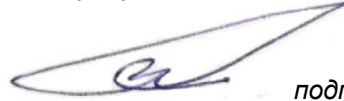


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
минералогии, петрографии и геохимии  
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины



Альбеков А.Ю.  
подпись, расшифровка подписи  
14.05.2024г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФТД.02 Геохимия изотопов**

*Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

21.05.02 Прикладная геология

2. Профиль подготовки/специализация: Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

3. Квалификация выпускника: горный инженер-геолог

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: минералогии, петрографии и геохимии

6. Составители программы:

Абрамов Владимир Владимирович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

---

7. Рекомендована: НМС геологического факультета №8 от 13.05.2024

*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)*

---

8. Учебный год: 2027-2028

Семестр(ы)/Триместр(ы): 8

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

– усвоение основных понятий об изотопах, их видах и широком распространении в природе;

– применение изотопов в геологии для определения физико-химических параметров различных процессов и обстановок, палеоклимата, источника рудных и других элементов, определения возраста различных пород (геохронология);

– научить использовать полученные знания в геологической практике, применять необходимые методы для решения геологических задач.

Задачи учебной дисциплины:

Задачами преподавания дисциплины являются:

– усвоение студентами теоретических основ геохимии изотопов

– получение навыка интерпретировать результаты изотопных отношений.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

(обязательная часть или часть, формируемая участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1, к которой относится дисциплина; требования к входным знаниям, умениям и навыкам; дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей (при необходимости))

Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: Факультативная дисциплина.

требования к входным знаниям, умениям и навыкам: для успешного освоения дисциплины студентам необходимы базовые знания, умения и навыки, полученные при изучении химии, физики, геохимии.

дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей: региональная металлогения, эволюция геологических процессов.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен моделировать и восстанавливать геологические обстановки прошлого для прогноза поисков полезных ископаемых	ПК-3.1	По текстурно-структурным признакам и органическим остаткам восстанавливает физико-географические и палеоэкологические обстановки прошлого	Знать: закономерности распространения изотопов в природных системах, их поведение в магматическом и метаморфическом процессах, главные изотопные отношения в земной коре Уметь: применять базовые знания, характеризующие основные закономерности распада радиоактивных ядер при анализе абсолютного возраста и продолжительности геологических процессов Владеть: способностью выбирать и видеть принципиальные отличия в различных методах и методиках определения абсолютного возраста геологических образований, основанных на изучении радиоактивного распада атомных ядер

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 2 /72.

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) зачет

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		8 семестр	№ семестра	...
Аудиторные занятия	10	10		
в том числе:	лекции	10		
	практические	-		
	лабораторные	-		
Самостоятельная работа	62	62		
в том числе: курсовая работа (проект)	-	-		
Форма промежуточной аттестации (экзамен – ___ час.)	Зачет	Зачет		
Итого:	72	72		

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Введение, строение атомного ядра, изотопы, их классификация	Строение атомного ядра, характеристики нуклонов, устойчивость ядра. Открытие изотопов, история их изучения, классификация, терминология.	
1.2	Распространенность изотопов, их фракционирование в природных объектах	Распространенность изотопов в периодической таблице и в природе. Изотопные эффекты, фракционирование изотопов. Изотопные стандарты, изотопная плотность. Понятие о стабильных изотопах, их распространенности.	
1.3	Основные методы определения абсолютного возраста геологических образований.	Основные методы и методики определения абсолютного возраста горных пород. Точность определения абсолютного возраста. Области применения. Ограничения и недостатки методов.	
1.4	Радиоактивные и стабильные изотопы в проблеме рудообразования	Изотопные критерии источников вещества рудных месторождений. Происхождение рудных флюидов. Радиогенные изотопы, как петрогенетические индикаторы геологических процессов.	
1.5	Радиоактивные изотопы и геохронология	Радиоактивные изотопы в горных породах Земли, планет, Луны, метеоритах. Ядерная геохронология, ее основные положения. Основное уравнение радиоактивного распада.	
1.6	Масс-спектрометрические измерения	Устройство и принципиальная схема масс-спектрометра. Виды масс-спектрометров. Характеристика современных масс-спектрометров. Единицы измерения радиоактивности.	
<b>2. Практические занятия</b>			
<b>3. Лабораторные занятия</b>			

\* заполняется, если отдельные разделы дисциплины изучаются с помощью онлайн-курса. В колонке Примечание необходимо указать название онлайн-курса или ЭУМК. В других случаях в ячейки ставятся прочерки.

#### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№	Наименование темы	Виды занятий (количество часов)
---	-------------------	---------------------------------

п/п	(раздела) дисциплины	Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.1	Введение, строение атомного ядра, изотопы, их классификация	1	-	-	10	11
1.2	Распространенность изотопов, их фракционирование в природных объектах	2	-	-	10	12
1.3	Основные методы определения абсолютного возраста геологических образований.	2	-	-	11	13
1.4	Радиоактивные и стабильные изотопы в проблеме рудообразования	1	-	-	11	12
1.5	Радиоактивные изотопы и геохронология	3	-	-	10	13
1.6	Масс-спектрометрические измерения	1	-	-	10	11
	Итого:	10	-	-	62	72

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: указание наиболее сложных разделов, работа с конспектами лекций, презентационным материалом, рекомендации по выполнению курсовой работы, по организации самостоятельной работы по дисциплине и др.)

В рамках дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии: занятия лекционного типа, самостоятельная работа студентов, включающая усвоение теоретического материала, подготовку к практическим занятиям, работа с учебниками, учебно-методической литературой, подготовка к текущему контролю успеваемости, к зачету, а также консультирование студентов по вопросам поиска научной информации, изучения учебного материала и практического решения задач.

Чтение лекций осуществляется с презентацией основных материалов на мультимедийном оборудовании, что значительно повышает зрелищность, показательность и усвоение материала.

Для успешного овладения курсом необходимо обязательно посещать все занятия. В случаях пропуска занятия студенту необходимо самостоятельно изучить материал и ответить на контрольные вопросы по пропущенной теме и защитить работу преподавателю во время его индивидуальных консультаций. В ходе занятий обучающимся рекомендуется: вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению; задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью выяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Проведение курса возможно с применением дистанционных образовательных технологий. На образовательном портале ВГУ функционирует электронный курс «Геохимия изотопов и геохронология», где размещены все презентации, тестовые задания и предусмотрена возможность проведения занятий в режиме видеоконференций.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Родыгина В. Г. Курс геохимии : [учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению 020300 Геология и всем геол. специальностям] / В.Г. Родыгина. — Томск : Изд-во науч.-техн. лит., 2006. — 291 с. 69 экз, гриф
2	Чертко, Н. К. Геохимия : учебное пособие / Н. К. Чертко. — Минск : БГУ, 2016. — 295 с. — ISBN 978-985-566-328-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/180453">https://e.lanbook.com/book/180453</a> (дата обращения: 07.10.2021). — Режим доступа: для авториз.

	пользователей.
--	----------------

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Азбель И.Я. Радиогенные изотопы и эволюция мантии Земли, коры и атмосферы \ И.Я. Азбель, И.Н. Толстихин. – Апатиты: АН ССР, Кольский филиал. 1988. – 140 с.
2	Войткевич Г.В. Геохимия и космохимия изотопов / Г.В. Войткевич. – Москва. : Энергоатомиздат, 1983. – 102 с.
3	Изотопная геология: сборник. – Москва. : Недра, 1984. – 333 с.
4	Справочник по изотопной геохимии / Э.В. Собонович [и др.] – Москва. : Энергоиздат, 1982. – 240 с.
5	Титаева Н.А. Ядерная геохимия: учеб. / Н.А. Титаева. – Москва. : Изд-во Московского университета, 1992. – 272 с. 1 экз, б/грифа
6	Фор Г. Основы изотопной геологии / Г. Фор. – Москва. : Мир, 1989. – 590 с. 1 экз, б/грифа
7	Хефс Й. Геохимия стабильных изотопов. / Й. Хефс. – Москва. : Мир, 1983. – 200 с

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурсы
1	ЗНБ Воронежского государственного университета <a href="https://lib.vsu.ru">https://lib.vsu.ru</a>
2	ЭБС "Университетская библиотека online" <a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a>
3	Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <a href="https://www.studentlibrary.ru">https://www.studentlibrary.ru</a>
4	ЭБС «Рукопт» <a href="https://rucont.ru/">https://rucont.ru/</a>
5	ЭБС «Юрайт» <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
6	Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <a href="https://www.iprbookshop.ru/">https://www.iprbookshop.ru/</a>
7	Научная электронная библиотека <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
8	Электронный курс «Геохимия» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3878">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3878</a>

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)**

№ п/п	Источник
1	Справочник по геохимии. / Г.В. Войткевич [и др.] – М. : Недра, 1990. – 480 с.
2	Геохимическая таблица

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При реализации учебной дисциплины используются классические образовательные технологии (лекционные, практические занятия), а также применяются дистанционные образовательные технологии. Возможна реализация дисциплины в смешанном режиме.

№пп	Программное обеспечение
1	WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc
2	OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc
3	Неисключительные права на ПО Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Расширенный Russian Edition
4	Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах Антиплагиат.ВУЗ
5	Офисное приложение AdobeReader
6	Офисное приложение DjVuLibre+DjView

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

В процессе изучения дисциплины используется лекционная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием. Для проведения практических занятий, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы используются аудитории, вместимостью 30 – 35 посадочных мест. Практические занятия сопровождаются работой с таблицей Д.И. Менделеева, геохимической таблицей, моделями кристаллических решеток минералов, результатами спектрального, химического и др. видов анализов и прочим раздаточным материалом.

Проведение курса возможно с применением дистанционных образовательных технологий на образовательном портале ВГУ ([www.edu.vsu.ru](http://www.edu.vsu.ru)) осуществляется с применением ноутбука TOSHIBA Satellite A200-23J с встроенной видеокамерой и микрофоном.

Используется следующее программное обеспечение: WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc, OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение, строение атомного ядра, изотопы, их классификация	ПК-3	ПК-3.1	<i>Тест, опрос по лекционной части</i>
2.	Распространенность изотопов, их фракционирование в природных объектах	ПК-3	ПК-3.1	<i>Тест, опрос по лекционной части</i>
3.	Основные методы определения абсолютного возраста геологических образований.	ПК-3	ПК-3.1	<i>Тест, опрос по лекционной части</i>
4.	Радиоактивные и стабильные изотопы в проблеме рудообразования	ПК-3	ПК-3.1	<i>Тест, опрос по лекционной части</i>
5.	Радиоактивные изотопы и геохронология	ПК-3	ПК-3.1	<i>Тест, опрос по лекционной части</i>
6.	Масс-спектрометрические измерения	ПК-3	ПК-3.1	<i>Тест, опрос по лекционной части</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				<i>Перечень вопросов к зачету Итоговый тест</i>

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

1) Опрос по лекционной части; 2) Тестирование

*(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)*

*Перечень заданий, тем рефератов, тем презентаций, курсовых, докладов, лабораторных работ требования к представлению портфолио*

Типовые вопросы для проведения опроса по лекционному курсу

1. История развития представлений о возрасте Земли.
2. Открытие радиоактивности (люди, даты, основные события приведшие к открытию радиоактивности).
3. Понятие изотопы, изотоны, изобары. Их положение на диаграмме число нейтронов – число протонов.
4. Классификация изотопов. Виды изотопов. Устойчивость изотопов в зависимости от соотношения в них протонов и нейтронов.
5. Основные закономерности, характеризующие количество изотопов у химических элементов и их соотношения.
6. Охарактеризуйте негatronный распад радиоактивных ядер.
7. Охарактеризуйте позитронный распад радиоактивных ядер.
8. Что такое нейтрино?
9. Что такое изомеры?
10. Охарактеризуйте альфа-распад радиоактивных ядер.
11. Охарактеризуйте электронный захват при распаде радиоактивных ядер.
12. Охарактеризуйте спонтанное деление радиоактивных ядер.
13. Основной закон радиоактивного распада (формулировка, формула, расшифровка формулы).
14. Отношение  $N/D$  будет большим в более древних или более молодых минералах?
15. Что такое  $D_0$  в формуле для определения изохронного возраста минералов?
16.  $y = b + xk$  – уравнение прямой. Опишите поведение этой прямой при уменьшении / увеличении параметров  $b$  и  $k$ .
17. Назовите 4 условия, выполнение которых обеспечивает получение наиболее точных датировок абсолютного возраста?
18. Что значит выражение «минерал – замкнутая изотопная система»?
19. Назовите известные Вам модели современных масс-спектрометров.
20. Принципиальная схема и основные разновидности масс-спектрометров.
21. K-Ar- метод датирования. Общие сведения, геохимия калия и аргона. Реакция радиоактивного распада калия. Минералы, пригодные для датирования.
22. Rb-Sr метод датирования. Общие сведения, геохимия рубидия и стронция. Реакция радиоактивного распада рубидия. Минералы, пригодные для датирования.
23. Sm-Nd метод датирования. Общие сведения, геохимия Sm и Nd. Реакция радиоактивного распада Sm. Минералы, пригодные для датирования.
24. Lu-Hf- метод датирования. Общие сведения, геохимия Lu и Hf. Реакция радиоактивного распада Lu. Минералы, пригодные для датирования.
25. Re-Os- метод датирования. Общие сведения, геохимия Re и Os. Реакция радиоактивного распада Re. Минералы, пригодные для датирования.
26. U-Pb, Th-Pb- методы датирования. Общие сведения, геохимия U, Th, Pb. Реакции радиоактивного распада U, Th. Минералы, пригодные для датирования.
27.
  - 1) Дано; 2) написать уравнение для построения изохроны; 3) нарисовать график с двумя изохронами и ОБЪЯСНИТЬ какая изохрона более древняя / молодая; 4) указать условия, необходимые для получения точных датировок
  - А)  $K^{40}$ ,  $Ar^{40}$ ,  $Ar^{36}$
  - Б)  $Re^{187}$ ,  $Os^{187}$ ,  $Os^{186}$
  - В)  $K^{40}$ ,  $Ca^{40}$ ,  $Ca^{42}$
  - Г)  $Rb^{87}$ ,  $Sr^{87}$ ,  $Sr^{86}$
  - Д)  $Sm^{147}$ ,  $Nd^{143}$ ,  $Nd^{144}$
  - Е)  $Lu^{176}$ ,  $Hf^{176}$ ,  $Hf^{177}$
  - Ж)  $U^{235}$ ,  $Pb^{207}$ ,  $Pb^{204}$
28. Общая характеристика Ar-Ar метода.
29. Общая характеристика K-Ca метода
30. Изотопная эволюция Sr, Nd.
31. Изотопная эволюция Re, Lu, Pb.

Типовые тестовые задания из банка вопросов

**1. Методом определения абсолютного возраста, основанным на альфа-распаде является:**

- Самарий-Ниодимовый
- Лютеций-Гафниевый
- Рений-Осмиевый
- Рубидий-Стронциевый
- Уран-Торий-Свинцовый
- Калий-Аргоновый

**2. При распаде 9 родительских изотопов в системе сохранилось 9 дочерних изотопов. Это значит, что полученная датировка будет отражать возраст, который**

- будет являться истинным
- будет древнее, чем истинный
- моложе, чем истинный
- будет являться возрастом начала выветривания
- будет являться возрастом метаморфизма

**3. Для датировки изохронным методом в качестве проб нужно использовать...**

- Монофракции минералов и валовые пробы
- Валовые пробы
- Монофракции минералов

**4. Методом определения абсолютного возраста, пригодным для датировки руд месторождений молибдена является:**

- Рений-Осмиевый
- Лютеций-Гафниевый
- Самарий-Ниодимовый
- Калий-Аргоновый
- Рубидий-Стронциевый
- Уран-Торий-Свинцовый

**5. Методом определения абсолютного возраста, основанным на электронном захвате является:**

- Уран-Торий-Свинцовый
- Рубидий-Стронциевый
- Калий-Аргоновый
- Лютеций-Гафниевый
- Самарий-Ниодимовый



Рений-Осмиевый

**6. Для наиболее точной датировки в условиях плохо замкнутой изотопной системы нужно использовать отношение:**

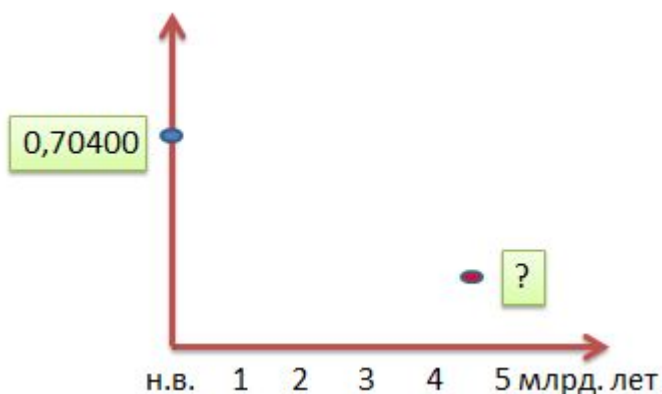
- $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
- $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
- $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$
- $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$

**7. Если рубидий накапливается в остаточных расплавах, а стронций - в твердой фазе, то эту ситуацию будут отражать следующие изотопные отношения:**

- Rb/Sr - В Ультраосновных породах - 2,0; в кислых породах - 0,5
- Rb/Sr - В Ультраосновных породах - 0,5; в кислых породах - 0,5
- Rb/Sr - В Ультраосновных породах - 0,5; в кислых породах - 2,0
- Rb/Sr - В Ультраосновных породах - 2,0; в кислых породах - 2,0

**8. Показатель ВАВІ применяется для следующего метода определения абсолютного возраста...**

- Лютеций-Гафниевый
- Уран-Торий-Свинцовый
- Рений-Осмиевый
- Рубидий-Стронциевый
- Самарий-Ниодимовый
- Калий-Аргоновый



**9. Положение красной точки определяется с помощью...**

- Изучения состава Вселенной
- Изучения современных земных горных пород
- Изучения метеоритов и газовых туманностей
- Изучения древних земных горных пород
- Изучения древних образцов с Марса

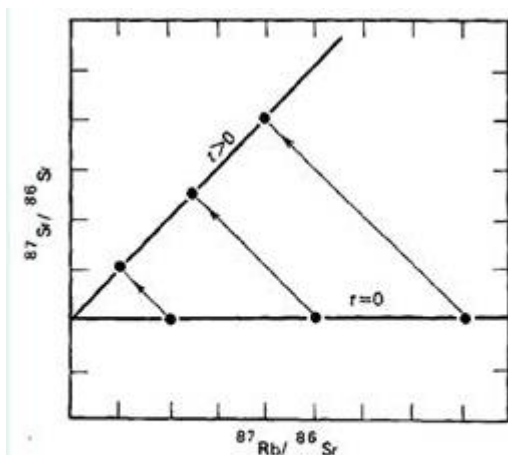


Рис. 8.1. Rb-Sr изохронная диаграмма, показывающая изотонную эволюцию пород во времени после их кристаллизации из однородной магмы.

10.

- На данном графике возраст средней точки (пробы) моложе чем левой и правой
- На данном графике возраст левой точки (пробы) древнее чем средней и правой
- На данном графике возраст всех трех проб (точек) одинаковый
- На данном графике возраст средней точки (пробы) древнее чем левой и правой
- На данном графике возраст левой точки (пробы) моложе чем средней и правой

Описание технологии проведения

Опрос по лекционной части проводится в начале занятий. Тестирование проходит после завершения изучения крупных разделов дисциплины на образовательном портале ВГУ.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

В ходе опроса по лекционной и практической частям на заданные вопросы должны быть получены четкие, правильные ответы. По итогам опросов и оценки тестовых заданий определяется количество верных ответов в процентах.

*Критерии и шкала оценивания*

*0-40% правильных ответов – не зачтено*

*41-100% правильных ответов – зачтено*

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- 1) Вопросы к зачету, 2) Итоговое тестирование  
(наименование оценочного средства промежуточной аттестации)

*Перечень практических заданий, тем рефератов, тем презентаций, курсовых, докладов, требования к представлению портфолио, вопросов к экзамену (зачету) и порядок формирования КИМ*

Перечень вопросов к зачету

1. Истоки изотопной геологии.

2. Внутреннее строение атомов.
3. Стабильность ядер и распространенность изотопов.
4. Механизмы распада радиоактивных ядер.
5. Разветвленный радиоактивный распад.
6. Основной закон радиоактивного распада.
7. Цепочки радиоактивных превращений.
8. Основы масс-спектрометрии.
9. Калий – Аргоновый метод датирования.
10. Аргон – Аргоновый метод датирования.
11. Рубидий – Стронциевый метод определения возраста
12. Изотопная геология стронция в метеоритах и земных магматических породах
13. Изотопная геология стронция в осадочных породах.
14. Самарий – Ниодимовый метод определения возраста.
15. Изотопная геология неодима в магматических породах.
16. Изотопная геология неодима в осадочных породах.
17. Лютеций – Гафниевый метод определения возраста.
18. Рений – Осмиевый метод датирования.
19. Калий – Кальциевый метод датирования.
20. Уран – Свинцовые и Торий – Свинцовые методы определения возраста.
21. Изотопная геология свинца.
22. Методы датирования, основанные на явлении нарушения радиоактивного равновесия.
23. Методы датирования, основанные на исследовании треков осколков деления и других радиационных нарушений.

#### Перечень заданий для итогового теста

Итоговый тест состоит из 58 вопросов из разных категорий (разделов), которые выбираются в случайном порядке из банка вопросов более чем из 100 наименований.

#### Описание технологии проведения

Классический зачет проводится в соответствии с Положением о проведении промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования в Воронежском государственном университете. В случае невозможности проведения классического зачета проводится итоговое тестирование.

#### Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется шала: «зачтено», «не зачтено».

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, применять теоретические знания для решения практических задач, но допускает ошибки при ответах на вопросы.	зачтено
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем (четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при решении практических задач и не дает ответы на вопросы.	не зачтено

По итогам тестирования определяется количество верных ответов в процентах.

*Критерии и шкала оценивания.* Зачтено: более 40 % правильных ответов, не зачтено: менее 40 % правильных ответов.