



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)**

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Патрушева О.В.

(Ф.И.О. рук. ОП)

«20» июня 2019 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Академического департамента ядерных технологий

Тананаев И.Г.

(подпись)

(Ф.И.О.)

«20» июня 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ  
«Радиохимия»**

**Направление — 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики»**  
Специализация «Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной энергии»  
**Форма подготовки (очная)**

курс 4 семестр 7 и 8

лекции 54 (час.)

практические занятия 54 час.

семинарские занятия 0 час.

лабораторные работы 72 час.

в том числе с использованием МАО лек 28 /пр. - /лаб. 10 час.

всего часов аудиторной нагрузки 180 час.

в том числе с использованием МАО 38 час.

самостоятельная работа 180 (час.)

в том числе на подготовку к экзамену 54 час.

контрольная работа –2

курсовая работа 8 семестр

зачет 7, 8 семестр

экзамен в 7, 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 17.10.2016 № 1291.

Рабочая программа обсуждена на заседании Академического департамента ядерных технологий протокол № 05 от 19 июня 2019 г.

Директор департамента Тананаев И.Г.

Составитель: Тананаев И.Г.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Радиохимия» разработана для студентов 4 курса по специальности 18.05.02 – «Химическая технология материалов современной энергетики» специализация «Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной энергии», специализация «Ядерная и радиационная безопасность на объектах ядерной энергии» в соответствии с требованиями ФГОС ВО по данной специальности.

Дисциплина «Радиохимия» относится к разделу Б1.Б.4.8 базовой части учебного плана.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 10 зачетные единицы, 360 час.. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (54 час.), практические занятия (54 час.), лабораторные работы (72 час.), самостоятельная работа (180 час., из них 54 час. отводится на экзамен). Дисциплина реализуется в 7, 8 семестрах 4 курса.

Изучению дисциплины «Радиохимия» предшествует изучение дисциплин «Общая и неорганическая химия», «Химия редких элементов», «Основы ядерной физики и дозиметрии».

Знания, полученные при изучении дисциплины «Радиохимия», необходимы при изучении дисциплин «Дозиметрия и радиометрия ионизирующих излучений», «Радиоэкология», «Методы обеспечения радиационной безопасности персонала и населения», «Методы сбора, транспортировки и хранения радиоактивных отходов», «Переработка отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов». Они также могут быть использованы в научно-исследовательской работе студентов и при подготовке выпускной квалификационной работы.

Дисциплина «Радиохимия» предусматривает изучение студентами химической природы и свойств радиоактивных нуклидов, физико-химических закономерности поведения радиоактивных элементов, методы их выделения и концентрирования. Она включает также промышленную отрасль, связанную с получением высокорadioактивных материалов и регенерацией ядерного горючего, разработку методов применения радионуклидов, а также специальной техники и оборудования для защиты от вредного воздействия радиоактивного излучения. В основные разделы радиохимии входят такие разделы, как общая радиохимия, химия ядерных превращений, химия радиоактивных элементов, прикладная радиохимия, медицинская радиохимия, атомная энергетика, производство ядерного топлива, процессы ядерного оружейного комплекса и частично радиоэкология.

**Целью** изучения дисциплины «Радиохимия» является глубокое усвоение основ общей радиохимии, что необходимо для изучения специальных технологических процессов и дальнейшей практической деятельности химика-технолога; ознакомление студентов-технологов с физико-химическими особенностями состояния и поведения радионуклидов в ультра разбавленных системах, физико-химическими особенностями межфазного распределения радионуклидов, методами выделения, разделения и концентрирования радионуклидов, элементами радиационной химии.

**Задачи:**

1. Рассмотрение вопросов состояния и межфазного распределения микроколичеств радионуклидов в технологических и природных растворах;
2. Особенности физико-химического поведения атомов, вызванных высокой кинетической энергией ядер отдачи в момент их образования в результате радиоактивного распада или ядерных реакций, сопровождающихся частиц или гамма-квантов;
3. Рассмотрение вопросов изотопного обмена;
4. Химия радиоактивных элементов.

Для успешного изучения дисциплины «Радиохимия» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

ОК-1 - способностью представить современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры;

ОПК-1 - способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общекультурные / общепрофессиональные / профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 Способность использовать математические и естественнонаучные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	Знает	Химические и физико-химические свойства радиоактивных элементов
	Умеет	Рассчитывать коэффициенты распределения при экстракции радионуклидов, рассчитывать величины удельной активности
	Владеет	Основами законодательством Российской Федерации в части использования атомной энергии, в том числе НРБ 2009

ОПК-4 способностью работать с научно-технической и патентной литературой и использовать полученную информацию при осуществлении своей профессиональной деятельности	Знает	Методы поиска и обработки научно-технической информации
	Умеет	Использовать полученную информацию при осуществлении своей профессиональной деятельности
	Владеет	Методами поиска и обработка научно-технической информации в глобальных сетях
ПК-7 Способностью обеспечить безопасное проведение работы с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения	Знает	Правила работы с радиоактивными элементами
	Умеет	Рассчитывать радиометрические карты применительно к лабораторным помещениям
	Владеет	Методами дезактивации помещений в случае аварийных ситуаций
ПК-9 способностью к разработке планов и программ проведения научно-исследовательских разработок, выбору методов и средств решения новых задач	Знает	Ядерные и химические свойства природных и искусственных радионуклидов
	Умеет	Определять первичные и вторичные процессы протекающие в водных растворах под воздействием ионизирующих излучений
	Владеет	Методами радиационных превращений в гетерогенных системах
ПК-10 способностью самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей	Знает	Принципы действия радиометрического оборудования
	Умеет	Эксплуатировать современное спектральное оборудование
	Владеет	Методами пробоподготовки

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Радиохимия» применяются следующие методы активного интерактивного обучения: проблемные лекции, лекции-презентации с обсуждением, решение задач с обсуждением, доклады с обсуждением.

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

## **Лекционные занятия (54 час.)**

### **Раздел I. Поведение радионуклидов в водных растворах (18 час.)**

#### **Тема 1. Состояние радионуклидов в водных растворах (6 час.)**

Основные формы состояния радионуклидов в водных растворах. Ионодисперсное состояние. Термодинамический анализ состояния радионуклидов в водных растворах с учетом гидролиза и комплексообразования.

Коллоидное состояние. Возникновение представления о коллоидах. Истинные коллоиды. Пересыщенные растворы. Абсолютное и относительное пресыщение. Способы получения пересыщенных растворов. Термодинамический анализ условий образования осадков, образующихся при химическом взаимодействии веществ. Условия образования осадков гидроксидов для случая мооядерного гидролиза.

Псевдоколлоиды: определение, природа процессов, приводящих к их образованию. Работы И.Е. Старика по определению природы радиоколлоидов. Современные взгляды на природу радиоколлоидов.

#### **Тема 2. Особенности поведения радиоактивных веществ (6 час.)**

Физико-химические особенности межфазного распределения радионуклидов. Виды межфазного распределения. Соосаждение; классификация явлений соосаждения. Сокристаллизация или соосаждение со специфическим носителем. Изоморфизм, его виды. Изовалентное и гетеровалентное изоморфные замещения. Правило изоморфизма Гольдшмидта.

Закономерности соосаждения со специфическими носителями. Закон распределения Хлопина, термодинамическое соосаждение. Логарифмическое распределение; уравнение Тернера и Госкинса. Основные области применения специфических носителей.

Адсорбция как вид межфазного распределения. Правило Фаянса - Панета-Хана. Классификация адсорбционных процессов по А.П. Ратнеру. Адсорбция радионуклидов на полярных кристаллах. Первичная и вторичная адсорбция.

Адсорбция радионуклидов на стекле. Структура стекла и его поверхностного слоя. Зависимость адсорбции от рН, природы стекла и характера его обработки.

Сорбция радионуклидов оксигидратами и другими неорганическими ионообменниками.

### **Тема 3. Методы выделения, разделения и концентрирования радионуклидов (6 час.)**

Разделение, выделение и концентрирование радионуклидов; количественные характеристики процессов (коэффициенты распределения, разделения, концентрирования и очистки). Использование носителей (изотопных, изоморфных и инертных).

Методы хроматографии. Ионообменная хроматография. Иониты, классификация строение, свойства, применение. Основные электрохимические методы. Методы соосаждения и сорбции; дистилляции и выщелачивания.

## **Раздел II. Основы ядерной химии и радиоаналитика (18 час.)**

### **Тема 1. Химические явления, сопровождающие ядерные превращения (6 час.)**

Энергетическое состояние продуктов радиоактивного распада и ядерных реакций.

Энергия отдачи ядра в случае испускания частиц и фотонов. Реакции Сцилларда-Чалмерса.

Движущая сила реакций изотопного обмена (РИО). Классификация РИО по механизму процесса и месту протекания. Кинетика реакций изотопного обмена; основное уравнение; период полубомена и его связь с параметрами системы.

### **Тема 2. Элементы радиационной химии (6 час.)**

Общая схема радиационно-химических процессов (возбужденные частицы, электроны и ионы, свободные радикалы). Радиолиз газов.

Радиолиз воды. Радиационно-химические реакции в водных растворах. Радиолиз органических соединений.

Радиационно-химические процессы в ядерном топливном цикле. Радиолиз экстракционных систем.

### **Тема 3. Радиоактивные индикаторы в химии (6 час.)**

Применение радионуклидов в аналитической химии. Основные направления использования радионуклидов для анализа вещества. Преимущества использования радионуклидов в химическом анализе.

Анализ с использованием природной радиоактивности; пределы обнаружения радионуклидов с разными значениями периодов полураспада.

Анализ с использованием искусственной радиоактивности: определение малого содержания вещества по известной удельной радиоактивности, метод изотопного разбавления, методы анализа, основанные на использовании стехиометрических реакций (анализ, основанный на использовании избытка осадителя; радиометрическое титрование).

Активационный анализ. Использование эффекта обратного рассеяния beta-излучения в химическом анализе.

### **Раздел III. Радионуклиды (18 час.)**

#### **Тема 1. Природные радионуклиды (10 час.)**

Уран и торий как минеральное сырье атомной энергетики. Месторождения урана и тория. Методы вскрытия и переработки минерального сырья. Мировое производство урана и тория. Применение на практике.

Основные соединения урана и тория. Основы химии урана и тория: электронное состояние, поведение в растворах, редокс-потенциалы и редокс-реакции.

Актиний, радий, протактиний. История открытия. Нахождение в Периодической таблице Д.И. Менделеева. Распространение в объектах окружающей среды. Основные химические свойства и твердые соединения элементов. Применение на практике.

#### **Тема 2. Искусственные радионуклиды (8 час.)**

Размещение актинидов в Периодической таблице Д.И. Менделеева. Синтез искусственных актинидных элементов. Сравнение с группой лантанидов. Нептуний, плутоний и америций. Актинидное сжатие, тетрад-эффект, основные физико-химические и химические свойства. Применение на практике

Трансплутониевые элементы. Основные физико-химические и химические свойства и их применение на практике.

Продукты деления (третий, прометий, технеций, радиоцезий, радиостронций).

Сверхтяжелые элементы. История открытия, современное состояние направления. «Остров стабильности».

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (54 час.)**

#### **Занятие 1. Равновесия в растворах, содержащих соли слабых кислот и оснований (5 час.)**

1. Расчет доли гидролизующихся лигандов при различных значениях pH растворов. Построение распределительных диаграмм.



2. Термодинамический анализ состояния радионуклидов сложных солевых системах в широком диапазоне рН.

3. Ионодисперсное состояние.

### **Занятие 2. Контрольная работа (5 час.)**

### **Занятие 3. Коллоидное состояние радионуклидов (5 час.)**

1. Истинные и псевдо-радиоколлоиды.

2. Расчет растворимости малорастворимых соединений и концентрации растворенных форм радионуклида на основе анализа системы "малорастворимое соединение - раствор".

### **Занятие 4. Межфазное распределение радионуклидов (5 час.)**

1. Виды межфазного распределения.

2. Изоморфное и неизоморфное соосаждение.

3. Сокристаллизация. Гомогенное и гетерогенное соосаждение.

### **Занятие 5. Адсорбция радионуклидов на полярных кристаллах (5 час.)**

1. Правило Фаянса-Панета-Хана.

2. Случаи отклонения от правила. Классификация адсорбционных процессов по Ратнеру.

3. Первичная и вторичная адсорбция, их применение.

### **Занятие 6. Иониты в радиохимии (5 час.)**

1. Виды ионитов и их свойства.

2. Применение ионитов для исследования состояния РН в водных растворах методом выходных кривых.

### **Занятие 7. Контрольная работа (5 час.)**

### **Занятие 8. Реакции изотопного обмена (5 час.)**

1. Реакции изотопного обмена (классификация и механизм).

2. Кинетика реакций изотопного обмена.

### **Занятие 9. Химические последствия ядерных реакций (5 час.)**

1. Реакции ( $n, \gamma$ ), их применение для получения радиоактивных изотопов.

2. Реакции Сцилларда-Чалмерса.

### **Занятие 10. Радиолиз (5 час.)**

1. Основные понятия и определения (доза, радиационно-химический выход и др.).

2. Первичные и вторичные процессы.

3. Радиолиз воды. Основные стадии. Стационарное состояние.

### **Занятие 11. Радиационно-химические процессы на основных стадиях ЯТЦ (2 час.)**

1. Радиационно-химические процессы на основных стадиях ЯТЦ (добыча урана, обогащение, радиолиз теплоносителей).

2. Хранение и транспортировка ОЯТ, переработка ОЯТ, хранение и захоронение.

**Занятие 12. Итоговое занятие (2 час.)**

### **Лабораторные работы (72 час.)**

Практикум по радиохимии призван закрепить теоретический материал, сформировать навыки работы в радиохимической лаборатории с соблюдением норм и правил радиационной безопасности.

**Лабораторная работа №1. Знакомство с нормами и правилами и приемами работы с радиоактивными веществами в открытом виде (8 час.)**

**Лабораторная работа №2. Изотопный генератор бария-137m (8 час.)**

**Лабораторная работа №3. Соосаждение радионуклидов с гидроксидом железа и оксидом магния (8 час.)**

**Лабораторная работа №4. Сорбция цезия -137 различными сорбентами из растворов его аналогов, в том числе из морской воды (8 час.)**

**Лабораторная работа №5. Сорбция стронция-90 различными сорбентами из растворов его аналогов, в том числе из морской воды (8 час.)**

**Лабораторная работа №6. Определение удельной активности растворов радионуклида относительным методом с предварительным разбавлением (8 час.)**

**Лабораторная работа №7. Разделение радионуклидов методом экстракционной хроматографии (8 час.)**

**Лабораторная работа №8. Определение урана в водных растворах методом спектрофотометрии (8 час.)**

**Лабораторная работа №9. Определение урана в водных растворах объемным методом (8 час.)**

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Радиохимия» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные			
				текущий контроль	промежуточная аттестация		
1	Поведение радионуклидов в водных растворах	ОПК-1 ОПК-2	знает	Устный опрос (УО-1), Контрольная работа 1 Варианты 1-4 (ПР-2)	Контрольная работа 1 Варианты 1-4 (ПР-2)		
			умеет				
			владеет				
		ПК-7 ПК-9 ПК-10	знает			Устный опрос (УО-1), Контрольная работа 2 Варианты № 1-5 (ПР-2)	
			умеет				
			владеет				
2	Основы ядерной химии и радиоаналитика	ОПК-1 ОПК-2 ПК-7 ПК-9 ПК-10	знает	Устный опрос (УО-1), Контрольная работа 1 Варианты 1-4 (ПР-2)			
			умеет				
			владеет				
			знает			Устный опрос (УО-1), Контрольная работа 2 Варианты № 1-5	
			умеет				
			владеет				

Контрольные и методические материалы, 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.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Давыдов Ю.П. Основы радиохимии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Давыдов Ю.П.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2014.— 319 с. Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/35519.html>
2. Медведев, В.П. Физические основы радиохимии [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Медведев, А.В. Очкин, М.А. Семенов. — Электрон. дан. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 188 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/75979>

### **Дополнительная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Жерин И.И., Амелина Г.Н. Основы радиохимии, методы выделения и разделения радиоактивных элементов. – Учебное пособие / Под ред. Жерина И.И. Томск: Изд-во Томского политехнического университета: -2009 – 196 с.

Единое окно доступа к образовательным ресурсам онлайн:

<http://window.edu.ru/resource/858/73858>

2. Черноуков Н.Г., Нипрук О.В. Уран. Прошлое, настоящее и будущее. Электронное учебное пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. - 52 с.

Единое окно доступа к образовательным ресурсам онлайн:

<http://window.edu.ru/resource/034/74034>

3. Медведев, В.П. Физические основы радиохимии [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Медведев, А.В. Очкин, М.А. Семенов. — Электрон. дан. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 188 с. Режим доступа: <https://library.dvfu.ru/lib/document/ЕК/4СЕ31595-САЕ2-4СА2-А712-3С506D4FC547/>

## **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Энциклопедия Кругосвет. Универсальная научно-популярная онлайн-энциклопедия  
[//www.krugosvet.ru/enc/nauka\\_i\\_tehnika/.../ATOMNAYA\\_ENERGETIKA.html](http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/.../ATOMNAYA_ENERGETIKA.html)..
2. [Экономика ядерной энергетики - Электронная библиотека](http://www.lib.wwer.ru/category/ekonomika-yadernoj-energetiki/) // [www.lib.wwer.ru/category/ekonomika-yadernoj-energetiki/](http://www.lib.wwer.ru/category/ekonomika-yadernoj-energetiki/)
3. Бекман И.Н. Радиохимия. Курс лекций. МГУ, 2006г. Электронный учебник. [umar.narod.ru](http://umar.narod.ru).
4. Практикум "Основы радиохимии и радиоэкологии". Под редакцией М.И. Афанасова, М.: Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2008, 90с

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Содержание методических указаний включает:

- Эффективное изучение курса предполагает регулярное посещение занятий и систематическое повторение материала, излагаемого преподавателем на лекции;
- Алгоритм изучения данной дисциплины состоит в методическом изучении материала курса его регулярном повторении в часы самостоятельной работы, а так же посещение консультаций с преподавателем;
- Работа с указанной литературой должна осуществляться прежде всего в рамках лекционного курса;
- Подготовка к зачёту должна проходить регулярно в течении семестров отведённых для занятий.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Ее содержание представлено в локальной сети института на сайте ШЕН. Имеется несколько дисплейных классов (в стандартной комплектации) для тренинга студентов по прохождению тестовых заданий и самостоятельной работы. Студентам обеспечен доступ к сети Интернет во время самостоятельной подготовки.

Освоение дисциплины предполагает использование мультимедийного оборудования с установленным программным обеспечением для воспроизведения презентаций (форматы .ppt и .pptx).

# Приложение 1 к рабочей программе учебной дисциплины



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

---

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
по дисциплине «Радиохимия»  
Направление подготовки —18.05.02 «Химическая технология материалов  
современной энергетики»  
Специализация «Ядерная и радиационная безопасность на объектах  
использования ядерной энергии»  
Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2019**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения, неделя	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение, час	Форма контроля
<b>7 семестр</b>				
1.	1-2	Подготовка к практическому занятию	2	Устный опрос
2.	3-4	Подготовка к выполнению лабораторных работ	2	Опрос перед началом занятия. Отчет о выполнении лабораторной работы.
3.	5	Подготовка к практическому занятию	2	Устный опрос
4.	6	Подготовка к выполнению лабораторных работ	2	Опрос перед началом занятия. Отчет о выполнении лабораторной работы.
5.	7-8	Подготовка к практическому занятию	2	Устный опрос
6.	9	Подготовка к выполнению лабораторных работ	2	Опрос перед началом занятия. Отчет о выполнении лабораторной работы.
7.	10	Решение расчетных задач	4	Контрольная работа
8.	12	Подготовка к практическому занятию	2	Устный опрос
9.	13	Подготовка к выполнению лабораторных работ	2	Опрос перед началом занятия. Отчет о выполнении лабораторной работы.
10.	15	Решение расчетных задач	4	Контрольная работа
11.	16-17	Подготовка к практическому занятию	2	Устный опрос
12.		Подготовка к экзамену	27	Экзамен
<b>8 семестр</b>				
13.	В течение семестра	Подготовка и выполнение курсовой работы	39	
14.	1	Изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	4	Опрос перед началом занятия
15.	2	Подготовка к практическому занятию	4	Устный опрос

16.	3	Подготовка к выполнению лабораторных работ	4	Опрос перед началом занятия. Отчет о выполнении лабораторной работы.
17.	4	Изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	4	Опрос перед началом занятия
18.	5	Подготовка к практическому занятию	4	Устный опрос
19.	6	Подготовка к выполнению лабораторных работ	4	Опрос перед началом занятия. Отчет о выполнении лабораторной работы.
20.	7	Изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	4	Опрос перед началом занятия
21.	8	Подготовка к практическому занятию	4	Устный опрос
22.	9	Подготовка к выполнению лабораторных работ	4	Опрос перед началом занятия. Отчет о выполнении лабораторной работы.
23.	10	Решение расчетных задач	4	Контрольная работа
24.	11	Изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	4	Опрос перед началом занятия
25.	12	Подготовка к практическому занятию	4	Устный опрос
26.	13	Подготовка к выполнению лабораторных работ	4	Опрос перед началом занятия. Отчет о выполнении лабораторной работы.
27.	14	Изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	4	Опрос перед началом занятия
28.	15	Решение расчетных задач	4	Контрольная работа
29.		Подготовка к экзамену	27	Экзамен

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению**

1. На самостоятельную проработку выносится изучение Федерального Закона от 11.07.2011 года № 190 «О радиоактивных отходах...». ФЗ



рекомендуется изучать по следующему плану:

- 1) требования к временному складированию и транспортировке отходов;
- 2) требования к размещению, устройству и содержанию объектов;
- 3) ориентировочный метод определения предельного количества радиоактивных отходов на территории предприятия (организации).

2. Подготовка к лекциям. Для выполнения лабораторных работ студент должен руководствоваться следующими положениями:

- 1) предварительно ознакомиться с графиком лекций;
- 2) определить необходимую литературу;
- 3) по лекционному курсу и соответствующим литературным источникам изучить теоретическую часть;

3. Основной формой учета (контроля) успеваемости и знаний студентов является зачет. Зачет предусматривает следующую цель: оценить знания студента по предмету, их прочность, развитие творческого мышления, приобретенные навыки самостоятельной работы, умение синтезировать полученные знания и применять их на практике и т.п. Готовиться к зачету необходимо в течение всего учебного времени, т.е. с первого дня очередного семестра: вся работа студента на лабораторных работах - это этапы подготовки студента к зачету. Зачет выставляется по результатам присутствия на лекциях, конспектов и теста на основании утвержденного рейтинг-плана. Экзамен выставляется только после сдачи зачета.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

По теме для самостоятельного изучения студенты опрашиваются устно на консультациях согласно графику, оцениваются по пятибалльной системе. Тестирование проводится письменно на итоговом занятии, оцениваются по пятибалльной системе.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Оценка «Отлично»

- А) Задание выполнено полностью.
- Б) Отчет/ответ составлен грамотно.
- В) Ответы на вопросы полные и грамотные.
- Г) Материал понят, осознан и усвоен.

Оценка «Хорошо»

А), Б) - те же , что и при оценке «Отлично».

В) Неточности в ответах на вопросы, которые исправляются после уточняющих вопросов.

Г) Материал понят, осознан и усвоен.

Оценка «Удовлетворительно»

А), Б - те же , что и при оценке «Отлично».

В) Неточности в ответах на вопросы, которые не всегда исправляются после уточняющих вопросов.

Г) Материал понят, осознан, но усвоен не достаточно полно.

Оценка «Неудовлетворительно»

А) Программа не выполнена полностью.

Б) Устный отчет и ответы на вопросы не полные и не грамотные.

В) Материал не понят, не осознан и не усвоен.

## Приложение 2 к рабочей программе учебной дисциплины



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

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК)**

### **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине «Радиохимия»**

**Специальность – 18.05.02 «Химическая технология материалов  
современной энергетики»**

**Специализация «Ядерная и радиационная безопасность на объектах  
использования ядерной энергии»**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2019**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<b>ПК-1</b> Способность использовать математические и естественнонаучные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	Знает	Способность рассчитывать величины удельной активности
	Умеет	Рассчитывать коэффициенты распределения при экстракции радионуклидов
	Владеет	Основами законодательством Российской Федерации в части использования атомной энергии, в том числе НРБ 2009
<b>ПК-2</b> Способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов	Знает	Принципы действия радиометрического оборудования
	Умеет	Эксплуатировать современное спектральное оборудование
	Владеет	Методами пробоподготовки
<b>ПК-11</b> Способностью проводить радиометрические и дозиметрические измерения и корректно обрабатывать экспериментальные данные	Знает	Нормы и правила дозиметрического контроля на предприятиях атомной отрасли
	Умеет	Использовать математический аппарат расчета при использовании дозиметрического оборудования
	Владеет	Применения компьютерного обеспечения
<b>ПК-12</b> Способностью обеспечить безопасное проведение работы с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения	Знает	Правила работы с радиоактивными элементами
	Умеет	Рассчитывать радиометрические карты применительно к лабораторным помещениям
	Владеет	Методами дезактивации помещений в случае аварийных ситуаций
<b>ПК-15</b> Способностью самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей	Знает	Ядерные и химические свойства природных и искусственных радионуклидов
	Умеет	Определять первичные и вторичные процессы протекающие в водных растворах под воздействием ионизирующих излучений
	Владеет	Методами радиационных превращений в гетерогенных системах

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-1 способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	Знает	Способность рассчитывать величины удельной активности	Знание основных направлений методов радиометрии	Способность выделить наиболее обоснованные методы
	Умеет	Рассчитывать коэффициенты распределения при экстракции радионуклидов	Знание критериев расчета	Способность сравнения экстракционной и сорбционной способности экстрагентов и сорбентов
	Владеет	Основами законодательством Российской Федерации в части использования атомной энергии, в том числе НРБ 2009	Знание основных законов в области охраны окружающей среды и работы с радиоактивными препаратами в лабораториях	Способность использовать основные статьи законов для оценки деятельности предприятия
ОПК-2 Способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов	Знает	Принципы действия радиометрического оборудования	Линейку современных радиометрических приборов в РФ и за рубежом	Способность выделить критерий «цена – качество»
	Умеет	Эксплуатировать современное спектральное оборудование	Знание условий эксплуатации радиометрического и дозиметрического оборудования	Способность индцировать поломки в блоках оборудования
	Владеет	Методами пробоподготовки	Владеет методами отбора проб водных, твердых и газообразных образцов	Способность оценить погрешность определяемых величин, обеспечить достоверность полученных данных
ПК-7 способностью обеспечить безопасное	Знает	Нормы и правила дозиметрического контроля на предприятиях	Знает правила работы с радиоактивными препаратами в	Обеспечение дозиметрической работы на предприятии

проведение работы с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения		атомной отрасли	соответствии с категориями	
	Умеет	Использовать математический аппарат расчета при использовании дозиметрического оборудования	Оценить погрешность при определении дозы	Обладать опытом дозиметрического контроля на предприятиях ГК Росатом
	Владеет	Применения компьютерного обеспечения	Обладаем опытом работы с принятыми в ГК Росатом программами дозиметрии	Обладать представлением деятельности доз в дозиметрическом контроле
ПК-9 способностью к разработке планов и программ проведения научно-исследовательских разработок, выбору методов и средств решения новых задач	Знает	Правила работы с радиоактивными элементами	Умение работы с препаратами радиоактивных элементов в открытой форме	Обеспечение безопасной работы в лабораториях
	Умеет	Рассчитывать радиометрические карты применительно к лабораторным помещениям	Умение определить время работы персонала на основании разработанных радиометрических карт	Умение расчета персональных сведений персоналом
	Владеет	Методами дезактивации помещений в случае аварийных ситуаций	Владеет списком современных химических препаратов, применяемых для дозиметрии помещений	Владеет техническими подходами дозиметрии помещений, предотвращения аварийных состояний
ПК-10 Способностью самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и	Знает	Ядерные и химические свойства природных и искусственных радионуклидов	Знает химические свойства актинидных элементов и продуктов деления	Знает методологию проведения исследований
	Умеет	Определять первичные и вторичные процессы протекающие в водных растворах под воздействием ионизирующих излучений	Умеет написать уравнение радиолитических реакций и оценить их механизм	Умеет рассчитать радиационные выходы продуктов при радиолитическом разложении водных растворов
	Владеет	Методами	Представляет	Владеет

устанавливать адекватность моделей		радиационных превращений в гетерогенных системах	общую схему ускорительных установок	эксплуатации простых излучающих установок
------------------------------------	--	--	-------------------------------------	---

## Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

### Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### Вопросы к экзамену

1. Что понимают под термином состояние? Перечислите основные формы состояния радионуклидов в водных растворах. Приведите уравнение материального баланса для катиона в системе состава: « $\text{CuSO}_4 - \text{NH}_4\text{Cl} - \text{H}_2\text{O} (\text{NaOH})$ ».
2. Ионодисперсное состояние радионуклидов в водных растворах. Математическая модель.
3. Методы диализа и ультрафильтрации в исследовании состояния радионуклидов в водных растворах .
4. Основные методы исследования состояния радионуклидов в водных а. растворах. Метод адсорбции.
5. Гомогенное (равновесное) распределение радионуклида между твердой фазой и раствором. Закон Хлопина.
6. Гетерогенное распределение радионуклида между твердой фазой и раствором.
7. Первичная адсорбция на полярных кристаллах.
8. Вторичная адсорбция.
9. Сокристаллизация как вид соосаждения. Изоморфизм и изодиморфизм. Закон Митчерлиха.
10. Теория изоморфизма Гольдшмидта. Виды изоморфизма.
11. Правило Фаянса-Панета-Хана, определяющее адсорбцию радионуклидов на полярных кристаллах.
12. Статика сорбции. Основные параметры. Уравнение Ленгмюра, уравнение Генри.
13. Ионный обмен. Иониты, их основные характеристики.
14. Реакции изотопного обмена. Их особенности и классификация.
15. Химические последствия, сопровождающие ядерные превращения (атомы отдачи, энергия отдачи, энергия возбуждения). Горячие атомы.

16. Реакции Сцилларда-Чалмерса (механизм, условия протекания, применение).
17. Химия горячих атомов. Явление удержания.
18. Общая схема радиационно-химических процессов. Основные виды промежуточных частиц; их происхождение, судьба.
19. Первичные и вторичные процессы, протекающие в воде под действием излучения.
20. Радиолиз воды. Радиационно-химическое стационарное состояние.
21. Радиолиз газов (на примере диоксидов углерода и азота)
22. Значение радиационно-химических процессов в ЯТЦ.
23. Радиационно-химические процессы при переработке ОЯТ. Радиолиз экстракционных систем.
24. Термодинамический анализ процессов образования истинных коллоидов в водных растворах. Рассмотреть на примере образования  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  в системе « $\text{CdSO}_4 - \text{NH}_4\text{Cl} - \text{H}_2\text{O} (\text{NaOH})$ ».
25. Изотопные генераторы.
26. Основные химические свойства актинидных элементов
27. Тритий
28. Торий, уран и элементы уранового ряда
29. Протактиний
30. Прометий
31. Технеций

### **Критерии оценки вопросов к экзамену**

#### *Отметка "Отлично"*

1. Глубокое и прочное усвоение материала, все предоставленные задания выполняются правильно.
2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

#### *Отметка "Хорошо"*

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
4. Допущены 1-2 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Знание только основного материала, но не деталей.
2. Допущены ошибки и неточности в ответах.



3. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, имеет нарушения логической последовательности.

*Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание наиболее существенной части учебного материала.

2. Не выполнена значительная часть задания, имеются существенные ошибки.

## Оценочные средства для текущей аттестации

### Варианты контрольных работ

#### Контрольная работа №1

**Тема: Содержание и состояние радионуклидов в водных растворах**

##### ВАРИАНТ 1

1. Имеется раствор фосфата натрия с удельной активностью 2.7 мКюри/мл. Какое количество этого раствора необходимо взять для приготовления 50 мл раствора с такой удельной активностью, чтобы активность образцов при измерении на счетчике с эффективностью 10% имела скорость счета 1000 имп/мин·0,5 мл?

2. Рассчитать долю ионов  $\text{Cu}(\text{OH})^+$  в системе « $\text{CuCl}_2 - \text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ » при  $\text{pH}=6$ .  $\text{C}(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,1$  моль/л. Учесть образование частиц:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})^+$ ,  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ , а также гидролиз ионов аммония.

##### ВАРИАНТ 2

1. К 10 мл исследуемого раствора, содержащего ионы серебра, добавили 20 мл 0.001 М раствора йодида калия, меченного йодом-131, удельная активность которого – 1000 имп/мин в 0.5 мл. Удельная активность фильтрата, полученного после отделения осадка йодида серебра, составила 350 имп/0.5 мл. Определить количество ионов серебра в исходном растворе.

2. Рассчитать концентрацию ионов  $^{137}\text{Cs}^+$  в растворе при удельной активности раствора азотнокислого цезия 600 имп/мин·мл. Коэффициент регистрации- 0,1.

3. Рассчитать долю ионов  $\text{UO}_2^{2+}$  в системе « $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 - \text{NaAc} - \text{H}_2\text{O}$ » при  $\text{pH}=8$ . Учесть образование следующих частиц:  $\text{UO}_2^{2+}$ ,  $\text{UO}_2(\text{OH})_2$ ,  $\text{UO}_2\text{Ac}_3^-$ .  $\text{C}(\text{NaAc}) = 1$  М.  $K_a(\text{HAc}) = 2 \cdot 10^{-5}$

##### ВАРИАНТ 3

1. Из 100 мл 0.05 М раствора серной кислоты, содержащего 1 мКюри серы-35, осадил сульфат бария 100 мл 0,05 М раствора хлорида бария. Какая активность осталась в растворе, если ПР сульфата бария равно  $10^{-10}$ .

2. Рассчитать долю ионов  $\text{Cd}(\text{NH}_3)_2^+$  в растворе состава:  $\text{CdCl}_2 - \text{NH}_4\text{Cl} - \text{H}_2\text{O}$  при следующих условиях:  $\text{pH}=10$ ,  $\text{C}(\text{NH}_4\text{Cl}) = 10^{-2} \text{ M}$ ,  $\text{K}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 10^{-5}$ . Учесть образование только следующих частиц:  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cd}(\text{NH}_3)_2^+$ ,  $\text{Cd}(\text{OH})^+$ ,  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ .

#### ВАРИАНТ 4

1. Имеется раствор фосфата натрия с удельной активностью  $10^5$  имп/мин·0.5 мл? Какое количество этого раствора необходимо взять для приготовления 100 мл раствора с такой удельной активностью  $2 \cdot 10^3$  Бк/л? Эффективность счетчика равна 10% .

2. Рассчитать долю ионов  $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$  в системе: « $\text{AgNO}_3 - \text{NaCN} - \text{H}_2\text{O}$ » при следующих условиях:  $\text{pH}=6$ ,  $\text{C}(\text{NaCN}) = 10^{-2} \text{ M}$ ,  $\text{K}(\text{HCN}) = 10^{-9}$ . Учесть образование следующих частиц:  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$ ,  $\text{Ag}(\text{CN})_3^{2-}$ ,  $\text{Ag}(\text{CN})_4^{3-}$ .

3. Имеется раствор хлорида цезия с удельной активностью 2.7 мкКюри/0.2мл. Какое количество этого раствора необходимо взять для приготовления 100 мл раствора с такой удельной активностью, чтобы активность образцов при измерении на счетчике с эффективностью 10% имела скорость счета 600 имп/мин·0.5 мл?

### Контрольная работа №2

#### Тема: Межфазное распределение радионуклидов

#### ВАРИАНТ 1

1. Как Вы понимаете термин «гомогенное распределение радионуклида между твердой фазой и раствором»? Как на практике можно его реализовать?

2. Что означает термин «адсорбционное соосаждение»?

3. Сформулируйте правило Фаянса – Панета – Хана.

4. В каком случае соединения элементов, являющихся химическими аналогами, являются изоморфными.

5. Какие ионы адсорбируются по механизму первичной адсорбции?

6. Что такое распределительное отношение? Каким образом оно связано с коэффициентом распределения?

#### ВАРИАНТ 2

1. Как Вы понимаете термин «гетерогенное распределение радионуклида между твердой фазой и раствором»? Как на практике можно его реализовать?

2. Что означает термин «изоморфное соосаждение»?

3. Какой из ионов  $\text{Cu}^{2+}$  или  $\text{Ca}^{2+}$  будет лучше адсорбироваться на положительно заряженных кристаллах  $\text{AgI}$ ? Каков механизм адсорбции?

4. Как влияет концентрация: а) собственных ионов; б) посторонних ионов на величину первичной обменной адсорбции?

5. Установите связь между коэффициентом распределения и коэффициентом концентрирования.

6. Расположите ионы  $K^+$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  в порядке возрастания степени адсорбции на отрицательно заряженной поверхности кристаллов  $RaSO_4$ .

#### ВАРИАНТ 3

1. Соосаждение и сокристаллизация. В чем заключается различие между этими терминами? В каких случаях можно пользоваться обоими терминами?

2. В чем заключается сходство и различие между первичной адсорбцией и изоморфным соосаждением?

3. В чем заключается различие между первичной и вторичной адсорбцией? Какая из них отличается большей избирательностью?

4. Какое значение для вторичной адсорбции радионуклидов влияет первичная потенциалобразующая адсорбция?

5. Установите связь между коэффициентом распределения и коэффициентом очистки.

6. Приведите уравнение первичной обменной адсорбции.

#### ВАРИАНТ 4

1. Какие вещества называются изоморфными?

2. В чем заключается сходство и различие между вторичной адсорбцией и адсорбционным соосаждением?

3. Приведите график зависимости степени адсорбции на поверхности стекла от pH. Объясните ход кривой.

4. Что такое коэффициент адсорбции? Какова его связь со степенью адсорбции?

5. Установите связь между коэффициентом распределения и коэффициентом очистки.

6. Как влияет концентрация: а) собственных ионов; б) посторонних ионов на величину первичной обменной адсорбции?

#### ВАРИАНТ 5

1. Как Вы считаете, почему сульфаты бария и радия являются изоморфными, а сульфаты магния и кальция нет?

2. Сформулируйте правило Фаянса-Панета.

3. Расположите ионы  $K^+$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  в порядке возрастания степени адсорбции на отрицательно заряженной поверхности кристаллов  $RaSO_4$ .

4. Приведите уравнение вторичной адсорбции.

5. За счет каких процессов образуется двойной электрический слой?

6. Установите связь между коэффициентом распределения и коэффициентом концентрирования.

## Критерии оценки контрольных работ

### *Отметка "Отлично"*

1. Все предоставленные задания выполнены правильно.
2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

### *Отметка "Хорошо"*

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
4. Допущены 1-2 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Выполнение только основного материала, но не деталей.
2. Допущены ошибки, неточности в ответах и недостаточно правильные формулировки.
3. Ответы неполные, хотя и соответствуют требуемой глубине, имеются нарушения логической последовательности.

### *Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание наиболее существенной части задания.
2. Не выполнена значительная часть заданий, имеются существенные ошибки.