерен циркона методом SIMS.
40. Датирование индивидуальных зерен циркона методами CA–TIMS и ID–TIMS.
41. Рений и осмий в породах и минералах.
42. Природные изотопы Re и Os.
43. Уравнение накопления  ${}^{187}\text{Os}$  в Re-содержащей системе.
44. Константа распада  ${}^{187}\text{Re}$ .
45. Датирование метеоритов в Re–Os-изотопной системе.
46. Датирование раннедокембрийских базит-гипербазитовых расслоенных комплексов и коматиитов в Re–Os-изотопной системе.
47. Датирование траппов плато Декан в Re–Os-изотопной системе.
48. Датирование золота в Re–Os-изотопной системе.
49. Датирование молибденита в Re–Os-изотопной системе.
50. Уравнение накопления  ${}^{186}\text{Os}$  в Pt-содержащей системе.
51. Датирование Cu–Ni-сульфидных руд Норильского и Талнахского месторождений в разных изотопных системах.
52. Кайнозойская эволюция изотопного состава Os в Мировом океане.
53. Достоинства и недостатки Re–Os-метода датирования.
54. В чем заключается изотопно-геохимическая специфика распределения калия и аргона в горных породах и минералах?
55. Схема радиоактивного превращения  ${}^{40}\text{K}$  в  ${}^{40}\text{Ar}$ .
56. Происхождение  ${}^{40}\text{Ar}$  в атмосфере.
57. Величина современного отношения  ${}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar}$  в атмосфере на уровне моря.
58. Методы измерений  ${}^{40}\text{K}$  и радиогенного  ${}^{40}\text{Ar}$  в породах и минералах.
59. Формула расчета K–Ar-возраста, величины измерений  ${}^{40}\text{K}$  и  ${}^{40}\text{Ar}$  в расчетах.
60. Точность и воспроизводимость измерений традиционным K–Ar-методом.
61. Для каких пород геохронометрические исследования традиционным калий–аргоновым методом дают хорошие результаты?
62. Назвать условия правильного определения возраста пород K–Ar-методом.
63. Как оцениваются потери радиогенного аргона в геологическом прошлом?
64. Как определяется избыточный (остаточный) аргон–40?
65. С каким методом сочетается использование K–Ar-метода для проверки правильности датирования?
66. В чем отличие унаследованного аргона от фракционированного?
67. Как отобрать образец для датирования традиционным K–Ar-методом?

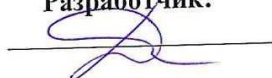


68. Почему был разработан метод  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ?
69. В чем недостатки и преимущества K–Ar- и  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -методов?
70. Диапазон датирования событий радиоуглеродным методом.
71. Природа образования и распада  $^{14}\text{C}$ .
72. Измеренный и калиброванный возраст.
73. Диапазон существующей в настоящее время калибровочной шкалы IntCal04.
74. Основные события перехода от последнего ледникового периода к межледниковью настоящего времени и временные оценки этих событий.
75. Сопоставление неисправленных дат  $^{14}\text{C}$ - и  $\frac{^{238}\text{U}}{^{230}\text{Th}}$ -датировок кораллов.
76. Причины несоответствия дат  $^{14}\text{C}$ -календарному летоисчислению.
77. Зависимость смещения дат  $^{14}\text{C}$  от вариаций палеоинтенсивности магнитного поля Земли.
78. Вероятностный подход к определению календарного возраста  $^{14}\text{C}$ .
79. Время наступления потепления в Прибайкалье за последним оледенением (по результатам датирования методом  $^{14}\text{C}$ ).
80. Предмет исследований радиоизотопной термохронологии.
81. В чем основное отличие термохронологии от геохронологии?
82. Как соотносятся области накопления радиогенного аргона без потерь, Лопиталья и Лапласа на комплексной геохроно-термохронологической диаграмме?
83. Факторы искажения радиоизотопного возраста.
84. Соотношения потерь радиогенных изотопов в полевых шпатах, амфиболах и биотитах в K–Ar- и Rb–Sr-изотопных системах зоны экзоконтакта штока Эльдора.
85. Что обозначает энергия активации миграции (E).
86. Какой параметр определяется на диаграмме Аррениуса? Что он обозначает?
87. Соответствует ли термохронология «полевошпатовых доменов» формальной теории диффузии?
88. Как соотносится концепция «температуры закрытия» Додсона с формальной теорией диффузии?
89. Рассчитать кривую охлаждения калиевых полевых шпатов плутона Чейн оф Пондс с использованием уравнений формальной теории диффузии.
90. В каких условиях образуются фракции с прямоугольным и полу-синусоидным распределением радиогенного аргона?
91. Как соотносится между собой радиоактивное накопление изотопов и критерий Фурье ( $Fo = \frac{D \cdot t}{h^2}$ )?
92. Какому значению  $\alpha$ -фактора соответствует прямоугольная фракция радиогенного аргона? Привести пример.
93. Какие минералы потенциально могут дать прямоугольное распределение радиогенного аргона?
94. В каких случаях преобладает прямоугольная, а в каких – полусинусоидная фракции радиогенного аргона? Привести примеры.
95. Какое значение имеет формальная теория диффузии для интерпретации Ar–Ar-диаграмм?
96. Что представляет собой Ar–Ar-изохрона?
97. Каким геометрическим символом выразится в обратных изохронных координатах случай одинаковых энергий активации контаминирующего, радиогенного и нуклеогенного аргона?
98. Какие соотношения энергий активации аргоновых компонентов обеспечивают измерения истинного возраста методом  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ?

99. Как отражается в значениях начального  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  и кажущегося возраста случай, когда энергия активации нуклеогенного аргона ниже радиогенного и выше контаминирующего?
100. Как отражается в значениях начального  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  и кажущегося возраста случай, когда происходили потери радиогенного аргона в геологическом прошлом?
101. Как отражается в значениях начального  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  и кажущегося возраста случай, когда присутствует избыточный аргон-40, слабо связанный с кристаллической решеткой минералов?
102. Какие основные уравнения используются при рассмотрении кинетики аргона формальной теорией диффузии?
103. Происходит ли в природе пороговое замыкание радиоизотопной системы?
104. Области применения термохронологических расчетов изотопной системы остывающего магматического тела
105. В чем основное отличие определения «температуры закрытия» Додсона и определения кинетики остывающего магматического тела формальной теорией диффузии?
106. Какие основные параметры учитываются в термической модели экзоконтактовой зоны магматического тела?
107. На каких расстояниях от штока Эльдора и Эльджуртинского плутона проявлены эффекты термального воздействия на вмещающие породы?
108. Почему в режиме Лапласа не происходит накопления радиогенного  $^{40}\text{Ar}$ ?
109. Почему абсолютные концентрации радиогенного  $^{40}\text{Ar}$  имеют временной максимум?
110. На каких данных основано применение модели лапласового возраста для пород фундамента Сибирского кратона, обнаженных на западном побережье Байкала?
111. Почему в области дивергенции К–Ar-изотопная система открыта в средней части континентальной коры и закрыта в ее глубокой части и в верхней мантии, хотя температура на этих глубинах превышает 1000 °C?
112. Как будет отличаться соотношение режимов Лапласа, Лопиталья и нормального накопления радиогенных изотопов в условиях «пассивного» и «активного» рифтогенеза?
113. Может ли использоваться формальная теория диффузии для распознавания мантийных плюмов?
114. О каких состояниях экспонированных метаморфических комплексов может быть получена термохронологическая информация?
115. Что дает значение  $\epsilon'_{CHUR}$  ?
116. Имеет ли смысл определение  $\epsilon'_{CHUR}$  для гранитной выплавки из коры?
117. Две основные модели эволюции обедненной мантии, наиболее часто используемые в расчетах модельного возраста.
118. Отличие моделей изотопной эволюции Sr с исходными составами BABI и UR.
119. Какой процесс обозначает «мантийное направление» в координатах изотопов Nd и Sr?
120. Какой процесс обозначает тренд NHRL в координатах изотопов свинца?
121. Линейные и нелинейные тренды смещения на диаграммах изотопных отношений Sr, Nd и Pb.
122. Глубинные фации литосферы (по данным изучения ксеногенного материала из щелочных базальтоидов).
123. Понятие «континентальной литосферы». Почему возраст континентальной литосферы можно определить только датированием в Re–Os-изотопной системе?
124. Можно ли определить возраст континентальной литосферы, если она претерпела существенный метасоматоз?
125. Постулаты первоначальной плюмовой модели происхождения базальтов океанических островов.
126. Постулаты современной стандартной плюмовой модели.

127. Сколько плюмов может существовать на Земле в настоящее время?
128. Объяснения внутриплитного вулканизма океанов, альтернативные плюмовой гипотезе.
129. Глобальные изотопные конечные компоненты ОИВ и их происхождение.
130. Альтернативные гипотезы происхождения обогащённых конечных компонентов ОИВ.
131. Эталонные изотопные составы и их отличие от конечных компонентов ОИВ.
132. Стабильные и развивающиеся плюмы.
133. Аномалия DUPAL.
134. Стадии образования вулканов Гавайских о-вов, роль мантийных компонентов в каждой из них.
135. Модели плавления эколгитовых, пироксенитовых и перидотитовых субстратов.
136. Проблема интерпретации изотопного состава He в ОИВ.
137. Особенности эволюции магматизма Императорской цепочки симаунтов.
138. Распределение обогащённых компонентов EM 1 и EM 2 в лавах о-вов Полинезии.
139. Распределение обеднённых компонентов DMM и HIMU в лавах о-вов Полинезии.
140. Главные структурные неоднородности Земли, чем они обусловлены?

**Разработчик:**



д.г.-м.н., проф., зав. кафедрой

С. В. Рассказов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (№ 925 от 07.08.2020 г) по направлению и профилю подготовки 05.04.01 «Геология», направленность «Геология и месторождения полезных ископаемых».

Программа рассмотрена на заседании кафедры динамической геологии  
(наименование)

«14» сентября 2022 г.

Протокол № 6 Зав. Кафедрой д.г.-м.н., проф.



С. В. Рассказов

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*