



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП Геология

(подпись)

Оводова Е.В.
(ФИО рук. ОП)

«17» января 2022 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор Департамента природно-технических систем и техносферной безопасности

(подпись)

Петухов В.И.
(ФИО дир. Департамента)

«25» января 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Изотопная геология

Направление подготовки 05.03.01 Геология

Профиль «Цифровая геология и геологоразведка»

Форма подготовки очная

курс 3 семестр 5

лекции 18 час.

практические занятия 18 час.

лабораторные работы _____ час.

в том числе с использованием МАО лек. /пр. 18 /лаб. час.

всего часов аудиторной нагрузки 36 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 36 час.

в том числе на подготовку к экзамену _____ час.

контрольные работы (количество)

курсовая работа / курсовой проект _____ семестр

зачет 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 05.03.01 Геология утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 7 августа 2020 г. № 896

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента природно-технических систем и техносферной безопасности протокол № 5 от «25» января 2022 г.

Составитель: профессор Г.М. Вовна

Владивосток
2022

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____ В.И. Петухов

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____ В.И. Петухов

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____ В.И. Петухов

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____ В.И. Петухов

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина «Изотопная геология» разработана для студентов направления подготовки 05.03.01 «Геология», профиль «Цифровая геология и геологразведка», и проводится в 5-м семестре 3-го курса.

Дисциплина входит в состав обязательных дисциплин вариативной части блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана (индекс Б1.В.03). Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа, в том числе: 18 часов лекций, 18 часов практических занятий, 36 часов самостоятельной работы.

Дисциплина связана с такими дисциплинами как «Минералогия», «Кристаллография» и «Геохимия». Курс охватывает общие представления о теоретических основах геохимии изотопов, применяемых в ней аналитических методах, основных методах изотопной геохронологии и изотопной геологии.

Цель дисциплины «Изотопная геология» – ознакомление студентов с теоретическими основами и методами изотопной геологии как науки, о формах присутствия и путях миграции химических элементов и их изотопов в геологических объектах, с тем, чтобы они могли правильно интерпретировать результаты изотопно-геохимических и геохронологических исследований и применять их для решения конкретных геологических задач (датирования геологических объектов, реконструкции эволюции и генезиса магматических, метаморфических и осадочных горных пород).

Задачи дисциплины:

- изучение теоретических основ определения возраста минералов и пород с помощью следующих методов изотопной геохронологии: K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd, U-Th-Pb;
- изучение аналитических методов изотопной геологии и геохронологии;
- изучение теоретических основ геохимического поведения изотопов, использования изотопов как естественных «меченых атомов» при природных процессах; практических основ масс-спектрометрии и интерпретации геологического смысла экспериментально полученных изотопных данных;

• изучение методики анализа изотопного состава химических элементов для реконструкции физико-химических параметров геологических процессов, задач прикладной геологии и металлогении.

В результате изучения дисциплины «Изотопная геология» у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	ПК-1. Способен самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований (в соответствии с направленностью (профилем) подготовки)	ПК-1.3. Систематизирует и интерпретирует результаты геохимических, минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследований, полученных при проведении полевых и лабораторных исследований
	ПК-2. Способен в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в интерпретации геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций	ПК-2.1. Предлагает современные методы обработки и интерпретации комплексной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, инженерно-геологической информации для решения научно-исследовательских задач ПК-2.3. Участвует в интерпретации геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.3. Систематизирует и интерпретирует результаты геохимических, минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследований, полученных при проведении полевых и лабораторных исследований	Знает: - основные понятия, используемые при геохимических, минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследованиях; - особенности систематизации и интерпретации результатов геохимических, минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследований, полученных при проведении полевых и лабораторных исследований осадочных горных пород
	Умеет.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	<p>- использовать основные понятия геохимических, минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследований;</p> <p>- систематизировать и интерпретировать результаты геохимических, минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследований, полученных при проведении полевых и лабораторных исследований в областях распространения осадочных горных пород</p> <p>Владеет:</p> <p>- особенностями использования основных понятий геохимических, минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследований;</p> <p>- основами систематизации осадочных горных пород и интерпретации результатов геохимических, минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследований, полученных при проведении полевых и лабораторных исследований</p>
<p>ПК-2.1. Предлагает современные методы обработки и интерпретации комплексной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, инженерно-геологической информации для решения научно-исследовательских задач;</p>	<p>Знает современные методы петрографических исследований, используемые при обработке и компьютерной интерпретации комплексной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, инженерно-геологической информации для решения научно-исследовательских задач</p> <p>Умеет применять на практике современные методы петрографических исследований, используемые при обработке и компьютерной интерпретации комплексной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, инженерно-геологической информации для решения научно-исследовательских задач</p> <p>Владеет методикой применения на практике современных методов петрографических исследований, используемых при обработке и компьютерной интерпретации комплексной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, инженерно-геологической информации для решения научно-исследовательских задач</p>
<p>ПК-2.3. Участвует в интерпретации геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций</p>	<p>Знает особенности интерпретации методов петрографических исследований при анализе геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, подготовки публикаций</p> <p>Умеет использовать особенности интерпретации методов петрографических исследований при анализе геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, подготовки публикаций</p> <p>Владеет методами использования особенностей интерпретации методов петрографических исследований при анализе геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, подготовки публикаций</p>

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Изотопная геология» применяются следующие методы активного и интерактивного обучения: метод активного проблемно-ситуационного анализа, презентации, круглый стол.

II. ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы / 72 академических часов.

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации
			Лек	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Раздел 1. Общетеоретические положения изотопной геологии	5	6	8				УО-3; УО-1; ПР-1; ПР-12
2	Раздел 2. Характеристика основных видов геохронологического изотопного анализа	5	12	10	-	36	-	
	Итого:	5	18	18	-	36		
	Всего	5	72					

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекционные занятия (18 час.)

Раздел I. Общетеоретические положения изотопной геологии (6 час.)

Тема 1. Основные принципы изотопной геохронологии. Понятие долгоживущих радиоактивных изотопов с точки зрения наук о Земле. (2 час.)

Цели и задачи. Изучить зависимость свойств элементов от строения электронных орбит. Изучить распределение химических элементов на стабильные и радиоактивные изотопы. На основе изученных данных осознать закон радиоактивного распада.

Тема 2. Интерпретация геохронологических данных. Оценка скоростей геологических процессов. Возраст Земли, Луны и метеоритов. (2 час.)

Цели и задачи. Изучить закономерности диффузии химических элементов и их изотопов в геологических объектах. Познакомиться с современными данными мировых геохронологических лабораторий по геохронологии различных геологических объектов Земли, Луны и разнообразных метеоритов.

Тема 3. Основы изотопной масс-спектрометрии (2 час.).

Цели и задачи. Изучить две основные задачи, решаемые с помощью масс-спектрометров в изотопной геохронологии: исследование изотопного состава и определение элементных концентраций в геологических объектах.

Раздел II. Характеристика основных видов геохронологического изотопного анализа (12 час.)

Тема 1. К-Аг изотопный метод датирования. Область применения и ограничения метода. Распространенность калия в породах и минералах. (2 час.)

Цели и задачи. Изучить использование метода для широкого круга калийсодержащих минералов, в частности слюд, полевых шпатов, амфиболов, и для всей шкалы геологического времени от неоген–четвертичных образцов до архейских. Проследить развитие классического К-Аг метода до нейтронно-активационного варианта, в котором измеренный возраст определяется отношением $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, а не отношением $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$, как в стандартной методике.

Эта модификация метода содержит некоторый внутренний контроль за геохимической замкнутостью K-Ar изотопной системы.

Тема 2. Изохронный Rb-Sr метод датирования. Области применения и ограничения. (2 час.)

Цели и задачи. Выявить генетическую связь метода с K-Ar методом. Изучить Rb-Sr метод в отношении проб пород в целом (валовых проб). Выяснить, что в большинстве случаев Rb-Sr система валовых проб может оказаться замкнутой, даже если Rb-Sr системы минералов не отвечают этому требованию из-за воздействия наложенных процессов. Изучить, как, по мере роста аналитических возможностей, с появлением масс-спектрометров нового поколения, расширяется и круг объектов, датировемых Rb-Sr методом. Исследовать использование Rb-Sr метода при датировании рудных процессов обуславливается присутствием в рудном парагенезисе минералов, применяемых в Rb-Sr геохронологии.

Тема 3. Изохронный Sm-Nd метод датирования. Области применения и ограничения. (2 час.)

Цели и задачи. Изучить два принципиальных отличия Sm-Nd метода от Rb-Sr. Первое заключается в большой схожести геохимических свойств Sm и Nd, в результате чего Sm/Nd отношение в породах и минералах варьирует достаточно слабо. Второе отличие связано с тем, что Sm-Nd метод, в силу характера распределения этих элементов в породах и минералах, в основном, применяется к датированию основных пород. Выявить, что Sm-Nd метод дополняет Rb-Sr, который, как правило, используется при датировании пород кислого состава.

Тема 4. U-Th-Pb метод изотопной геохронологии. Построение конкордии и дискордии. (2 час.)

Цели и задачи. Изучить наиболее широко используемые для целей геохронологии во всем диапазоне геологического времени акцессорные урансодержащие минералы. Выявить преимущество уран-торий-свинцового метода по сравнению с другими изотопными методами. Исследовать применение локального U-Th-Pb метода по цирконам.

Тема 5. Роль изотопной геологии в решении глобальных геохронологических задач современной геологии. (2 час.)

Цели и задачи. Изучение мировых разнообразных, в том числе, весьма тонких геохронологических методик, реализующие практически все современные теоретические научные разработки в этой области. Изучение методов интерпретации непосредственного датирования магматических и метаморфических пород, осадочных толщ, рудного вещества и полигенных- полиметаморфических пород. Уметь корректно поставить изотопно-геохронологические исследования для конкретного геологического объекта.

IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практические занятия (18 часов)

Занятие 1. Расчет задач по лабораторным данным K-Ar метода по превращению радиоактивного изотопа ^{40}K в ^{40}Ar , и линии распада ^{40}K в ^{40}Ca . Знакомство с нейтронно-активационным вариантом, в котором измеренный возраст определяется отношением $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, расчет модельного возраста. Анализ характера искажений аргонового «плато» для заключения о возрасте наложенных метаморфических процессов. (4 час.)

Занятие 2. Изучение методики анализа Rb-Sr и Sm-Nd систем пород и минералов с применением метода изотопного разбавления (ID) для определения концентраций рубидия, стронция, самария и неодима. Методика выделения самария и неодима для изотопного анализа в две ступени. Расчет коррекции на изотопное фракционирование неодима. Расчет нормализованных отношений и приведение их к значению $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.511860$ в международном изотопном стандарте La Jolla. Вычисление погрешностей определения содержаний Rb, Sr, Sm, Nd. (2 час.)

Занятие 3. Методика построения изохронных зависимостей и вычисление возраста исследованных пород, а также первичного отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и

параметра ϵ_{Nd} по программе ISOPLOT. Расчет соответствия полученных точек единой прямой путем определения параметра СКВО (2 час.)

Занятие 4. Построение графиков изохроны для аналитических данных по Rb-Sr изотопной системе. Вычисление пересечения изохронны с ординатой ($^{87}Sr/^{86}Sr$) в точке, которая характеризует первичное отношение изотопов Sr, интерпретация источника материала исследуемого объекта. Изучение методики отбора серии валовых проб, которые должны заметно различаться содержанием Rb, с использованием радиометрических (например, гамма- спектрометрических полевых определений содержания K) (2 час.)

Занятие 5. Изучение построения изохронного графика в координатах $^{147}Sm/^{144}Nd$ (горизонтальная ось) - $^{143}Nd/^{144}Nd$ (вертикальная ось). Изучение условий изохронной модели и критерия достоверности получаемых результатов. Изучение основных сложностей в Sm-Nd методе, связанных с возможной неомогенностью исследуемой серии проб по первичному отношению ($^{143}Nd/^{144}Nd$)₀ либо в результате контаминации, либо - неомогенности расплава. Определение при изучении Sm-Nd систем различных пород предполагаемое время отделения их протолита от деплетированной мантии, т.н. T(DM), в данной породе по измеренному изотопному составу современного и первичного неодима (ϵ_{Nd}). (2 час.)

Занятие 6. Расчеты аппроксимационной модели изотопной эволюции Nd на Земле, называемой CHUR (chondritic uniform reservoir = однородный хондритовый резервуар). Определение достоверности определения возраста Sm-Nd, как и при использовании Rb-Sr метода, нахождением точек минералов на изохроне для валовых проб, их сопоставление с результатами других методов. (2 час.)

Занятие 7. Расчеты аналитических результатов уран-торий-свинцового метода для определения значения возраста исследуемого образца по четырем изотопным отношениям, три из которых являются независимыми. Обсуждение понятий дискордантности и конкордантности при построении графиков геохронологических исследований. Изучение особенностей акцессорные урансо-

держащих минералов: монацит, циркон для кислых пород, сфен, ортит, пироксен, апатит для метаморфических пород, для основных пород - бадделеит и перовскит.(2 час.)

Занятие 8. Изучение метода U-Pb локального датирования по урансодержащим минералам, методика массового анализ в микрообъеме твердого образца. Изучение принципа работы установки SHRIMP-II, представляющей собой ионный микрозонд, состыкованный на выходе с масс-спектрометром высокого разрешения. Изучение метода ионного микрозондирования. Обсуждение ограничений на возможность датировать данное конкретное зерно минерала естественным образом вытекающее как из аппаратурных, так и природных факторов, влияющих на качество конечного результата. Изучение характеристик возрастного стандарта циркона TEMORA из лейкогаббро Middledale (2 час.)

Методы активного обучения «Круглый стол» и «семинар-обсуждение» проводятся по каждой теме практической части курса. Студентам предлагается разделиться на несколько групп. Каждая группа разрабатывает самостоятельную систему обсуждения вопросов по теоретической части курса и презентует ее всей группе. Во время презентации группы выступающим задаются уточняющие вопросы. Преподаватель отслеживает ход работы, уточняет информацию и вносит правки.

Задания для самостоятельной работы (36 часов)

Самостоятельная работа студента представляет собой процесс целенаправленного активного приобретения студентом новых знаний и умений без непосредственного участия преподавателя.

Возможности самостоятельного изучения студентами данного курса обусловлены, в частности, наличием доступной студентам современной научно-технической литературы по изучаемому курсу, обширной коллекцией горных пород и шлифотекой.

Самостоятельный контроль усвоения знаний в процессе самостоятельной работы по изучению курса «Изотопная геология» студенты могут осуществлять путем ответов на вопросы в предлагаемых учебных пособиях и учебно-методических разработках.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Время на выполнение	Форма контроля
1.	1-13 недели	Работа с литературой. Подготовка докладов и презентаций к ним. Участие в дискуссиях. Примерная тематика (предусматривается ежегодное обновление): 1. Стабильные и радиоактивные изотопы. Закон радиоактивного распада. 2. Основные принципы изотопной геохронологии 3. Интерпретация геохронологических данных	10 час.	Собеседование (УО-1) Доклад, презентация (УО-3)
2.	3-14	Практические занятия, решение задач с использованием аналитических данных по K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd, U-Th-Pb методам. Изучение принципа работы масс-спектрометров. Построение изохронных графиков, вычисление конкордий и дискордий. Изучение габитуса и характеристик цирконов в бинокulare, по атласам и периодическим статьям специальных журналов.	16 час.	Фотографии, зарисовки, чертежи графиков (ПР-12).
3.	4-18 недели	Подготовка отчетов по темам практических занятий	10 час.	Отчет о выполнении ПР в электронной форме (ПР-12)
4.		Итого	36	

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов включает изучение материалов лекций, подготовка к практическим занятиям и отчетам по их результатам их выполнения (смотри пример выполнения отчета), подготовка к контролирующим тестам, контрольным работам, подготовка к экзамену.

«Работа с литературой и подготовка презентаций»

Цель научиться обобщать литературные данные и в сжатой форме преподавать основные полученные результаты.

Основные требования:

Работа с литературой включает знакомство с основными и дополнительными источниками. В результате собеседования преподаватель выясняет глубину проработки материала и оценивает работу в соответствии с критериями оценки (см. ниже).

Подготовка презентаций осуществляется в соответствии с планом графиком. Каждая тема должна быть раскрыта, в ней необходимо осветить актуальность, цели и задачи проведенного исследования, приведены региональные примеры, выполнено заключение и приведены основные использованные источники, включая литературные и электронные данные с соответствующими ссылками.

Студент (по согласованию с преподавателем) представляет либо доклад с соответствующей презентацией, подготовленной в программе PowerPoint, включающей не менее 10-12 слайдов. Группа студентов участвует в общей дискуссии и последующем обсуждении рассматриваемой темы.

Примерные темы по самостоятельной работе студентов:

1. K-Ar изотопная система.
2. K-Ca изотопная система.
3. Rb-Sr изотопная система.
4. Sm-Nd изотопная система.
5. Re-Os изотопная система.
6. Lu-Hf изотопная система.
7. U-Pb изотопная система.
9. Геохимия изотопов углерода.

Критерии оценки.

Оценка выполняется по двухбалльной системе (1 – выполнено, 0 – не выполнено).

VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Оценка успеваемости бакалавров осуществляется по результатам:

- устного опроса при сдаче выполненных индивидуальных заданий;
- выполненных тестовых заданий;
- выполненных контрольных работ;
- во время экзамена. Экзаменационные билеты включают 2 теоретических вопроса.

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Общетеоретические положения изотопной геологии	ПК-1.3.	знает основные понятия, используемые при геохимических, минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследованиях;	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету №1-№ 16
			умеет использовать основные понятия геохимических, минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследований;		
			владеет особенностями использования основных понятий геохимических, минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследований;		
2	Характеристика К-Аг изотопной системы	ПК-1.3.	знает - особенности систематизации и интерпретации результатов геохимических,	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету №17-№ 20

			минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследований, полученных при проведении полевых и лабораторных исследований осадочных горных пород		
			умеет систематизировать и интерпретировать результаты геохимических, минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследований, полученных при проведении полевых и лабораторных исследований в областях распространения осадочных горных пород	ПР-1 (Тест № 2)	
			владеет основами систематизации осадочных горных пород и интерпретации результатов геохимических, минералогических, петрографических, гидрогеохимических и геофизических исследований, полученных при проведении полевых и лабораторных исследований	ПР-12.	
3	Характеристика Rb-Sr изотопной системы	ПК-2.1.	Знает современные методы петрографических исследований, использует	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету №21-№ 26

			<p>мые при обработке и компьютерной интерпретации комплексной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, инженерно-геологической информации для решения научно-исследовательских задач</p>	
			<p>Умеет применять на практике современные методы петрографических исследований, используемые при обработке и компьютерной интерпретации комплексной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, инженерно-геологической информации для решения научно-исследовательских задач</p>	<p>ПР-1 (Тест №2)</p>
			<p>Владеет методикой применения на практике современных методов петрографических исследований, используемых при обработке и компьютерной интерпретации комплексной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, инженерно-геологической</p>	<p>ПР-12.</p>

			информации для решения научно-исследовательских задач		
4	Характеристика Sm-Nd изотопной системы	ПК-2.1.	Знает современные методы петрографических исследований, используемые при обработке и компьютерной интерпретации комплексной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, инженерно-геологической информации для решения научно-исследовательских задач	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету №27-№ 30
			Умеет применять на практике современные методы петрографических исследований, используемые при обработке и компьютерной интерпретации комплексной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, инженерно-геологической информации для решения научно-исследовательских задач	ПР-1	
			Владеет методикой применения на практике современных методов петрографических исследований, используемых при обработке и компьютерной	ПР-12.	

			интерпретации комплексной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, инженерно-геологической информации для решения научно-исследовательских задач		
5	Характеристика U-Th-Pb изотопной системы	ПК-2.3.	Знает особенности интерпретации методов петрографических исследований при анализе геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, подготовки публикаций	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету №31-№ 36
			Умеет использовать особенности интерпретации методов петрографических исследований при анализе геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, подготовки публикаций	ПР-1	
			Владеет методами использования особенностей интерпретации методов петрографических исследований при анализе геологической	ПР-12.	

			информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, подготовки публикаций		
6	Решение геохронологических задач современной геологии	ПК-2.3.	Знает особенности интерпретации методов петрографических исследований при анализе геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, подготовки публикаций	УО-1 Собеседование	Вопросы к зачету №37-№ 38
			Умеет использовать особенности интерпретации методов петрографических исследований при анализе геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, подготовки публикаций	ПР-12	
			Владеет методами использования особенностей интерпретации методов петрографических исследований при анализе геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по		

			тематике научных исследований, подготовки публикаций		
--	--	--	---	--	--

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

VII. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Изотопная геология: Учебник/Япаскурт О.В., 2-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 359 с Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=511233>

2. Гуров Ю. Б. Спектроскопия сверхтяжелых изотопов водорода: Учебное пособие / Гуров Ю., Чернышев Б.А. - М.:НИЯУ "МИФИ", 2010. – 60 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=562761>

3. Ежова А.В. Изотопная геология : учебное пособие для прикладного бакалавриата / А. В. Ежова ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Москва : Юрайт, 2016. 101 с.

Режим доступа: http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?match_1=MUST&field_1&term_1=%D0%9B%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F&sort=dateNewest&theme=FEFU (1 экз.)

Дополнительная литература

4. Ежова А.В. Изотопная геология. Краткий курс: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского технического университета, 2014. – 102 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34674.html>

5. Жданов В.М. Тайны разделения изотопов / Жданов В.М. - М.:НИЯУ "МИФИ", 2011. – 224 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=608746>

6. Киреев С.В. Оптические методы детектирования долгоживущих изотопов йода: Монография / Киреев С.В., Шнырев С.Л. - М.:НИЯУ "МИФИ", 2010. – 284 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=563150>

Нормативно-правовые материалы

1. ГОСТ 32723 — 2014. Определение минералого-петрографического состава. Москва Стандартинформ 2014. Режим доступа: http://www.euro-test.ru/Pub.Lib/Normativ_docs/GOST32723.pdf...

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Информационные справочные системы, возможности которых студенты могут свободно использовать:

1. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/defaultx.asp>;
2. Электронно-библиотечная система Znanium.com НИЦ "ИНФРА-М" <http://znanium.com/>
3. Электронная библиотека "Консультант студента" КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА - электронная библиотека технического вуза. <http://www.studentlibrary.ru/>
4. Электронно - библиотечная система образовательных и просветительских изданий в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. <http://www.iqlib.ru>
5. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online» ЭБС по тематике охватывает всю область гуманитарных знаний и предназначена для использования в процессе обучения в высшей школе, как студентами преподавателями, так и специалистами гуманитариями. www.biblioclub.ru
6. Неофициальный сервер геологического факультета МГУ <http://window.edu.ru/resource/795/4795>
7. Российская национальная библиотека - www.nnir.ru
8. Национальная электронная библиотека - www.nns.ru
9. Российская государственная библиотека - www.rsi.ru

Научные периодические издания:

Геодинамика и тектонофизика. Режим доступа:

Геология и разведка.

Геология и геофизика.

Геология рудных месторождений.

Геотектоника.

Геофизика.

Доклады Академии наук.

Записки Всероссийского минералогического общества.

Известия Вузов. Геология и разведка.

Изотопная геология и полезные ископаемые

Отечественная геология;

Разведка и охрана недр

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Изотопная геология» основным инструментарием является персональный компьютер с широким спектром стандартных программных продуктов - (Excel, Word, Power Point).

Программное обеспечение, доступное студентам для выполнения задания по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы:

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
Компьютерный класс, Ауд. Е301, 15	– Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов; - приложение Microsoft Power Point для подготовки слайдов к демонстрации докладов с помощью видеосистем; – 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; – ABBYY FineReader 11 - программа для оптического распознавания символов; – Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и

	<p>просмотра электронных публикаций в формате PDF;</p> <ul style="list-style-type: none"> – AutoCAD Electrical 2015 Language Pack – English - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; – MATLAB R2016a - пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете – CorelDRAW – для подготовки рисунков к отчетам.
--	--

VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины. Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные работы, практические занятия, задания для самостоятельной работы.

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Практические занятия направлены на формирование практических умений и навыков, необходимых в практической деятельности.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче зачета, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

Работа с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы (<http://znanium.com>; <http://www.iprbookshop.ru>; <https://elibrary.ru>).

Подготовка к зачету. К сдаче зачета допускаются обучающиеся, выполнившие все (практические и самостоятельные), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85 % аудиторных занятий.

IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения исследований осадочных горных пород, связанных с выполнением заданий по дисциплине «Изотопная геология», а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты Е301, Е-503, соответствующий действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ:

Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень основного оборудования
Лаборатория микроскопии ауд. Е 503	Эталонная учебная коллекция осадочных горных пород Микроскопы для работы в проходящем свете, Микроскопы бинокулярные для работы в отраженном свете. Магнитные стрелки
Компьютерный класс, Ауд. Е301	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty
Читальные залы Научной	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900),

библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек.
Мультимедийная аудитория Е-503	проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avertision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS)

Х. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Для дисциплины «Изотопная геология» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Собеседование (УО-1)
2. Презентация / доклад (УО-3)

Письменные работы:

1. Практическое занятие (контрольно-графическая работа (ПР-12))
2. Тест (ПР-1)

Устный опрос

Устный опрос / собеседование (УО-1) позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Презентация / доклад (УО-3) – продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Письменные работы

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Практическое занятие (Контрольно-графическая работа (ПР-12) – средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине.

Тест (ПР-1) – система стандартизированных заданий, позволяющая ав-

томатизировать процедуру изменения уровня знаний и умений обучающегося.

Оценивание результатов освоения дисциплины «Изотопная геология» осуществляется осуществляются методами промежуточной (зачет) и текущей аттестаций.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Перечень типовых вопросов к зачету:

1. Строение и свойства атомов.
2. Периодическая система химических элементов. Основные понятия и закономерности
3. Зависимость свойств элементов от строения электронных орбит.
4. Причины вариаций изотопного состава элементов в природе.
5. Стабильные и радиоактивные изотопы
6. Закон радиоактивного распада.
7. Основоположники радиоизотопных методов датирования
8. Основные принципы изотопной геохронологии.
9. Понятие долгоживущих радиоактивных изотопов с точки зрения наук о Земле.
10. Интерпретация геохронологических данных.
11. Оценка скоростей геологических процессов.
12. Возраст Земли и метеоритов.
13. Закономерности диффузии химических элементов и их изотопов в геологических объектах.
14. Основы изотопной масс-спектрометрии.
15. Основные виды масс-спектрометров, применяемых в современном изотопном анализе, их сходство и различие.
16. Две основные задачи, решаемые с помощью масс-спектрометров в изотопной геохронологии: исследование изотопного состава и определение элементных концентраций.

17. К-Ar изотопный метод датирования.
18. Область применения и ограничения К-Ar метода.
19. Распространенность калия в породах и минералах.
20. Нейтронно-активационный вариант К-Ar метода.
21. Изохронный Rb-Sr метод датирования.
22. Области применения и ограничения Rb-Sr метода.
23. Устойчивость и механизмы нарушения Rb-Sr системы пород и минералов.
24. Способы представления Rb-Sr изотопных данных. Изохронные модели.
25. Причины и характер вариаций изотопного состава стронция в природе.
26. Оценки Rb/Sr отношения в однородном резервуаре (UR) и реальной примитивной мантии.
27. Изохронный Sm-Nd метод датирования.
28. Области применения и ограничения Sm-Nd метода
29. Причины и характер вариаций изотопного состава неодима в природе.
30. Модельный возраст в Sm-Nd системе. Принципы расчёта, геологический смысл.
31. U-Th-Pb метод изотопной геохронологии.
32. Построение диаграмм с конкордией и дискордией.
33. Основные урансодержащие минералы, используемые при датировании U-Th-Pb методом
34. Локальный U-Th-Pb изотопный анализ по цирконам в изотопной геохронологии.
35. Применение циркона для датирования геологических процессов.
36. Устойчивость циркона и причины нарушения U-Pb системы.
37. Причины изотопной гетерогенности мантии Земли

38. Роль изотопной геологии в решении глобальных геохронологических задач современной геологии.

**Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине
«Изотопная геология»**

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка зачета (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
100-61	«зачтено»	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
60-50	«не зачтено» /	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

Критерии оценки практических заданий

Практические задания оцениваются от 2 до 5 баллов.

Критерии	Баллы
Правильность и корректность выполнения работы	1
Полнота выполнения задания (задание выполнено полностью или частично)	1
Наличие результатов и выводов	1
Качество оформления	1
Самостоятельность выполнения задания	1
«5» <i>высокий уровень</i> – 5 баллов (выполнены правильно все требования);	
«4» <i>повышенный уровень</i> – 3 – 4 балла (не соблюдены 1–2 требования);	
«3» <i>базовый уровень</i> – 2 балла (допущены ошибки по трем требованиям);	
«2» <i>низкий уровень</i> – менее 2 баллов (допущены ошибки более чем по трем требованиям)	

Тестовые задания проверки знаний по курсу дисциплины

- 1. Какими категориями оценивается относительный возраст горных пород?**
- a) годами
 - b) «моложе», «древнее», «одновременно»
 - c) Периодами
 - d) слоями
- 2. Укажите правильное расположение временных отрезков в порядке уменьшения их продолжительности**
- a) эон, период, век, эпоха, эра
 - b) эон, эра, период, эпоха, век
 - c) эон, эпоха, эра, период, век
 - d) эон, эра, эпоха, период, век
- 3. Как называется раздел геологической науки, изучающий слои земной коры, их взаиморасположение и последовательность возникновения?**
- a) Литология
 - b) стратиграфия
 - c) историческая геология
 - d) динамическая геология
- 4. Какое явление называется стратиграфическим перерывом?**
- a) когда однородные слои прослеживаются на большие расстояния
 - b) когда осадочные породы одного типа переходят по латерали в породы другого типа
 - c) когда нарушается последовательность напластования и исчезает группа слоев
 - d) когда переход от одного типа пород имеет характер пальцеобразного замещения
- 5. Продолжите предложение: «Ритмостратиграфия – это»**
- a) прослеживание однородных пластов
 - b) выделение ритмов в разрезе и последовательности их образования
 - c) подсчет годичных колец ископаемых стволов деревьев
 - d) изучение слоев горных пород в обнажениях, их взаиморасположения и последовательности возникновения
- 6. Какой метод относительной геохронологии основан на изучении остатков животных и растений?**
- a) Сейсмостратиграфический
 - b) литостратиграфический
 - c) ритмостратиграфический
 - d) биостратиграфический
- 7. На какой закон опирается палеонтологический метод?**

- a) фаунистической и флористической последовательности
- b) последовательности напластования
- c) естественного отбора
- d) физиологической адаптации

8. Назовите руководящие ископаемые континентальных отложений

- a) стволы деревьев
- b) головоногие моллюски
- c) птицы
- d) летучие мыши

9. Продолжите определение: «Абсолютная геохронология – это ...»

- a) деление истории Земли на периоды
- b) определение возраста отдельных слоев путем непосредственного наблюдения в обнажении
- c) расчленение пород по остаточной намагниченности
- d) возраст горных пород в годах

10. Какой метод абсолютной геохронологии основан на изучении годовичных слоев в ленточных глинах и сланцах?

- a) Дендрологический
- b) изотопный
- c) варваметрический
- d) калий-аргоновый

11. На чем основаны радиологические методы?

- a) на изучении годовичных слоев роста
- b) на подсчете годовичных слоев в ленточных глинах
- c) на явлении радиоактивного распада
- d) на изучении космического излучения

12. Каким радиологическим методом определяют возраст пород, содержащих минерал глауконит?

- a) калий-аргоновым
- b) радиоуглеродным
- c) рубидий-стронциевым
- d) уран-свинцовым

13. Какой метод позволяет выяснить время образования торфа?

- a) уран-свинцовый
- b) радиоуглеродный
- c) рубидий-стронциевый
- d) калий-аргоновый

14. Каким методом наиболее надежно можно определить возраст самых древних пород?

- a) уран-свинцовый
- b) радиоуглеродный
- c) рубидий-стронциевый
- d) калий-аргоновый

15. В чем заключается отличие геохронологической шкалы от стратиграфической?

- a) подразделяются осадочные породы
- b) подразделяются этапы развития органического мира
- c) подразделяются отложения архея, протерозоя, фанерозоя
- d) подразделяются геологические периоды

16. Какой эон является древнейшим?

- a) Фанерозоский
- b) архейский
- c) протерозойский
- d) рифейский период

17. К чему относится рифей?

- a) архейскому эону
- b) позднему протерозою
- c) раннему протерозою
- d) венду

18. В составе какого подразделения шкалы выделяется вендский период?

- a) архейского эона
- b) позднего протерозоя
- c) раннего протерозоя
- d) палеозойской эры

19. В какую эру включен кембрийский период?

- a) Палеозойскую
- b) кайнозойскую
- c) мезозойскую
- d) вендский период

20. После какого периода следует четвертичный период?

- a) Палеогенового
- b) пермского
- c) мелового
- d) неогенового

Критерии оценки дидактических тестовых материалов

Высокий уровень (Отметка «5») – выполнено 90–100 % заданий теста;

Повышенный уровень (Отметка «4») – выполнено 70–89 % заданий теста;

Базовый уровень (Отметка «3») – выполнено 50–69 % заданий теста;

Низкий уровень (Отметка «2») – выполнено менее 50 % заданий теста.