



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

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК



«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

Капустина А.А.  
(Ф.И.О.)

« 05 » февраля 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой

Капустина А.А.  
(Ф.И.О.)

« 05 » февраля 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Основы радиационной химии  
Направление подготовки 04.03.01 Химия  
(фундаментальная химия)  
Форма подготовки *очная*

курс 4 семестр 7

лекции 9 час.

практические занятия 9 час.

лабораторные работы 00 час.

в том числе с использованием

всего часов аудиторной нагрузки 18 час.

самостоятельная работа 18 час.

в том числе на подготовку к экзамену 00 час

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет 7 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 04.03.01 Химия утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 17 июля 2017г. №671.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры общей, неорганической и элементоорганической химии, протокол № 5 от «15» января 2021 г.

Заведующий кафедрой Капустина А.А.

Составитель: Тананаев И.Г.

Владивосток

2021

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

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

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

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

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

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

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

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

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

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

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

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины:

**Целью** изучения дисциплины «Основы радиационной химии» является знакомство с основами общей радиохимии, ознакомление с физико-химическими особенностями состояния и поведения радионуклидов в ультра разбавленных системах, физико-химическими особенностями межфазного распределения радионуклидов, методами выделения, разделения и концентрирования радионуклидов.

### Задачи:

1. Рассмотрение вопросов состояния и межфазного распределения микро количеств 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 «Основы радиационной химии» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

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

способность использовать математические, естественнонаучные знания для решения задач своей профессиональной деятельности.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие профессиональные компетенции.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Технологический	<b>ПК-3</b> Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	<b>ПК-3.1.</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР
		<b>ПК-3.2</b> Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР
		<b>ПК-3.3.</b> Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР
		<b>ПК-3.4.</b> Готовит объекты исследования
Технологический	<b>ПК-4</b> Способен	<b>ПК-4-1.</b> Выполняет стандартные

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения, проводить паспортизацию товарной продукции	операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства <b>ПК-4-2.</b> Составляет протоколы испытаний, паспорта химической продукции, отчеты о выполненной работе по заданной форме

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
<b>ПК-3-1.</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР	<b>Знать</b> правила планирования отдельных стадий экспериментального исследования в области радиационной химии
	<b>Уметь</b> планировать экспериментальную часть в области радиационной химии
	<b>Владеть</b> навыками планирования отдельных стадий исследования при наличии общего плана исследований в области радиационной химии
<b>ПК-3-2</b> Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР	<b>Знает</b> правила оформления документов в области радиационной химии
	<b>Умеет</b> оформлять результаты исследования в форме общего документа в области радиационной химии
	<b>Владет</b> навыками составления текста, содержащего логически связанные главы, отражающие достижение целей в области радиационной химии
<b>ПК-3-3.</b> Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР	<b>Знает</b> технические средства и методы испытаний, необходимые для выполнения экспериментальной части испытаний в области радиационной химии
	<b>Уметь</b> выбирать технические средства и методы испытаний, необходимые для выполнения экспериментальной в области радиационной химии
	<b>Владет</b> навыками выбора технических средств и методов испытаний (из набора имеющихся) для решения экспериментальной задач в области радиационной химии
<b>ПК 3.4</b> Готовит объекты исследования	<b>Знать</b> методы подготовки объектов для исследования объектов в области радиационной химии
	<b>Уметь</b> выбирать методы подготовки объектов для исследования в области радиационной химии
	<b>Владеть</b> навыками подготовки объектов исследования в области радиационной химии
<b>ПК-4.1.</b> Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной	<b>Знает</b> правила работы на высокотехнологическом оборудовании для характеристики исследуемых в в области радиационной химии веществ и процессов
	<b>Умеет</b> выполнять стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики изучаемых в в области радиационной

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
продукции химического производства	химии веществ и процессов
	<b>Владеет</b> навыками работы на высокотехнологическом оборудовании для выполнения запланированного в области радиационной химии исследования
<b>ПК-4.2.</b> Составляет протоколы испытаний, паспорта химической продукции, отчеты о выполненной работе по заданной форме	<b>Знает</b> правила представления отчета по полученным в области радиационной химии испытаниям
	<b>Умеет</b> представлять полученные результаты в принятой в области радиационной химии форме
	<b>Владеет</b> навыками представления полученных при выполнении испытаний в области радиационной химии результатов по заданной форме

## II. Трудоемкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачётную единицу (36 академических часов).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

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

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	
1	Тема 1. Состояние радионуклидов в водных растворах	7	1	-	1	-	18	зачет
2	Тема 2. Особенности поведения радиоактивных веществ		1		2			
3	Тема 3. Методы выделения, разделения и концентрирования радионуклидов		1		1			

4	Тема 4. Химические явления, сопровождающие ядерные превращения		1		1				
5	Тема 5. Общая схема радиационно-химических процессов		2		1				
6	Тема 6. Радиоактивные индикаторы в химии		1		1				
7	Тема 7. Природные радионуклиды		1		1				
8	Тема 8. Искусственные радионуклиды		1		1				
	Итого:		9	-	9	-	18	зачет	

### III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

#### Тема 1. Состояние радионуклидов в водных растворах (1 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 моноядерного 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 (1 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 (1 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.

### **Тема 4. Химические явления, сопровождающие ядерные превращения (1 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 полуобмена и его связь с параметрами системы.

### **Тема 5. Общая схема радиационно-химических процессов (2 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 6. Радиоактивные индикаторы в химии (1 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.

#### **Тема 7. Природные радионуклиды (1 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 8. Искусственные радионуклиды (1 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».

### **IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

#### **Практические занятия (9 час.)**

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

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

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

3. Ионодисперсное состояние.

**Занятие 2. Коллоидное состояние радионуклидов (1 час)**

1. Истинные и псевдо-радиоколлоиды.

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

**Занятие 3. Межфазное распределение радионуклидов (1 час)**

1. Виды межфазного распределения.
2. Изоморфное и неизоморфное соосаждение.
3. Сокристаллизация. Гомогенное и гетерогенное соосаждение.

**Занятие 4. Адсорбция радионуклидов на полярных кристаллах (1 час)**

1. Правило Фаянса-Панета-Хана.
2. Случаи отклонения от правила. Классификация адсорбционных процессов по Ратнеру.
3. Первичная и вторичная адсорбция, их применение.

**Занятие 5. Иониты в радиохимии(1 час)**

1. Виды ионитов и их свойства.
2. Применение ионитов для исследования состояния РН в водных растворах методом выходных кривых.

**Занятие 6. Реакции изотопного обмена (1 час)**

1. Реакции изотопного обмена (классификация и механизм).
2. Кинетика реакций изотопного обмена.

**Занятие 7. Химические последствия ядерных реакций (1 час)**

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

**Занятие 8. Радиолит (1 час)**

1. Основные понятия и определения (доза, радиационно-химический выход и др.).
2. Первичные и вторичные процессы.
3. Радиолит воды. Основные стадии. Стационарное состояние.

**Занятие 9. Радиационно-химические процессы на основных стадиях ЯТЦ (1 час)**

1. Радиационно-химические процессы на основных стадиях ЯТЦ (добыча урана, обогащение. радиолит теплоносителей).
2. Хранение и транспортировка ОЯТ, переработка ОЯТ, хранение и захоронение.

**V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Основы радиационной химии» 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.

#### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения, неделя</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение, час</b>	<b>Форма контроля</b>
1.	1-18	Изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	6	УО-1. Опрос перед началом занятия
2.	1-18	Подготовка к практическому занятию	6	УО-1. Устный опрос
3.	1-18	Решение расчетных задач	6	ПР-2. Контрольная работа

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

1. На самостоятельную проработку выносятся изучение Федерального Закона от 11.07.2011 года № 190 «О радиоактивных отходах...». ФЗ рекомендуется изучать по следующему плану:

- 1) требования к временному складированию и транспортировки 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;
- 4) студенты, не посетившие более 3 лекций, к зачету не допускаются, проводится проверка конспектов и собеседование.

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.

## VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1.	Поведение радионуклидов в водных растворах	<b>ПК-3-1.</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР	Знает правила планирования отдельных стадий экспериментальной области радиационной химии; Умеет планировать экспериментальную часть в области радиационной химии; Владеет навыками планирования отдельных стадий исследования при наличии общего плана исследований в области радиационной химии	Устный опрос (УО-1), Контрольная работа 1 Варианты 1-4 (ПР-2)	Зачет, вопросы 1-8
		<b>ПК-3-2</b> Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР	Знает правила оформления документов в области радиационной химии; Умеет оформлять результаты исследования в форме общего документа в области радиационной химии; Владеет		

			<p>навыками составления текста , содержащего логически связанные главы, отражающие достижение целей в области радиационной химии</p>		
		<p><b>ПК-3-3.</b> Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР</p>	<p>Знает правила оформления документов в области радиационной химии; Умеет выбирать технические средства и методы испытаний, необходимые для выполнения экспериментальной в области радиационной химии; Владеет навыками выбора технических средств и методов испытаний (из набора имеющихся) для решения экспериментальной задач в области радиационной химии</p>		

		<p><b>ПК 3.4</b> Готовит объекты исследования</p>	<p>Знает методы подготовки объектов для исследования объектов в области радиационной химии; Умеет выбирать методы подготовки объектов для исследования в области радиационной химии; Владеет навыками подготовки объектов исследования в области радиационной химии</p>		
		<p><b>ПК-4.1.</b> Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства</p>	<p>Знает правила работы на высокотехнологическом оборудовании для характеристики исследуемых в области радиационной химии веществ и процессов; Умеет выполнять стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики изучаемых в области радиационной химии веществ и процессов; Владеет</p>		

			<p>навыками работы на высокотехнологическом оборудовании для выполнения запланированного в области радиационной химии исследования</p>		
		<p><b>ПК-4.2.</b> Составляет протоколы испытаний, паспорта химической продукции, отчеты о выполненной работе по заданной форме</p>	<p>Знает правила представления отчета по полученным в области радиационной химии испытаниям; Умеет представлять полученные результаты в принятой в области радиационной химии форме; Владеет навыками представления полученных при выполнении испытаний в области радиационной химии результатов по заданной форме</p>		
2.	<p>Основы ядерной химии и радиоаналитика</p>	<p><b>ПК-3-1.</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР</p>	<p>Знает правила планирования отдельных стадий экспериментального исследования в области радиационной химии; Умеет</p>	<p>Устный опрос (УО-1), Контрольная работа 2 Варианты 1-5 (ПР-2)</p>	<p>Зачет, вопросы 9-17</p>

			<p>планировать экспериментальную часть в области радиационной химии;</p> <p>Владеет навыками планирования отдельных стадий исследования при наличии общего плана исследований в области радиационной химии</p>		
		<p><b>ПК-3-2</b> Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР</p>	<p>Знает правила оформления документов в области радиационной химии;</p> <p>Умеет оформлять результаты исследования в форме общего документа в области радиационной химии;</p> <p>Владеет навыками составления текста, содержащего логически связанные главы, отражающие достижение целей в области радиационной химии</p>		
		<p><b>ПК-3-3.</b> Выбирает технические средства и методы</p>	<p>Знает правила оформления документов в области радиационной химии</p>		

		<p>испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР</p>	<p>химии; Умеет выбирать технические средства и методы испытаний, необходимые для выполнения экспериментальной в области радиационной химии; Владеет навыками выбора технических средств и методов испытаний (из набора имеющихся) для решения экспериментальной задач в области радиационной химии</p>		
		<p><b>ПК 3.4</b> Готовит объекты исследования</p>	<p>Знает методы подготовки объектов для исследования объектов в области радиационной химии; Умеет выбирать методы подготовки объектов для исследования в области радиационной химии; Владеет навыками подготовки объектов исследования в области</p>		

			радиационной химии		
		<p><b>ПК-4.1.</b> Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства</p>	<p>Знает правила работы на высокотехнологическом оборудовании для характеристики исследуемых в области радиационной химии веществ и процессов; Умеет выполнять стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики изучаемых в области радиационной химии веществ и процессов; Владеет навыками работы на высокотехнологическом оборудовании для выполнения запланированного в области радиационной химии исследования</p>		
		<p><b>ПК-4.2.</b> Составляет протоколы испытаний, паспорта химической продукции, отчеты о выполненной работе по заданной</p>	<p>Знает правила представления отчета по полученным в области радиационной химии испытаниям; Умеет представлять полученные</p>		

		форме	результаты в принятой в области радиационной химии форме; Владеет навыками представления полученных при выполнении испытаний в области радиационной химии результатов по заданной форме		
3.	Радионуклиды	<b>ПК-3-1.</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР	Знает правила планирования отдельных стадий экспериментального исследования в области радиационной химии; Умеет планировать экспериментальную часть в области радиационной химии; Владеет навыками планирования отдельных стадий исследования при наличии общего плана исследований в области радиационной химии	Устный опрос (УО-1), Контрольная работа 3 Варианты 1-5 (ПР-2)	Зачет, вопросы 18-31
		<b>ПК-3-2</b> Готовит элементы документации, проекты	Знает правила оформления документов в области радиационной		

	<p>планов и программ отдельных этапов НИОКР</p>	<p>химии; Умеет оформлять результаты исследования в форме общего документа в области радиационной химии; Владеет навыками составления текста, содержащего логически связанные главы, отражающие достижение целей в области радиационной химии</p>		
	<p><b>ПК-3-3.</b> Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР</p>	<p>Знает правила оформления документов в области радиационной химии; Умеет выбирать технические средства и методы испытаний, необходимые для выполнения экспериментальной в области радиационной химии; Владеет навыками выбора технических средств и методов испытаний (из набора имеющихся)</p>		

			для решения экспериментальной задачи в области радиационной химии		
		<b>ПК 3.4</b> Готовит объекты исследования	Знает методы подготовки объектов для исследования объектов в области радиационной химии Умеет выбирать методы подготовки объектов для исследования в области радиационной химии; Владеет навыками подготовки объектов исследования в области радиационной химии		
		<b>ПК-4.1.</b> Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства	Знает правила работы на высокотехнологическом оборудовании для характеристики исследуемых в области радиационной химии веществ и процессов; Умеет выполнять стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики		

			<p>изучаемых в в области радиационной химии веществ и процессов;  Владеет навыками работы на высокотехнологическом оборудовании для выполнения запланированного в области радиационной химии исследования</p>		
		<p><b>ПК-4.2.</b>  Составляет протоколы испытаний, паспорта химической продукции, отчеты о выполненной работе по заданной форме</p>	<p>Знает правила представления отчета по полученным в в области радиационной химии испытаниям;  Умеет представлять полученные результаты в принятой в области радиационной химии форме;  Владеет навыками представления полученных при выполнении испытаний в области радиационной химии результатов по заданной форме.</p>		

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 фонде оценочных средств

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

### **Основная литература**

1. Основы радиохимии [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ю.П. Давыдов - Минск : Выш. шк., 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850623959.html>
2. Основы радиохимии / Давыдов Ю.П. - Мн.:Вышэйшая школа, 2014. - 317 с.: <http://znaniy.com/catalog/product/509498>

### **Дополнительная литература** (печатные и электронные издания)

1. Егоров Ю.В. Методы концентрирования и разделения радионуклидов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Ю.В. Егоров, Н.Д. Бетенеков, В.Д. Пузако. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 128 с <http://www.iprbookshop.ru/66550.html>
1. Сапожников, Ю. А. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика : учебное и учебно-методическое пособие для вузов / Ю. А. Сапожников, Р. А. Алиев, С. Н. Калмыков. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.- 286с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:274789&theme=FEFU>

### **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 // 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

## **VIII. 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.

## IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

### Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, кампус ДВФУ, п. Аякс, 10, Корпус L, ауд. L 632 (учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации)	Парты и стулья, экран проекционный SENSSCREEN ES-431150 150* настенно-потолочный моторизированный, покрытие Matte White, 4:3, размер рабочей поверхности 305*229, проектор BenQ MW 526 E	Win EDU E3 Per User AAD Microsoft 365 Apps for enterprise EDU
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L551, Специализированная	Аналитический тренажер СВБР-100, Комплекс программно-аппаратный анализа и прогнозирования распространения	

лаборатория АДЯТ	радионуклидов	
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус А, ауд. А1017 (аудитория для самостоятельной работы)	<p>Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт.</p> <p>Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт.</p> <p>Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.</p> <p>Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек.</p> <p>Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскопечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками</p>	Win EDU E3 Per User AAD Microsoft 365 Apps for enterprise EDU

## **Х. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

#### **Примерный перечень оценочных средств (ОС)**

##### **I. Устный опрос**

1. Собеседование (УО-1) (Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.) - Вопросы по темам/разделам дисциплины.

## **II. Письменные работы**

1. Контрольная работа (ПР-2)(Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу) - Комплект контрольных заданий по вариантам.

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **Вопросы к зачету**

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 зачету**

#### *Отметка "Зачтено"*

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.

5. Допущены 1-2 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

#### *Отметка "Не зачтено"*

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.  $\text{K}_a(\text{HAc}) = 2 \cdot 10^{-5}$

### ВАРИАНТ 3

1. Из 100 мл 0.05 М раствора серной кислоты, содержащего 1 мКюри серы-35, осадили 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:  $\text{pH}=10$ ,  $\text{C}(\text{NH}_4\text{Cl}) = 10^{-2}$  М,  $\text{K}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 10^{-5}$ . 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:  $\text{pH}=6$ ,  $\text{C}(\text{NaCN}) = 10^{-2}$  М,  $\text{K}(\text{HCN}) = 10^{-9}$ . 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 мКюри/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?

## 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  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  в порядке возрастания степени адсорбции на отрицательно заряженной поверхности кристаллов  $\text{BaSO}_4$ .

### 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 потенциалообразующая 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 рН. 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.