

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено
Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол № 25.8 от 25.08.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ГЕОХИМИЯ РАДИОНУКЛИДОВ

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.04.02 Ядерные физика и технологии

профиль

Радиоэкология и радиационная безопасность

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- сформировать базовое представление о геохимических закономерностях и специфических особенностях поведения радиоактивных и стабильных изотопов химических элементов в природных и техногенных ландшафтах, геохимических и биогеохимических подходах к решению экологических проблем и проблем современного природопользования.

2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- изучить особенности геохимического поведения первичных и техногенных радионуклидов;
- изучить теоретические основы геохимии изотопов, применяемые в ней аналитические методы;
- изучить особые свойства радионуклидов разного генезиса, в первую очередь, являющихся сырьем для ядерной энергетики, а также геохимия радионуклидов антропогенного происхождения, имеющая важное значение для экологии и природопользования.

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений, и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин ООП бакалавриата по направлению подготовки «Радиационная безопасность»: «Ядерная физика», «Химия», «Основы радиационной химии».

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Моделирование радиоэкологических процессов», научно-исследовательская работа, преддипломная практика, выполнение магистерских диссертаций.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ООП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-22.1	Способен осуществлять модельные и экспериментальные исследования в области радиационной экологии и радиационной безопасности человека и окружающей среды	3-ПК-22.1 Знать закономерности поведения радионуклидов в окружающей среде, биологического действия на человека и окружающую среду; принципы системы радиационной безопасности; основные экологические и радиоэкологические проблемы ядерно-топливного цикла; У-ПК-22.1 Уметь проводить моделирование радиоэкологических процессов; осуществлять экспериментальные радиобиологические и радиоэкологические исследования; оценивать негативные радиобиологические и радиоэкологические последствия; В-ПК-22.1 Владеть навыками оценки

		радиационной и экологической безопасности при реализации антропогенной деятельности; компьютерными технологиями и специализированными программными средствами, применяемыми для радиоэкологических исследований; навыками аналитического и инструментального анализа объектов окружающей среды.
--	--	---

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Количество часов на вид работы:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	32
В том числе:	
лекции	16
практические занятия (из них в форме практической подготовки)	16 (0)
лабораторные занятия (из них в форме практической подготовки)	- (0)
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
экзамен	36
Самостоятельная работа обучающихся	
Самостоятельная работа обучающихся	112
Всего (часы):	180
Всего (зачетные единицы):	5

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Неделя	№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы				
			Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1-8	1.	Предмет и методы ядерной геохимии. Физико-химические свойства радионуклидов. Первичные радионуклиды	5	12	-	-	40
1-2	1.1.	Введение. История развития ядерной геохимии в России	1	4	-	-	5
3	1.2.	Свойства радиоактивных элементов	1		-	-	10

3-4	1.3.	Распространенность радиоактивных элементов	1	4	-	-	10
5-8	1.4.	Геохимия урана и тория	2	4	-	-	15
9-11	2.	Геохимия естественных радионуклидов	5		-	-	36
9-10	2.1.	Первичные радионуклиды. Химические свойства и минералов урана и тория	3		-	-	12
11	2.2.	Радиогеохимия эндогенных процессов	1		-	-	12
11	2.3.	Радиогеохимия экзогенных процессов	1		-	-	12
12-16	3.	Геохимия искусственных радионуклидов	6	4	-	-	36
12-13	3.1.	Общие сведения об искусственных радионуклидах в атмосфере, в водной среде, в пресноводных экосистемах	3		-	-	12
13	3.2.	Искусственные радионуклиды в морских экосистемах	1		-	-	12
14-16	3.3.	Искусственные радионуклиды в континентальных экосистемах	2	4	-	-	12
ВСЕГО:			16	16	-	-	112

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

Неделя	№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1-8	1.	Предмет и методы ядерной геохимии. Физико-химические свойства радионуклидов. Первичные радионуклиды	
1-2	1.1.	Введение. История развития ядерной геохимии в России	Цель и основные задачи ядерной геохимии, место и роль в подготовке магистра. История возникновения и развития ядерной геохимии в России. Методы определения возраста в геохронологии.
3	1.2.	Свойства радиоактивных элементов	Основные свойства урана, тория. Ряды распада урана и тория. Радиоактивное равновесие в рядах распада.
3-4	1.3.	Распространенность радиоактивных элементов	«Всюдность» радиоактивных элементов. Кларки радиоактивных элементов. Формы нахождения радионуклидов в природных объектах. Формы переноса урана и тория в природных системах.
5-8	1.4.	Геохимия урана и тория	Геохимия урана. Геохимия тория. Геохимия радиоактивных элементов, входящих в ряды распада. Систематика изотопных отношений урана и тория.
9-11	2.	Геохимия естественных радионуклидов	
9-10	2.1.	Первичные радионуклиды. Химические свойства и минералов урана и тория	Первичные радионуклиды. Химические свойства тория. Минералы тория. Химические свойства урана. Минералы урана.
11	2.2.	Радиогеохимия эндогенных процессов	Геохимия урана и тория в магматическом процессе: содержание и формы нахождения в магматических породах, условия миграции и концентрирования при формировании интрузивно-

			магматических комплексов и вулканогенных серий. Геохимия урана и тория в карбонатитовом процессе: содержание радиоактивных элементов в карбонатитах, формы нахождения. Геохимия урана и тория в пегматитовом процессе: содержание и формы нахождения в пегматитах, условия миграции и концентрирования при формировании пегматитов, месторождения в пегматитах. Геохимия урана и тория в гидротермальном-метасоматическом процессе: формы переноса в гидротермальных растворах. Радиогеохимия метаморфических процессов: содержание радионуклидов в метаморфических породах, формы нахождения радиоактивных элементов, условия миграции и концентрирования урана и тория при метаморфизме.
11	2.3.	Радиогеохимия экзогенных процессов	Уран и торий при формировании коры выветривания: основные сведения о процессах выветривания, изменение содержания урана и тория в процессе выветривания, формы нахождения, условия миграции и концентрирования. Гидрогеохимия урана и тория: содержания, формы и условия миграции в водах зоны гипергенеза. Геохимия урана и тория в осадочном процессе: основные факторы и условия образования осадочных пород, содержание урана и тория в терригенных осадочных породах, хемогенных и биогенных отложениях, каустобиолитах. Содержание урана и тория в современных осадках: в отложениях морей и океанов, донных отложениях континентальных водоемов и водотоков, в почвах, в живом веществе. Формы нахождения, условия миграции и концентрирования урана и тория в осадочных породах и современных осадках.
12-16	3.	Геохимия искусственных радионуклидов	
12-13	3.1.	Общие сведения об искусственных радионуклидах в атмосфере, в водной среде, в пресноводных экосистемах	Источники поступления искусственных радионуклидов в биосферу. Включение искусственных радионуклидов в биогеохимический и биологический круговороты веществ.
13	3.2.	Искусственные радионуклиды в морских экосистемах	Искусственные радионуклиды в морских экосистемах: поведение радионуклидов в морской среде, в условиях прибрежной зоны, шельфа и полужамкнутых морских бассейнов. Биогеохимические закономерности миграции радионуклидов в морской среде.
14-16	3.3.	Искусственные радионуклиды в континентальных экосистемах	Искусственные радионуклиды в континентальных экосистемах: миграция радионуклидов в почвах, поступление радионуклидов в растения и в организмы животных и человека.

Неделя	№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1-8	1.	Предмет и методы ядерной геохимии. Физико-химические свойства радионуклидов. Первичные радионуклид	
1-2	1.1.	Введение. История развития ядерной геохимии в России	Практическое задание № 1. Определение абсолютного возраста магматических горных пород и типа источников магм по изотопным отношениям
3-4	1.3.	Распространенность радиоактивных элементов	Практическое задание № 2. Оценка распространенности химических элементов в главных разновидностях горных пород
5-8	1.4.	Геохимия урана и тория	Практическое задание № 3. Изучение геохимии изотопов
12-16	3.	Геохимия искусственных радионуклидов	
14-16	3.3.	Искусственные радионуклиды в континентальных экосистемах	Практическое задание № 4. Численные показатели и графическая характеристика загрязнения почв химическими элементами

Лабораторные занятия
Не предусмотрены.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для всех видов самостоятельной работы (проработки теоретического материала, подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам, выполнения курсовой работы, подготовки к контрольным испытаниям текущего контроля успеваемости, подготовки к экзамену) обучающимся рекомендуется использовать:

- конспекты лекций;
- основную и дополнительную учебную литературу (см. раздел 9);
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе периодические издания Научной электронной библиотеки e-LIBRARY.ru (<http://elibrary.ru>);

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 1 семестр			
1.	Раздел 1	З-ПК-22.1, У-ПК-22.1, В-ПК-22.1	Практическое задание № 1-2 (защита)
2.	Раздел 1-3	З-ПК-22.1, У-ПК-22.1, В-ПК-22.1	Практическое задание №

			3-4 (защита)
Промежуточная аттестация, 1 семестр			
	Экзамен	3-ПК-22.1, У-ПК-22.1, В-ПК-22.1	Экзаменационный билет

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

- контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум
Текущая аттестация	1-16	36	60
Контрольная точка № 1	7-8	18	30
<i>Практическое задание №1-2</i>	8	18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18	30
<i>Практическое задание №3-4</i>	16	18	30
Промежуточная аттестация	-	24	40
Экзамен	-		
Экзаменационный билет	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

* Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное

обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка по 4-х балльной шкале</i>	<i>Оценка ECTS</i>	<i>Требования к уровню освоения учебной дисциплины</i>
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
85-89	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	D	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
60-64		E	
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная учебная литература:

1. Живов В.Л., Бойцов А.В., Шумилин М.В. Уран: геология, добыча, экономика. – М.: Атомредметзолото, 2012. – 304 с.
2. Титаева Н.А. Ядерная геохимия. Учебник, 2-е изд., испр. и доп. – М.: МГУ, 2000. – 336 с. [Электронный ресурс] <http://bibl.tikva.ru/base/B1235/B1235Content.php> (открытый доступ)
3. Соботович Э.В., Лысенко О.Б., Демихов Ю.Н., Скульский Н.А. Геохимия стабильных изотопов некоторых биогенных элементов в биосфере // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. – 2013. – № 22. – С. 43-68. [Электронный ресурс] Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/> (открытый доступ)
4. Росляков Н.А., Жмодик С.М. Научное наследие М.А. Усова в области экзогенной геологии и геохимии рудных месторождений и его дальнейшее развитие. Материалы Всероссийского форума с международным участием, посвященного 150-летию академика Обручева В.А., 130-летию академика Усова М.А. и 120-летию профессора Урванцева Н.Н. – Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2013. – С. 81-86. [Электронный ресурс] Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/> (открытый доступ)

б) дополнительная учебная литература:

1. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты: монография / ред. Н.П. Лаверов; РАН, Ин-т геохимии и аналит. химии им. Вернадского, Рос. гос. геол.-развед. ун-т им. С. Орджоникидзе. – 2-е изд., доп. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. – 672 с. – 2 экз.
2. Водяницкий Ю.Н., Шоба С.А. Современные методы анализа в биогеохимии почв // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2013. – № 4. – С. 21-31. [Электронный ресурс] - <http://elibrary.ru/>
3. Антипин В.С., Макрыгина В.А. Геохимия эндогенных процессов. Часть II. Геохимия процессов метаморфизма и метасоматоза: Учебное пособие. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2006. – 294 с. - [Электронный ресурс] Открытый доступ на <http://window.edu.ru/resource/165/37165>

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. И.Н.Бекман. Радиохимия. Курс лекций. МГУ. Химический факультет. Кафедра радиохимии [Официальный сайт]. — URL: <http://profbeckman.narod.ru/RH0.htm>
2. Ядерная физика в Интернете [Официальный сайт]. — URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
3. Сайт научной библиотеки Сибирского федерального университета [Официальный сайт]. — URL: <http://lib.sfu-kras.ru/>
4. Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Официальный сайт]. — URL: <http://www.gpntb.ru/>
5. Научная электронная библиотека [Официальный сайт]. — URL: <http://www.elibrary.ru/>
6. Российская государственная библиотека [Официальный сайт]. — URL: <http://www.rsl.ru/>
7. Научно-техническая библиотека СГАУ [Официальный сайт]. — URL: <http://www.lib.ssau.ru/>
8. Научная библиотека Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова [Официальный сайт]. — URL: <http://www.lib.msu.ru/>
9. Научная библиотека СПбГУ [Официальный сайт]. — URL: <http://www.lib.pu.ru/>

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Рекомендации по освоению лекционного материала, подготовке к лекциям

Лекции являются основной формой обучения в высшем учебном заведении. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных материалов, освещение главных экологических проблем. В тетради для конспектирования лекций должны быть поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись.

При изучении дисциплины необходимо опираться на междисциплинарный подход к явлениям материальной действительности, т.к. в основе его лежат экологические и биологические законы и закономерности.

При изучении дисциплины следует помнить, что лекционные занятия являются направляющими в большом объёме научного материала. Большую часть знаний студент должен набирать самостоятельно из учебников и научной литературы. На мультимедийных лекциях не надо стремиться сразу переписывать всё содержимое слайдов. Необходимо научиться сопоставлять устное повествование преподавателя с наглядным представлением, после чего следует законспектировать важные факты в рабочей тетради. Тем более, не стоит полностью переписывать таблицы, перерисовывать схемы и графики мультимедийных лекций. Лучше всего, если вы пометите в конспекте лекций два противоположных или взаимодополняющих примера.

Вопросы, возникшие у Вас в ходе лекций, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснениями к преподавателю.

Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций рекомендуется использовать при подготовке к лабораторным занятиям, экзамену, при выполнении самостоятельных заданий.

Рекомендации по организации самостоятельной работы

Согласно учебному плану дисциплины «Геохимия радионуклидов» ряд вопросов общей программы вынесен для самостоятельной проработки с последующей проверкой полученных знаний и их закрепления на практических занятиях.

Самостоятельная работа включает изучение литературы, поиск информации в сети Интернет, подготовку к практическим занятиям и зачету.

Рекомендации по подготовке к экзамену

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др. Подготовку к экзамену необходимо начинать заранее. Следует проанализировать научный и методический материал учебников, учебно-методических пособий, конспекты лекций. Знать формулировки терминов и уметь их чётко воспроизводить. Ответы на вопросы из примерного перечня вопросов для подготовки к экзамену лучше обдумать заранее. Ответы построить в чёткой и лаконичной форме.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешанном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,

- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

12.1. Перечень информационных технологий

- Использование электронных презентаций при проведении лекционных и практических занятий.
- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты и веб-сервиса Google Classroom.

12.2. Перечень программного обеспечения

- Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»).
- Для оформления письменных работ, презентаций, работы в электронных библиотечных системах необходимы программы пакета Microsoft Office (Excel, Word, Power Point, Acrobat Reader), Internet Explorer, или других аналогичных.

12.3. Перечень информационных справочных систем

Не требуется.

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Геохимия радионуклидов (лекции)	Мультимедиа-проектор Проекционный экран Ноутбук Доска для написания мелом или фломастером
Геохимия радионуклидов (практические занятия)	Мультимедиа-проектор Проекционный экран Ноутбук Доска для написания мелом или фломастером

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Учебным планом не предусмотрено проведение аудиторных занятий в интерактивной форме, но возможно проведение занятий в этой форме указанных в таблице

№ раздела	Наименование раздела	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1	Предмет и методы ядерной геохимии. Физико-	Практические занятия	4	Практическое задание № 1-2 (защита с

	химические свойства радионуклидов. Первичные радионуклид			презентацией)
	Геохимия искусственных радионуклидов	Практические занятия	4	Практическое задание № 3-4 (защита с презентацией)

14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Темы для самостоятельного изучения

Геохимия радиоактивных элементов, входящих в ряды распада: Радий. Радон. Полоний. Протактиний.

Нарушение радиоактивного равновесия в рядах распада: Радиоактивное равновесие. Механизмы нарушения радиоактивного равновесия. Причины нарушения радиоактивного равновесия.

Датирование неравновесными изотопными методами: Иониевый и иониево-протактиниевый методы. Урановый изотопный метод. Метод ^{210}Pb . Датирование подземных вод с помощью неравновесных изотопных методов. Определение скорости закупорки нефтяных скважин.

Систематика изотопных отношений урана и тория. Систематика изотопных отношений $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ и $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ в зоне соприкосновения литосферы и гидросферы. Систематика изотопного отношения $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ в современных вулканических породах.

Радионуклиды - продукты природных ядерных реакций. Понятие о ядерных реакциях. Ядерные реакции в атмосфере. Первичное космическое излучение. Вторичное космическое излучение. Образование космогенных радионуклидов в атмосфере. Применение космогенных радионуклидов в качестве трассеров природных процессов. Радиоуглеродный метод датирования. Тритиевый метод. Бериллиевый метод. Использование других космогенных радионуклидов. Ядерные реакции в литосфере. Самопроизвольная цепная реакция на месторождениях урана. Ядерные реакции в метеоритах. Ядерные реакции - источник нуклеосинтеза во Вселенной.

14.3. Краткий терминологический словарь

Активность источника радиоактивного излучения - отношение общего числа распадов радиоактивных ядер в радиоактивном источнике ко времени распада.

Альфа-излучение: Корпускулярное излучение, состоящее из альфа-частиц, испускаемых в процессе ядерных превращений.

Беккерель (Бк) - единица активности радиоактивного вещества в СИ. 1 Бк равен активности такого радиоактивного вещества, в котором за время 1 с происходит один акт распада.

Бета-излучение: Корпускулярное излучение, состоящее из отрицательно заряженных электронов или позитронов, возникающее при радиоактивном распаде ядер.

Браннерит - минерал. Сложный титанат урана, тория и редких земель приблизительного состава UTi_2O_6 , где U может замещаться Th, редкоземельными элементами, Ca, Pb, а Ti железом; часто содержит адсорбированную воду. Формула (U, Ca, Th, Ce, Y) (Ti, Fe) $_2\text{O}_6$.

Гадолинит (уст. Итербит) - минерал чёрного (буро-чёрного) цвета с жирным стекловатым блеском, просвечивающийся по краям, иногда совсем непрозрачен.

Гамма-излучение: Фотонное излучение, возникающее в процессе ядерных превращений или при аннигиляции частиц.

Глинистые породы (пелиты) состоят из мельчайших частиц, диаметр которых менее 0,01 мм. Большая часть их возникает благодаря процессам химического выветривания.

Горные породы – закономерные ассоциации минералов, возникшие в глубинах Земли или на ее поверхности в результате деятельности различных геологических процессов.

Закон Гана: "Микроколичества радиоактивного элемента кристаллизуются с макроэлементом, если оба образуют изоморфные или изодиморфные кристаллы с одинаковым противоионом".

Закон радиоактивного распада - закон, по которому находят число не распавшихся атомов: $N = N_0 \cdot 2^{-t/T}$.

Изоморфизм, свойство химически и геометрически близких атомов, ионов и их сочетаний замещать друг друга в кристаллической решетке

Изотопным обменом называется перераспределение атомов изотопов одного и того же элемента в системе (внутри молекулы, между молекулами, между фазами), которое не ведет к другим изменениям системы.

Изотопы — разновидности атомов (и ядер) какого-либо химического элемента, которые имеют одинаковый атомный (порядковый) номер, но при этом разные массовые числа.

Ионизирующее излучение: Излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков.

К рудным (промышленным) минералам относятся те, которые являются источником для извлечения металлов.

Кислые породы очень светлые, содержат более 65 % SiO_2 , состоят, в основном, из кварца и ортоклаза. Представлены группой *гранита – липарита (риолита)*.

Кюри (Ки) - внесистемная единица активности радиоактивного вещества. $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Магма – огненно-жидкий силикатный расплав с температурами от 550 до 1500⁰С с количеством растворённых газов – до 12%.

Магматические горные породы возникают из магматического расплава. В зависимости от места застывания магмы они подразделяются на *интрузивные* (глубинные), т. е. образующиеся в глуби земной коры, и на *эффузивные* (поверхностные), т. е. формирующиеся на поверхности при излиянии лавы.

Массовое число (А) - общее число нуклонов (протонов и нейтронов) в атомном ядре; одна из основных характеристик атомного ядра.

Метаморфические породы образуются путём перекристаллизации первично магматических, осадочных, а иногда и уже существующих метаморфических пород под воздействием высоких температур, высоких давлений и химически активных растворов.

Минерал (франц. *minéral*, от позднелат. *minera* — руда) природное тело, приблизительно однородное по химическому составу и физическим свойствам, образующееся в результате физико-химических процессов на поверхности или в глубинах Земли (и других космических тел), главным образом как составная часть горных пород, руд, метеоритов.

Монацит - минерал, фосфат редкоземельных элементов преимущественно цериевой группы; химическая формула (Th, Ce, La, Nd...) $[\text{PO}_4]$ – безводная смесь ортофосфатов РЗЭ и Th.

Нейтрон - электрически нейтральная элементарная частица с массой покоя $1,68 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00867 \text{ а.е.м.}$ В свободном состоянии неустойчив.

Нерудные минералы - минералы, являющиеся постоянными компонентами руд, но не содержащие извлекаемых металлов и не представляющие на текущий момент промышленной ценности.

Нуклоны - общее название для протонов и нейтронов, т. е. частиц, из которых состоит ядро.

Обломочные (кластические) породы формируются в результате механического разрушения любых других горных пород.

Осадочные горные породы образуются и отлагаются на поверхности Земли в результате действия экзогенных процессов, разрушающих уже существующие породы, а также в результате жизнедеятельности организмов.

Основные породы темные, содержат 52 – 45 % SiO_2 . Состоят из основных плагиоклазов и пироксенов. Представлены группой *габбро – базальта*.

Период полураспада (Т) - интервал времени, в течение которого распадется половина первоначального количества ядер.

Протон - стабильная элементарная частица с положительным элементарным электрическим зарядом с массой покоя $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00728 \text{ а.е.м.}$

Радиоактивность – свойство неустойчивых атомных ядер одних химических элементов самопроизвольно превращаться в ядра атомов других химических элементов с испусканием одной или нескольких ионизирующих частиц. Процесс такого спонтанного ядерного превращения называется *радиоактивным распадом*. При этом образовавшееся новое (дочернее) ядро оказывается в более устойчивом состоянии, чем исходное материнское.

Радиоактивность - способность некоторых атомных ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра, испуская при этом различные частицы.

Радиоактивные семейства (ряды) - генетически связанные последовательным радиоактивным распадом цепочки (ряды) ядер естественного происхождения.

Радиоактивный элемент - химический элемент все изотопы которого радиоактивны. На практике этим термином часто называют всякий элемент, в природной смеси которого присутствует хотя бы один радиоактивный изотоп, то есть если элемент проявляет радиоактивность в природе. Кроме того, радиоактивными являются все синтезированные на сегодняшний день искусственные элементы, так как все их изотопы радиоактивны.

Радиогеология изучает ход радиоактивных процессов на нашей планете, их отражение и их проявление в геологических явлениях

Радионуклидный источник: Радиоактивное вещество в определенном конструктивном оформлении - на подложке, в капсуле, ампуле, кювете.

Радиохимия — изучает химию радиоактивных веществ, законы их физико-химического поведения, химию ядерных превращений и сопутствующие им физико-химические процессы.

Радиоэкология, раздел экологии, изучающий концентрацию и миграцию радиоактивных нуклидов в биосфере и влияние ионизирующих излучений на организмы, их популяции и сообщества — биоценозы.

Разделение изотопов — технологический процесс изменения изотопного состава вещества, состоящего из смеси различных изотопов одного химического элемента. Из одной смеси изотопов на выходе процесса получают две смеси: одна с повышенным содержанием требуемого изотопа (обогащенная смесь), другая с пониженным (обедненная смесь).

Рентгеновское излучение: Фотонное излучение, состоящее из тормозного и характеристического излучений.

Спектральный анализ - метод исследования химического состава вещества по его спектру излучения или поглощения.

Спектроскоп, спектрограф - оптические приборы для исследования спектров излучения и поглощения.

Средние породы несколько темнее, содержат 65 – 52 % SiO_2 . Состоят из ортоклаза или натриево-кальциевых плагиоклазов и включают до 30 % темноцветных минералов (биотит, роговая обманка, авгит). Представлены группами сиенита – трахита и диорита – андезита.

Структура – определяет внутреннее строение породы (степень ее кристалличности, форму зёрен, их размер).

Текстура – определяет способ заполнения пространства и характер соотношения между слагающими породу минералами.

Тектонические плиты (или литосферные плиты) - это целостные блоки, из которых состоит поверхностная оболочка нашей планеты. Они находятся в непрерывном движении, из-за чего возникают различные явления и изменяется рельеф планеты.

Ториевые руды - природные минеральные агрегаты, использование которых в качестве сырья для получения тория технически возможно и экономически целесообразно.

Ультраосновные породы черные, темно-зеленые, содержат менее 45 % SiO_2 . Сложены оливином и пироксенами, практически лишены полевых шпатов. Представлены группой *дунита – пикрита*.

Фон (ионизирующего излучения): Ионизирующее излучение, состоящее из естественного радиационного фона и ионизирующего излучения посторонних источников излучения.

Фотон - квант поля электромагнитного излучения, электрически нейтральная элементарная частица с нулевой массой покоя.

Характеристическое излучение: Фотонное излучение с дискретным энергетическим спектром, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома.

Хемогенные породы возникают при кристаллизации вещества из перенасыщенных водных растворов. В большинстве своем хемогенные породы мономинеральны: состоят из минералов классов карбонатов (*хемогенные известняки*), сульфатов (*гипс и ангидрит*), галогенидов (*соли каменная и калийная*) и др.

Цепная реакция деления - самоподдерживающаяся реакция деления тяжелых ядер, в которой непрерывно воспроизводятся нейтроны, делящие все новые и новые ядра.

Эканит - очень редкий метамиктный минерал класса силикатов. Формула: $\text{ThCa}_2\text{Si}_8\text{O}_{20}$, $(\text{Ca}, \text{Fe}^{2+}, \text{Pb})_2(\text{Th}, \text{U})[\text{Si}_8\text{O}_{20}]$, $(\text{Th}, \text{U})(\text{Ca}, \text{F}, \text{Pb})_2\text{Si}_8\text{O}_{20}$.

Ядерная реакция - реакция превращения атомных ядер в результате взаимодействия друг с другом или какими-либо элементарными частицами.

Ядерная реакция деления - реакция деления атомных ядер тяжелых элементов под действием нейтронов.

Ядерной геохимией называется раздел геохимии, изучающий радиоактивные ядра (радионуклиды) и связанные с ними ядерные процессы в земном веществе.

Ядерные силы - силы, действующие между нуклонами в атомных ядрах и определяющие строение и свойства ядер. Они короткодействующие, их радиус действия 10^{-15} м.

Ядерный реактор - устройство, в котором осуществляется управляемая цепная реакция деления ядер.

15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а также, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составила:

_____ **Т.В. Мельникова**

доцент отделения ЯФиТ(О) НИЯУ МИФИ
кандидат химических наук

Рецензент:

_____ **А.А. Удалова**

профессор отделения ЯФиТ (О) НИЯУ МИФИ,
доктор биологических наук

_____ **Н.Н. Павлова**

научный сотрудник лаборатории № 6 «Эколого-геофизического
моделирования и анализа рисков» Института проблем мониторинга
окружающей среды ФГБУ «НПО «Тайфун»,
кандидат биологических наук