

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Радиохимия

**Код модуля**  
1156019(1)

**Модуль**  
Основы ядерной физики и радиохимии

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Недобух Татьяна Алексеевна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	радиохимии и прикладной экологии

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

Авторы:

- Недобух Татьяна Алексеевна, Доцент, радиохимии и прикладной экологии

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Радиохимия

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	7	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен Курсовая работа	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	2
		Коллоквиум	1
		Домашняя работа	2
		Собеседование/устный опрос	2
		Отчет по лабораторным работам	2

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Радиохимия

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1 -Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества	Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде З-1 - Привести примеры основных закономерностей развития природы, человека и общества З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Коллоквиум Контрольная работа № 2 Контрольная работа №1 Курсовая работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам № 1 Отчет по лабораторным работам № 2

	<p>задач профессиональной деятельности знаний  П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности  У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности  У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p>	<p>Собеседование/устный опрос № 1  Собеседование/устный опрос № 2  Экзамен</p>
--	---	--

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>контрольная работа</i>	6,8	50
<i>домашняя работа</i>	6,8	30
<i>самостоятельное изучение материала по темам лекций</i>	6,8	20
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>

<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.4</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>выполнение лабораторных работ</i>	6,17	20
<i>отчет по лабораторным работам</i>	6,17	30
<i>собеседование</i>	6,17	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий – не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>выполнение курсовой работы</i>	6,17	100
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – 0.4</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – 0.6</b>		

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>2. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>домашняя работа</i>	7,17	50
<i>коллоквиум</i>	7,17	30
<i>самостоятельное изучение материала по темам лекций</i>	7,8	20
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		

<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b> Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – <b>0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– <b>не предусмотрено</b>		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям– <b>нет</b> Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– <b>не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.4</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	7,17	20
<i>контрольная работа</i>	7,17	30
<i>выполнение лабораторных работ</i>	7,17	20
<i>собеседование</i>	7,17	30
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям - <b>1</b>		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – <b>нет</b> Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – <b>не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям - <b>не предусмотрено</b>		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – <b>нет</b> Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – <b>не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– <b>не предусмотрено</b>		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – <b>не предусмотрено</b>		

#### 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

##### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

##### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)

2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

#### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### 5.1.2. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Идентификация  $\beta$ -излучающих радионуклидов путем анализа кривых ослабления
  2. Взаимодействие  $\gamma$ -излучения с веществом
  3. Спектрометрия ионизирующих излучений
  4. Математическая обработка результатов измерения радиоактивности
  5. Определение удельной активности проб почвы
  6. Исследование состояния тория-234 в водном растворе сорбционным методом
  7. Сорбционные методы концентрирования радионуклидов из природных вод и технологических растворов
  8. Влияние концентрации фонового электролита на процесс межфазного распределения радионуклидов
  9. Определение кинетического режима сорбции цезия
  10. Применение изотопных генераторов для получения короткоживущих радионуклидов
- LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.



## Базовый

### 5.2.1. Контрольная работа №1

#### Примерный перечень тем

1. Основной закон радиоактивного распада
2. Радиоактивные равновесия
3. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом

#### Примерные задания

- 1.1 Определить массу 1 мКи  $^{233}\text{U}$  ( $T_{1/2} = 1,6 \cdot 10^5$  лет)
- 1.2 Препарат  $^{32}\text{P}$  ( $T_{1/2} = 14,3$  сут) содержит примесь  $^{35}\text{S}$  ( $T_{1/2} = 87,2$  сут), активность которой на момент приготовления составляет 1% от общей активности препарата. Определить, какую долю от общей активности препарата она будет составлять через 90 суток.
- 1.3 Определить период полураспада Pu-239, если активность 20 мкг этого изотопа - 46 кБк.
- 1.4 Определить  $\beta^-$ -активность 1 г KCl, обусловленную  $^{40}\text{K}$ , если его содержание в природной смеси изотопов – 0,0119%, ( $T_{1/2} = 1,4 \cdot 10^9$  лет). Он имеет сложную схему распада: 11% K-захват, 89%  $\beta^-$ -распад.
  - 2.1 Рассчитать концентрацию тория-234 в растворе нитрата уранила  $C_{\text{U}}=2$  г/л, если возраст раствора 2 года.
  - 2.2 Определить массу Zr-90 в препарате Sr-90 активности  $10^9$  Бк. Возраст препарата – 10 лет.
  - 2.3 Когда накопится максимальная активность  $^{210}\text{Po}$  ( $T_{1/2}=138$  сут) в препарате  $^{210}\text{Pb}$  ( $T_{1/2}=22$  года)?
  - 2.4 Определить время установления равновесия в генетически связанной паре  $^{95}\text{Zr}$  ( $\beta^-$ ,  $T_{1/2}=64$  дня) –  $^{95}\text{Nb}$  ( $\beta^-$ ,  $T_{1/2} = 35$  сут).
  - 2.5 Устанавливается ли радиоактивное равновесие в генетически связанной паре  $^{88}\text{Kr}$  ( $\beta^-$ ,  $T_{1/2}=172$  мин) >  $^{88}\text{Rb}$  ( $\beta^-$ ,  $T_{1/2}=17,8$  мин) и какое?
- 3.1 Как изменится скорость счета препарата  $^{14}\text{C}$  ( $E_{\text{max}}=0,156$  МэВ), если расстояние от препарата до детектора увеличится с 0,2 до 2 см:  $\mu= 265\text{см}^2/\text{г}$ ,  $\rho_{\text{возд}}= 1,2$  мг/см<sup>3</sup>.
- 3.2 Принимая, что максимальный пробег  $\beta$ -излучения  $^{35}\text{S}$  ( $E_{\text{max}}=0,167$  МэВ) равен 30 мг/см<sup>2</sup>, определить, какой слой воздуха L (см) необходим для полного поглощения этого излучения (плотность воздуха 1,2 мг/см<sup>3</sup>)
- 3.3 Определить толщину слоя стекла (плотность 2,5 г/см<sup>3</sup>), полностью отсекающего излучение только что выделенного  $^{90}\text{Sr}$  ( $E_{\text{max}}=0,546$  МэВ).
- 3.4 Препарат, содержащий равновесную смесь  $^{90}\text{Sr}$  ( $E_{\text{max}}=0,545$  МэВ) и  $^{90}\text{Y}$  ( $E_{\text{max}}=2,25$  МэВ), покрыли слоем алюминия, достаточным для полного поглощения излучения  $^{90}\text{Sr}$ . Какая доля  $\beta$ -частиц  $^{90}\text{Y}$  будет задержана этим слоем?
- 3.5 Определить массовую толщину поглотителя, если при прохождении через него интенсивность излучения  $^{90}\text{Y}$  ( $E_{\text{max}}=2,25$  МэВ) снизилась в 4 раза.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Контрольная работа № 2

#### Примерный перечень тем

1. Основные характеристики процессов межфазного распределения
2. Образование истинных и псевдоколлоидов

#### Примерные задания

1. Какое максимальное значение коэффициента концентрирования может быть достигнуто при извлечении стронция-90 из раствора объемом  $10^3$  л, если объем сорбента составляет 100 мл.
2. Рассчитайте коэффициент распределения Cs-137 между катионитом и водным раствором по следующим данным: скорость счета исходного раствора -  $10^4$  имп./мин., скорость счета равновесного раствора - 1000 имп./мин., масса ионита - 1 г, объем раствора - 100 мл.
3. Рассчитайте степень извлечения Cs-137 сорбентом Т-35 ( $K_d = 10^5$  мл/г), если объем раствора - 250 мл, а масса сорбента - 100 мг.
4. При какой концентрации урана возможно образование истинных коллоидов  $UO_2(OH)_2$   $PR = 10^{-22}$  при  $pH=5$ ,  $\alpha_0=0,01$
5. Концентрация урана в растворе нитрата уранила составляет 1 мг /л,  $pH = 5$ . Концентрация Fe (III) 1 мг/л. Образует ли уран в этом растворе коллоиды и какие. Ответ обоснуйте. Процессы комплексообразования не учитывайте.  $PR(Fe(OH)_3) = 6.3 \cdot 10^{-38}$ ,  $PR(UO_2(OH)_2) = 1 \cdot 10^{-22}$
6. При какой концентрации стронция возможно образование истинных коллоидов  $SrF_2$ , если концентрация  $[F^-]$  в растворе  $10^{-3}$  моль/л.  $PR = 2,5 \cdot 10^{-9}$
7. Постройте выходную кривую сорбции Sr-90 и Y-90 в условиях элюентной хроматографии: масса сорбента — 0,1 г, коэффициент распределения Sr-90 100 мл/г, Y-90 - 1000 мл/г.
8. В одинаковых условиях фронтальной хроматографии определили степень извлечения U и Th:  $S_U = 0.01$ ,  $S_{Th} = 0.85$ . Рассчитать коэффициент разделения  $K_{разд,U/Th}$ .
9. Какая минимальная разница в коэффициентах распределения радионуклидов обеспечит степень их разделения в условиях элюентной хроматографии  $\Delta t_{уд} = 50$  мин. при длине колонки 20 см?
10. Рассчитайте удерживаемый объем, если свободный объем — 10 мл, коэффициент распределения —  $10^4$  мл/г, масса сорбента — 0,5 г.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Коллоквиум

Примерный перечень тем

1. Статика, кинетика и динамика сорбции
2. Классификация сорбентов. Механизмы сорбции

Примерные задания

1. Изотерма Генри. Условия выполнения, параметры, критерий выполнения.
2. Изотерма Лэнгмюра. Условия выполнения, параметры, критерий выполнения.
3. Изотерма сорбции в координатах « $lg\epsilon - lg[m]$ ». Вид и параметры изотермы для случая лабильного и инертного сорбата.
4. Влияние величины pH на равновесное распределение радионуклида между фазами.
5. Влияние концентрации лиганда на равновесное распределение радионуклида между фазами.
6. Влияние концентрации катиона солевого фона на равновесное распределение радионуклида между фазами.
7. Зависимость коэффициента распределения и степени извлечения от pH для моносортного сорбата
8. Основные закономерности массопереноса в гетерогенных системах. Принцип лимитирующей стадии.
9. Внешнедиффузионный режим сорбции. Вид кинетической зависимости, факторы, влияющие на кинетику сорбции.
10. Внутридиффузионный режим сорбции. Вид кинетической зависимости, факторы, влияющие на кинетику сорбции.
11. Кинетический режим. Вид кинетической зависимости. Определение энергии активации.
12. Внешнекинетический режим сорбции. С чем связан? При каких условиях проявляется на кинетических зависимостях. Принципиальный подход к выявлению внешнекинетического режима.
13. Динамика межфазного распределения радионуклидов. Основное уравнение идеальной равновесной хроматографии. Факторы, влияющие на эффективность разделения в динамических условиях.
14. Фронтальная хроматография. Условия осуществления. Вид выходной кривой. Удерживаемый объем, его связь с коэффициентом распределения. Возможности разделения и концентрирования в условиях фронтальной хроматографии.
15. Элюентная хроматография. Условия осуществления. Вид выходной кривой. Удерживаемый объем, его связь с коэффициентом распределения. Возможности разделения и концентрирования в условиях элюентной хроматографии.
16. Вытеснительная хроматография. Условия осуществления. Возможности разделения и концентрирования в условиях вытеснительной хроматографии.
17. Сорбция. Классификация сорбентов.
18. Механизмы сорбции неорганическими сорбентами. Ионный обмен. Факторы, влияющие на повышение специфичности и селективности.
19. Механизмы сорбции неорганическими сорбентами. Гетерогенная ионообменная реакция. Факторы, влияющие на повышение специфичности и селективности.
20. Механизмы сорбции неорганическими сорбентами. Электроно-ионообменная реакция. Факторы, влияющие на повышение специфичности и селективности.
21. Механизмы сорбции неорганическими сорбентами. Молекулярная сорбция. Факторы, влияющие на повышение специфичности и селективности.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.4. Домашняя работа № 1

### Примерный перечень тем

1. Распад и накопление радионуклидов
2. Ядерные реакции
3. Ослабление ионизирующих излучений

### Примерные задания

#### 1. Распад и накопление радионуклидов

- 1.1 В природной смеси изотопов рубидия содержится 27,85% долгоживущего  $^{87}\text{Rb}$ . Определить период его полураспада, если установлено, что скорость счета навески  $\text{RbCl}$  массой 120 мг равна 447 имп/мин (коэффициент регистрации - 0,1).
- 1.2 Абсолютная удельная активность  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  равна 7,8 Бк/кг. Определите содержание  $^{144}\text{Nd}$  ( $T_{1/2} = 2,4 \cdot 10^{15}$  лет) в природной смеси изотопов.
- 1.3 В запаянной ампуле в начальный момент находилось 2,1 мкг  $^{210}\text{Po}$ . Определите количество вещества атомов гелия, накопившегося в ампуле за 365 дней.

#### 2. Ядерные реакции

- 2.1 Рассчитайте массу мышьяка в образце, облученном до насыщения в потоке  $2 \cdot 10^{12}$  нейтрон/( $\text{см}^2 \cdot \text{с}$ ). Мышьяк мононуклидный элемент, активность  $^{76}\text{As}$  в образце после облучения равна 5 Бк. Единственный стабильный нуклид -  $^{75}\text{As}$ , эффективное сечение ( $n, \gamma$ )-реакции равно  $4,3 \cdot 10^{-24}$   $\text{см}^2$ , период полураспада  $^{76}\text{As}$  - 26,3 ч.
- 2.2 Рассчитайте минимально необходимое время облучения навески  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  массой 138 мг потоком нейтронов (плотность  $10^{11}$   $\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ) для получения образца с удельной активностью 400 МБк/г. Скандий – мононуклидный элемент, сечение поглощения тепловых нейтронов  $^{45}\text{Sc}$  равно  $27,2 \cdot 10^{-24}$   $\text{см}^2$ , период полураспада  $^{46}\text{Sc}$  - 83,8 сут.

#### 3. Ослабление ионизирующих излучений

- 3.1 Какая доля  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения  $^{40}\text{K}$  пройдет через пластинку алюминия (плотность 2,7  $\text{г}/\text{см}^3$ ), толщина которой равна 6 слоям половинного ослабления  $\beta$ -излучения этого радионуклида.
- 3.2 Сцинтилляционный кристалл  $\text{NaI}(\text{Tl})$  толщиной 25 мм ослабляет поток  $\gamma$ -квантов  $^{137}\text{Cs}$  ( $E_\gamma = 662$  кэВ) примерно в 2 раза. Оцените массовый коэффициент ослабления  $\gamma$ -квантов в материале сцинтиллятора. Плотность кристалла 3,67  $\text{г}/\text{см}^3$ .

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.5. Домашняя работа № 2

##### Примерный перечень тем

1. Расчет форм состояния радионуклидов в водных растворах
2. Определение условий образования истинных коллоидов

##### Примерные задания

1. Рассчитать формы состояния тория в зависимости от pH в имитате воды озера Иссык-Куль. Концентрация сульфат-ионов – 0,02 М, хлорид ионов 0,04 М, карбонат-ионов 0,004 М. Дана общая аналитическая концентрация лигандов.
2. Рассчитать формы состояния свинца в зависимости от pH в морской воде. Средний состав анионов морской воды: сульфат-ионов – 0,028 М, хлорид ионов 0,545 М, карбонат-ионов 0,0025 М, бромид-ионов – 0,0008 М, фторид-ионов  $5,3 \cdot 10^{-5}$  М, Дана общая аналитическая концентрация лигандов.
3. Рассчитать формы состояния урана (уранил-ион) в зависимости от pH в водопроводной воде. Для водопроводной воды предельно допустимая концентрация сульфат-ионов – 0,005 М, хлорид ионов 0,0098 М, карбонат-ионов 0,005 М. Дана общая аналитическая концентрация лигандов.
4. Построить кривые растворимости гидроксида уранила в растворе, содержащем КИП (0 и 0,025 моль/л), в зависимости от pH. Определить долю коллоидов гидроксида уранила при  $C_U = 0,5$  г/л и 1 г/л
5. Построить кривые растворимости гидроксида тория в зависимости от общей аналитической концентрации фторид иона ( $10^{-8}$ – 1 моль/л) при pH=5 и 8. Рассчитать долю коллоидов гидроксида тория.  $C_{Th} = 0,01$  г/л.
6. Рассчитать формы состояния меди (II) и построить кривые растворимости сульфида меди в зависимости от pH в растворе, содержащем  $NH_3$  0,005 моль/л и 0,05 моль/л. Концентрация  $H_2S$  0,5 моль/л.
7. Построить кривые растворимости гидроксида алюминия в зависимости от pH. Общая аналитическая концентрация в растворе фторидов: 0 и  $10^{-3}$  моль/л. Рассчитать долю коллоидов гидроксида алюминия.  $C_{Al} = 10^{-1}$  г/л и 1 г/л.
8. Рассчитать формы состояния тория и построить кривые растворимости гидроксида тория от pH. Общая аналитическая концентрация в растворе  $C_2O_4^{2-}$   $10^{-3}$  моль/л. Рассчитать долю коллоидов гидроксида тория.  $C_{Th} = 1$  г/л.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.6. Собеседование/устный опрос № 1

Примерный перечень тем

1. Идентификация  $\beta$ -излучающих радионуклидов путем анализа кривых ослабления
2. Взаимодействие  $\gamma$ -излучения с веществом
3. Спектрометрия ионизирующих излучений
4. Математическая обработка результатов измерения радиоактивности
5. Определение удельной активности проб почвы

Примерные задания

### Лабораторная работа 1

- 1.1 Рассмотрите механизмы взаимодействия  $\beta$ -излучения с веществом.
- 1.2 Приведите экспоненциальный закон ослабления  $\beta$ -излучения.
- 1.3 Линейный и массовый коэффициенты ослабления; слой половинного ослабления. От чего они зависят?
- 1.4 Как провести идентификацию радионуклидов путем анализа кривых ослабления  $\beta$ -излучения?

### Лабораторная работа 2

- 2.1 Рассмотрите механизмы взаимодействия  $\gamma$ -излучения с веществом.
- 2.2 Экспоненциальный закон ослабления  $\gamma$ -излучения.
- 2.3 Линейный и массовый коэффициенты ослабления. От чего зависит линейный коэффициент ослабления, от чего зависит массовый коэффициент ослабления?
- 2.4 Прокомментируйте отличия закономерностей ослабления  $\gamma$ -излучения и закономерностей ослабления  $\beta$ -излучения.

### Лабораторная работа 3

- 3.1 Для решения каких задач может применяться спектрометрия?
- 3.2 Что такое энергетический спектр и аппаратный спектр? Объясните особенности формы аппаратного  $\gamma$ -спектра для радионуклидов с различной энергией излучения.
- 3.3 Построение градуировочных зависимостей по энергии, по эффективности регистрации и разрешению от энергии.
- 3.4 Решение задач качественного и количественного анализа методом  $\gamma$ -спектрометрии.

### Лабораторная работа 4

- 4.1 Виды погрешностей. Какими погрешностями могут быть отягощены результаты измерения активности?
- 4.2 Алгоритм проверки гипотезы о подчинении результатов радиометрических измерений распределению Пуассона.
- 4.3 Генеральная совокупность и выборочная совокупность и их характеристики.
- 4.4 Алгоритм проверки гипотезы о принадлежности двух выборок одной генеральной совокупности.
- 4.5 Построение доверительных интервалов оценки среднего.

### Лабораторная работа 5

- 5.1 Что такое прямые измерения и косвенные измерения?
- 5.2 Расчет погрешности косвенных измерений.
- 5.3 Как рассчитать активность и погрешность определения активности по результатам измерения скорости счета неизвестного источника и эталона с фоном и фона?
- 5.4 Требования, предъявляемые к эталонам.
- 5.5 Какие радионуклиды могут присутствовать в пробе почвы, отобранной на территории загрязнённой в результате Чернобыльской аварии?
- 5.6 Назовите нормативы, ограничивающие использование в хозяйственной деятельности твёрдых материалов, сырья и изделий (ОСПОРБ-99/2010).

LMS-платформа – не предусмотрена

## 5.2.7. Собеседование/устный опрос № 2

### Примерный перечень тем

1. Исследование состояния тория-234 в водном растворе сорбционным методом
2. Сорбционные методы концентрирования радионуклидов из природных вод и технологических растворов
3. Влияние концентрации фонового электролита на процесс межфазного распределения радионуклидов
4. Определение кинетического режима сорбции цезия
5. Применение изотопных генераторов для получения короткоживущих радионуклидов

### Примерные задания

#### Лабораторная работа 1

1. Какие радиоактивные изотопы будут находиться в растворе  $UO_2(NO_3)_2$ ?
2. Что понимают под термином «состояние» микроколичеств радионуклида в водном растворе?
3. Напишите возможные формы состояния тория-234 в слабокислом растворе.
4. Критерии лабильности и инертности сорбата.

#### Лабораторная работа 2

1. Основные методы межфазного распределения
2. Основные характеристики процессов межфазного распределения
3. Специфичность и селективность сорбционных материалов и их характеристики
4. Определение и расчет характеристик процесса межфазного распределения.

#### Лабораторная работа 3

1. Основные химизмы сорбции неорганическими сорбентами.
2. Факторы, повышающие специфичность и селективность сорбции неорганическими сорбентами.
3. Какой химизм сорбции может быть реализован при сорбции цезия сильнокислотным катионитом КУ-2?
4. Какой химизм сорбции может быть реализован при сорбции цезия ферроцианидным сорбентом?

#### Лабораторная работа 4

1. Стадийность процессов межфазного распределения.
2. Принцип лимитирующей стадии.
3. Кинетические режимы и методы их выявления: внешнедиффузионный, внутридиффузионный, кинетический, внешнекинетический.
4. Ожидаемый кинетический режим сорбции цезия из пресной воды.

#### Лабораторная работа 5

1. Изотопный генератор. Условия создания изотопного генератора.
2. Методы идентификации короткоживущих радионуклидов.
3. Что такое радионуклидная чистота? Как определить радионуклидную чистоту  $^{137m}Ba$ , полученного с помощью изотопного генератора?
4. Приведите аргументы в пользу того, что предложенная вам система работает как изотопный генератор.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.8. Отчет по лабораторным работам № 1

### Примерный перечень тем

1. Идентификация  $\beta$ -излучающих радионуклидов путем анализа кривых ослабления
2. Взаимодействие  $\gamma$ -излучения с веществом
3. Спектрометрия ионизирующих излучений
4. Математическая обработка результатов измерения радиоактивности
5. Определение удельной активности проб почвы

### Примерные задания

#### Идентификация $\beta$ -излучающих радионуклидов путем анализа кривых ослабления

1. Получить у преподавателя закрытый источник, содержащий  $\beta$ -излучающие радионуклиды.
2. Получить алюминиевые пластинки различной толщины  $d_i$ , мг/см<sup>2</sup>.
3. Определить фон детектора  $I_\phi$ , имп/100 с.
4. Получить кривые ослабления  $\beta$ -излучения: для этого измерить скорость счета образца без пластинок, и с заданным количеством пластинок, начиная с самых тонких,  $I_c$ , имп/100 с. Результаты измерений занести в таблицу.
5. Рассчитать массовую толщину поглотителя, истинную скорость образца  $(I_c - I_\phi)$ . Построить кривые ослабления в координатах « $\ln (I_c - I_\phi) - d$ ».
6. Выделить прямолинейные участки. Обработать методом наименьших квадратов, определить массовый коэффициент ослабления. Рассчитать слой половинного ослабления  $d_{1/2}$  и по таблицам найти значение максимальной энергии  $\beta$ -частиц  $E_{\max}$ .
7. Провести идентификацию неизвестного  $\beta$ -излучателя по энергии  $\beta$ -частиц, учитывая его схему распада и период полураспада.
8. Результаты представить в виде отчета, включающего:
  - цель работы;
  - теоретическую часть;
  - порядок выполнения работы;
  - результаты измерений и их обработку;
  - выводы.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.9. Отчет по лабораторным работам № 2

#### Примерный перечень тем

1. Исследование состояния тория-234 в водном растворе сорбционным методом
2. Сорбционные методы концентрирования радионуклидов из природных вод и технологических растворов
3. Влияние концентрации фонового электролита на процесс межфазного распределения радионуклидов



4. Определение кинетического режима сорбции цезия
  5. Применение изотопных генераторов для получения короткоживущих радионуклидов
- Примерные задания

Исследование состояния тория-234 в водном растворе сорбционным методом

1. В 5 пробирок поместить навески сорбента в 10, 25, 50, 100 и 250 мг, налить по 10 мл раствора  $UO_2(NO_3)_2$  (рН= 2 – 4), поставить на мешалку и выдержать в течение 30 минут.
2. Из исходного раствора отобрать 2 пробы по 0,5 мл для определения скорости счета исходного раствора. Из каждой пробирки отобрать 2 пробы по 0,5 мл, начиная с раствора, в котором была наибольшая навеска. Все отобранные пробы, высушить в сушильном шкафу и измерить по  $\beta$ -счету на установке УМФ-2000 2 раза в течение 1 минуты, получая значения скорости счета. Результаты прямых измерений скорости счета фона, исходного и равновесных растворов ( $I_{\phi}$ ,  $I_0$ ,  $I_{\beta i}$ , имп/мин, соответственно) занести в таблицу.
3. Обработать результаты прямых измерений
4. Обработать результаты косвенных измерений
5. Рассчитать  $\lg \varepsilon_i$ ;  $\lg \varepsilon_{\max, i} = \lg(\varepsilon_i + \delta_{\varepsilon i} \cdot \varepsilon_i)$ ;  $\lg \varepsilon_{\min, i} = \lg(\varepsilon_i - \delta_{\varepsilon i} \cdot \varepsilon_i)$ . Результаты расчетов занести в таблицу
6. Построить изотерму сорбции координатах « $\lg \varepsilon - \lg[m]$ », сопровождая каждое значение  $\lg \varepsilon$  доверительным интервалом:  $\lg \varepsilon_{\max}$   $\lg \varepsilon_{\min}$ . Если в полученном интервале можно провести прямую линию, то изотерму обрабатывают МНК, находят значения коэффициентов уравнения линейной регрессии с погрешностью. Если во всем диапазоне удельных масс прямую провести не удастся, то проводят изотерму оптимальным образом.
7. Сделать выводы о свойствах сорбата и соответствующем коэффициенте распределения.
8. Результаты представить в виде отчета, включающего:
  - цель работы;
  - теоретическую часть;
  - порядок выполнения работы;
  - результаты измерений и их обработку;
  - выводы.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

#### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. 1. Основной закон радиоактивного распада. Интегральная и дифференциальная формы основного закона радиоактивного распада. 2. Постоянная распада. Период полураспада. Правило 10 периодов полураспада. 3. Активность радиоактивных препаратов. Связь активности радионуклида с его массой. 4. Виды радиоактивного распада. Схемы распада. 5. Последовательный радиоактивный распад. Генетически связанные пары радионуклидов 6. Подвижное радиоактивное равновесие: необходимые и

достаточные условия достижения, время установления, соотношение активностей материнского и дочернего радионуклидов после достижения равновесия. 7. Вековое радиоактивное равновесие: необходимые и достаточные условия достижения, время установления, соотношение активностей материнского и дочернего радионуклидов после достижения равновесия. 8. Радиоактивные равновесия. Случай отсутствия радиоактивного равновесия. 9. Радиоактивное семейство, включающее несколько радионуклидов. Формула Бейтмена. 10. Природные радиоактивные семейства. Установление равновесий в природных радиоактивных семействах. 11. Классификация радионуклидов. Естественные и искусственные радионуклиды 12. Взаимодействие бета-частиц с веществом. Экспоненциальный закон ослабления бета-излучения. 13. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Фотоэлектрический эффект. Эффект Комптона. Образование электронно-позитронных пар. 14. Экспоненциальный закон ослабления электромагнитного излучения. Коэффициент ослабления, его составляющие. 15. Взаимодействие нейтронов с веществом. Общие сведения о ядерных реакциях. 16. Механизмы ядерных реакций. Эффективное сечение. 17. Использование ядерных реакций для получения радионуклидов 18. Классификация детекторов ионизирующих излучений. Скорость счета. Коэффициент счетности (эффективность регистрации). 19. Ионизационные методы. Газовые ионизационные детекторы. Области применения газовых ионизационных детекторов. 20. Сцинтилляционные детекторы. Преимущества и недостатки сцинтилляционных детекторов, области их применения. 21. Радиометрия и спектрометрия ионизирующих излучений 22. Погрешность измерения. Источники погрешностей, систематические и случайные погрешности, грубые промахи. Разброс результатов измерения активности. 23. Оценка неизвестных параметров распределения. Построение доверительных интервалов. 24. Проверка статистических гипотез при оценке погрешности результатов измерения активности. 25. Деление ядер. 26. Распределение масс продуктов деления. Распределение заряда ядер при делении. Абсолютный и относительный независимые выходы изобар. 27. Радиоактивные цепочки продуктов деления. Кумулятивный выход. 28. Элементный состав продуктов деления. Классификация продуктов деления. 29. Обзор путей образования и распада радионуклидов в процессе работы реактора. 30. Обзор путей образования и распада радионуклидов при выдержке облученного материала. 31. Классификация реакторов. Характеристика основных типов энергетических реакторов. 32. Биологическое действие ионизирующих излучений. 33. Дозы радиационного облучения. Единицы измерения 34. Детерминированные эффекты действия излучений. 35. Стохастические эффекты действия излучений. 36. Характеристика радионуклидов как источников ионизирующих излучений. 37. Минимально значимая активность 38. Класс работ с источниками ионизирующих излучений 39. Радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности. 40. Обеспечение радиационной безопасности персонала и населения

2. 1. Значение микро концентрационного уровня растворов в общей и прикладной радиохимии. 2. Формы состояния радионуклидов-микрокомпонентов в водных растворах. 3. Ионо-дисперсные формы состояния радионуклидов- микрокомпонентов в водных растворах. Комплексные соединения. 4. Гидролиз, константы гидролиза. Протолиз, константы протолиза. 5. Образование полиядерных гидроксокомплексов. Оляция и оксоляция. Замещение анионами. 6. Коллоидообразование. Гетерогенность и дисперсность. Строение мицеллы. 7. Истинные коллоиды. Термодинамический анализ условий образования осадков, образующихся при химическом взаимодействии веществ. 8.

Псевдоколлоиды: определение, природа процессов, приводящих к их образованию. 9. Экспериментальные методы исследования форм состояния радионуклидов в водных растворах. 10. Сорбция и сорбенты. Классификация сорбентов. 11. Неорганические сорбенты. Основные типы сорбционных процессов, свойственные неорганическим сорбентам. 12. Факторы повышения специфичности (селективности) неорганических сорбентов. 13. Основные закономерности массопереноса в гетерогенных системах. Принцип лимитирующей стадии. 14. Внешнедиффузионный режим сорбции. 15. Внутридиффузионный режим сорбции 16. Кинетический режим. Энергия активации. 17. Внешнекинетический режим сорбции микрокомпонентов 18. Основные характеристики процесса межфазного распределения. 19. Статика межфазного распределения. Изотерма Генри. 20. Статика межфазного распределения. Изотерма Лэнгмюра. 21. Влияние величин  $[m]$  на равновесное распределение радионуклида между фазами. 22. Лабильные и инертные системы форм состояния радионуклидов в водных растворах. 23. Влияние концентрации катиона солевого фона на равновесное распределение радионуклида между фазами 24. Влияние концентрации лиганда на равновесное распределение радионуклида между фазами. 25. Влияние величин рН на равновесное распределение радионуклида между фазами 26. Динамика межфазного распределения радионуклидов. Выходные кривые сорбции. 27. Фронтальный, элюентный и вытеснительный хроматографический анализ. Удерживаемый объем, его связь с коэффициентом распределения. 28. Основное уравнение идеальной равновесной хроматографии

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3.2. Курсовая работа

Примерный перечень тем

1. Эволюция продуктов деления ядерного реактора ВВЭР-400: топливо –  $UO_2$ ; мощность – 1420/420 МВт; обогащение 2,7%; загрузка 40,8 т U-мет.; выгорание 18000 МВт·сут/т U-мет. ; время выдержки 128 сут; массовое число изобарной цепочки продуктов деления  $A=110$ .

2. Эволюция продуктов деления ядерного реактора ВВЭР-1000; топливо –  $UO_2$ ; мощность - 3200/1000 МВт; обогащение 4,5%; загрузка 70 т U-мет.; выгорание 45550 МВт·сут/т U-мет. ; время выдержки 290 сут; массовое число изобарной цепочки продуктов деления  $A=86$ .

### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология дебатов, дискуссий	ОПК-1	Д-1	Лекции Собеседование/устный опрос № 1 Собеседование/устный опрос № 2