

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России)

ИНСТИТУТ МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УТВЕРЖДАЮ  
Директор Института медицинского  
образования  
ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова»  
Минздрава России  
Е.В. Пармон  
«25» января 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

|            |                                                                                                                    |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дисциплина | <b>ПРИКЛАДНАЯ РАДИОХИМИЯ: МЕЧЕННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ,<br/>ИНДИКАТОРЫ, РАДИОФАРМПРЕПАРАТЫ</b><br>(наименование дисциплины) |
|            | <b>магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия</b><br>(код специальности и наименование)                 |
| Профиль    | <b>Радиохимия</b>                                                                                                  |
| Факультет  | <b>факультет подготовки кадров высшей квалификации</b><br>(наименование факультета)                                |
| Кафедра    | <b>ядерной медицины и радиационных технологий</b><br>(наименование кафедры)                                        |

|                                               |                           |
|-----------------------------------------------|---------------------------|
| <b>Форма обучения</b>                         | <b>очная</b>              |
| <b>Курс</b>                                   | <b>2</b>                  |
| <b>Семестр</b>                                | <b>3</b>                  |
|                                               |                           |
| <b>Занятия лекционного типа</b>               | <b>12 час.</b>            |
| <b>Занятия семинарского типа</b>              | <b>24 час.</b>            |
| <b>Всего аудиторной работы</b>                | <b>36 час.</b>            |
| <b>Самостоятельная работа (внеаудиторная)</b> | <b>36 час.</b>            |
| <b>Форма промежуточной аттестации</b>         | <b>зачет</b>              |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>          | <b>72/2 (час/зач.ед.)</b> |

Санкт-Петербург  
2022

Рабочая программа дисциплины «Прикладная радиохимия: меченые соединения, индикаторы, радиофармпрепараты» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования — магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «13» июля 2017 г. № 655 и учебным планом.

### СОСТАВИТЕЛИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

| № п/п | Фамилия, имя, отчество     | Ученая степень, звание | Занимаемая должность                                      | Место работы                                           |
|-------|----------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1.    | Пучкова Елена Виталиевна   | к. х. н.               | Доцент кафедры Ядерной медицины и радиационных технологий | ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России         |
| 2.    | Красикова Раиса Николаевна | к.х.н                  | Заведующий радиохимической лабораторией                   | ФГБУН « Институт мозга человека им. НП Бехтеревой РАН» |

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины «Прикладная радиохимия: меченые соединения, индикаторы, радиофармпрепараты» рассмотрена и обсуждена на заседании кафедры Ядерной медицины и радиационных технологий.

Рабочая программа дисциплины «Прикладная радиохимия: меченые соединения, индикаторы, радиофармпрепараты» рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Института медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России «25» января 2022 г., протокол № 1/2022.



## **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Цель изучения дисциплины:**

сформировать у обучающихся фундаментальные и системные знания о физико-химическом состоянии ультрамикроколичеств радиоактивных элементов в различных матрицах;

сформировать представления об адсорбционном поведении радионуклидов и теоретических подходах к описанию процессов адсорбции радионуклидов;

ознакомить обучающихся с современными подходами к решению проблемы изоляции радиоактивных отходов.

### **Задачи изучения дисциплины:**

- ознакомление обучающихся с современными актуальными проблемами в области прикладной радиохимии.
- формирование у обучающихся представлений о механизмах адсорбции радионуклидов различными материалами.
- ознакомление обучающихся с основными способами дезактивации различных объектов.
- формирование представлений о состоянии примесей радионуклидов в кристаллах.
- ознакомление с современными концепциями захоронения радиоактивных отходов.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Прикладная радиохимия» относится к Блоку 1 учебного плана.

### **Междисциплинарные и внутродисциплинарные связи:**

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

- Биохимия;
- Медицинская физика, биофизика, математика;
- Физические основы радиохимии;
- Ядерная реакция. Виды ионизирующих излучений и их регистрация.

### 3.ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих универсальных (УК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

| Компетенция                                                                                                                                                                                                                                         | Индикатор                                                                                                                                                        | Показатели достижения освоения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Оценочные средства                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.                                                                                                                  | УК-6.1. Определяет приоритеты при решении практических задач в ходе профессиональной деятельности.                                                               | Знает:<br>- системные взаимосвязи внутри дисциплины и междисциплинарные отношения в современной науке;<br>- основные положения учения о структуре, логической организации всего разнообразия методов, принципов и подходов с целью анализа проблемной ситуации и выбора способа ее решения с учетом особенностей избранной сферы профессиональной деятельности.                                                                      | Для текущего контроля:<br>КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
|                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                  | Умеет:<br>- проводить критический анализ научных, научно- методических и учебно- методических материалов для выделения научной проблемы;<br>- актуализировать проблематику научного исследования на основе междисциплинарного подхода и интеграции знаний;<br>- выделять научную проблему на основе анализа отечественной и зарубежной научной и научно- методической литературы, включая современный информационный поиск.          | Для текущего контроля:<br>КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
| ОПК-1. Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения. | ОПК-1.2 Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук | Знает:<br>- исторический характер научной рациональности;<br>- ключевые проблемы научного познания о современных химических процессах;<br>- важнейшие системы научных ценностей, сформировавшиеся в ходе исторического развития.                                                                                                                                                                                                     | Для текущего контроля:<br>КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
|                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                  | Умеет:<br>- выбирать направления научной, аналитической и методической работы, содержание исследовательских программ, тематик методических пособий, состава докладов для семинаров, конференций;<br>- формулировать новые задачи, возникающие в ходе исследования;<br>- выбирать, обосновывать и осваивать современные методы, адекватные поставленной цели для системной оценки последствий реализации социально значимых проектов. | Для текущего контроля:<br>КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |



|                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                         |                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| ОПК-4. Способен готовить публикации, участвовать в профессиональных дискуссиях, представлять результаты профессиональной деятельности в виде научных и научно-популярных докладов.   | ОПК-4.1 Собирает информацию о проводимых конкурсах и готовит вспомогательную документацию своих работ для участия в конкурсах (грантах) на русском и английском языке | Знает: правила работы с информацией профессионального содержания в глобальных компьютерных сетях из зарубежных источников                               | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
|                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                       | Умеет: искать необходимую информацию в справочной, методической и научной литературе на русском и английском языке                                      | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
| ПК-2. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно- исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках. | ПК-2.1 Определяет возможные направления развития и перспективы научного исследования                                                                                  | Знает: основные направления и перспективы научного исследования в области химии.                                                                        | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
|                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                       | Умеет: использовать основные закономерности и фундаментальные химические понятия инструментальных методов анализа при выборе хроматографических методов | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |

*КВ – контрольные вопросы, ТЗ- тестовые задания*

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

##### 4.1 Объем дисциплины в академических часах, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную внеаудиторную работу обучающихся

| Вид учебной работы                                                                           | Трудоемкость                     |    | Семестры |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----|----------|
|                                                                                              | объем в академических часах (АЧ) |    | 2        |
| Аудиторные занятия (всего)                                                                   | 36                               |    | 36       |
| В том числе:                                                                                 | -                                |    | -        |
| Занятия лекционного типа                                                                     | 12                               |    | 12       |
| Занятия семинарского типа                                                                    | 24                               |    | 24       |
| Из них:                                                                                      |                                  |    |          |
| Семинары (С)                                                                                 | 24                               |    | 24       |
| Самостоятельная внеаудиторная работа (всего)                                                 | 36                               |    | 36       |
| В том числе:                                                                                 | -                                |    | -        |
| Подготовка к занятиям                                                                        | 4                                |    | 4        |
| Работа с вопросами для самопроверки                                                          | 4                                |    | 4        |
| Самостоятельная проработка отдельных тем учебной дисциплины в соответствии с учебным планом  | 10                               |    | 10       |
| Подготовка рефератов, докладов, подбор и изучение литературных источников, Интернет ресурсов | 18                               |    | 18       |
| Промежуточная аттестация – зачет                                                             | -                                |    | -        |
| Из них на практическую подготовку*                                                           | 37                               |    | 37       |
| Общая трудоемкость                                                                           | часы                             | 72 | 72       |
|                                                                                              | зач.ед.                          | 2  | 2        |

\***Практическая подготовка (ПП)** - форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы

##### 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов занятий

| Наименование темы (раздела)                                                                   | Контактная работа, академ.ч. |                           | СР | Всего | Из них на практическую подготовку* |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------|----|-------|------------------------------------|
|                                                                                               | Занятия лекционного типа     | Занятия семинарского типа |    |       |                                    |
|                                                                                               |                              | С                         |    |       |                                    |
| Раздел 1. Основные этапы развития учения о радиоактивности.                                   | 2                            | 4                         | 2  | 8     | 5                                  |
| Раздел 2. Состояние радиоактивных элементов в ультрадисперсных растворах.                     | 2                            | 4                         | 6  | 12    | 6                                  |
| Раздел 3. Закономерности соосаждения радионуклидов с кристаллами. Адсорбция радионуклидов.    | 2                            | 4                         | 6  | 12    | 6                                  |
| Раздел 4. Дезактивация.                                                                       | 2                            | 4                         | 6  | 12    | 6                                  |
| Раздел 5. Прикладное значение процессов адсорбции и соосаждения радионуклидов для радиохимии. | 2                            | 4                         | 6  | 12    | 6                                  |
| Раздел 6. Проблема иммобилизации радиоактивных отходов.                                       | 2                            | 4                         | 10 | 16    | 8                                  |
| Зачет                                                                                         |                              |                           |    |       |                                    |
| Итого                                                                                         | 12                           | 24                        | 36 | 72    | 37                                 |



*С- семинары, СР- самостоятельная внеаудиторная работа*

*\***Практическая подготовка** (ПП) - форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы.*

Образовательная деятельность в форме практической подготовки, предусматривающая участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, организована в соответствии с разработанным учебным планом и достигает 80% от общей трудоёмкости дисциплины для занятий семинарского типа и 50% от занятий самостоятельной работы

### 4.3 Тематический план занятий лекционного типа дисциплины - всего 12 часов

| № темы                                                                                               | Наименование темы лекционного занятия                                                                                                                    | Часы | Содержание темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Формируемые индикаторы компетенций | Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 1. Основные этапы развития учения о радиоактивности.</b>                                   |                                                                                                                                                          |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    |                                                          |
| 1.                                                                                                   | Основные понятия и термины. История появления радиохимии.                                                                                                | 2    | Современная трактовка терминов «радиохимия», «прикладная радиохимия» и «ядерная химия». Основные задачи и направления радиохимии и ядерной химии. Методы, используемые в радиохимии и ядерной химии. Отличие радиохимических методов анализа от аналитических.                                                                                                                                                                                                                                                                                               | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   | Мультимедийная аппаратура, презентации                   |
| <b>Раздел 2. Состояние радиоактивных элементов в ультраразбавленных растворах.</b>                   |                                                                                                                                                          |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    |                                                          |
| 2.                                                                                                   | Физико-химическое состояние радионуклидов в растворах.                                                                                                   | 2    | Понятие ультраразбавленного раствора. Способы приготовления ультраразбавленных растворов. Коллоидные растворы радионуклидов, их отрицательное воздействие на результаты исследований.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   | Мультимедийная аппаратура, презентации                   |
| <b>Раздел 3. Закономерности соосаждения радионуклидов с кристаллами. Адсорбция радионуклидов.</b>    |                                                                                                                                                          |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    |                                                          |
| 3.                                                                                                   | Соосаждение и сокристаллизация ультрамикроколичеств радиоактивных веществ с неорганическими кристаллами. Адсорбция радионуклидов различными материалами. | 2    | Виды соосаждения. Закон распределения вещества в гетерогенных системах. Количественное описание распределения микрокомпонента в кристаллах. Гомогенное и гетерогенное распределение микрокомпонента в кристаллах. Основные сведения об адсорбции. Виды адсорбции. Механизм процесса адсорбции. Теоретическое описание адсорбции. Адсорбция радионуклидов на поверхности ионных кристаллов, амфотерных гидроксидов металлов, стеклах, металлах, бумаге, полимерных материалах, глинах, почвах.                                                                | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   | Мультимедийная аппаратура, презентации                   |
| <b>Раздел 4. Дезактивация.</b>                                                                       |                                                                                                                                                          |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    |                                                          |
| 4.                                                                                                   | Способы удаления радиоактивных загрязнений с различных поверхностей.                                                                                     | 2    | Понятие дезактивации, кинетика дезактивации. Дезактивирующие растворы, их классификация. Характеристики способов дезактивации. Особенности дезактивации различных поверхностей. Дезактивация на современных АЭС: лабораторное оборудование и помещения, крупногабаритное и транспортное оборудование, бассейны выдержки отработанного ядерного топлива. Дезактивация персонала АЭС и средств индивидуальной защиты. Дезактивация в районах Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-1» после аварий. Дезактивация оборудования нефтяных вышек, почв, питьевой воды. | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   | Мультимедийная аппаратура, презентации                   |
| <b>Раздел 5. Прикладное значение процессов адсорбции и соосаждения радионуклидов для радиохимии.</b> |                                                                                                                                                          |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    |                                                          |
| 5.                                                                                                   | Методы исследования с использованием радионуклидов.                                                                                                      | 2    | Адсорбционный метод определения площади поверхности мелкодисперсных кристаллов. Адсорбционные методы экспрессного хроматографического радиохимического анализа (ЭХРА, ЭМРА).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   | Мультимедийная аппаратура,                               |



|                                                                |                                                                |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                  |                                        |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|
|                                                                |                                                                |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                  | презентации                            |
| <b>Раздел 6. Проблема иммобилизации радиоактивных отходов.</b> |                                                                |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                  |                                        |
| 6.                                                             | Концепция мультibarьерной защиты и ее практическая реализация. | 2 | Матрицы для размещения радиоактивных отходов (РАО). Требования, предъявляемые к матрицам РАО. Типы матриц для РАО различных уровней активности. Виды коррозии матричных материалов. Стекла как матрицы для иммобилизации ВАО. Разновидности стекол, используемых в технологии иммобилизации. Достоинства и недостатки стеклянных матриц. Проблемы технологии получения монофазных стеклянных блоков. Уран- и торий содержащие минералы как природные аналоги керамических матриц для иммобилизации актиноидов. Минералоподобные матрицы РАО как альтернатива стеклу. Керамики типа SYNROC. Алюмосиликатные керамики. Силикофосфатные керамики. Керамики на основе естественных горных пород. Иммобилизационные характеристики керамик. Использование глин как адсорбентов при решении проблемы захоронения радиоактивных отходов в горных породах материков. Примеры реализации мультibarьерной концепции размещения РАО в различных странах. | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1 | Мультимедийная аппаратура, презентации |

#### 4.4 Тематический план занятий семинарского типа - всего 24 часа

Семинары – 24 часа

| № темы                                                                                              | Форма проведения практического занятия | Наименование темы практического занятия                                 | Часы, в том числе на ПП* | Содержание темы практического занятия                                                                                                                                                                                             | Формируемые индикаторы компетенций | Формы и методы текущего контроля |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Раздел № 1. Основные этапы развития учения о радиоактивности.</b>                                |                                        |                                                                         |                          |                                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                  |
| 1.                                                                                                  | Семинар № 1.                           | Виды самопроизвольных ядерных превращений.                              | 4 из них на ПП 80%       | 1.Виды самопроизвольных ядерных превращений (┐-распад; ┐-превращения; ┐-превращения; спонтанное деление ядер).<br>2. Выполнение практических заданий.                                                                             | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   | КВ                               |
| <b>Раздел № 2. Состояние радиоактивных элементов в ультраразбавленных растворах.</b>                |                                        |                                                                         |                          |                                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                  |
| 2.                                                                                                  | Семинар № 2.                           | Понятие активности.                                                     | 4 из них на ПП 80%       | 1. Виды активности (абсолютная, относительная, удельная, поверхностная, объемная).<br>2. Взаимосвязь между активностью и массой радионуклида.<br>3. Единицы активности (СИ, внесистемные).<br>4. Выполнение практических заданий. | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   | КВ                               |
| <b>Раздел № 3. Закономерности соосаждения радионуклидов с кристаллами. Адсорбция радионуклидов.</b> |                                        |                                                                         |                          |                                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                  |
| 3.                                                                                                  | Семинар № 3.                           | Закономерности соосаждения радионуклидов с кристаллами. Виды адсорбции. | 4 из них на ПП 80%       | 1. Законы распределения макрокомпонентов в гетерогенных системах: закон Генри, закон Рауля, закон Бертло-Нернста.<br>2. Закон распределения радионуклидов в твердой фазе                                                          | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   | КВ                               |



|                                                                                                        |              |                                                                                                 |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----|
|                                                                                                        |              |                                                                                                 |                                | (закон Хлопина).<br>3. Дробная кристаллизация.<br>4. Уравнение адсорбции Лэнгмюра.<br>5. Уравнение адсорбции Фрейндлиха.<br>6. Выполнение практических заданий.                                                                                                                                                                                                                                                                |                                  |    |
| <b>Раздел № 4. Дезактивация.</b>                                                                       |              |                                                                                                 |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                  |    |
| 4.                                                                                                     | Семинар № 4. | Виды дезактивации.<br>Количественное описание дезактивации.                                     | 4 из них на ПП 80%             | 1. Кинетика дезактивации.<br>2. Коэффициент дезактивации.<br>3. Виды дезактивации.<br>4. Дезактивирующие растворы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1 | КВ |
| <b>Раздел № 5. Прикладное значение процессов адсорбции и соосаждения радионуклидов для радиохимии.</b> |              |                                                                                                 |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                  |    |
| 5.                                                                                                     | Семинар № 5. | Адсорбционный метод определения площади поверхности мелкодисперсных кристаллов.                 | 4 из них на ПП 80%             | 1. Взаимосвязь степени адсорбции радионуклида с удельной поверхностью кристалла.<br>2. Выполнение практических заданий.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1 | КВ |
| <b>Раздел № 6. Проблема иммобилизации радиоактивных отходов.</b>                                       |              |                                                                                                 |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                  |    |
| 6.                                                                                                     | Семинар № 6. | Виды и источники радиоактивных отходов.<br>Концепция мультibarьерной защиты. Основные принципы. | 4 из них на ПП 80%             | 1. Радиоактивные отходы, их происхождение и классификация.<br>2. Радионуклидный состав отходов.<br>3. Типы матриц для РАО различных уровней активности.<br>4. Химическая стойкость матриц.<br>5. Кинетика растворения матричных материалов.<br>6. Способы захоронения радиоактивных отходов в РФ.<br>7. Обращение с радиоактивными отходами в странах Скандинавии.<br>8. Обращение с радиоактивными отходами в странах Европы. | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1 | КВ |
| Итого                                                                                                  |              |                                                                                                 | 24 часа из них на ПП- 19 часов |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                  |    |

*КВ – контрольные вопросы*

*\***Практическая подготовка** (ПП) - форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы*



#### 4.5 Внеаудиторная самостоятельная работа – всего 36 часов

| Вид самостоятельной работы                                                                  | Часы, в том числе на ПП*        | Формируемые индикаторы компетенций |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Подготовка к занятиям                                                                       | 4 из них на ПП- 50%             | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   |
| Работа с вопросами для текущего контроля                                                    | 4 из них на ПП- 50%             | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   |
| Самостоятельная проработка отдельных тем учебной дисциплины в соответствии с учебным планом | 24 из них на ПП- 50%            | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   |
| Подготовка рефератов, докладов, подбор и изучение литературных источников, интернетресурсов | 4 из них на ПП- 50%             | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   |
| Итого                                                                                       | 36 часов из них на ПП- 18 часов |                                    |

*\***Практическая подготовка** (ПП) - форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы*

##### 4.5.1 Самостоятельная проработка некоторых тем – всего 24 часа

| Название темы                                                     | Часы, в том числе на ПП* | Формируемые индикаторы компетенций | Методическое обеспечение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Основные этапы развития учения о радиоактивности.                 | 2 из них на ПП- 50%      | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   | Бекман И. Н. Прикладная радиохимия и радиационная безопасность. М.: Юрайт, 2019.<br><a href="https://urait.ru/bcode/433069">https://urait.ru/bcode/433069</a><br><br>Бекман И. Н. Фундаментальная радиохимия. Учебник и практикум. Т.1. М.: Юрайт, 2016.<br><a href="https://avidreaders.ru/book/radiohimiya-v-2-t-t-1.html">https://avidreaders.ru/book/radiohimiya-v-2-t-t-1.html</a><br><br>Пучкова Е. В. Ядерная химия. Избранные главы: учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2020.<br><a href="https://vk.com/doc258522208_588442210?hash=9ab70dfe8c1c4fbf12">https://vk.com/doc258522208_588442210?hash=9ab70dfe8c1c4fbf12</a>                                                                                                                                                                                                                            |
| Состояние радиоактивных элементов в ультраразбавленных растворах. | 2 из них на ПП- 50%      | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   | Нефедов В.Д., Текстер Е.Н., Торопова М.А. Радиохимия. Учебное пособие. М. Высшая школа, 1987.<br><a href="https://www.studmed.ru/nefedov-vd-tekster-en-toropova-ma-radiohimiya_fad8cf2493e.html">https://www.studmed.ru/nefedov-vd-tekster-en-toropova-ma-radiohimiya_fad8cf2493e.html</a><br><br>Радиоактивные индикаторы в химии. Основы метода. Под редакцией В. Б. Лукьянова. М.: Высшая школа, 1985.<br><a href="https://studizba.com/files/show/pdf/40187-1-v-b-luk-yanov--radioaktivnye-indikatory.html">https://studizba.com/files/show/pdf/40187-1-v-b-luk-yanov--radioaktivnye-indikatory.html</a><br><br>Давыдов Ю. П. Формы нахождения металл-ионов (радионуклидов) в растворе. Минск: Белорусская наука, 2011.<br><a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=89353">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=89353</a> |
| Закономерности соосаждения радионуклидов с кристаллами.           | 2 из них на ПП- 50%      | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   | Бекман И. Н. Фундаментальная радиохимия. Учебник и практикум. Т.1. М.: Юрайт, 2016.<br><a href="https://avidreaders.ru/book/radiohimiya-v-2-t-t-1.html">https://avidreaders.ru/book/radiohimiya-v-2-t-t-1.html</a><br><br>Нефедов В.Д., Текстер Е.Н., Торопова М.А. Радиохимия.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |



|                                                                                     |                                |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     |                                |                                  | <p>Учебное пособие. М. Высшая школа, 1987.<br/> <a href="https://www.studmed.ru/nefedov-vd-tekster-en-toropova-ma-radiohimiya_fad8cf2493e.html">https://www.studmed.ru/nefedov-vd-tekster-en-toropova-ma-radiohimiya_fad8cf2493e.html</a></p> <p>Несмеянов А. Н. Радиохимия. М.: Химия, 1978.<br/> <a href="http://padabum.com/d.php?id=170693">http://padabum.com/d.php?id=170693</a></p> <p>Мелихов И.В., Меркулова М.С. Сокристаллизация. М.: Химия, 1975.<br/> <a href="https://www.studmed.ru/melihov-i-v-merkulova-m-s-sokristallizaciya_201a2357db8.html">https://www.studmed.ru/melihov-i-v-merkulova-m-s-sokristallizaciya_201a2357db8.html</a></p> <p>В. И. Шамаев. Соосаждение радиоактивных элементов. М.: РХТУ, 1982.</p>                                                                                                                                                                                                                          |
| Адсорбция радионуклидов.                                                            | 2 из них на ПП- 50%            | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1 | <p>Бекман И. Н. Фундаментальная радиохимия. Учебник и практикум. Т.1. М.: Юрайт, 2016.<br/> <a href="https://avidreaders.ru/book/radiohimiya-v-2-t-t-1.html">https://avidreaders.ru/book/radiohimiya-v-2-t-t-1.html</a></p> <p>Г. Чоппин, Я. Ридберг. Ядерная химия. Основы теории и применения. М.: Энергоатомиздат, 1984.<br/> <a href="https://www.studmed.ru/choppin-g-ridberg-ya-yadernaya-himiya_cd27dcd640e.html">https://www.studmed.ru/choppin-g-ridberg-ya-yadernaya-himiya_cd27dcd640e.html</a></p> <p>Несмеянов А. Н. Радиохимия. М.: Химия, 1978.<br/> <a href="http://padabum.com/d.php?id=170693">http://padabum.com/d.php?id=170693</a></p> <p>Нефедов В.Д., Текстер Е.Н., Торопова М.А. Радиохимия. Учебное пособие. М. Высшая школа, 1987.<br/> <a href="https://www.studmed.ru/nefedov-vd-tekster-en-toropova-ma-radiohimiya_fad8cf2493e.html">https://www.studmed.ru/nefedov-vd-tekster-en-toropova-ma-radiohimiya_fad8cf2493e.html</a></p> |
| Дезактивация.                                                                       | 2 из них на ПП- 50%            | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1 | <p>Н. И. Ампелогова, Ю. М. Симановский, А. А. Трапезников. Дезактивация в ядерной энергетике. М.: Энергоиздат, 1982.<br/> <a href="https://www.studmed.ru/ampelogova-ni-simanovski-yum-trapeznikov-aa-dezaktivaciya-v-yadernoy-energetike_3fd8e574eb5.html">https://www.studmed.ru/ampelogova-ni-simanovski-yum-trapeznikov-aa-dezaktivaciya-v-yadernoy-energetike_3fd8e574eb5.html</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Прикладное значение процессов адсорбции и соосаждения радионуклидов для радиохимии. | 4 из них на ПП- 50%            | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1 | <p>Бекман И. Н. Прикладная радиохимия и радиационная безопасность. М.: Юрайт, 2019.<br/> <a href="https://urait.ru/bcode/433069">https://urait.ru/bcode/433069</a></p> <p>Несмеянов А. Н. Радиохимия. М.: Химия, 1978.<br/> <a href="http://padabum.com/d.php?id=170693">http://padabum.com/d.php?id=170693</a></p> <p>Методы химического и радиохимического контроля в ядерной энергетике. Под ред. Л. Н. Москвина. М.: Энергоатомиздат, 1989.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Проблема иммобилизации радиоактивных отходов.                                       | 6 из них на ПП- 50%            | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1 | <p>Бекман И. Н. Ядерные технологии. М.: Юрайт, 2020.</p> <p>A. Vertes, S. Nagy, Z. Klencsar, R. G. Lovas, F. Rosch (eds.). Handbook of nuclear chemistry. V. 1. Springer, 2011.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Современные концепции размещения радиоактивных отходов.                             | 4 из них на ПП- 50%            | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1 | <p>Бекман И. Н. Ядерные технологии. М.: Юрайт, 2020.</p> <p>G. Choppin, J. Liljenzin, J. Rydberg. Radiochemistry and nuclear chemistry. 2001.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Итого                                                                               | 24 часа из них на ПП- 12 часов |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

*\***Практическая подготовка** (ПП) - форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и*



направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы

## 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1 Виды оценочных средств, используемых при текущем контроле и промежуточной аттестации

| Формы контроля                                 | Название раздела дисциплины                                                                    | Общее количество оценочных средств |    |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----|
|                                                |                                                                                                | КВ                                 | ТЗ |
| Текущий контроль                               | Раздел № 1. Основные этапы развития учения о радиоактивности.                                  | 10                                 | -  |
|                                                | Раздел № 2. Состояние радиоактивных элементов в ультраразбавленных растворах.                  | 10                                 | -  |
|                                                | Раздел № 3. Закономерности соосаждения радионуклидов с кристаллами.                            | 10                                 | -  |
|                                                | Раздел № 4. Дезактивация.                                                                      | 10                                 | -  |
|                                                | Раздел № 5. Прикладное значение процессов адсорбции и соосаждения радионуклидов для радиохимии | 15                                 | -  |
|                                                | Раздел № 6. Проблема иммобилизации радиоактивных отходов.                                      | 15                                 | -  |
| Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет |                                                                                                | 18                                 | 60 |

КВ – контрольные вопросы, ТЗ – тестовые задания

### 5.2 Организация текущего контроля знаний

| № п/п | Наименование темы (раздела) Дисциплины                                                         | Код контролируемого индикатора компетенции | Наименование оценочного средства |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|
| 1.    | Раздел № 1. Основные этапы развития учения о радиоактивности.                                  | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1           | КВ                               |
| 2.    | Раздел № 2. Состояние радиоактивных элементов в ультраразбавленных растворах.                  | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1           | КВ                               |
| 3.    | Раздел № 3. Закономерности соосаждения радионуклидов с кристаллами. Адсорбция радионуклидов    | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1           | КВ                               |
| 4.    | Раздел № 4. Дезактивация.                                                                      | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1           | КВ                               |
| 5.    | Раздел № 5. Прикладное значение процессов адсорбции и соосаждения радионуклидов для радиохимии | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1           | КВ                               |
| 6.    | Раздел № 6. Проблема иммобилизации радиоактивных отходов.                                      | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1           | КВ                               |

КВ – контрольные вопросы,

### 5.3 Организация контроля самостоятельной работы

| № п/п | Вид работы                                                                                  | Код контролируемого индикатора компетенции | Наименование оценочного средства |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|
| 1.    | Подготовка к занятиям                                                                       | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1           | КВ                               |
| 2.    | Работа с вопросами для самопроверки                                                         | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1           | КВ                               |
| 3.    | Самостоятельная проработка отдельных тем учебной дисциплины в соответствии с учебным планом | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1           | КВ                               |

|    |                                                                                             |                                  |    |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----|
| 4. | Подготовка рефератов, докладов, подбор и изучение литературных источников, интернетресурсов | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1 | КВ |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----|

*КВ – контрольные вопросы*

## 5.4 Организация промежуточной аттестации

**Форма промежуточной аттестации по дисциплине – зачет**

**Этапы проведения промежуточной аттестации:**

| Этапы | Вид задания   | Оценочные материалы | Проверяемые индикаторы компетенций |
|-------|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 1     | Собеседование | КВ                  | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   |
| 2     | Тестирование  | ТЗ                  | УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК 4.1, ПК-2.1   |

*КВ – контрольные вопросы, ТЗ – тестовые задания*

Критерии оценивания результата промежуточной аттестации:

«Зачтено» – при условии положительных результатов на 1, 2 этапе.

«Не зачтено» – при наличии одного или более неудовлетворительных результатов.

### Типовые оценочные средства:

#### 1. Типовые контрольные вопросы

1. Основные термины, используемые в прикладной радиохимии.
2. Основные направления прикладной радиохимии.
3. Связь прикладной радиохимии с другими науками.
4. Современные проблемы прикладной радиохимии.
5. Методы исследования в прикладной радиохимии.
6. Закон радиоактивного распада.
7. Альфа-распад.
8. Бета-превращения.
9. Гамма-превращения.
10. Активность радионуклида.

#### Типовые тестовые задания:

1. Прикладная радиохимия – это раздел радиохимии, который включает следующие направления:

- a) **синтез соединений радиоактивных элементов;**
- b) исследование ядерных реакций и химических последствий самопроизвольных и искусственных ядерных превращений;
- c) открытие новых видов радиоактивного распада ядер по продуктам распада;
- d) поиск новых элементов и радионуклидов.

2. Основные положения теории адсорбции Лэнгмюра:

- a) адсорбция вызывается силами, близкими к физическим;
- b) **адсорбция происходит на активных центрах на поверхности адсорбента;**



- c) каждый активный центр способен взаимодействовать с несколькими молекулами адсорбата;
- d) при адсорбции на поверхности образуется несколько слоев адсорбированных молекул.

3. Гидроксиды металлов действуют как адсорбенты, благодаря:

- a) постоянному химическому составу их поверхности;
- b) низкой растворимости в воде;
- c) **большой площади поверхности и низкой растворимости;**
- d) диссоциации по кислотному типу.

4. Дезактивация – это:

- a) удаление прочнофиксированных радиоактивных загрязнений;
- b) удаление слабофиксированных радиоактивных загрязнений;
- c) удаление нефиксированных радиоактивных загрязнений;
- d) **процесс десорбции радионуклидов и радиоактивных частиц с поверхности.**

5. Механизмами адсорбции радионуклидов глинистыми минералами являются:

- a) ионный обмен по механизму первичной обменной адсорбции;
- b) взаимодействие с октаэдрическими слоями в структуре;
- c) взаимодействие с тетраэдрическими слоями в структуре;
- d) **физическая адсорбция на ненасыщенных поверхностных связях.**

**Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине** (приложение 1 к рабочей программе).

## **6. ХАРАКТЕРИСТИКА ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ**

В ИМО создана и функционирует электронная информационно-образовательная среда (далее - ЭИОС), включающая в себя электронные информационные ресурсы, электронные образовательные ресурсы. ЭИОС обеспечивает освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от места нахождения обучающихся. Электронные библиотеки обеспечивают доступ к профессиональным базам данных, справочным и поисковым системам, а также иным информационным ресурсам.

### **6.1. Программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:**

Операционная система семейства Windows

Пакет OpenOffice

Пакет LibreOffice

Microsoft Office Standard 2016

NETOP Vision Classroom Management Software

Образовательный портал ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России

<http://moodle.almazovcentre.ru/>

САБ «Ирбис 64» - система автоматизации библиотек. Электронный каталог АРМ «Читатель» и Web-Ирбис

### **6.2. Профессиональные базы данных, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:**

Электронная библиотечная система «Медицинская библиотека «MEDLIB.RU» ([www.medlib.ru](http://www.medlib.ru))

Электронная медицинская библиотека «Консультант врача» ([www.rosmedlib.ru](http://www.rosmedlib.ru))



ЭБС «Букап» (<https://www.books-up.ru/>)

ЭБС «Юрайт» (<https://urait.ru/>)

Электронная библиотека Профи-Либ «Медицинская литература издательства "Спецлит"» (<https://speclit.profy-lib.ru/>)

Всемирная база данных статей в медицинских журналах PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>

### **6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины:**

Поисковые системы Yandex (<http://www.yandex.ru/>)

Мультимедийный словарь перевода слов онлайн Мультитран (<http://www.multitran.ru/>)

Университетская информационная система РОССИЯ (<https://uisrussia.msu.ru/>)

Публикации ВОЗ на русском языке (<https://www.who.int/ru/publications/i>)

Международные руководства по медицине (<https://www.guidelines.gov/>)

Федеральная электронная медицинская библиотека (ФЭМБ) (<http://www.femb.ru>)

Боль и ее лечение ([www.painstudy.ru](http://www.painstudy.ru))

US National Library of Medicine National Institutes of Health ([www.pubmed.com](http://www.pubmed.com))

Русский медицинский журнал ([www.rmj.ru](http://www.rmj.ru))

Министерство здравоохранения Российской Федерации ([www.rosminzdrav.ru](http://www.rosminzdrav.ru))

КиберЛенинка — это научная электронная библиотека (<https://cyberleninka.ru>)

Российская государственная библиотека ([www.rsl.ru](http://www.rsl.ru))

### **6.4. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:**

#### **Основная литература:**

1. Физическая химия: учебник / А. И. Марахова. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. - Текст : электронный // URL : <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970458341.html>
2. Терапевтическая радиология: национальное руководство / под ред. А. Д. Каприна, Ю. С. Мардынско. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. - Текст : электронный // URL : <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970451281.html>
3. Получение изотопов: учеб. пособие для вузов / Лизунов А. В. - М.: Издательский дом МЭИ, 2019. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785383012550.html>

#### **Дополнительная литература:**

1. Строение атома. Химическая связь: учебное пособие / Громова Е. Ю. - Казань: Издательство КНИТУ, 2017. - Текст : электронный // URL : <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785788222769.html>
2. Основы радиохимии: учеб. пособие / Ю. П. Давыдов - Минск: Выш. шк., 2014. - Текст : электронный // URL : <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9789850623959.html>
3. Методы получения радиофармацевтических препаратов и радио-нуклидных генераторов для ядерной медицины: учебное пособие для вузов / Г. Е. Кодина, Р. Н. Красикова – М.: Издательский дом МЭИ, 2014. - Текст : электронный // URL : <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785383007495.html>
4. Рациональная фармакотерапия в онкологии / под ред. М. И. Давыдова, В. А. Горбуновой – М.: Литтерра, 2017. - Текст : электронный // URL : <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785423502447.html>
5. Радиобиология: термины и понятия: энцикл. справ. / Г. Г. Верещако, А. М. Ходосовская - Минск: Беларус. наука, 2016. - Текст: электронный // URL :



<https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9789850820174.html>

6. Биофизическая и бионеорганическая химия: учебник / Ленский А.С. Белавин И.Ю. Быликин С.Ю. - М.: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2020. - Текст: электронный // URL: <https://www.medlib.ru/library/library/books/37968>

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ:**

7.1. Учебно-методические материалы для обучающихся: Учебно-методическое пособие по организации аудиторной работы и внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Прикладная радиохимия: меченые соединения, индикаторы, радиофармпрепараты» программы высшего образования - магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия Центр Алмазова располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебной дисциплиной.

Для проведения занятий по дисциплине «Прикладная радиохимия: меченые соединения, индикаторы, радиофармпрепараты» специальные помещения имеют материально-техническое и учебно-методическое обеспечение:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения для представления учебной информации.

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения для представления учебной информации.

Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.

## **9. КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Состав и квалификация научно-педагогических работников, обеспечивающих осуществление образовательного процесса по дисциплине «Прикладная радиохимия: меченые соединения, индикаторы, радиофармпрепараты» соответствует требованиям ФГОС ВО магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия и отражен в Справке о кадровом обеспечении основной образовательной программы высшего образования.



## **10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется кафедрой с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения рабочей программы дисциплины «Прикладная радиохимия: меченые соединения, индикаторы, радиофармпрепараты» инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья кафедра обеспечивает:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- размещение в местах доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий;
- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;

3) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:

- возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

При освоении рабочей программы дисциплины обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются бесплатно специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература и специальные технические средств обучения коллективного и индивидуального пользования, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков

При освоении программы дисциплины обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются бесплатно специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература и специальные технические средств обучения коллективного и индивидуального пользования, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.



**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА**  
**К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ПРИКЛАДНАЯ РАДИОХИМИЯ: МЕЧЕННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ,**  
**ИНДИКАТОРЫ, РАДИОФАРМПРЕПАРАТЫ»**  
(наименование дисциплины)

**Магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия**

Профиль: Радиохимия

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Форма обучения: очная

**Срок освоения ОПОП ВО: 2 года**

*(нормативный срок обучения)*

Санкт-Петербург  
2022



**ПАСПОРТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «ПРИКЛАДНАЯ РАДИОХИМИЯ: МЕЧЕНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ,**  
**ИНДИКАТОРЫ, РАДИОФАРМПРЕПАРАТЫ»**  
**В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими**  
**компетенциями: УК-6.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1, ПК-2.1.**

**1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций в процессе изучения дисциплины**

| Индикатор                                                                                                                                                                                                                                           | Показатели достижения освоения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Оценочные средства                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                   |
| УК-6.1. Определяет приоритеты при решении практических задач в ходе профессиональной деятельности.                                                                                                                                                  | Знает:<br>- системные взаимосвязи внутри дисциплины и междисциплинарные отношения в современной науке;<br>- основные положения учения о структуре, логической организации всего разнообразия методов, принципов и подходов с целью анализа проблемной ситуации и выбора способа ее решения с учетом особенностей избранной сферы профессиональной деятельности.                                                                      | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
|                                                                                                                                                                                                                                                     | Умеет:<br>- проводить критический анализ научных, научно-методических и учебно-методических материалов для выделения научной проблемы;<br>- актуализировать проблематику научного исследования на основе междисциплинарного подхода и интеграции знаний;<br>- выделять научную проблему на основе анализа отечественной и зарубежной научной и научно-методической литературы, включая современный информационный поиск.             | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
| ОПК-1. Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                   |
| ОПК-1.2. Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук.                                                                                  | Знает:<br>- исторический характер научной рациональности;<br>- ключевые проблемы научного познания о современных химических процессах;<br>- важнейшие системы научных ценностей, сформировавшиеся в ходе исторического развития.                                                                                                                                                                                                     | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
|                                                                                                                                                                                                                                                     | Умеет:<br>- выбирать направления научной, аналитической и методической работы, содержание исследовательских программ, тематик методических пособий, состава докладов для семинаров, конференций;<br>- формулировать новые задачи, возникающие в ходе исследования;<br>- выбирать, обосновывать и осваивать современные методы, адекватные поставленной цели для системной оценки последствий реализации социально значимых проектов. | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
| ОПК-4. Способен готовить публикации, участвовать в профессиональных дискуссиях, представлять результаты профессиональной деятельности в виде научных и научно-популярных докладов.                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                   |



|                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                 |                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| ОПК-4.1. Собирает информацию о проводимых конкурсах и готовит вспомогательную документацию своих работ для участия в конкурсах (грантах) на русском и английском языке.             | Знает:<br>- правила работы с информацией профессионального содержания в глобальных компьютерных сетях из зарубежных источников. | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
|                                                                                                                                                                                     | Умеет:<br>- искать необходимую информацию в справочной, методической и научной литературе на русском и английском языке.        | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
| ПК-2. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках. |                                                                                                                                 |                                                                   |
| ПК-2.1. Определяет возможные направления развития и перспективы научного исследования.                                                                                              | Знает:<br>- правила работы с информацией профессионального содержания в глобальных компьютерных сетях из зарубежных источников. | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
|                                                                                                                                                                                     | Умеет:<br>- искать необходимую информацию в справочной, методической и научной литературе на русском и английском языке.        | Для текущего контроля: КВ<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |

*КВ – контрольные вопросы, Р – темы рефератов, Д – темы для докладов*

## 2. Организация текущего контроля

| № п/п | Наименование темы (раздела) Дисциплины                                                         | Код контролируемого индикатора компетенции | Наименование оценочного средства |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|
| 1.    | Раздел № 1. Основные этапы развития учения о радиоактивности.                                  | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1           | КВ                               |
| 2.    | Раздел № 2. Состояние радиоактивных элементов в ультраразбавленных растворах.                  | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1           | КВ                               |
| 3.    | Раздел № 3. Закономерности соосаждения радионуклидов с кристаллами. Адсорбция радионуклидов    | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1           | КВ                               |
| 4.    | Раздел № 4. Дезактивация.                                                                      | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1           | КВ                               |
| 5.    | Раздел № 5. Прикладное значение процессов адсорбции и соосаждения радионуклидов для радиохимии | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1           | КВ                               |
| 6.    | Раздел № 6. Проблема иммобилизации радиоактивных отходов.                                      | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1           | КВ,                              |

*КВ – контрольные вопросы, Р – темы рефератов, Д – темы для докладов*

### Темы рефератов и докладов:

1. Место прикладной радиохимии в системе наук.
2. Ядерная химия и прикладная радиохимия.
3. Современные задачи прикладной радиохимии.
4. Мультибарьерная концепция МАГАТЭ.
5. Современные матрицы для размещения радиоактивных отходов.
6. Современные подходы к решению проблемы иммобилизации радиоактивных отходов.
7. Естественный ядерный реактор в Габоне как матрица для размещения радиоактивных отходов.
8. История захоронения радиоактивных отходов в мире.
9. Меченые соединения и их практическое применение.
10. Решение проблемы размещения радиоактивных отходов в странах Скандинавии.



11. Перспективные матрицы для иммобилизации радиоактивных отходов.
12. Глины как препятствия проникновению радиоактивных отходов в окружающую среду.

**3. Форма промежуточной аттестации по дисциплине — зачет.**

**4. Этапы проведения промежуточной аттестации:**

| Этапы | Вид задания   | Оценочные материалы | Проверяемые индикаторы компетенций |
|-------|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 1     | Собеседование | КВ                  | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1   |
| 2     | Тестирование  | ТЗ                  | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1   |

*КВ – контрольные вопросы, ТЗ – тестовые задания*

**5. Критерии оценивания заданий промежуточной аттестации (для зачета):**

| Вид задания                           | «Не зачтено»                                                                                                                                                                                                                                  | «Зачтено»                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Собеседование по контрольным вопросам | Имеет фрагментарные, не систематизированные знания по предмету.<br>Неправильное использование основных научных понятий и терминов.<br>Множественные, существенные ошибки. ответе на вопросы.<br>Отсутствие ответов на дополнительные вопросы. | Имеет глубокие, систематизированные знания по предмету. Дает четкие и развернутые ответы на вопросы.<br>Демонстрирует знание взаимосвязи основных понятий дисциплины.<br>Демонстрирует способность применения полученных знаний на практике. |
| Тестирование                          | 70% и менее правильных ответов                                                                                                                                                                                                                | 71% и более правильных ответов                                                                                                                                                                                                               |

**Критерии оценивания результата промежуточной аттестации:**

При проведении контроля в форме зачета используется следующая шкала оценки: зачтено/не зачтено



## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### Контрольные вопросы

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1    | Основные направления прикладной радиохимии.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:<br>Прикладная радиохимия включает синтез «меченых» соединений и применение радиоактивных изотопов в науке и промышленности: производство компонентов ядерного оружия и ядерного топлива для энергетических, транспортных и исследовательских реакторов, синтез радиоактивных изотопов и меченых молекул, выпуск источников излучения, разработка методов и средств защиты персонала от излучения. Прикладная радиохимия призвана обеспечивать функционирование ядерного топливного цикла, производство конструкционных и функциональных материалов атомной промышленности, переработку и захоронение радиоактивных отходов. |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Проверяемые компетенции          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 2    | Связь прикладной радиохимии с другими науками.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:<br>Многие направления прикладной радиохимии — метод радиоактивных индикаторов, активационный анализ, ядерная геохимия, радиоэкология, экологическая радиохимия, медицинская радиохимия и др. — используют идеи и методы фундаментальной радиохимии для решения разнообразных задач в науке, технике, геологии, охране окружающей среды, биологии, сельском хозяйстве и медицине. |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Проверяемые компетенции          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 3    | Современные проблемы прикладной радиохимии.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:<br>Основными вызовами XXI века для России и мирового сообщества являются: повышение объема переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), включая дефектное и некондиционное; окончательная утилизация накопленных радиоактивных отходов (РАО); вывод из эксплуатации особо опасных ядерных объектов; развитие лучевой диагностики и терапии.<br>Важной проблемой современной прикладной радиохимии является выделение и разделение трансурановых и трансплутониевых элементов из растворов различного состава. С этой целью широко используется экстракционная технология ПУРЕКС-процесса, а также сорбционные методы. |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                          | Проверяемые компетенции          |
|------|---------------------------------------------|----------------------------------|
| 4    | Сорбционные методы в прикладной радиохимии. | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:                              |                                  |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | В настоящее время сорбционные процессы широко используются в прикладной радиохимии, основными объектами которой являются: добыча и переработка урановых руд, радиохимическая переработка облученного ядерного топлива (ОЯТ); утилизация жидких радиоактивных отходов (ЖРО). При переработке урановых руд сорбционные методы используются, главным образом, при извлечении урана из растворов подземного выщелачивания и для аффинажа соединений урана. При радиохимической переработке ОЯТ ионный обмен используется для выделения ряда продуктов деления урана, а также для выделения и разделения редкоземельных (РЗЭ) и трансурановых (ТУЭ) элементов. При переработке ЖРО сорбционные методы используются, в основном, для очистки растворов от долгоживущих радионуклидов цезия и стронция. |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Проверяемые компетенции          |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 5    | <p>Закон радиоактивного распада.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Закон радиоактивного распада описывает убывание со временем среднего числа радиоактивных ядер:</p> $N = N_0 e^{-\lambda t}$ <p>N – число ядер, не распавшихся за время t.<br/>N<sub>0</sub> – число не распавшихся ядер в начальный момент времени (t=0)<br/>λ – постоянная распада, различна для разных радиоактивных веществ.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Проверяемые компетенции          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 6    | <p>Альфа-распад.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Альфа-распадом называется самопроизвольное превращение атомного ядра с числом протонов Z и нейтронов N в другое (дочернее) ядро, содержащее число протонов Z – 2 и нейтронов N – 2. При этом испускается α-частица – ядро атома гелия <math>{}^4_2\text{He}^{2+}</math>.</p> ${}_Z^A\text{X} \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}\text{Y} + {}_2^4\text{He}$ | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Проверяемые компетенции          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 7    | <p>Бета-превращения.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Различают три вида бета-распада:<br/>β<sup>-</sup>-распад. Проявляется в вылете из ядра электрона (β<sup>-</sup>) и антинейтрино.<br/>β<sup>+</sup>-распад. Образование позитронов и нейтрино.<br/>Энергия, выделяющаяся при β-распаде, распределяется между бета-частицей и</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | нейтрино или антинейтрино.<br>– е-захват. Заключается в захвате ядром одного из внутренних электронов атома, в результате чего протон ядра превращается в нейтрон.<br><br>$\beta^-: (A, Z) \rightarrow (A, Z+1) + e^- + \bar{\nu}_e,$ $\beta^+: (A, Z) \rightarrow (A, Z-1) + e^+ + \nu_e,$ $e: (A, Z) + e^- \rightarrow (A, Z-1) + \nu_e.$ |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Проверяемые компетенции          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 8    | Гамма-превращения.<br>Эталон ответа:<br>Гамма-излучение ( $\gamma$ -излучение) - коротковолновое электромагнитное излучение. Возникает при распаде радиоактивных ядер и элементарных частиц, взаимодействии быстрых заряженных частиц с веществом, аннигиляции электронно-позитронных пар и др. $\gamma$ -излучение обладает чрезвычайно малой длиной волны ( $\lambda < 10^{-8}$ см) и вследствие этого ярко выраженными корпускулярными свойствами, т.е. ведет себя подобно потоку частиц – гамма квантов, или фотонов, с энергией $h\nu$ ( $\nu$ – частота излучения, $h$ – Планка постоянная). Гамма-излучение, сопровождающее распад радиоактивных ядер, испускается при переходах ядра из более возбужденного энергетического состояния в менее возбужденное или в основное. Испускание ядром $\gamma$ -кванта не влечет за собой изменения атомного номера или массового числа, в отличие от других видов радиоактивных превращений. | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 9    | Активность радионуклида.<br>Эталон ответа:<br>Активность радионуклида в источнике — отношение числа $dN$ радиоактивных распадов (спонтанных ядерных переходов), происходящих в источнике за интервал времени $dt$ , к этому интервалу<br>$A = dN/dt$<br>Активность радионуклида уменьшается во времени по закону радиоактивного распада:<br>$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$ | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

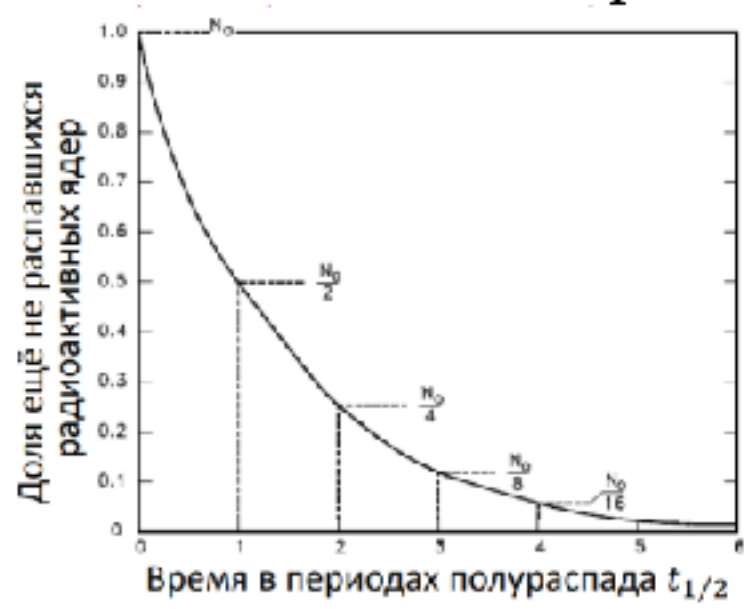
| № KB | Контрольный вопрос                       | Проверяемые компетенции          |
|------|------------------------------------------|----------------------------------|
| 10   | Абсолютная активность.<br>Эталон ответа: | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>Радиоактивность препаратов можно оценить двумя способами: определением абсолютной радиоактивности и определением относительной радиоактивности. Абсолютной активностью называется полное число распадов ядер радиоактивного препарата в единицу времени. Если известно количество радиоактивных ядер в данном образце, то измерение абсолютной активности дает возможность определить константу распада.</p> <p>Величину абсолютной активности препарата можно оценить методом прямого счета распадов; с помощью ионизационной камеры по ионизационному току; калориметрическим и другими методами. Для точного определения абсолютной активности необходимо знать схему распада данного изотопа. Наиболее распространено определение абсолютной активности методом прямого счета, причем может измеряться либо полное число частиц, испускаемых препаратом, либо строго определенная их часть.</p> |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Проверяемые компетенции          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 11   | <p>Относительная активность</p> <p>Эталон ответа:<br/>В радиохимической практике, как правило, применяют так называемые относительные методы определения активности образцов, которые заключаются в сравнении скорости счета исследуемого препарата со скоростью счета стандартного препарата (эталона) с известной абсолютной активностью.</p> <p>Препараты должны одинаково располагаться относительно счетчика. Подложки, на которые нанесены измеряемые препараты, должны быть выполнены из одинакового материала и иметь равную толщину. Все измерения должны проводиться на одной установке с одним и тем же детектором. Следует стремиться к тому, чтобы измерения всех образцов были выполнены с одинаковой статистической погрешностью.</p> <p>Относительная активность определяется как <b>число, равное отношению абсолютной активности в заданном состоянии к абсолютной активности в стандартном состоянии при той же температуре.</b></p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Проверяемые компетенции          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 12   | <p>Единицы радиоактивности.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Мерой радиоактивности является <i>активность радионуклида в источнике излучения</i>. В качестве единицы активности принято одно ядерное превращение в секунду, т. е. один распад в секунду (расп./с). В системе СИ эта единица названа беккерель (Бк). При осуществлении радиационного контроля широко используется <i>внесистемная единица активности – кюри (Ки)</i>. 1 Кюри – это огромная величина, она равна <math>3,7 \cdot 10^{10}</math> ядерных превращений в секунду (Бк). Такой активностью обладает 1 г радия. Другой внесистемной единицей активности является резерфорд (Рд): <math>1 \text{ Рд} = 10^6 \text{ Бк}</math>.</p> <p>Содержание активности в веществе часто оценивают в пересчете на единицу массы вещества (Бк/кг) – <i>удельная активность</i>.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                               | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 13   | Кривая радиоактивного распада.                                                                                                                                                                                                                                                                   | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Если известен период полураспада какого-либо изотопа, то можно построить кривую его распада, показывающую, как происходит уменьшение его массы или активности с течением времени.</p>  |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Проверяемые компетенции          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 14   | Взаимодействие заряженных частиц с веществом и пробег частиц в веществе.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Тормозная способность вещества может быть охарактеризована величиной <b>удельных потерь энергии</b> <math>dE/dx</math>, где <math>dE</math> – энергия, теряемая частицей в слое вещества толщиной <math>dx</math>. Если энергия заряженной частицы теряется на ионизацию среды, то говорят об удельных ионизационных потерях. Удельные потери энергии возрастают с уменьшением энергии частицы и особенно резко перед остановкой в веществе (пик Брэгга).</p> <p>Для определённой среды и частицы с данным зарядом <math>Z</math> величина <math>dE/dx</math> является функцией только её кинетической энергии <math>E</math>: <math>dE/dx = \varphi(E)</math>. Проинтегрировав это выражение по всем значениям <math>E</math> от 0 до начальной энергии частицы <math>E_0</math>, можно получить полный путь <math>R</math>, который заряженная частица проходит до остановки:</p> $R = \int_0^{E_0} \frac{dE}{\varphi(E)}.$ <p>Величину <math>R</math> называют <b>длиной пробега</b> или просто <b>пробегом</b> частицы в веществе.</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                 | Проверяемые компетенции          |
|------|------------------------------------|----------------------------------|
| 15   | Кривая ослабления альфа-излучения. | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:                     |                                  |



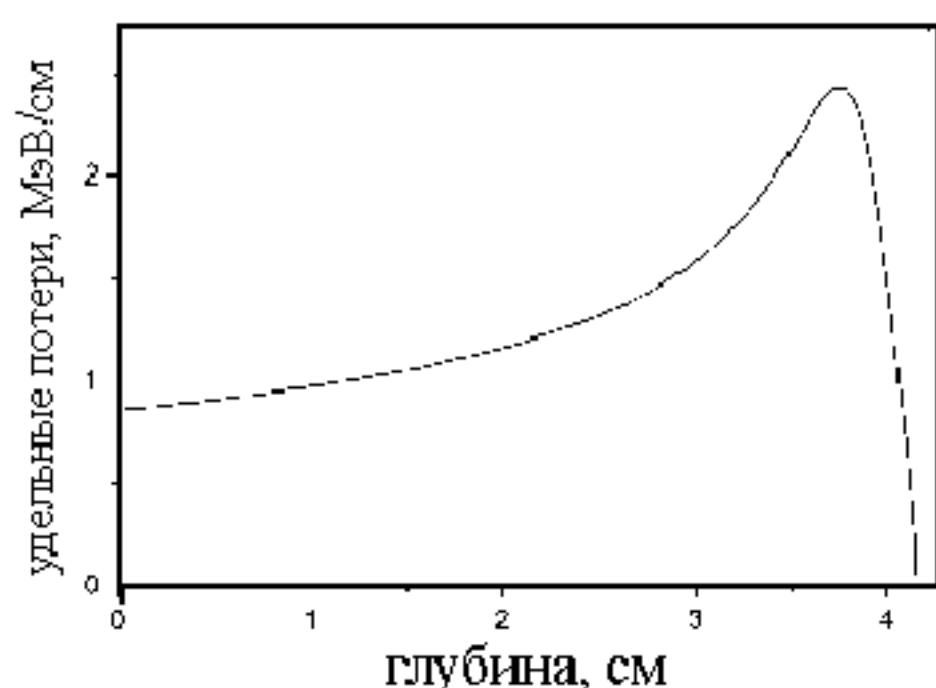


Рис. 1. Кривая для  $\alpha$ -частиц в воздухе

Зависимость удельной ионизации от глубины проникновения называют **кривой Брэгга**. Частицы теряют энергию, скорость падает, потери энергии увеличиваются. Площадь под кривой, очевидно, равна начальной энергии частицы. Вблизи поверхности образуется около  $3 \cdot 10^5$  пар ионов на сантиметре пути, а в максимуме в несколько раз больше. Такое свойство распределения поглощенной энергии используют в **радиационной медицине**. Пробеги порядка десятка сантиметров в биологической ткани имеют протоны с энергией 150 - 200 МэВ. Путем изменения энергии пучка протонов и, тем самым, глубины проникновения, в ходе облучения достигается равномерное распределение дозы облучения, охватывающей всю область опухоли (максимум на кривой Брэгга).

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Проверяемые компетенции          |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 16   | <p>Кривая ослабления бета-частиц.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>При прохождении через вещество <math>\beta</math>-частицы легко рассеиваются в веществе, в связи с чем траектория <math>\beta</math>-частицы в 1,5 - 4 раза превышает пройденную толщину слоя вещества. Поэтому пробегом <math>\beta</math>-частиц данной энергии в веществе называют не длину траектории (как для <math>\alpha</math>-частиц), а минимальную толщину поглотителя (вещества) при которой практически полностью задерживаются все электроны начального потока <math>\beta</math>-частиц. Поскольку <math>\beta</math>-излучение имеет непрерывный энергетический спектр, то проникающая способность <math>\beta</math>-частиц характеризуется максимальным пробегом частиц. Максимальный пробег <math>R_{\max}</math> соответствует пробегу в данном веществе <math>\beta</math>-частиц максимальной энергии <math>E_{\max}</math> в данном спектре <math>\beta</math>-излучения. Суммарный процесс поглощения и рассеяния <math>\beta</math>-излучения веществом характеризуется величиной ослабления потока <math>\beta</math>-излучения. Кривая зависимости числа <math>\beta</math>-частиц <math>N_\beta</math>, проходящих через поглотитель данной толщины от ослабляющего слоя <math>d</math> изображена на рис.:</p> <p>Кривая ослабления <math>\beta</math>-излучения</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 17   | Понятие слоя полного поглощения.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:<br>Толщина слоя вещества, при которой количество проходящих через него в единицу времени $\beta$ -частиц становится пренебрежимо мало, называется толщиной слоя полного поглощения. Толщина слоя полного поглощения линейно зависит от энергии $\beta$ -излучения и ее можно определить с помощью эмпирических уравнений:<br>для<br>$E_{\max} = 0,15 - 0,8 \text{ МэВ.}$<br>$R_n = 0,407 E_{\max},$<br>$E_{\max} > 0,8 \text{ МэВ.}$<br>$R_n = 0,542 E_{\max} - 0,133$<br>где $E_{\max}$ – максимальная энергия в МэВ; $R_n$ – толщина слоя полного поглощения $\beta$ -излучения в алюминии. |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Проверяемые компетенции          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 18   | Адсорбция и ее виды.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:<br><b>Адсорбцией называют процесс самопроизвольного увеличения концентрации вещества на границе раздела фаз.</b> Адсорбирующееся вещество носит название адсорбата, адсорбирующее – адсорбента.<br>Существует два вида адсорбции: <b>адсорбция на твердой поверхности и адсорбция в поверхностном слое жидкости</b> (адсорбция газа на поверхности жидкости). Различают <b>физическую и химическую адсорбцию</b> . Адсорбцию, обусловленную действием сил Ван-дер-Ваальса, называют физической адсорбцией. Физическая адсорбция – обратимый экзотермический процесс. Когда частица адсорбируется на поверхности, ее поступательное движение ограничивается, и поэтому процесс сопровождается уменьшением энтропии.<br><b>Химическая адсорбция</b> – процесс адсорбции, который протекает в результате образования химической связи (обычно ковалентной). Энергия связи адсорбент – адсорбат достаточно велика и примерно равна энтальпии образования химических соединений. Хемосорбция характеризуется высокой специфичностью (зависит от природы адсорбента и адсорбата) |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Проверяемые компетенции          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 19   | Количественное описание адсорбции.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:<br>Две величины:<br><b>1. Абсолютная адсорбция (<math>A</math>)</b> – количество вещества (моль) в поверхностном слое, приходящееся на единицу площади поверхности или единицу массы адсорбента (моль/м <sup>2</sup> , моль/г).<br>$A = C_s h_s,$<br>где $C_s$ – концентрация компонента в поверхностном слое, объемом $V_s$ ; $s$ – площадь |                                  |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>поверхности адсорбента; <math>h_s</math> – толщина поверхностного слоя адсорбента.</p> <p><b>2. Гиббсовская (избыточная) адсорбция</b> – избыточное число молей адсорбата в поверхностном слое (на единицу площади поверхности) по сравнению с тем числом молей, который бы находился в адсорбционном объеме в отсутствии адсорбции.</p> $\Gamma = \frac{V_S(C_S - C_V)}{s} = A - C_V h_s$ <p>где <math>C_V</math> – равновесная объемная концентрация адсорбата; <math>s</math> – площадь межфазной поверхности; <math>C_s</math> – концентрация компонента в поверхностном слое, объемом <math>V_S</math>; <math>h_s</math> – толщина поверхностного слоя адсорбента.</p> |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Проверяемые компетенции          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 20   | <p>Уравнение Ленгмюра.</p> <p>Эталон ответа:<br/>При физической адсорбции быстро устанавливается равновесие между адсорбированными частицами и частицами в газовой фазе. Распределение молекул адсорбата между поверхностью твердого тела и газовой фазой зависит от давления, температуры, химической природы вещества, площади поверхности. Равновесие распределения оценивают по изотермам адсорбции. Простейшим уравнением для изотермы адсорбции служит <b>уравнение изотермы Ленгмюра</b>.<br/>Уравнение изотермы мономолекулярной адсорбции, которое для адсорбции газов на однородной твердой поверхности имеет вид:</p> $A = A_{\infty} \frac{Kp}{1 + Kp},$ <p>где <math>p</math> – равновесное давление адсорбата <math>K</math> – константа адсорбционного равновесия, характеризующая энергию взаимодействия адсорбата и адсорбента; <math>A_{\infty}</math> – предельная адсорбция (емкость адсорбционного монослоя).</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Проверяемые компетенции          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 21   | <p>Уравнение Фрейндлиха.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Для описания процесса адсорбции также используют эмпирическое уравнение Фрейндлиха.</p> $A = \beta \cdot C^{1/n},$ <p>где: <math>C</math> – равновесная концентрация адсорбата; <math>\beta</math> и <math>n</math> – константы, определяемые опытным путем. Константа <math>\beta</math> по своему физическому смыслу представляет собой значение адсорбции при равновесной концентрации адсорбата, равной единице (при <math>C=1</math>, <math>A = \beta</math>). Эта константа для различных адсорбционных систем колеблется в пределах <math>2 \div 2,5</math>. Показатель <math>n/1</math> характеризует степень отклонения изотермы адсорбции от прямой линии.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                      | Проверяемые компетенции       |
|------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 22   | <p>Коллоиды и псевдоколлоиды.</p> <p>Эталон ответа:</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК- |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|  | <p>Простейшая модель строения коллоидной частицы:</p> $AgNO_3 + KBr \text{ (изб.)} \leftrightarrow \underline{AgBr} + KNO_3$ <div style="text-align: center;"> <p>мицелла</p> <math display="block">\overbrace{\{m[AgBr] \cdot nBr^- \cdot pK^+\} \cdot qK^+}^{\text{агрегат}}</math> <p>ядро</p> <p>частица (гранула)</p> </div> $m \gg n, n - p \mid q.$ <p>Коллоидные частицы, агрегаты которых состоят из радионуклидов, называются <b>истинными радиоколлоидами</b>.<br/>Если радионуклид занимает любое место в двойном электрическом слое (потенциалоопределяющих ионов или противоионов) и не входит в состав агрегата, то он образует <b>псевдоколлоид</b>.</p> | 4.1 |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Проверяемые компетенции          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 23   | <p>Электрохимическое поведение микроколичеств радионуклидов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Как известно, электродный потенциал <math>E</math> системы, состоящей из электрода сравнения и металла, опущенного в раствор собственных ионов, определяется уравнением Нернста:</p> $E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln a, \quad (1)$ <p>где, <math>a</math> — термодинамическая активность иона в растворе; <math>E_0</math> — нормальный электродный потенциал (потенциал при <math>a=1</math>); <math>n</math> — число электронов, участвующих в реакции; <math>T</math> — абсолютная температура; <math>R</math> — газовая постоянная, <math>F</math> — постоянная Фарадея.</p> <p>В случае ультраразбавленных растворов при их малой ионной силе величину, <math>a</math> вполне оправданно можно заменить концентрацией соединения <math>C</math>. Однако применение уравнения 1 к ультраразбавленным растворам связано с целым рядом трудностей, из-за которых определить электродный потенциал непосредственно по этому уравнению не удастся. Поэтому для электрохимической характеристики микрокомпонента принято использовать не электродные потенциалы, а значения так называемых критических потенциалов осаждения.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                | Проверяемые компетенции          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 24   | <p>Условия образования псевдоколлоидов</p> <p>Эталон ответа:<br/>1. Раствор по отношению к радионуклиду является ненасыщенным (<math>C_0 &lt; C_p</math>).<br/>2. Раствор содержит примесные элементы, для которых существует</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>термодинамическая вероятность образования истинных коллоидов: <math>C'_0 &gt; C'_p</math>, где ' – признак примесного элемента).</p> <p>3. Образовывание псевдорадиокolloидов происходит в результате сорбции ионодисперсных форм радионуклида поверхностью коллоидных частиц примесных элементов.</p> |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Проверяемые компетенции          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 25   | <p>Адсорбционные силы.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Между частицами адсорбата и поверхностью адсорбента всегда действуют силы Ван-Дер-Ваальса, имеющие универсальный характер. Они приводят к тому, что все газы адсорбируются на поверхности твердых тел, если температура не слишком высока.<br/>Вследствие движения электронов, даже молекула с симметричным (в среднем) распределением электронной плотности обладает флуктуирующим (колеблющимся по направлениям) отклонением этой плотности от средней, т.е. флуктуирующими диполями, квадрупольными и т.д. Эти силы называются дисперсионными, так как флуктуирующие диполи вызывают явление дисперсии света.<br/>Часто имеют значение электростатические силы - ориентационные силы, проявляющиеся при адсорбции на поверхности полярных молекул, несущих постоянные электростатические заряды (ионы, диполи) и индукционные силы двух типов: с дипольными моментами, наведенными зарядом поверхности или с дипольными моментами, наведенными адсорбирующимися диполями.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Проверяемые компетенции          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 26   | <p>Физическая адсорбция.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Физическая адсорбция - это увеличение концентрации вещества на поверхности или на границе разделения двух фаз. Наиболее часто в теории физической адсорбции принято рассматривать диполь-дипольное взаимодействие Ван-Дер-Ваальса, которое имеет место для всех веществ. Участвуя в адсорбции, молекула и сорбирующая поверхность поляризуют друг друга, и взаимодействия между этими индуцированными диполями порождают теплоту адсорбции. Эти силы невелики и поэтому теплота физической адсорбции составляет 10 – 30 кДж/моль.<br/>Участвующие в физической адсорбции молекулы никогда не диссоциируют.<br/>Физическая адсорбция неспецифична.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Проверяемые компетенции          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 27   | <p>Химическая адсорбция.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Химическая адсорбция, или хемосорбция, обязана химической связи, возникающей между адсорбатом и адсорбентом. При этом образуются поверхностные соединения. Теплота хемосорбции составляет 100 – 400 кДж/моль, а сам процесс хемосорбции носит активационный характер. Молекулы адсорбата и адсорбента должны обладать энергией, которая превышает некоторое пороговое значение</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | (энергия активации). Следовательно, при увеличении температуры процесс хемосорбции ускоряется. Происходит так называемая активируемая адсорбция. Хемосорбция относится к избирательным процессам и зависит от химического сродства абсорбента и адсорбата, которое наряду с температурой определяет скорость протекания реакции. |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Проверяемые компетенции          |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 28   | <p>Движущие силы адсорбции.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Движущая сила процесса адсорбции – некомпенсированность межмолекулярных взаимодействий на границе фаз по сравнению с таковыми внутри объема фаз. Если химические (ковалентные) связи на границе фаз не образуются, то межмолекулярными взаимодействиями, ответственными за адсорбцию, могут быть водородные связи, ион-дипольные, диполь-дипольные, индукционные, дисперсионные. В результате некомпенсированности межмолекулярных взаимодействий обязательно возникает избыточная поверхностная энергия Гиббса:</p> $G_s = \sigma \Omega$ <p>где <math>\Omega</math> – площадь поверхности раздела фаз (<math>\text{м}^2</math>), <math>\sigma</math> – избыточная удельная поверхностная энергия (<math>\text{Дж/м}^2</math>).</p> <p>Самопроизвольно в многофазной системе могут идти только процессы с уменьшением этой энергии (<math>\Delta G_s &lt; 0</math>).</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 29   | <p>Механизмы процесса адсорбции</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Адсорбционные взаимодействия межфазной поверхности со смесями веществ протекают по механизмам независимой, конкурентной и вытеснительной адсорбции. При независимой, или неконкурентной адсорбции компоненты смеси связываются разными типами активных центров поверхности, не оказывая влияния на закономерности адсорбции каждого из веществ. Если один из компонентов смеси обладает значительно более высокой адсорбционной способностью, чем другие, и поэтому преимущественно связывается активными центрами поверхности, то механизм адсорбции будет вытеснительным. В случае, когда компоненты смеси обладают близкой адсорбционной способностью и одновременно взаимодействуют с активными центрами поверхности, адсорбция будет протекать по конкурентному механизму.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                          | Проверяемые компетенции          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 30   | <p>Теория мономолекулярной адсорбции.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Теория мономолекулярной адсорбции разработана американским химиком И. Ленгмюром и основана на представлениях об адсорбции как о квазихимическом процессе.</p> <p>Основные положения теории Ленгмюра:</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- адсорбция осуществляется за счет насыщаемых сил, действующих на малых расстояниях;</li> <li>- ограниченность межфазной поверхности приводит к адсорбционному насыщению адсорбента по мере увеличения концентрации (давления) распределяемого вещества (адсорбата);</li> <li>- адсорбция локализована на отдельных энергетически эквивалентных центрах, каждый из которых может взаимодействовать только с одной молекулой адсорбата, в результате чего образуется мономолекулярный адсорбционный слой;</li> <li>- адсорбированные молекулы в поверхностном слое не взаимодействуют друг с другом.</li> </ul> |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Проверяемые компетенции          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 31   | <p>Классификация адсорбционных процессов на ионных кристаллах.</p> <p>Эталон ответа:<br/>В случае адсорбции на полярных кристаллах адсорбционные явления классифицируют по местонахождению сорбированных ионов. Если последние находятся в поверхностном слое кристаллической решетки — во внутренней обкладке двойного электрического слоя, то такая адсорбция называется <i>первичной</i>. Если адсорбционный ион входит в состав внешней обкладки двойного слоя — находится в растворе у границы раздела фаз, такая адсорбция называется <i>вторичной</i>. Первичную адсорбцию подразделяют на потенциалобразующую и обменную. Потенциалообразующая адсорбция имеет место для весовых концентраций ионов. Первичная обменная адсорбция происходит благодаря кинетическому обмену между ионами поверхности кристалла и раствора. Вторичная адсорбция также делится на два вида: обменную и ван-дер-ваальсову.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Проверяемые компетенции          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 32   | <p>Первичная обменная адсорбция.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Перенос собственных изотопных или изоморфных ионов из раствора на поверхность ионного кристалла в результате кинетического обмена получил название первичной обменной адсорбции.<br/>При первичной обменной адсорбции ионы радионуклида входят в поверхностный слой кристалла адсорбента. По механизму первичной адсорбции из раствора могут адсорбироваться те ионы, которые способны входить в кристаллическую решетку адсорбента. Для осуществления первичной адсорбции достаточно поверхностного изоморфизма между соответствующими соединениями. Так, хотя <math>\text{CaSO}_4</math> и <math>\text{BaSO}_4</math> не способны совместно кристаллизоваться, первичная адсорбция ионов кальция на осадке <math>\text{BaSO}_4</math> имеет место, так как в данном случае существует двумерное подобие между гранями кристаллических решеток обоих сульфатов.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                     | Проверяемые компетенции       |
|------|----------------------------------------|-------------------------------|
| 33   | Кинетика первичной обменной адсорбции. | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК- |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|  | <p>Эталон ответа:<br/>При первичной адсорбции распределение адсорбируемого иона между раствором и поверхностью твердой фазы определяется соотношением:</p> $\frac{A_s}{B_s} = D \frac{A_p}{B_p} \quad (1)$ <p>где <math>A_s</math> и <math>A_p</math> - количество радионуклида на поверхности твердой фазы и в объеме раствора соответственно; <math>B_s</math> и <math>B_p</math> - количество макрокомпонента в этих фазах; <math>D</math> — коэффициент сокристаллизации, величина которого зависит от температуры и природы участвующих в адсорбции ионов.<br/>При адсорбции изотопных ионов <math>D=1</math>.</p> | 4.1 |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 34   | Особенности обменной адсорбции.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:<br/>Обменная адсорбция представляет собой процесс обмена между раствором и твердой фазой – адсорбентом, точнее обмен ионов между двойным электрическим слоем адсорбента и средой. При этом твердая фаза поглощает из раствора ионы одного знака (катионы или анионы) и вместо них выделяет в раствор эквивалентное число других ионов того же знака. Обменная адсорбция имеет ряд особенностей. 1). Обменная адсорбция специфична, т.е. для данного адсорбента к обмену способны только определенные ионы. Различают кислотные и основные адсорбенты, которые обмениваются с растворами катионами и анионами соответственно. Существуют также амфотерные адсорбенты, которые в одних условиях обменивают катионы, а в других – анионы. 2). Обменная адсорбция не всегда обратима. 3). Обменная адсорбция протекает более медленно, чем молекулярная адсорбция. 4). При обменной адсорбции может изменяться pH среды.</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Проверяемые компетенции          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 35   | Вторичная обменная адсорбция.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:<br/><b>Вторичная обменная</b> адсорбция представляет собой перенос ионов радиоактивного элемента из объема раствора во внешнюю обкладку двойного электрического слоя, возникающего на границе раздела фаз. Поскольку эти ионы не входят в решетку кристалла, они в значительной степени сохраняют свою гидратную оболочку. Этот вид адсорбции менее селективен, т.к. удерживаемые ионы могут быть не обязательно собственными или изоморфными. Этот вид адсорбции имеет большое значение в практике работ с радиоактивными индикаторами.</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                   | Проверяемые компетенции          |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 36   | Концепция двойного электрического слоя.                                                              | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:<br/>На границе раздела фаз «кристалл-раствор» вследствие различной вероятности</p> |                                  |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | удаления положительных и отрицательных ионов макрокомпонента из приповерхностного слоя кристалла возникает <i>двойной электрический слой (ДЭС)</i> , который является причиной адсорбции радионуклидов на ионных кристаллах. Внутренняя обкладка ДЭС (S) представляет собой приповерхностный слой кристалла, внешняя обкладка (L) – приповерхностный слой ориентированных молекул жидкости. Концентрация микрокомпонента в ДЭС отличается от равновесных концентраций в объеме раствора или кристалла. На заряд обкладок ДЭС влияют условия образования твердой фазы. |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Проверяемые компетенции          |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 37   | Определение соосаждения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Предположим, что в системе, представляющей собой раствор (расплав) или пар, содержащий один микрокомпонент и один макрокомпонент, начинает формироваться твердая фаза макрокомпонента, например, в ходе химической реакции. Так как содержание микрокомпонента очень мало, то он не может образовать собственную твердую фазу. Тем не менее практически всегда наблюдается увлечение микрокомпонента формирующимся осадком макрокомпонента – <i>соосаждение</i>.</p> <p><b>Соосаждение</b> – перенос микрокомпонента (радионуклида) из газовой или жидкой фазы в твердую фазу, образуемую макрокомпонентом (носителем).</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Проверяемые компетенции          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 38   | Классификация процессов соосаждения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Соосаждение с изотопным носителем – механизм переноса микрокомпонента в твердую фазу - изотопный обмен;</li> <li>- соосаждение со специфическим носителем - механизм переноса – совместная кристаллизация (сокристаллизация) - объемное распределение микрокомпонента</li> <li>- соосаждение с неспецифическим носителем – механизм внедрения – вторичная обменная адсорбция – распределение в приповерхностном слое осадка</li> </ul> <p>Во всех случаях радионуклид выступает в роли микрокомпонента, носитель – макрокомпонент.</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Проверяемые компетенции          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 39   | Соосаждение с изотопными носителями                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Соосаждение с изотопными носителями основано на идентичности свойств и поведения изотопов средних и тяжелых элементов.</p> <p>Механизм переноса микрокомпонента – гетерогенный изотопный обмен</p> $AX_{\text{тв}} + AX^*_{\text{раствор}} = AX^*_{\text{тв}} + AX_{\text{раствор}}$ <p>Необходимое условие применимости метода – достижение изотопного равновесия, т.е. тождественности изотопного состава различных форм элемента.</p> <p>Главная закономерность процессов соосаждения с изотопным носителем: молярные доли микро- и макрокомпонента, перешедших в твердую фазу, равны молярной доле носителя, переходящего в твердую фазу (одинаковый состав фаз)</p> |                                  |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>Характерные особенности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- избирательность в отношении данного элемента и неизбирательность в отношении его отдельных изотопов;</li> <li>- независимость процесса от концентрации радионуклида, состава раствора, условий образования твердой фазы, температуры, давления и т.д.</li> <li>– невозможность отделения микрокомпонента от изотопного носителя.</li> </ul> |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Проверяемые компетенции          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 40   | <p>Закон Хлопина</p> <p>Эталон ответа:<br/>Закон распределения микроконцентраций радиоактивных элементов между твердой кристаллической фазой и раствором называется законом Хлопина и формулируется так: "Если два вещества способны образовывать смешанные кристаллы (являются изоморфными или изодиморфными) и концентрация одного из них очень мала, то распределение этого вещества (микрокомпонента) между кристаллической фазой и раствором при постоянной температуре и давлении характеризуется постоянной величиной коэффициента кристаллизации и не зависит от количественного соотношения фаз".</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Проверяемые компетенции          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 41   | <p>Прикладное значение закона Хлопина для радиохимии.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Работы Хлопина наметили пути дальнейших исследований, позволили применить метод изоморфной кристаллизации для решения ряда конкретных задач.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зная константу распределения для различных пар солей при разных условиях, можно управлять процессом разделения и концентрирования веществ методом дробной кристаллизации.</li> <li>2. Исследуя зависимость константы распределения от состава раствора и состава твердой фазы, можно изучать состояние веществ, находящихся в растворе и кристаллах в ничтожных концентрациях.</li> <li>3. Учитывая применимость закона Хлопина к комплексным соединениям, можно изучать строение как твердых комплексных соединений, так и изменение состава комплексных ионов в растворе.</li> <li>4. Пользуясь предложенными Хлопиным методами, можно изучать механизм образования различных типов смешанных кристаллов.</li> </ol> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Проверяемые компетенции          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 42   | <p>Прикладное значение адсорбции для радиохимии.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Адсорбция может быть также крайне нежелательным явлением при последовательном количественном выделении из раствора с помощью реакции осаждения нескольких радионуклидов. В то же время адсорбционные методы широко используются для выделения, разделения и концентрирования радионуклидов из растворов. Основную роль в радиохимии играет адсорбция ионов</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>радиоактивных элементов из растворов. Адсорбция радиоактивных веществ зависит от концентрации водородных ионов (рН), посторонних электролитов, комплексообразователей. Поскольку от этих же факторов зависит состояние радионуклида в растворе, можно по характеру адсорбции следить за его состоянием. Таким образом, знание закономерностей, определяющих поведение микроколичеств радиоэлемента, позволит свести к минимуму возможность неконтролируемых потерь или предотвратить его загрязнения посторонними примесями.</p> <p>Использование особенностей поведения веществ в ультрамалых количествах лежит в основе методов выделения, концентрирования и разделения радионуклидов.</p> |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Проверяемые компетенции          |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 43   | <p>Сокристаллизация и изоморфизм.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p><b>Сокристаллизация</b> – соосаждение с кристаллическими осадками, при котором микрокомпонент распределяется по всему объему твердой фазы, участвуя в построении кристаллической решетки макрокомпонента.</p> <p><b>Изоморфизм</b> - свойство элементов замещать друг друга в кристаллической структуре при условиях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- одинакового типа химической формы соединений</li> <li>- близости размеров замещающих друг друга структурных единиц</li> <li>- близости характера химической связи, составляющих кристалл структурных единиц (атомов, простых и сложных ионов, молекул).</li> </ul> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Проверяемые компетенции          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 44   | <p>Механизм вторичной обменной адсорбции.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Адсорбцию ионов во внешней части двойного электрического слоя называют вторичной адсорбцией (часто ее называют также вторичной обменной адсорбцией). Она обусловлена кулоновскими электростатическими силами и в отличие от первичной адсорбции сильно зависит от знака и заряда поверхности и сорбируемых ионов, а также ионной силы раствора. По механизму вторичной обменной адсорбции могут адсорбироваться ионы, имеющие заряд, противоположный по знаку заряду поверхности адсорбента.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Проверяемые компетенции          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 45   | <p>Правило Хана.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Для вторичной адсорбции сформулировано правило Хана:</p> <p>Адсорбция иона осадком значительна, если поверхность осадка имеет заряд противоположный заряду иона и соединение, получившееся в результате адсорбции малорастворимо или слабо диссоциировано в данном растворителе. Заряд осадка определяется ионами, имеющимися в избытке. Они адсорбируются очень прочно и, легко заменяются ионами того же заряда из раствора. При положительном заряде</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |



|  |                                                     |  |
|--|-----------------------------------------------------|--|
|  | поверхности легко адсорбируются отрицательные ионы. |  |
|--|-----------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 46   | Адсорбция радионуклидов гидроксидами металлов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Адсорбция ионов на гидроксидах многовалентных металлов отличается от адсорбции на кристаллах. Важнейшим отличительным признаком является непостоянство свойств поверхности таких адсорбентов. Для гидроксидов характерно три вида адсорбции: ионообменная, молекулярная и хемосорбция. Наиболее хорошо изучена адсорбция ионов <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math> и <math>\text{Al}(\text{OH})_3</math>. Гидроксиды железа и алюминия могут адсорбировать катионы путем первичной ионообменной адсорбции в потенциалообразующем слое, имеющем положительный заряд за счет катионов <math>\text{Fe}^{3+}</math> и <math>\text{Al}^{3+}</math>. Кроме первичной адсорбции на гидроокисях, наблюдается и вторичная ионообменная адсорбция ионов, закономерности которой в общих чертах совпадают с закономерностями вторичной адсорбции на полярных кристаллах.</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Проверяемые компетенции          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 47   | Адсорбция радионуклидов стеклами.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Предположим, что мы начали с переливания раствора радиоактивного натрия-24 без носителя из одного стеклянного стакана в другой. Если не принять мер предосторожности при такой операции, можно потерять почти весь изотоп. Потери будут тем больше, чем меньше концентрация натрия в исходном растворе и больше площадь стакана. На поверхности стекла, представляющего собой силикат натрия, имеются группы — <math>\text{ONa}</math>, способные к обмену, количество их составляет около <math>10^{-9}</math> г/г. Если концентрация натрия-24 в растворе 1 мк/мл, то в 100 мл его имеется около <math>6 \cdot 10^{-11}</math> г натрия-24. При установлении адсорбционного равновесия радиоактивный изотоп должен распределиться между раствором и поверхностью стакана пропорционально содержанию ионов натрия на поверхности и в растворе, в результате почти весь натрий-24 из раствора перейдет на поверхность.</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Проверяемые компетенции          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 48   | Адсорбция радионуклидов глинистыми минералами.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Катионы могут взаимодействовать с отрицательно заряженными минеральными поверхностями исключительно за счет электростатического притяжения. Такие реакции хорошо известны по катионным взаимодействиям с постоянно заряженными участками поверхности глин (т.е. типичными "ионообменными" участками). Обычно слабый электростатический характер взаимодействия катиона с постоянно заряженными участками поверхностям делает это взаимодействие легко обратимым, кроме того, возникает сильная конкуренция с другими катионами. Подобное взаимодействие в ряде работ описано как взаимодействие по механизму ионного обмена, или же как формирование <b>внешнесферных комплексов</b>.<br/>Формирование сильного взаимодействия с атомом кислорода на поверхности, со</p> |                                  |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>значительным вкладом ионного или ковалентного взаимодействия, приводит к образованию внутрисферных комплексов с частичной потерей гидратной оболочки иона металла. Это сильное связывание с поверхностью минерала оказывает более выраженное влияние на обратимость и кинетику десорбции по сравнению с внешнесферным комплексообразованием. На образование <b>внутрисферных комплексов</b> оказывает влияние ионная сила, pH, состав раствора электролита, концентрация ионов металла, присутствие конкурирующих катионов, комплексообразующих лигандов, температура и другие факторы.</p> |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Проверяемые компетенции          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 49   | <p>Адсорбция радионуклидов полимерными материалами.</p> <p>Эталон ответа:<br/>На полимерах возможна физическая адсорбция, но наиболее характерна для них химическая, ионообменная и молекулярная адсорбция. Ионообменная сорбция связана с наличием в полимере реакционноспособных групп (карбоксильных, гидроксильных, аминных), вступающих в обменные взаимодействия. Ионообменная емкость полимеров невысока, но достаточна для удерживания радиоактивных загрязнений. Высокое сродство ионов поливалентных металлов к карбоксильным группам является причиной удерживания соответствующих радионуклидов на поверхности и отсутствия проникновения их по микропорам в глубь материала. Набухший полимер можно рассматривать как «гелевый сольвент». Вещество может распределяться между водным раствором и набухшим полимером, как при экстракции органическим растворителем. Переходу катионов в «гелевый сольвент» способствует кислая среда или высокая концентрация солей («высаливание»).</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Проверяемые компетенции          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 50   | <p>Адсорбция радионуклидов почвами.</p> <p>Эталон ответа:<br/><u>Обменное поглощение</u> – это способность почвенных коллоидов поглощать на своей поверхности катионы или молекулы из почвенного раствора в обмен на эквивалентное количество своих катионов.<br/>В почве соли и другие соединения диссоциируют с образованием ионов (<math>H^+</math> – подкисление почвенного раствора).<br/>Среди ионов почвенного раствора максимальная обменная способность у <math>H^+</math> (его много на кислых почвах).<br/>Чем выше кислотность почвенного раствора, тем больше <math>H^+</math> адсорбируется на коллоидах и тем меньше адсорбируется других катионов (в т.ч. и радионуклидов), и тем больше их остается в почвенном растворе, и поэтому их больше поступление и в корни растений.<br/>Обменное поглощение оказывает основное влияние на поведение радионуклидов в почве. Процессы обменного поглощения происходят на поверхности частиц. Обменной поглотительной способностью обладает тонкодисперсная фракция или почвенно-поглощающий комплекс. Обменное поглощение радионуклидов подчиняется основным закономерностям ионного обмена.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |



| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Проверяемые компетенции          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 51   | Носители и их классификация.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Макроэлемент при соосаждении называется <i>носителем</i>. В процессах соосаждения используются <b>носители</b>, которые по механизму действия подразделяются на: <b>изотопные, специфические и неспецифические</b>.</p> <p><b>Изотопный носитель</b> - это соединение, содержащее нерадиоактивный изотоп исследуемого радиоактивного элемента. Химический состав этого соединения тождественен химическому составу радиоактивного микрокомпонента.</p> <p><b>Специфический носитель (изоморфный)</b> – это соединение элемента-аналога, которое способно совместно кристаллизоваться с выделяемым изотопом.</p> <p><b>Неспецифический (инертный) носитель</b> - это нерадиоактивное вещество, состав и свойства которого отличны от состава выделяемого элемента.</p> <p><b>Процессы соосаждения с неспецифическими носителями</b> основываются на явлении вторичной обменной адсорбции.</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 52   | Гомогенное распределение микрокомпонента между твердой и жидкой фазами                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Гомогенным мы будем называть такое распределение, которое характеризуется установлением термодинамического равновесия между кристаллом в целом и раствором. Для представления экспериментальных данных по распределению компонентов между сосуществующими фазами удобной оказалась формула, предложенная Л. Гендерсоном и Ф. Крэчком:</p> $\frac{x}{y} : \frac{a-x}{b-y} = D$ <p>где <math>x</math> и <math>y</math> - количества макро- и микрокомпонентов, перешедших в кристаллическую фазу, <math>a</math> и <math>b</math> — первоначальные количества макро- и микрокомпонентов в системе; <math>D</math> — коэффициент кристаллизации.</p> <p>Величина <math>D</math> отражает сущность процесса распределения микрокомпонента между кристаллической фазой и раствором: она показывает, во сколько раз отношение между количествами микро- и макрокомпонентов в кристаллах больше (<math>D &gt; 1</math>), равно (<math>D = 1</math>) или меньше (<math>D &lt; 1</math>), чем аналогичное отношение в растворе, равновесном с кристаллами.</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Проверяемые компетенции          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 53   | Уравнение Хлопина в дифференциальной форме.                                                                                                                                                                                                                                                                                     | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Представим себе очень медленно растущий кристалл бариевой соли, находящийся в ее насыщенном растворе, содержащем некоторое количество радия. В каждый данный момент роста между поверхностным слоем кристалла и раствором происходит ионный обмен, причем на поверхности кристалла наряду с ионами</p> |                                  |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>бария фиксируется также некоторое количество ионов радия, пропорциональное концентрации их в растворе. Если процесс роста происходит достаточно медленно для того, чтобы между поверхностным слоем и раствором успевало установиться равновесие, то к распределению радия может быть приложено уравнение Бертелло — Нернста — Хлопина:</p> $\frac{dx}{dy} = \frac{\lambda(a - x)}{b - y}$ <p>где <math>dx</math> — количество соли радия, перешедшей в элементарный слой кристаллов;<br/> <math>dy</math> — количество соли бария, перешедшей в элементарный слой кристаллов;<br/> <math>a</math> и <math>b</math> — количества солей радия и бария в растворе в начале кристаллизации;<br/> <math>x</math> и <math>y</math> — количества солей радия и бария, перешедших в данный момент кристаллизации в смешанный кристалл;<br/> <math>\lambda</math> — постоянная кристаллизации.</p> |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Проверяемые компетенции          |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 54   | <p>⊗ ① Гетерогенное (неравновесное) распределение микрокомпонента между твердой и жидкой фазами</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:<br/> После того как закончится образование первого элементарного слоя, начнет образовываться другой. Между новым элементарным слоем и раствором вновь установится истинное равновесие, так как обмен между отдельными слоями практически не происходит вследствие отсутствия диффузии и медленности процесса перекристаллизации. В этих условиях распределение микрокомпонента (радия) в кристалле будет определяться численным значением постоянной кристаллизации (<math>\lambda</math>).</p> <p>В том случае, когда <math>\lambda = 1</math>, концентрация распределяющейся микропримеси будет одинакова для всех слоев, и мы получим однородный кристалл. В противном случае, когда <math>\lambda \neq 1</math>, образующиеся кристаллы не будут однородными. Очевидно, что при <math>\lambda &gt; 1</math> концентрация микрокомпонента в поверхностном слое растущего кристалла будет максимальной в начале кристаллизации. Образующиеся в дальнейшем слои кристалла будут беднее микрокомпонентом, так как процесс кристаллизации приводит к постепенному обеднению им раствора. Прямо противоположная картина распределения наблюдается в том случае, когда <math>\lambda &lt; 1</math>.</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 55   | <p>⊗ ① Дезактивирующие вещества и растворы</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:<br/> Для проведения дезактивационных работ используют вещества, которые позволяют повысить эффективность удаления радиоактивных частиц. К ним относят поверхностно-активные моющие вещества, органические растворители, сорбенты, ионообменные материалы.</p> <p>Чтобы повысить моющие способности воды в нее добавляют <i>поверхностно-активные вещества (ПАВ)</i>. ПАВ способствуют отрыву и выведению в дезактивирующий раствор радиоактивных частиц.</p> |                                  |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <i>Сорбирующие вещества и иониты.</i> Радиоактивные вещества (растворимые и в виде твердых частиц), находящиеся в воде, могут быть удалены путем фильтрования. Более сложным является удаление растворившихся радионуклидов. В этих случаях используют сорбенты и иониты. |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 56   | <p>Концепция мультибарьерной защиты.</p> <p>Эталон ответа:<br/>В основе концепции обращения с ВАО лежит принцип мультибарьерной защиты, согласно которой изоляцию отходов должны обеспечивать несколько барьеров. Первым является консервирующая матрица, в которую заключаются отходы. Вторым барьер - металлический контейнер, в который помещается матрица с инкорпорированными радионуклидами. Роль третьего барьера играет материал, заполняющий пространство между контейнером и стенками подземной выработки (скважины), куда помещают контейнер (буфер из слабопроницаемого сорбционного материала). Последним барьером, обеспечивающим экологическую безопасность подземного хранилища с ВАО, является толща горных пород, отделяющая их от биосферы.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Проверяемые компетенции          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 57   | <p>Основные требования к материалу матриц.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Консервирующие матрицы должны обладать следующими свойствами: • Высокая гидролитическая и радиационная устойчивость; • Долговременная (термодинамическая) стабильность; • Максимальное уменьшение объема; • Механическая прочность; • Высокая теплопроводность; • Гомогенное распределение радионуклидов (особенно для делящихся материалов); • Простая, надежная и безопасная технология производства; • Возможно более низкая температура синтеза.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 58   | <p>Виды матриц для размещения РАО.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Матричные материалы для иммобилизации РАО бывают неорганические (стекло, стеклокерамика, керамика, цемент), металлические и композиционные (состоящие из нескольких матриц). Продукты переработки можно разделить на гетерогенные и гомогенные (квазигомогенные). Под гетерогенными формами ВАО понимают материалы, в которых ВАО механически распределены в матрице. К ним относятся продукты механического перемешивания несмешивающихся расплавов с последующей закалкой для стабилизации (стеклогранулы в металлической матрице, дисперсия сульфатов в стекломатрице), продукты включения солей в низкотемпературную керамику и ряд других. Квазигомогенные формы ВАО подразумевают, что компоненты ВАО входят в структуру образовавшегося материала в ионной или молекулярной форме. Таковыми являются стекло,</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |



|  |                                               |  |
|--|-----------------------------------------------|--|
|  | стеклокерамика, высокотемпературная керамика. |  |
|--|-----------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Проверяемые компетенции          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 59   | <p>Стёкла, используемые в качестве матриц.</p> <p>Эталон ответа:<br/> Стеклом называются все аморфные тела, получаемые путем переохлаждения расплава, независимо от их химического состава и температурной области застывания и обладающие в результате постепенного увеличения вязкости свойствами механически твердых тел, причем процесс перехода из жидкого состояния в стеклообразное должен быть обратимым. Стекла бывают элементарные (одноатомные – стеклообразные сера, селен, мышьяк, фосфор, углерод и др.) и сложные (оксидные, галогенидные, металлические, халькогенидные). В технологии остекловывания РАО используются оксидные стекла, как наиболее стабильные, гидролитически устойчивые и дешевые. Оксидные стекла могут быть однокомпонентными и многокомпонентными.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Проверяемые компетенции          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 60   | <p>Боросиликатные и фосфатные стёкла.</p> <p>Эталон ответа:<br/> В случае боросиликатного стекла варка происходит при температуре 1150- 1250°С. В результате переработки РАО с использованием силикатных стеклообразователей (кроме стекол, не содержащих заметных кристаллических соединений) могут быть получены материалы других типов: стеклокомпозиционные и плавленые, напоминающие по своей структуре балзаты – поликристаллические микрогетерогенные тела.<br/> В случае иммобилизации РАО в фосфатные стекла используются более низкие температурой варки (900-1000°С). Фосфатные стекла обладают более высокой способностью растворять оксиды металлов – компонентов отходов, в том числе <math>MoO_3</math>, а также хлориды и сульфаты. В случае боросиликатных стекол превышение пределов растворимости содержания в отходах сульфатов и хлоридов приводит к образованию на поверхности расплава отдельной фазы – так называемого хальмоза, обогащенного РН и обладающего высокой реактивностью. К недостаткам фосфатных стекол можно отнести более высокую склонность к расстекловыванию (кристаллизации), приводящую к снижению гидролитической стойкости, повышенному уносу рутения из расплава.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 61   | <p>Сравнение стеклянных и керамических матриц</p> <p>Эталон ответа:<br/> В целом наиболее надёжными материалами для иммобилизации РАО служат стекло и керамика. Но если задумываться об экологической безопасности, то керамические матрицы являются наиболее подходящими благодаря своей высокой химической устойчивости и термостабильности. Керамика на основе природных и искусственно синтезированных минеральных добавок позволяет включать в себя много</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>больший объем радиоактивных отходов, чем стекло. Керамические матрицы имеют механическую прочность, аналогичную бетону, но в отличие от него обладают высокой радиационной и химической устойчивостью. Включение РАО в керамику происходит двумя способами: смешением отходов с сырьевыми компонентами, из которых изготавливают керамическую матрицу, или же путем получения керамики с открытой высокой пористостью с последующей пропиткой ее раствором РАО.</p> |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Проверяемые компетенции          |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 62   | <p>Инженерные барьеры для подземных ВАО.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Основным инженерным барьером является консервирующая матрица, и основное её назначение – воспрепятствовать переходу радионуклидов в результате выщелачивания (растворения) в подземные воды. Степень надёжности матрицы оценивается по скорости выщелачивания из неё радионуклидов подземными водами, а также устойчивостью к повышенным температурам. Вторым инженерным барьером – защитный стальной контейнер для твердых ВАО. Контейнер предназначен для того, чтобы изолировать ВАО от подземных вод, просочившихся через буферный слой после консервации хранилища и заполнения его пустот подземными водами. Однако время нарушения целостности контейнера значительно меньше времени предполагаемой эксплуатации захоронения ВАО, вследствие чего контейнеры не могут обеспечить безопасность хранилища радионуклидов. В связи с этим в данной работе при моделировании поведения системы стальной контейнер не учитывался. Основными компонентами системы инженерных барьеров служат матрица-консервант и буферный слой из бентонитовых глин.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 63   | <p>Керамики SYNROCK.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Синрок (Synroc – аббревиатура от английских слов “synthetic” – синтетический, и “rock” – порода, камень) является титанатной полифазной керамикой, запатентованной компанией ANSTO, Австралия. Технология Синрок была предложена в 1970-х годах для обращения с неразделенными ВАО от переработки ОЯТ АЭС и являлась первой реалистичной альтернативой технологии остекловывания. На сегодняшний день Синрок позиционируется как универсальная керамика для всех типов ВАО, в том числе актинидов. В состав Синрока входят четыре основные фазы-носители: цирконолит, голландит, перовскит и рутил. В зависимости от задачи (состава ВАО) соотношение фаз-носителей может меняться, причем в довольно широких пределах. За счет того, что все радионуклиды ВАО внедряются в кристаллические решетки соответствующих минеральных фаз, Синрок работает как универсальная матрица для неразделенных ВАО. Включение радионуклидов в решетку обеспечивает высокую химическую устойчивость, на 3-4 порядка большую, чем у стекла.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------|-------------------------|
| 64   |                    | УК-6.1, ПК-2.1,         |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  | Способы захоронения РАО                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|  | <p>Эталон ответа:</p> <p>Способы захоронения РАО подразделяются на:</p> <p>1. приповерхностное захоронение РАО – захоронение РАО в сооружениях, размещаемых выше поверхности земли, на одном уровне с поверхностью земли или ниже поверхности земли на глубине до ста метров от поверхности земли;</p> <p>2. глубинное захоронение РАО – захоронение РАО в сооружениях, размещаемых на глубине более ста метров от поверхности земли;</p> <p>3. глубинное захоронение жидких РАО – захоронение жидких РАО (далее – ЖРО) в глубокозалегающих пластах-коллекторах на глубине нескольких сотен метров в пределах границ горного отвода путем нагнетания через нагнетательные скважины.</p> |                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Проверяемые компетенции          |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 65   | Природные аналоги матриц для РАО.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>В природе встречается большое число минералов, содержащих в тех или иных количествах радиоактивные элементы или их химические аналоги, присутствующие в РАО. Многие из этих минералов имеют возраст от сотен тысяч до сотен миллионов лет, и их стабильность в геологических условиях считается надежно доказанной. К минералам, потенциально пригодным для иммобилизации радионуклидов и технологических компонентов РАО, относятся пироксены (авгит, лейцит и др.), полевые шпаты (альбит, сфен (титанит), санидин и др.), гранаты 3 (перовскит, цирконолит), голландиты (апатит, монацит, циркон и др.).</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 66   | Низкотемпературные фосфатные матрицы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Низкотемпературные фосфатные матрицы образуются как цементы, но их структура и свойства аналогичны керамике, поскольку тип связи в них – ковалентная и ионная. Такие матрицы получают по реакции затвердителя - катиона донора, как правило, оксида элементов (магний, цинк, алюминий, железо или кальций), с фосфатным связующим - фосфорной кислотой или ее солями (фосфатом калия, натрия или аммония). Фосфатные матрицы имеют ряд преимуществ по сравнению с цементами, а сырье для их изготовления коммерчески доступно. Оксиды двухвалентных металлов, такие как оксиды магния, кальция и цинка являются основными затвердителями для получения фосфатной матрицы, так как плохо растворимы в кислом растворе. Кроме того, <math>Al_2O_3</math> и <math>Fe_2O_3</math>, широко распространенные в земной коре, также перспективны для образования фосфатных матриц с экономической точки зрения.</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                        | Проверяемые компетенции          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 67   | Природный ядерный реактор в Окло.                                                                         | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Несколько рудных тел в урановом месторождении Окло в Габоне, в которых около</p> |                                  |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>1,8 млрд лет назад происходила самопроизвольная цепная реакция деления ядер урана. В настоящее время реакция прекратилась из-за истощения запасов изотопа <math>^{235}\text{U}</math> подходящей концентрации.</p> <p>Природные условия, при которых возможно протекание самоподдерживающейся реакции ядерного деления, предсказаны Полом Кадзуо Куродой в 1956 году и оказались близкими к реальности.</p> <p>Рудные тела, в которых происходила цепная реакция, представляют собой залегающие в пористом песчанике линзовидные образования из уранинита (<math>\text{UO}_2</math>) диаметром порядка 10 м и толщиной от 20 до 90 см, содержание урана в них составляло от 20 до 80 % (по массе). Все 16 рудных тел объединяют под общим названием «Природный ядерный реактор Окло».</p> |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Проверяемые компетенции          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 68   | <p>Глины как вмещающие матрицы ВАО.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Способность поглощать и удерживать в своем объеме различные вещества и отдельные элементы является важнейшим свойством глинистых пород, используемых для подземной изоляции РАО. Это природное свойство глин широко используется для различных производств: нефтеперерабатывающей, лесохимической, текстильной, масложировой, винодельческой промышленности, в медицине и парфюмерии. Поглощающие свойства глин обусловлены особенностями кристаллического строения составляющих эти породы минералов. Как полиминеральные природные образования, глины являются смешаннопористыми адсорбентами, имеющими все разновидности пор, диаметр которых (2000 – 15 Å) соизмерим с размерами адсорбируемых молекул. Алюмосиликатный каркас глинистых минералов состоит из чередующихся параллельных слоев, образованных силикатными тетраэдрами и алюминатными октаэдрами – алюминатно-кремнекислородными пакетами.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 69   | <p>Иммобилизация РАО в керамические матрицы.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Методика иммобилизации РАО в керамические матрицы является наиболее перспективной, по сравнению с другими, так как керамические матрицы получают более прочными, химически и радиационно-стабильными. Это позволяет обеспечивать эффективную защиту окружающей среды на сотни лет. К материалам и частям конструкции индукционных тигельных печей предъявляют высокие требования, что обеспечивает получение лучших результатов, но вместе с тем приносит некоторые трудности при внедрении технологии плавления в горячих (ИПГТ) и холодных (ИПХТ) тиглях индукционного нагрева на промышленных предприятиях. Из недостатков данной технологии можно выделить относительно низкую температуру шлаков и наличие резких колебаний температуры футеровки при полном сливе сплавов. Поэтому на сегодняшний день данная технология реализована и проработана в основном в лабораторном масштабе.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос | Проверяемые |
|------|--------------------|-------------|
|------|--------------------|-------------|



|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | компетенции                      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 70 | <p>Выщелачивание РН из матриц.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Выщелачиванием называют процесс выхода элемента/радионуклида из твердой фазы (образец) в жидкую фазу (контактный раствор). Количественными показателями выщелачивания являются нормализованная потеря массы образца по данному элементу/радионуклиду и скорость выщелачивания элемента/радионуклида. Для определения этих показателей используют различные стандартные процедуры – тесты на выщелачивание, которые приведены в документах согласно национальной системе стандартизации. В целом, все методики определения химической устойчивости можно разделить на статические и динамические. Кроме того, их можно разделить на тесты с использованием монолитных образцов и с использованием порошков, однако и в том, и в другом случае исследователи сталкиваются с трудностями при измерении реальной площади взаимодействия с водой.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |



**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**  
**Тестовые задания:**

| Тестовое задание с эталоном ответа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Эталоны (ключи) ответов | Проверяемые компетенции                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|
| <p><b>1 Выберите один правильный ответ. Прикладная радиохимия – это раздел радиохимии, который включает следующие направления:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) синтез соединений радиоактивных элементов;</li> <li>b) исследование ядерных реакций и химических последствий самопроизвольных и искусственных ядерных превращений;</li> <li>c) открытие новых видов радиоактивного распада ядер по продуктам распада;</li> <li>d) поиск новых элементов и радионуклидов</li> </ul> | А                       | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>2 Выберите один правильный ответ. Основные положения теории адсорбции Лэнгмюра:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) адсорбция вызывается силами, близкими к физическим;</li> <li>b) адсорбция происходит на активных центрах на поверхности адсорбента;</li> <li>c) каждый активный центр способен взаимодействовать с несколькими молекулами адсорбата;</li> <li>d) при адсорбции на поверхности образуется несколько слоев адсорбированных молекул</li> </ul>                 | В                       | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>3 Выберите один правильный ответ. Гидроксиды металлов действуют как адсорбенты, благодаря:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) постоянному химическому составу их поверхности;</li> <li>b) низкой растворимости в воде;</li> <li>c) большой площади поверхности и низкой растворимости;</li> <li>d) диссоциации по кислотному типу</li> </ul>                                                                                                                                   | С                       | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>4 Выберите один правильный ответ. Дезактивация – это:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) удаление прочнофиксированных радиоактивных загрязнений;</li> <li>b) удаление слабофиксированных радиоактивных загрязнений;</li> <li>c) удаление нефиксированных радиоактивных загрязнений;</li> <li>d) процесс десорбции радионуклидов и радиоактивных частиц с поверхности</li> </ul>                                                                                                | D                       | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>5 Выберите один правильный ответ. Механизмами адсорбции радионуклидов глинистыми минералами являются:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) ионный обмен по механизму первичной обменной адсорбции;</li> <li>b) взаимодействие с октаэдрическими слоями в структуре;</li> <li>c) взаимодействие с тетраэдрическими слоями в</li> </ul>                                                                                                                                            | D                       | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------|
| структуре;<br>d) физическая адсорбция на ненасыщенных<br>поверхностных связях                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |                                           |
| <b>6 Выберите один правильный ответ. Основные требования концепции мультибарьерной защиты МАГАТЭ при захоронении радиоактивных отходов:</b><br>a) отходы должны быть отверждены и включены консервирующую матрицу;<br>b) отходы могут находиться в любом виде;<br>c) матрица должна окружаться барьером из глины;<br>d) матрица должна быть окружена барьером из бетона                                                                                                                                                       | A | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>7 Выберите один правильный ответ. Метод дробной кристаллизации используется для:</b><br>a) разделения только редкоземельных элементов;<br>b) разделения компонентов радиоактивных отходов;<br>c) разделения урана и тория;<br>d) разделения веществ, близких по своим химическим свойствам                                                                                                                                                                                                                                 | D | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>8 Выберите один правильный ответ. Хлопин доказал возможность:</b><br>a) гетерогенного распределения микроэлемента в кристаллах;<br>b) адсорбции микроэлемента кристаллами;<br>c) гомогенного распределения микроэлемента в кристаллах;<br>d) десорбции микроэлемента с поверхности кристаллов                                                                                                                                                                                                                              | C | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>9 Выберите один правильный ответ. В 50 мл <math>10^{-7}</math> моль/л раствора <math>\text{Sr}(\text{NO}_3)_2</math> внесли 1 мл раствора <math>^{89}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2</math> (без носителя) с удельной активностью 47,7 МБк/мл. Определите активность раствора после мономолекулярной адсорбции на стекле площадью 10 см<sup>2</sup>. Площадь, занимаемую гидратированным ионом, принять равной <math>5 \cdot 10^{-19}</math> м<sup>2</sup>.</b><br>a) 10,50 МБк;<br>b) 15,79 МБк;<br>c) 25,7 МБк;<br>d) 18,89 МБк | D | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>10 Выберите один правильный ответ. В 100 мл насыщенного при 25°C водного раствора KCl, который содержал 30 МБк радионуклида <math>^{86}\text{Rb}</math> без носителя, ввели 5 г высокодисперсного KCl. Какова удельная активность твердой фазы после установления в системе термодинамического равновесия, если коэффициент сокристаллизации <math>D</math> равен 0,1, а 1 мл насыщенного при 25°C раствора хлорида калия содержит 0,29 г соли.</b><br>a) 0,114 МБк<br>b) 0,5 МБк;<br>c) 0,122 МБк;<br>d) 0,25 МБк         | C | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>11 Выберите один правильный ответ. Имеется раствор, содержащий искусственный радиоактивный изотоп в определенной химической форме. Укажите, в каком случае нельзя говорить о растворе без носителя?</b><br>a) раствор не содержит стабильных изотопов того же                                                                                                                                                                                                                                                              | B | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------|
| <p>элемента;</p> <p>b) раствор был приготовлен растворением навески меченого соединения в воде;</p> <p>c) раствор содержит ультрамалые количества вещества;</p> <p>d) раствор содержит стабильные изотопы того же элемента в количествах, которые нельзя обнаружить обычными физическими и химическими методами</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |                                           |
| <p><b>12 Выберите один правильный ответ. Укажите, какой из перечисленных ниже водных растворов является раствором радиоактивного изотопа без носителя:</b></p> <p>a) раствор, содержащий только <math>^{90}\text{SrCl}_2</math>, выделенный из продуктов деления ядер U-235;</p> <p>b) раствор, содержащий <math>^{82}\text{BaBr}_2</math>, полученный растворением облученного нейтронами бромида бария;</p> <p>c) раствор хлорида калия, содержащий природный K-40;</p> <p>d) водный раствор, в котором к обычной воде добавлена вода, меченая радиоактивным изотопом <math>^3\text{H}</math></p> | A | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>13 Выберите один правильный ответ. Укажите, какой из водных растворов в любом случае можно считать содержащим индикаторные количества радиоактивного вещества:</b></p> <p>a) раствор уранил нитрата;</p> <p>b) раствор <math>^{42}\text{KCl}</math>, полученный растворением облученного хлорида калия;</p> <p>c) раствор борной кислоты, обогащенной стабильным изотопом <math>^{11}\text{B}</math>;</p> <p>d) солянокислый раствор, содержащий только <math>^{95}\text{Zr}</math> и <math>^{95}\text{Nb}</math>, выделенные из продуктов деления ядер <math>^{239}\text{Pu}</math></p>      | D | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>14 Выберите один правильный ответ. Какое утверждение справедливо, если речь идет о микрокомпоненте?</b></p> <p>a) компонент всегда способен образовывать пересыщенные растворы;</p> <p>b) свойства раствора, содержащего компонент, не зависят от наличия в нем посторонних примесей;</p> <p>c) раствор, содержащий компонент, всегда имеет высокую удельную активность;</p> <p>d) компонент присутствует в ультранизкой концентрации</p>                                                                                                                                                     | D | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>15 Выберите один правильный ответ. Какое утверждение справедливо, если речь идет о макрокомпоненте, меченном радиоактивным индикатором?</b></p> <p>a) раствор, содержащий компонент, всегда имеет низкую удельную активность;</p> <p>b) компонент не способен образовывать пересыщенные растворы;</p> <p>c) компонент не способен образовывать истинные коллоидные растворы;</p> <p>d) компонент присутствует в растворе в весовых количествах</p>                                                                                                                                            | D | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>16 Выберите один правильный ответ. Какой из указанных ниже факторов не влияет на поведение микрокомпонента в растворе?</b></p> <p>a) наличие в растворе посторонних примесей;</p> <p>b) наличие в растворе добавок носителя;</p> <p>c) наличие в микрокомпоненте радиоактивных атомов;</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | A | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------|
| d) наличие в растворе коллоидных частиц кремниевой кислоты                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |                                           |
| <b>17 Выберите один правильный ответ. При решении какой задачи можно не учитывать закономерности, определяющие поведение индикаторных количеств веществ?</b><br>a) при расчете суммарной массовой концентрации солевых загрязнений в растворе;<br>b) при разработке методов концентрирования и разделения радиоактивных изотопов;<br>c) при получении сверхчистых веществ;<br>d) при приготовлении образцов, содержащих радиоактивный изотоп без носителя                                                                                         | A | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>18 Выберите один правильный ответ. Укажите, какое из утверждений наиболее полно отвечает определению радиационных эффектов:</b><br>a) изменение энергии атома в результатах отдачи после испускания ядром частицы или кванта;<br>b) изменение поведения ультрамалых количеств веществ в растворе после внесения в раствор носителя;<br>c) химические изменения, возникающие в веществе под действием излучения;<br>d) изменения свойств веществ, обусловленные различиями в массах стабильных и радиоактивных атомов одного и того же элемента | C | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>19 Выберите один правильный ответ. Какое из утверждений наиболее точно отвечает определению «горячие атомы»?</b><br>a) атомы, энергия которых превышает потенциальный барьер данной химической реакции;<br>b) атомы, ядра которых радиоактивны;<br>c) атомы вещества в температурой выше комнатной;<br>d) атомы, распределение которых по энергии отличается от распределения Максвелла-Больцмана                                                                                                                                              | A | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>20 Выберите один правильный ответ. Можно ли обнаружить с помощью весов 1 МБк радиоактивного изотопа <math>^{32}\text{P}</math> (<math>T_{1/2} = 14,31</math> сут.), находящегося в виде ортофосфорной кислоты, если содержание <math>^{32}\text{P}</math> в изотопной смеси составляет 0,2%, а чувствительность весов равна <math>10^{-5}</math> г?</b><br>a) $10^{-8}$ г;<br>b) $10^{-7}$ г;<br>c) $10^{-9}$ г;<br>d) $10^{-6}$ г                                                                                                             | C | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>21 Выберите один правильный ответ. Какой из методов используется для изучения горячих атомов?</b><br>a) потенциометрия;<br>b) спектрофотометрия;<br>c) ИК-спектроскопия;<br>d) радиометрия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | D | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>22 Выберите один правильный ответ. Какое условие необходимо для образования истинных коллоидов?</b><br>a) произведение концентраций ионов микрокомпонента в растворе должно превышать величину его ПР;<br>b) величина pH раствора должна быть больше 7;<br>c) в микрокомпоненте должны присутствовать                                                                                                                                                                                                                                          | A | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------|
| <p>радиоактивные атомы;</p> <p>d) в растворе микрокомпонента должны присутствовать взвешенные твердые или коллоидные частицы примесей</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |                                                     |
| <p><b>23 Выберите один правильный ответ. Какое условие должно быть выполнено, чтобы в растворе могли образовываться псевдоколлоидные частицы микрокомпонента?</b></p> <p>a) величина pH раствора должна быть выше 7;</p> <p>b) произведение концентраций ионов микрокомпонента в растворе должно превышать величину его ПР;</p> <p>c) в микрокомпоненте должны присутствовать радиоактивные атомы;</p> <p>d) в растворе микрокомпонента должны присутствовать взвешенные твердые частицы примесей</p>                  | D | <p>УК-6.1,<br/>ПК-2.1,<br/>ОПК-1.2,<br/>ОПК-4.1</p> |
| <p><b>24 Выберите один правильный ответ. В каком случае можно не учитывать процесс образования коллоидов?</b></p> <p>a) при изучении процесса экстракции;</p> <p>b) при определении объемной удельной активности раствора;</p> <p>c) при изучении процесса ионного обмена;</p> <p>d) при определении растворимости малорастворимых соединений</p>                                                                                                                                                                      | B | <p>УК-6.1,<br/>ПК-2.1,<br/>ОПК-1.2,<br/>ОПК-4.1</p> |
| <p><b>25 Выберите один правильный ответ. В каком из перечисленных случаев речь идет о первичной адсорбции?</b></p> <p>a) адсорбция обусловлена силами Ван дер Ваальса и происходит на всей поверхности адсорбента;</p> <p>b) адсорбируемые ионы входят в поверхностный слой кристалла-адсорбента;</p> <p>c) адсорбируемые ионы концентрируются вблизи заряженной поверхности кристалла-адсорбента;</p> <p>d) имеет место химическое взаимодействие адсорбируемого вещества и адсорбента</p>                            | B | <p>УК-6.1,<br/>ПК-2.1,<br/>ОПК-1.2,<br/>ОПК-4.1</p> |
| <p><b>26 Выберите один правильный ответ. В каком случае речь идет о первичной адсорбции?</b></p> <p>a) ионы <math>^{133}\text{Ba}^{2+}</math> перешли из раствора на поверхность активированного угля;</p> <p>b) ионы <math>^{133}\text{Ba}^{2+}</math> перешли из раствора на поверхность силикагеля;</p> <p>c) ионы <math>^{133}\text{Ba}^{2+}</math> захвачены из раствора осадком гидроокиси железа;</p> <p>d) ионы <math>^{133}\text{Ba}^{2+}</math> перешли из раствора на осадок <math>\text{SrSO}_4</math></p> | D | <p>УК-6.1,<br/>ПК-2.1,<br/>ОПК-1.2,<br/>ОПК-4.1</p> |
| <p><b>27 Выберите один правильный ответ. Какое значение может принимать коэффициент сокристаллизации D, если речь идет об адсорбции изотопных ионов?</b></p> <p>a) <math>D &gt; 0</math>;</p> <p>b) <math>D &gt; 1</math>;</p> <p>c) <math>D = 1</math>;</p> <p>d) <math>D \sim 0</math></p>                                                                                                                                                                                                                           | C | <p>УК-6.1,<br/>ПК-2.1,<br/>ОПК-1.2,<br/>ОПК-4.1</p> |
| <p><b>28 Выберите один правильный ответ. Какой из факторов существенно не влияет на вторичную адсорбцию?</b></p> <p>a) ионная сила раствора;</p> <p>b) наличие радиоактивной метки в сорбируемом ионе;</p> <p>c) заряд сорбируемых ионов;</p> <p>d) знак и величина заряда поверхности</p>                                                                                                                                                                                                                             | B | <p>УК-6.1,<br/>ПК-2.1,<br/>ОПК-1.2,<br/>ОПК-4.1</p> |



|                                                                                                                                                                                                                                                            |                                     |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|
| <p><b>29 Выберите один правильный ответ. Действием каких сил обусловлена молекулярная адсорбация?</b></p> <p>a) поверхностное натяжение;<br/> b) Ван дер Ваальса;<br/> c) магнитными силами;<br/> d) электростатическими</p>                               | В                                   | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>30 Выберите один правильный ответ. Какое из значений не может принимать величина коэффициента сокристаллизации D?</b></p> <p>a) <math>D = 1</math>;<br/> b) <math>D = 0,53</math>;<br/> c) <math>D = 111</math>;<br/> d) <math>D = - 0,53</math></p> | D                                   | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>31 Дополните предложение.</b><br/> <b>Толщина слоя вещества, при которой количество проходящих через него в единицу времени <math>\beta</math> -частиц становится пренебрежимо мало, называется ...</b></p> <p>Ответ _____</p>                       | толщиной слоя<br>полного поглощения | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>32 Дополните предложение.</b><br/> <b>Процесс самопроизвольного увеличения концентрации вещества на границе раздела фаз называется ...</b></p> <p>Ответ _____</p>                                                                                    | адсорбцией                          | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>33 Дополните предложение.</b><br/> <b>Если адсорбционный ион входит в состав внешней обкладки двойного слоя — находится в растворе у границы раздела фаз, такая адсорбция называется ...</b></p> <p>Ответ _____</p>                                  | вторичной                           | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>34 Дополните предложение.</b><br/> <b>Перенос микрокомпонента (радионуклида) из газовой или жидкой фазы в твердую фазу, образуемую макрокомпонентом (носителем), называется ...</b></p> <p>Ответ _____</p>                                           | соосаждением                        | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>35 Дополните предложение.</b><br/> <b>Способность почвенных коллоидов поглощать на своей поверхности катионы или молекулы из почвенного раствора в обмен на эквивалентное количество своих катионов называется ...</b></p> <p>Ответ _____</p>        | обменным<br>поглощением             | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>36 Дополните предложение.</b><br/> <b>Соединение, содержащее нерадиоактивный изотоп исследуемого радиоактивного элемента, называется ...</b></p>                                                                                                     | изотопным<br>носителем              | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,            |



|                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                  |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|
| <p>Ответ _____</p>                                                                                                                                                                                                                                               |                                  | ОПК-4.1                                   |
| <p><b>37 Дополните предложение.</b><br/> <b><math>\beta^-</math>-распад проявляется в вылете из ядра электрона (<math>\beta^-</math>) и ...</b></p> <p>Ответ _____</p>                                                                                           | антинейтрино                     | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>38 Дополните предложение.</b><br/> <b>Отношение числа <math>dN</math> радиоактивных распадов (спонтанных ядерных переходов), происходящих в источнике за интервал времени <math>dt</math>, к этому интервалу, называется</b></p> <p>Ответ _____</p>        | активностью радионуклида         | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>39 Дополните предложение.</b><br/> <b>Внесистемной единицей измерения радиоактивности является ...</b></p> <p>Ответ _____</p>                                                                                                                              | Кюри                             | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>40 Дополните предложение.</b><br/> <b>Между частицами адсорбата и поверхностью адсорбента всегда действуют силы ...</b></p> <p>Ответ _____</p>                                                                                                             | Ван-Дер-Ваальса                  | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>41 Дополните предложение.</b><br/> <b>На границе раздела фаз «кристалл-раствор» вследствие различной вероятности удаления положительных и отрицательных ионов макрокомпонента из приповерхностного слоя кристалла возникает ...</b></p> <p>Ответ _____</p> | двойной электрический слой (ДЭС) | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>42 Дополните предложение.</b><br/> <b>Закон распределения микроконцентраций радиоактивных элементов между твердой кристаллической фазой и раствором называется ...</b></p> <p>Ответ _____</p>                                                              | законом Хлопина                  | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <p><b>43 Дополните предложение.</b><br/> <b>Свойство элементов замещать друг друга в кристаллической структуре называется ...</b></p> <p>Ответ _____</p>                                                                                                         | изоморфизмом                     | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |



|                                                                                                                                                                                                                      |                                      |                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>44 Дополните предложение.</b><br><b>Распределение, которое характеризуется установлением термодинамического равновесия между кристаллом в целом и раствором, называется ...</b><br><br>Ответ _____                | гомогенным                           | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>45 Дополните предложение.</b><br><b>Активность радионуклида уменьшается во времени по закону ...</b><br><br>Ответ _____                                                                                           | радиоактивного распада               | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>46 Дополните предложение.</b><br><b>Зависимость удельной ионизации для альфа-частиц от глубины проникновения называют ...</b><br><br>Ответ _____                                                                  | кривой Брэгга                        | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>47 Дополните предложение.</b><br><b>Перенос собственных изотопных или изоморфных ионов из раствора на поверхность ионного кристалла в результате кинетического обмена получил название ...</b><br><br>Ответ _____ | первичной обменной адсорбции         | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>48 Дополните предложение.</b><br><b>Правило Хана сформулировано для ...</b><br><br>Ответ _____                                                                                                                    | вторичной адсорбции                  | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>49 Дополните предложение.</b><br><b>Чтобы повысить моющие способности воды в нее добавляют ...</b><br><br>Ответ _____                                                                                             | поверхностно-активные вещества (ПАВ) | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>50 Дополните предложение.</b><br><b>Процесс выхода элемента/радионуклида из твердой фазы (образец) в жидкую фазу (контактный раствор) называют ...</b><br><br>Ответ _____                                         | выщелачиванием                       | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>51 Дополните предложение.</b><br><b>Соединение элемента-аналога, которое способно совместно кристаллизоваться с выделяемым изотопом, называется ...</b><br><br>Ответ _____                                        | специфическим (изоморфным) носителем | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                              |                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                              |                                           |
| <b>52 Дополните предложение.</b><br><b>В случае, если постоянная кристаллизации <math>\lambda \neq 1</math>, будет наблюдаться ... распределение микрокомпонента между твердой и жидкой фазами.</b><br><br>Ответ _____                                                                     | гетерогенное (неравновесное) | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>53 Дополните предложение.</b><br><b>В основе концепции обращения с ВАО лежит принцип ..., согласно которой изоляцию отходов должны обеспечивать несколько барьеров.</b><br><br>Ответ _____                                                                                              | мультибарьерной защиты       | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>54 Дополните предложение.</b><br><b>Самопроизвольное превращение атомного ядра с числом протонов <math>Z</math> и нейтронов <math>N</math> в другое (дочернее) ядро, содержащее число протонов <math>Z - 2</math> и нейтронов <math>N - 2</math>, называется ...</b><br><br>Ответ _____ | альфа-распадом               | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>55 Дополните предложение.</b><br><b>Испускание ядром <math>\gamma</math>-кванта не влечет за собой изменения ... элемента.</b><br>=                                                                                                                                                     | атомного номера              | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>56 Дополните предложение.</b><br><b>Величину абсолютной активности препарата можно оценить методом ...</b><br><br>Ответ _____                                                                                                                                                           | прямого счета распадов       | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>57 Дополните предложение.</b><br><b>Если радионуклид занимает любое место в двойном электрическом слое (потенциалопределяющих ионов или противоионов) и не входит в состав агрегата, то он образует ...</b><br><br>Ответ _____                                                          | псевдоколлоид                | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>58 Дополните предложение.</b><br><b>Электродный потенциал <math>E</math> системы, состоящей из электрода сравнения и металла, опущенного в раствор собственных ионов, определяется ...</b><br><br>Ответ _____                                                                           | уравнением Нернста           | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |



|                                                                                                                                                                  |           |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------|
| <b>59 Дополните предложение.</b><br><b>Теория мономолекулярной адсорбции разработана американским химиком ...</b><br><br>Ответ _____                             | Ленгмюром | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |
| <b>60 Дополните предложение.</b><br><b>Титанатной полифазной керамикой, запатентованной компанией ANSTO, Австралия, является керамика ...</b><br><br>Ответ _____ | Синрок    | УК-6.1,<br>ПК-2.1,<br>ОПК-1.2,<br>ОПК-4.1 |

### Контрольные вопросы

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Проверяемые компетенции             |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1    | Назовите связь прикладной радиохимии с другими науками.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | УК-6.1, ПК-2.1,<br>ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:<br>Многие направления прикладной радиохимии — метод радиоактивных индикаторов, активационный анализ, ядерная геохимия, радиоэкология, экологическая радиохимия, медицинская радиохимия и др. — используют идеи и методы фундаментальной радиохимии для решения разнообразных задач в науке, технике, геологии, охране окружающей среды, биологии, сельском хозяйстве и медицине. |                                     |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                      | Проверяемые компетенции             |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 2    | Дайте определение. Гамма-превращения- это...                                                            | УК-6.1, ПК-2.1,<br>ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:<br>Гамма- излучение ( $\gamma$ -излучение) - коротковолновое электромагнитное излучение. |                                     |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Проверяемые компетенции             |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 3    | Абсолютная активность.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | УК-6.1, ПК-2.1,<br>ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:<br>Радиоактивность препаратов можно оценить двумя способами: определением абсолютной радиоактивности и определением относительной радиоактивности.<br>Абсолютной активностью называется полное число распадов ядер радиоактивного препарата в единицу времени. Если известно количество радиоактивных ядер в данном образце, то измерение абсолютной активности дает возможность определить константу распада. |                                     |



| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Проверяемые компетенции          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 4    | Дайте определение и напишите виды адсорбции. Адсорбция и ее виды.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:<br>Адсорбцией называют процесс самопроизвольного увеличения концентрации вещества на границе раздела фаз. Адсорбирующееся вещество носит название адсорбата, адсорбирующее – адсорбента.<br>Существует два вида адсорбции: адсорбция на твердой поверхности и адсорбция в поверхностном слое жидкости (адсорбция газа на поверхности жидкости). Различают физическую и химическую адсорбцию. |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Проверяемые компетенции          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 5    | Дайте определение. Физическая адсорбция,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:<br>Физическая адсорбция - это увеличение концентрации вещества на поверхности или на границе разделения двух фаз. Наиболее часто в теории физической адсорбции принято рассматривать диполь-дипольное взаимодействие Ван-Дер-Ваальса, которое имеет место для всех веществ. Участвуя в адсорбции, молекула и сорбирующая поверхность поляризуют друг друга, и взаимодействия между этими индуцированными диполями порождают теплоту адсорбции. Эти силы невелики и поэтому теплота физической адсорбции составляет 10 – 30 кДж/моль. Участвующие в физической адсорбции молекулы никогда не диссоциируют. Физическая адсорбция неспецифична. |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 6    | Химическая адсорбция, определение и понятие химической адсорбции.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:<br>Химическая адсорбция, или хемосорбция, обязана химической связи, возникающей между адсорбатом и адсорбентом. Следовательно, при увеличении температуры процесс хемосорбции ускоряется. Происходит так называемая активируемая адсорбция. Хемосорбция относится к избирательным процессам и зависит от химического сродства адсорбента и адсорбата, которое наряду с температурой определяет скорость протекания реакции. |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                        | Проверяемые компетенции          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 7    | Опишите механизмы процесса адсорбции                                                                                                                                                                      | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | Эталон ответа:<br>Адсорбционные взаимодействия межфазной поверхности со смесями веществ протекают по механизмам независимой, конкурентной и вытеснительной адсорбции. При независимой, или неконкурентной |                                  |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | адсорбции компоненты смеси связываются разными типами активных центров поверхности, не оказывая влияния на закономерности адсорбции каждого из веществ. Если один из компонентов смеси обладает значительно более высокой адсорбционной способностью, чем другие, и поэтому преимущественно связывается активными центрами поверхности, то механизм адсорбции будет вытеснительным. В случае, когда компоненты смеси обладают близкой адсорбционной способностью и одновременно взаимодействуют с активными центрами поверхности, адсорбция будет протекать по конкурентному механизму. |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 8    | <p>Теория мономолекулярной адсорбции. Опишите основные положения теории Ленгмюра.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Основные положения теории Ленгмюра:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- адсорбция осуществляется за счет насыщаемых сил, действующих на малых расстояниях;</li> <li>- ограниченность межфазной поверхности приводит к адсорбционному насыщению адсорбента по мере увеличения концентрации (давления) распределяемого вещества (адсорбата);</li> <li>- адсорбция локализована на отдельных энергетически эквивалентных центрах, каждый из которых может взаимодействовать только с одной молекулой адсорбата, в результате чего образуется мономолекулярный адсорбционный слой;</li> <li>- адсорбированные молекулы в поверхностном слое не взаимодействуют друг с другом.</li> </ul> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 9    | <p>Перечислите особенности обменной адсорбции.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>1) Обменная адсорбция специфична, т.е. для данного адсорбента к обмену способны только определенные ионы. Различают кислотные и основные адсорбенты, которые обмениваются с растворами катионами и анионами соответственно. Существуют также амфотерные адсорбенты, которые в одних условиях обменивают катионы, а в других – анионы.</p> <p>2). Обменная адсорбция не всегда обратима.</p> <p>3). Обменная адсорбция протекает более медленно, чем молекулярная адсорбция.</p> <p>4). При обменной адсорбции может изменяться pH среды.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                               | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------|----------------------------------|
| 10   | Вторичная обменная адсорбция. Дайте определение. | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>Эталон ответа:</p> <p><b>Вторичная обменная</b> адсорбция представляет собой перенос ионов радиоактивного элемента из объема раствора во внешнюю обкладку двойного электрического слоя, возникающего на границе раздела фаз. Поскольку эти ионы не входят в решетку кристалла, они в значительной степени сохраняют свою гидратную оболочку. Этот вид адсорбции менее селективен, т.к. удерживаемые ионы могут быть не обязательно собственными или изоморфными. Этот вид адсорбции имеет большое значение в практике работ с радиоактивными индикаторами.</p> |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                      | Проверяемые компетенции          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 11   | <p>Дайте определение. Соосаждение- это</p> <p>Эталон ответа:</p> <p><b>Соосаждение</b> – перенос микрокомпонента (радионуклида) из газовой или жидкой фазы в твердую фазу, образуемую макрокомпонентом (носителем).</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Проверяемые компетенции          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 12   | <p>Перечислите классификацию процессов соосаждения</p> <p>Эталон ответа:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Соосаждение с изотопным носителем – механизм переноса микрокомпонента в твердую фазу - изотопный обмен;</li> <li>- соосаждение со специфическим носителем - механизм переноса – совместная кристаллизация (сокристаллизация) - объемное распределение микрокомпонента</li> <li>- соосаждение с неспецифическим носителем – механизм внедрения – вторичная обменная адсорбция – распределение в приповерхностном слое осадка</li> </ul> <p>Во всех случаях радионуклид выступает в роли микрокомпонента, носитель – макрокомпонент.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                 | Проверяемые компетенции          |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 13   | <p>Сокристаллизация. Дайте определение.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p><b>Сокристаллизация</b> – соосаждение с кристаллическими осадками, при котором микрокомпонент распределяется по всему объему твердой фазы, участвуя в построении кристаллической решетки макрокомпонента.</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |

| № KB | Контрольный вопрос                                          | Проверяемые компетенции          |
|------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 14   | <p>Изоморфизм. Дайте определение.</p> <p>Эталон ответа:</p> | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p><b>Изоморфизм</b> - свойство элементов замещать друг друга в кристаллической структуре при условиях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- одинакового типа химической формы соединений</li> <li>- близости размеров замещающих друг друга структурных единиц</li> <li>- близости характера химической связи, составляющих кристалл структурных единиц (атомов, простых и сложных ионов, молекул).</li> </ul> |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Проверяемые компетенции          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 15   | Опишите механизм вторичной обменной адсорбции.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Адсорбцию ионов во внешней части двойного электрического слоя называют вторичной адсорбцией (часто ее называют также вторичной обменной адсорбцией). Она обусловлена кулоновскими электростатическими силами и в отличие от первичной адсорбции сильно зависит от знака и заряда поверхности и сорбируемых ионов, а также ионной силы раствора. По механизму вторичной обменной адсорбции могут адсорбироваться ионы, имеющие заряд, противоположный по знаку заряду поверхности адсорбента.</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Проверяемые компетенции          |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 16   | Опишите правило Хана.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Для вторичной адсорбции сформулировано правило Хана:</p> <p>Адсорбция иона осадком значительна, если поверхность осадка имеет заряд противоположный заряду иона и соединение, получившееся в результате адсорбции малорастворимо или слабо диссоциировано в данном растворителе. Заряд осадка определяется ионами, имеющимися в избытке. Они адсорбируются очень прочно и, легко заменяются ионами того же заряда из раствора. При положительном заряде поверхности легко адсорбируются отрицательные ионы.</p> |                                  |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Проверяемые компетенции          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 17   | Перечислите основные требования к материалу матриц.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | УК-6.1, ПК-2.1, ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Консервирующие матрицы должны обладать следующими свойствами:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая гидролитическая и радиационная устойчивость;</li> <li>• Долговременная (термодинамическая) стабильность;</li> <li>• Максимальное уменьшение объема;</li> <li>• Механическая прочность;</li> <li>• Высокая теплопроводность;</li> <li>• Гомогенное распределение радионуклидов (особенно для делящихся материалов);</li> <li>• Простая, надежная и безопасная технология производства;</li> <li>• Возможно более низкая температура синтеза.</li> </ul> |                                  |



| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Проверяемые компетенции             |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 18   | Перечислите способы захоронения РАО                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | УК-6.1, ПК-2.1,<br>ОПК-1.2, ОПК-4.1 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Способы захоронения РАО подразделяются на:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. приповерхностное захоронение РАО – захоронение РАО в сооружениях, размещаемых выше поверхности земли, на одном уровне с поверхностью земли или ниже поверхности земли на глубине до ста метров от поверхности земли;</li> <li>2. глубинное захоронение РАО – захоронение РАО в сооружениях, размещаемых на глубине более ста метров от поверхности земли;</li> <li>3. глубинное захоронение жидких РАО – захоронение жидких РАО (далее – ЖРО) в глубокозалегающих пластах-коллекторах на глубине нескольких сотен метров в пределах границ горного отвода путем нагнетания через нагнетательные скважины.</li> </ol> |                                     |