

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 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

|            |                                                                                                    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дисциплина | <b>РАДИОЭКОЛОГИЯ</b><br>(наименование дисциплины)                                                  |
| Профиль    | <b>магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия</b><br>(код специальности и наименование) |
| Факультет  | <b>Радиохимия</b><br><b>подготовки кадров высшей квалификации</b><br>(наименование факультета)     |
| Кафедра    | <b>ядерной медицины и радиационных технологий</b><br>(наименование кафедры)                        |

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

Санкт-Петербург  
2022

Рабочая программа дисциплины «Радиоэкология» 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

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия, имя, отчество</b> | <b>Ученая степень, звание</b> | <b>Занимаемая должность</b>                               | <b>Место работы</b>                                                       |
|--------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1.           | Пучкова Елена Виталиевна      | к. х. н.                      | Доцент кафедры Ядерной медицины и радиационных технологий | ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России                            |
| 2.           | Калинин Евгений Олегович      | -                             | Старший преподаватель кафедры радиохимии                  | Институт химии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» |

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины «Радиоэкология» рассмотрена и обсуждена на заседании кафедры ядерной медицины и радиационных технологий.

Рабочая программа дисциплины «Радиоэкология» 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 систематизированные знания о естественных и искусственных источниках облучения человека, о биологическом действии ионизирующих излучений на организм человека, мерах по снижению уровней воздействия радиации, современной радиоэкологической обстановке в РФ.

### **Задачи изучения дисциплины:**

Ознакомление обучающихся с основными этапами развития радиоэкологии.

Формирование у обучающихся представления о видах ионизирующих излучений, их происхождении и биологическом действии.

Ознакомление обучающихся с основами дозиметрии и защиты от ионизирующих излучений.

Формирование у обучающихся представления о современных концепциях биологического действия излучения.

Дать информацию о современном развитии и основных научных проблемах радиоэкологии.

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

Дисциплина «Радиоэкология» 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;
- Физико-химические методы исследования веществ.

### 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-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию на основе системного подхода, выявляя ее составляющие и связи между ними                  | 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, Р, Д<br><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, Р, Д<br><br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
|                                                                                                                                  | УК-1.4 Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций в своей предметной области | Знает:<br>-современные проблемы и методологию химических наук для решения фундаментальных профессиональных задач;<br>-теоретические основы и технологию научно-исследовательской деятельности, суть и логику проведения и проектирования научно-исследовательских работ в области химических или смежных наук.                                                                                                            | Для текущего контроля: КВ, Р, Д<br><br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
|                                                                                                                                  |                                                                                                                                  | Умеет:<br>- выделять теоретические, прикладные и инструментальные компоненты в данной области знаний, понимать их роль и функции в подготовке и обосновании научных решений для химических или смежных наук;<br>- распознавать исторические и методологические аспекты в развитии естественнонаучных областей знания                                                                                                      | Для текущего контроля: КВ, Р, Д<br><br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ |
| ОПК-2. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать                                                                       | ОПК-2.4 Использует философские концепции естествознания, знания о современных                                                    | 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,Р, Д<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ      |

|                                                                                                        |                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук | химических процессах в сфере профессиональной деятельности | <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать направления научной, аналитической и методической работы, содержание исследовательских программ, тематик методических пособий, состава докладов для семинаров, конференций;</li> <li>- формулировать новые задачи, возникающие в ходе исследования;</li> <li>- выбирать, обосновывать и осваивать современные методы, адекватные поставленной цели для системной оценки последствий реализации социально значимых проектов.</li> </ul> | <p>Для текущего контроля: КВ, Р, Д</p> <p>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|

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

#### 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) | 3        |
| Аудиторные занятия (всего)                                                                  | 72                               | 72       |
| В том числе:                                                                                | -                                | -        |
| Занятия лекционного типа                                                                    | 12                               | 12       |
| Занятия семинарского типа                                                                   | 24                               | 24       |
| Из них:                                                                                     | -                                | -        |
| Семинары (С)                                                                                | 24                               | 24       |
| Практическое занятие (ПЗ)                                                                   | -                                | -        |
| Круглый стол (КСст)                                                                         | -                                | -        |
| Научно-практическое занятие (НПЗ)                                                           | -                                | -        |
| 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 | 24                               | 24       |
| Подготовка рефератов, докладов, подбор и изучение литературных источников, интернетресурсов | 4                                | 4        |
| Промежуточная аттестация – зачет                                                            | -                                | -        |
| Из них на практическую подготовку*                                                          | 37                               | 37       |
| Общая трудоемкость                                                                          | часы                             | 72       |
|                                                                                             | зач. ед.                         | 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. Предмет радиозкологии. Физические основы радиозкологии.                    | 2                            | 4                         | 6  | 12    | 6                                  |
| Раздел 2. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Основы дозиметрии.     | 2                            | 4                         | 6  | 12    | 6                                  |
| Раздел 3. Космические источники облучения.                                           | 2                            | 4                         | 4  | 10    | 5                                  |
| Раздел 4. Земные источники облучения. Искусственные радионуклиды в окружающей среде. | 2                            | 4                         | 6  | 12    | 6                                  |
| Раздел 5. Биологическое воздействие ионизирующего излучения.                         | 2                            | 4                         | 10 | 16    | 9                                  |
| Раздел 6. Масштабные радиационные воздействия                                        | 2                            | 4                         | 4  | 10    | 5                                  |

| Наименование темы (раздела) | Контактная работа, академ.ч. |                           | СР | Всего | Из них на практическую подготовку* |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|----|-------|------------------------------------|
|                             | Занятия лекционного типа     | Занятия семинарского типа |    |       |                                    |
|                             |                              | С                         |    |       |                                    |
| на окружающую среду.        |                              |                           |    |       |                                    |
| <b>Зачет</b>                | -                            |                           |    |       |                                    |
| <b>Итого</b>                | 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. Предмет радиоэкологии. Физические основы радиоэкологии.</b>                    |                                                                                                                                                                                                                                     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                    |                                                          |
| 1.                                                                                          | Основные понятия и термины. История возникновения. Строение и свойства атомных ядер. Виды самопроизвольных ядерных превращений.                                                                                                     | 2    | Открытие и применение рентгеновского излучения. Открытие радиоактивности. Социальные последствия открытий рентгеновского излучения и радиоактивности. Производство радия. Радиевая индустрия. Экологические последствия промышленного применения радия. Первые исследования воздействия ионизирующего излучения на компоненты биосферы. Современное состояние радиоэкологии. Силы ядерного притяжения. Строение и свойства атомных ядер: заряд, радиус, масса, форма, энергия связи. Особые свойства ядерной материи. Виды ядерных превращений. -распад. -превращения. -превращения. Спонтанное деление ядер.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | УК-1.1<br>УК-1.4<br>ОПК-2.4        | Мультимедийная аппаратура, презентации                   |
| <b>Раздел 2. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Основы дозиметрии.</b>     |                                                                                                                                                                                                                                     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                    |                                                          |
| 2.                                                                                          | Взаимодействие -излучения с веществом. Взаимодействие -излучения с веществом. Взаимодействие $\gamma$ -излучения с веществом. Понятие дозы. Виды и назначение различных доз облучения человека.                                     | 2    | Понятия пробега и траектории частиц в веществе. Слой полного поглощения. Слой половинного поглощения. Линейный и массовый коэффициенты ослабления излучения. Кривые поглощения -частиц, -частиц и -квантов. Фотоэффект. Комптонское рассеяние. Образование пар: электрон – позитрон. Экспозиционная доза. Поглощенная доза. Эффективная доза. Эквивалентная доза. Коллективная доза.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | УК-1.1<br>УК-1.4                   | Мультимедийная аппаратура, презентации                   |
| <b>Раздел 3. Космические источники облучения.</b>                                           |                                                                                                                                                                                                                                     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                    |                                                          |
| 3.                                                                                          | Космическое излучение. Космогенные радионуклиды.                                                                                                                                                                                    | 2    | Космические лучи. Характеристики и классификация космических лучей. Первичные космические лучи. Вторичные космические лучи. Широкий атмосферный ливень. Космогенные радионуклиды. Дозы облучения, связанные с космическими лучами и космогенными радионуклидами. Облучение населения изотопами $^3\text{H}$ и $^{14}\text{C}$ . Биологическое действие $^3\text{H}$ и $^{14}\text{C}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | УК-1.1<br>УК-1.4                   | Мультимедийная аппаратура, презентации                   |
| <b>Раздел 4. Земные источники облучения. Искусственные радионуклиды в окружающей среде.</b> |                                                                                                                                                                                                                                     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                    |                                                          |
| 4.                                                                                          | $^{238}\text{U}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ в окружающей среде. $^{222}\text{Rn}$ в окружающей среде. $^{210}\text{Pb}$ и $^{210}\text{Po}$ в окружающей среде. $^{137}\text{Cs}$ и $^{90}\text{Sr}$ в окружающей среде. | 2    | Характеристика изотопа $^{40}\text{K}$ . Распространенность изотопа и источники $^{40}\text{K}$ в окружающей среде. Характеристика изотопов $^{238}\text{U}$ и $^{232}\text{Th}$ . Источники урана и тория в окружающей среде. Обогащенный уран. Биологическое действие урана и тория. Характеристика радиоактивных семейств $^{238}\text{U}$ , $^{232}\text{Th}$ и $^{235}\text{U}$ . Изотопы радона в окружающей среде. Физические и химические свойства радона. Источники радона в окружающей среде. Радон в жилых помещениях. Биологическое действие радона. Характеристика изотопов $^{210}\text{Pb}$ и $^{210}\text{Po}$ . Источники $^{210}\text{Pb}$ и $^{210}\text{Po}$ в окружающей среде. Физические и химические свойства свинца и полония. $^{210}\text{Pb}$ и $^{210}\text{Po}$ в пищевых продуктах. Биологическое действие $^{210}\text{Pb}$ и $^{210}\text{Po}$ . Атомная энергетика. Ядерный | УК-1.1<br>УК-1.4                   | Мультимедийная аппаратура, презентации                   |

|                                                                           |                                                                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                             |                                        |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|
|                                                                           |                                                                    |   | топливный цикл. Производство и испытания ядерного оружия. Радиоактивные отходы. Перенос и накопление радионуклидов в окружающей среде.                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                             |                                        |
| <b>Раздел 5. Биологическое воздействие ионизирующего излучения.</b>       |                                                                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                             |                                        |
| 5.                                                                        | Воздействие биологического излучения на уровне клетки и организма. | 2 | Радиочувствительность и ее модификации. Относительная биологическая эффективность ионизирующих излучений. Эквивалентная доза. Эффективная доза. Детерминированные и стохастические эффекты облучения. Основы радиационной защиты.                                                                                                                                                                                                              | УК-1.1<br>УК-1.4<br>ОПК-2.4 | Мультимедийная аппаратура, презентации |
| <b>Раздел 6. Масштабные радиационные воздействия на окружающую среду.</b> |                                                                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                             |                                        |
| 6.                                                                        | Крупные аварии на предприятиях ядерного топливного цикла (ЯТЦ).    | 2 | Международная шкала ядерных событий. Опасность предприятий ЯТЦ. Инциденты на Российских предприятиях ядерной индустрии: Сибирский химический комбинат; Красноярский горно-химический комбинат; Электрохимический завод; Производственное объединение «Маяк»; Уральский электрохимический комбинат. Аварии на промышленных реакторах РФ. Основные причины возникновения аварийных ситуаций на предприятиях ЯТЦ РФ. Авария на Чернобыльской АЭС. | УК-1.1<br>УК-1.4            | 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. Физические основы радиоэкологии.</b>                                       |                                        |                                                                     |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |                                  |
| 1.                                                                                        | Семинар №1                             | Основные характеристики ядер. Самопроизвольные ядерные превращения. | 4 из них на ПП 80%       | 1. Радиус ядра.<br>2. Масса ядра.<br>3. Плотность ядерной материи.<br>4. Энергия связи ядра.<br>5. Энергия связи нуклона в ядре.<br>6. Причины радиоактивности.<br>7. Виды самопроизвольных ядерных превращений:<br>-распад;<br>-превращения;<br>-превращения;<br>-спонтанное деление ядер.<br>8. Выполнение практических заданий. | УК-1.1<br>УК-1.4                   | КВ                               |
| <b>Раздел № 2. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Основы дозиметрии.</b> |                                        |                                                                     |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |                                  |
| 2.                                                                                        | Семинар №2                             | Взаимодействие, и-излучения с                                       |                          | 1. Траектория и пробег -частиц в веществе. Кривая                                                                                                                                                                                                                                                                                  | УК-1.1                             | КВ                               |

|                                                                                               |              |                                                                                                                                                           |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----|
|                                                                                               |              | веществом.                                                                                                                                                | 4 из них на<br>ПП 80% | поглощения<br>-излучения.<br>2. Траектория и пробег<br>-частиц в веществе. Законы ослабления потоков<br>моноэнергетических электронов и<br>-частиц.<br>3. Слои полного и половинного ослабления потока -частиц.<br>4. Линейный и массовый коэффициенты поглощения.<br>5. Виды взаимодействия -излучения с веществом:<br>✓ фотоэффект;<br>✓ Комптоновское рассеяние;<br>✓ образование пар: электрон – позитрон.<br>6. Закон ослабления моноэнергетического потока -квантов.<br>7. Парциальные линейные и массовые коэффициенты<br>ослабления.<br>8. Выполнение практических заданий. | УК-1.4           |    |
| 3.                                                                                            | Семинар № 3. | Понятие дозы. Виды доз.<br>Защита от ионизирующего<br>излучения.                                                                                          | 4 из них на<br>ПП 80% | 1. Поглощенная доза и единицы измерения.<br>2. Экспозиционная доза и единицы измерения.<br>3. Эффективная доза и единицы измерения.<br>4. Эквивалентная доза и единицы измерения.<br>5. Коллективная доза.<br>6. Защита от -излучения.<br>7. Защита от -излучения.<br>8. Защита от -излучения<br>9. Выполнение практических заданий.                                                                                                                                                                                                                                                | УК-1.1<br>УК-1.4 | КВ |
| <b>Раздел № 4. Земные источники облучения. Искусственные радионуклиды в окружающей среде.</b> |              |                                                                                                                                                           |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |    |
| 4.                                                                                            | Семинар № 4. | Закон радиоактивного распада.                                                                                                                             | 4 из них на<br>ПП 80% | 1. Вывод дифференциального уравнения радиоактивного<br>распада.<br>2. Вывод интегрального уравнения радиоактивного распада.<br>3. Вероятностная трактовка радиоактивного распада. Вывод<br>уравнения.<br>4. Построение кривых зависимости активности радионуклида<br>от времени в линейных и полулогарифмических координатах.<br>5. Выполнение практических заданий.                                                                                                                                                                                                                | УК-1.1<br>УК-1.4 | КВ |
| 5.                                                                                            | Семинар № 5. | Закон накопления стабильного<br>и радиоактивного нуклида при<br>самопроизвольных ядерных<br>превращениях.<br>Закон накопления<br>радионуклида при ядерной | 4 из них на<br>ПП 80% | 1. Вывод уравнения накопления стабильного нуклида.<br>Построение кривой накопления.<br>2. Вывод дифференциального уравнения накопления<br>радионуклида.<br>3. Вывод интегрального уравнения накопления радионуклида.<br>4. Кривая накопления и ее анализ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | УК-1.1<br>УК-1.4 | КВ |

|                                                                       |              |                                                                                  |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                             |          |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------|
|                                                                       |              | реакции.                                                                         |                                | 5. Вывод формулы для вычисления максимально возможной активности радионуклида.<br>6. Уравнение накопления радионуклида при активации.<br>7. Вычисление оптимального времени облучения.<br>8. Выполнение практических заданий.                                                                                                                                            |                             |          |
| <b>Раздел № 5. Биологическое воздействие ионизирующего излучения.</b> |              |                                                                                  |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                             |          |
| 6.                                                                    | Семинар № 6. | Биологические эффекты, возникающие в результате действия ионизирующих излучений. | 4 из них на ПП 80%             | 1. Детерминированный и стохастический механизм радиационного поражения.<br>2. Лучевое поражение организма.<br>3. Лучевая болезнь. Фазы и классификация лучевой болезни.<br>4. Зависимость средней продолжительности жизни от дозы облучения.<br>5. Чувствительность отдельных тканей.<br>6. Радиочувствительность организма. Ранние и поздние детерминированные эффекты. | УК-1.1<br>УК-1.4<br>ОПК-2.4 | КВ, Р, Д |
| Итого                                                                 |              |                                                                                  | 24 часа из них на ПП- 19 часов |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                             |          |

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

*\***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-1.1, УК-1.4                     |
| Работа с вопросами для текущего контроля                                                     | 4 из них на ПП- 50%             | УК-1.1, УК-1.4                     |
| Самостоятельная проработка отдельных тем учебной дисциплины в соответствии с учебным планом  | 24 из них на ПП- 50%            | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4            |
| Подготовка рефератов, докладов, подбор и изучение литературных источников, интернет ресурсов | 4 из них на ПП- 50%             | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4            |
| 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 характеристики ядер. Самопроизвольные ядерные превращения.     | 4 из них на ПП- 50%      | УК-1.1, УК-1.4                     | Белозерский Г. Н. Радиационная экология: учебник для бакалавриата и магистратуры. М.: Издательство Юрайт, 2019.<br><a href="https://www.studmed.ru/belozerskiy-g-n-radiacionnaya-ekologiya_40332316b95.html">https://www.studmed.ru/belozerskiy-g-n-radiacionnaya-ekologiya_40332316b95.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>                                                                                                                                                                                                                                         |
| Взаимодействие $\alpha$ -, $\beta$ - и $\gamma$ -излучения с веществом. | 4 из них на ПП- 50%      | УК-1.1, УК-1.4                     | 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><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>Пучкова Е. В. Физика и химия бета-превращений: Учебное пособие. СПб.: ВВМ, 2010.<br><a href="https://studfile.net/preview/6131917/">https://studfile.net/preview/6131917/</a> |
| Виды доз. Защита от ионизирующего излучения.                            | 4 из них на ПП- 50%      | УК-1.1, УК-1.4                     | "Радиоэкология и экологическая радиохимия": Учебник для вузов / И. Н. Бекман. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. 497 с.<br><a href="https://static.my-shop.ru/product/pdf/376/3757660.pdf">https://static.my-shop.ru/product/pdf/376/3757660.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Закон радиоактивного распада.                                           | 4 из них на ПП- 50%      | УК-1.1, УК-1.4                     | 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>Пучкова Е. В. Кинетика ядерных превращений: учебное пособие. СПбГУ, СПб: Лема, 2015.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                                                                                                                                                     |                                 |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Закон накопления стабильного и радиоактивного нуклида при самопроизвольных ядерных превращениях. Закон накопления радионуклида при ядерной реакции. | 4 из них на ГПП- 50%            | УК-1.1, УК-1.4 | 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> |
| Биологическое воздействие ионизирующего излучения.                                                                                                  | 4 из них на ГПП- 50%            | УК-1.1, УК-1.4 | Белозерский Г. Н. Радиационная экология: учебник для бакалавриата и магистратуры. М.: Издательство Юрайт, 2019.<br><a href="https://www.studmed.ru/belozerskiy-g-n-radiacionnaya-ekologiya_40332316b95.html">https://www.studmed.ru/belozerskiy-g-n-radiacionnaya-ekologiya_40332316b95.html</a>           |
| Итого                                                                                                                                               | 24 часа из них на ГПП- 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 | Р | Д |
| Текущий контроль                               | Раздел 1. Предмет радиозаологии. Физические основы радиозаологии.                    | 15                                 | -  | - | - |
|                                                | Раздел 2. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Основы дозиметрии.     | 10                                 | -  |   |   |
|                                                | Раздел 3. Космические источники облучения.                                           | 10                                 | -  |   | 3 |
|                                                | Раздел 4. Земные источники облучения. Искусственные радионуклиды в окружающей среде. | 10                                 | -  | 2 | - |
|                                                | Раздел 5. Биологическое воздействие ионизирующего излучения                          | 10                                 | -  | - | - |
|                                                | Раздел 6. Масштабные радиационные воздействия на окружающую среду.                   | 10                                 | -  | - | 4 |
| Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет |                                                                                      | 28                                 | 60 | - | - |

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

### 5.2 Организация текущего контроля знаний

| № п/п | Наименование темы (раздела) Дисциплины                                     | Код контролируемого индикатора компетенции | Наименование оценочного средства |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|
| 1.    | Предмет радиозаологии. Физические основы радиозаологии.                    | УК-1.1, УК-1.4                             | КВ                               |
| 2.    | Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Основы дозиметрии.     | УК-1.1, УК-1.4                             | КВ                               |
| 3.    | Космические источники облучения.                                           | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4                    | КВ, Д                            |
| 4.    | Земные источники облучения. Искусственные радионуклиды в окружающей среде. | УК-1.1, УК-1.4                             | КВ, Д                            |

|    |                                                          |                         |       |
|----|----------------------------------------------------------|-------------------------|-------|
| 5. | Биологическое воздействие ионизирующего излучения        | УК-1.1, УК-1.4          | КВ, Д |
| 6. | Масштабные радиационные воздействия на окружающую среду. | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 | КВ, Д |

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

### 5.3 Организация контроля самостоятельной работы

| № п/п | Вид работы                                                                                  | Код контролируемого индикатора компетенции      | Наименование оценочного средства |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1.    | Подготовка к занятиям                                                                       | УК-1.1, УК-1.4                                  | КВ                               |
| 2.    | Работа с вопросами для самопроверки                                                         | УК-1.1, УК-1.4                                  | КВ                               |
| 3.    | Самостоятельная проработка отдельных тем учебной дисциплины в соответствии с учебным планом | УК-1.1, УК-1.4, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3          | КВ                               |
| 4.    | Подготовка рефератов, докладов, подбор и изучение литературных источников, интернетресурсов | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3 | Р, Д                             |

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

### 5.4 Организация промежуточной аттестации

**Форма промежуточной аттестации по дисциплине – зачет**

**Этапы проведения промежуточной аттестации:**

| Этапы | Вид задания   | Оценочные материалы | Проверяемые индикаторы компетенций |
|-------|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 1     | Тестирование  | ТЗ                  | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4            |
| 2     | Собеседование | КВ                  | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4            |

*КВ – контрольные вопросы, ТЗ – тестовые задания*

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

| Вид задания                           | «Не зачтено»                                                                                                                                                                                                                                  | «Зачтено»                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тестирование                          | Менее 70% правильных ответов                                                                                                                                                                                                                  | 70% и более правильных ответов                                                                                                                                                                                                               |
| 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. |

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

**Типовые оценочные средства.**

**Контрольные вопросы**

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Проверяемые компетенции |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1    | Основные термины, используемые в радиоэкологии.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p><i>Радионуклид</i> - нестабильный нуклид, способный к самопроизвольному распаду.</p> <p><i>Поглощенная доза</i> - энергия ионизирующего излучения, поглощенная облучаемым телом (тканями организма), в пересчете на единицу массы.</p> <p><i>Эквивалентная доза</i> - поглощенная доза, умноженная на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организма.</p> <p><i>Эффективная эквивалентная доза</i> - эквивалентная доза, умноженная на коэффициент, учитывающий разную чувствительность различных тканей к облучению.</p> <p><i>Полная коллективная эффективная эквивалентная доза</i> - коллективная эффективная эквивалентная доза, которую получают поколения людей от какого-либо источника за все время его дальнейшего существования.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 2    | Основные задачи радиоэкологии.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Продолжение изучения воздействия радиоактивного излучения на растительные и животные организмы, популяции и экосистемы и прогнозирование последствий радиоактивного загрязнения биосферы.</li> <li>2. Исследование путей распространения радиоактивных изотопов в природной среде.</li> <li>3. Разработка безопасных для животных организмов норм радиоактивного загрязнения компонентов природной среды.</li> <li>4. Изучение выживания и адаптации живых организмов в условиях хронического облучения радионуклидами.</li> <li>5. Исследование длительного действия на живые организмы малых доз радиации и прогнозирование отдаленных последствий такого облучения.</li> </ol> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 3    | Связь радиоэкологии с другими науками.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Современная <b>радиоэкология</b> развивается на стыке многих наук. Так, <b>ядерная физика и ядерная геофизика</b> позволяют изучать радиационные поля, т. е. распределение источников ионизирующего излучения в атмосфере, водоемах, почвах, горных породах; <b>радиохимия</b> - исследовать состояние радионуклидов в водных растворах, аэрозолях (определять химические формы, степени окисления элементов и т.д.), формы, в которых происходит миграция радионуклидов в среде (истинные растворы, ультрадисперсные твердые частицы и т.д.).</p> <p>Сведения о концентрировании радионуклидов различными организмами и их отдельными органами, данные о генетических и других последствиях воздействия ионизирующего излучения дает <b>радиобиология</b>. Методы расчета дозы и мощности дозы ионизирующего излучения разработаны в <b>дозиметрии</b>.</p> |                         |

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

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 4 | Современные проблемы радиозкологии.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | УК-1.1, УК-1.4 |
|   | Эталон ответа:<br>Во многих странах ведутся работы по непрерывному контролю (мониторингу) радиоактивного загрязнения воздуха, почв, растительных и животных организмов, позволяющие выявлять зоны повышенного загрязнения, их источники, а также радиологически чистые зоны. Сведения, получаемые в радиозкологии, играют важную роль при выработке международных соглашений, направленных на полное прекращение испытаний ядерного оружия, сокращение его производства; на них основаны нормативные документы, в т.ч. определяющие порядок захоронения радиоактивных отходов, безопасную работу ядерных реакторов, условия работы персонала; возможность использования с.-х. и иной продукции населением и т. д |                |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 5    | Закон радиоактивного распада.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | Эталон ответа:<br>Закон радиоактивного распада описывает убывание со временем среднего числа радиоактивных ядер: $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ , где $N_0$ – начальное количество радиоактивных ядер, $\lambda$ – вероятность радиоактивного распада – величина, связанная с важнейшей характеристикой радионуклида – периодом его полураспада простым соотношением: $T_{1/2} = (\ln 2) / \lambda \approx 0.693 / \lambda$ . |                         |

#### Темы докладов:

1. Место радиозкологии в системе наук.
2. Современные задачи радиозкологии.
3. Биологическое воздействие больших доз облучения на организм.
4. Последствия воздействия малых доз облучения на организм.
5. Проблема облучения радоном-222 в жилых помещениях.
6. Проблема облучения северных народов  $^{210}\text{Po}$ .
7. Естественный ядерный реактор в Габоне.
8. Радиоактивность пищевых продуктов.
9. Радиоактивность сигарет.

#### Тестовые задания:

| Тестовое задание с эталоном ответа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Проверяемые компетенции |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>1 Экспозиционная доза облучения – это:</b><br>а) отношение поглощенной энергии ионизирующего излучения к массе любого вещества;<br>б) произведение поглощенной дозы облучения на усредненный коэффициент качества облучения;<br>в) произведение эквивалентной дозы облучения на взвешивающий коэффициент риска облучения;<br>г) <b>=отношение суммарного заряда ионов одного знака, образовавшихся в объеме воздуха при облучении ионизирующим излучением, к массе воздуха в этом объеме</b> | УК-1.1, УК-1.4          |
| <b>2 Поглощенная доза облучения – это:</b><br>а) произведение эквивалентной дозы облучения на взвешивающий коэффициент риска облучения;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | УК-1.1, УК-1.4          |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>b) отношение суммарного заряда ионов одного знака в объеме воздуха к массе воздуха в этом объеме;</li> <li>c) произведение поглощенной дозы облучения на усредненный коэффициент качества облучения;</li> <li>d) <b>=отношение поглощенной энергии ионизирующего излучения к массе любого вещества</b></li> </ul>                                                                                                                                               |                |
| <b>3 Эквивалентная доза облучения учитывает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) степень ионизации воздуха;</li> <li>b) вид излучения радиоактивного ядра;</li> <li>c) поглощение энергии веществом;</li> <li>d) <b>=особенности радиационного эффекта в биологической ткани</b></li> </ul>                                                                                                                                                                                                  | УК-1.1, УК-1.4 |
| <b>4 Эффективная доза облучения – это:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) отношение поглощенной энергии ионизирующего излучения к массе любого вещества;</li> <li>b) отношение суммарного заряда ионов одного знака в объеме воздуха к массе воздуха в этом объеме;</li> <li>c) произведение поглощенной дозы облучения на усредненный коэффициент качества облучения;</li> <li>d) <b>=произведение эквивалентной дозы облучения на взвешивающий коэффициент риска облучения</b></li> </ul> | УК-1.1, УК-1.4 |
| <b>5 Усредненный коэффициент качества облучения учитывает вид:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) вещества;</li> <li>b) органа (ткани) организма человека;</li> <li>c) <b>=излучения радиоактивного ядра;</b></li> <li>d) риска облучения отдельного органа организма человека к риску облучения всего организма</li> </ul>                                                                                                                                                                 | УК-1.1, УК-1.4 |

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

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

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.multitrans.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. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Обучение по дисциплине «Радиоз экология» включает контактную работу, состоящую из лекций, семинаров, самостоятельной работы и промежуточной аттестации. Лекционные занятия проводятся с использованием демонстрационного материала в виде мультимедийных презентаций.

Семинарские занятия проходят в учебных аудиториях. В ходе занятий обучающиеся разбирают и обсуждают вопросы по соответствующим разделам и темам дисциплины, выполняют теоретические и практические задания.

В учебном процессе широко используются активные и интерактивные формы проведения занятий (использование интернет-ресурсов для подготовки к занятиям, групповые дискуссии и др.) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Главными условиями правильной организации учебного процесса являются:

- планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины;
- регулярное повторение пройденного материала;
- подготовка к текущему тематическому контролю успеваемости и промежуточной аттестации.

Самостоятельная работа включает в себя проработку лекционных материалов, практических материалов и задач, которые разбирались на занятиях или были рекомендованы для самостоятельного решения, изучение рекомендованной учебной литературы, изучение информации, публикуемой в научной периодической печати и представленной в сети «Интернет» и написание реферата по предложенной теме.

Для самостоятельной работы в течение всего периода обучения имеется индивидуальный неограниченный доступ к электронной информационно-образовательной среде Центра Алмазова из любой точки, в которой есть доступ к сети «Интернет», как на территории Центра Алмазова, так и вне ее.

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

### **Основная литература:**

1. Радиационная гигиена. Руководство к практическим занятиям: учеб. пособие / Архангельский В. И., Коренков И. П. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. - Текст: электронный // URL : <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970451915.html>
2. Основы радиоэкологического и гигиенического мониторинга окружающей среды / И. П. Коренков, Т. Н. Лащенкова, Н. К. Шандала, С. М. Киселев; под ред. Л. А. Ильина, А. С. Самойлова. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970461983.html>
3. Радиационная гигиена: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности "Медико-профилактическое дело" / Сост. А. А. Ляпкало, В. Н. Рябчиков, А. А. Дементьев, В. В. Кучумов. - Рязань: ООП УИТТиОП, 2019. - Текст : электронный // URL : [https://www.rosmedlib.ru/book/RZNGMU\\_047.html](https://www.rosmedlib.ru/book/RZNGMU_047.html)

### **Дополнительная литература:**

1. Радиобиология: термины и понятия: энцикл. справ. / Г. Г. Верещако, А. М. Ходосовская - Минск: Белорус. наука, 2016. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9789850820174.html>
2. Гигиена и экология человека: учебник / Архангельский В. И., Кириллов В. Ф. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970452608.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>

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

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Радиоэкология» 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 «Радиоэкология» специальные помещения имеют материально-техническое и учебно-методическое обеспечение:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором оборудования для демонстрации презентаций.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практические занятия и все формы его проведения) - укомплектована специализированной (учебной) мебелью.

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций - укомплектована специализированной (учебной) мебелью.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации - укомплектована специализированной (учебной) мебелью.

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.

## **8. КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Состав и квалификация научно-педагогических работников, обеспечивающих осуществление образовательного процесса по дисциплине «Радиоэкология» соответствует требованиям ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия.

## **9. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется кафедрой на основе адаптированной рабочей программы 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 учебной программы дисциплины «Радиоэкология» инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья кафедра обеспечивает:

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);
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:
  - надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;
- 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 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**  
**«РАДИОЭКОЛОГИЯ»**  
(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 «РАДИОЭКОЛОГИЯ»

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями:** УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4

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

| Индикатор                                                                                                                                                        | Показатели достижения освоения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Оценочные средства                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                |
| УК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию на основе системного подхода, выявляя ее составляющие и связи между ними                                                 | 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, Р, Д<br><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, Р, Д<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ     |
| УК-1.4 Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций в своей предметной области                                 | Знает:<br>- современные проблемы и методологию химических наук для решения фундаментальных профессиональных задач;<br>- теоретические основы и технологию научно-исследовательской деятельности, суть и логику проведения и проектирования научно-исследовательских работ в области химических или смежных наук.                                                                                                         | Для текущего контроля:<br>КВ, Р, Д<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ     |
|                                                                                                                                                                  | Умеет:<br>- выделять теоретические, прикладные и инструментальные компоненты в данной области знаний, понимать их роль и функции в подготовке и обосновании научных решений для химических или смежных наук;<br>- распознавать исторические и методологические аспекты в развитии естественнонаучных областей знания                                                                                                     | Для текущего контроля:<br>КВ, Р, Д<br>Для промежуточной аттестации: КВ, ТЗ     |
| ОПК-2 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                |
| ОПК-2.4 Использует философские концепции естествознания, знания о современных химических                                                                         | Знает:<br>- исторический характер научной рациональности;<br>- ключевые проблемы научного познания о современных химических процессах;                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Для текущего контроля:<br>КВ, Р, Д<br><br>Для промежуточной                    |

|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                            |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| процессах в сфере профессиональной деятельности | - важнейшие системы научных ценностей, сформировавшиеся в ходе исторического развития.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 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, Р, Д<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.    | Предмет радиозащиты. Физические основы радиозащиты.                        | УК-1.1, УК-1.4                             | КВ                               |
| 2.    | Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Основы дозиметрии.     | УК-1.1, УК-1.4                             | КВ                               |
| 3.    | Космические источники облучения.                                           | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4                    | КВ, Д                            |
| 4.    | Земные источники облучения. Искусственные радионуклиды в окружающей среде. | УК-1.1, УК-1.4                             | КВ, Д                            |
| 5.    | Биологическое воздействие ионизирующего излучения                          | УК-1.1, УК-1.4                             | КВ, Д                            |
| 6.    | Масштабные радиационные воздействия на окружающую среду.                   | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4                    | КВ, Д                            |

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

## 3. Форма промежуточной аттестации по дисциплине – зачет

### 4. Этапы проведения промежуточной аттестации:

| Этапы | Вид задания   | Оценочные материалы | Проверяемые индикаторы компетенций |
|-------|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 1     | Тестирование  | ТЗ                  | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4            |
| 2     | Собеседование | КВ                  | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4            |

*КВ – контрольные вопросы, ТЗ – тестовые задания*

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

| Вид задания                           | «Не зачтено»                                                                                                                                                                                 | «Зачтено»                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тестирование                          | Менее 70% правильных ответов                                                                                                                                                                 | 70% и более правильных ответов                                                                                                                                                                                |
| 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. | Имеет глубокие, систематизированные знания по предмету. Дает четкие и развернутые ответы на вопросы.<br>Демонстрирует знание взаимосвязи основных понятий дисциплины.<br>Демонстрирует способность применения |

|  |                                               |                                |
|--|-----------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Отсутствие ответов на дополнительные вопросы. | полученных знаний на практике. |
|--|-----------------------------------------------|--------------------------------|

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

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### Темы рефератов и докладов:

1. Место радиоэкологии в системе наук.
2. Современные задачи радиоэкологии.
3. Биологическое воздействие больших доз облучения на организм.
4. Последствия воздействия малых доз облучения на организм.
5. Проблема облучения радоном-222 в жилых помещениях.
6. Проблема облучения северных народов  $^{210}\text{Po}$ .
7. Естественный ядерный реактор в Габоне.
8. Радиоактивность пищевых продуктов.
9. Радиоактивность сигарет.

### Контрольные вопросы

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1    | Основные термины, используемые в радиоэкологии.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | Эталон ответа:<br><i>Радионуклид</i> - нестабильный нуклид, способный к самопроизвольному распаду.<br><i>Поглощенная доза</i> - энергия ионизирующего излучения, поглощенная облучаемым телом (тканями организма), в пересчете на единицу массы.<br><i>Эквивалентная доза</i> - поглощенная доза, умноженная на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организма.<br><i>Эффективная эквивалентная доза</i> - эквивалентная доза, умноженная на коэффициент, учитывающий разную чувствительность различных тканей к облучению.<br><i>Полная коллективная эффективная эквивалентная доза</i> - коллективная эффективная эквивалентная доза, которую получают поколения людей от какого-либо источника за все время его дальнейшего существования. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 2    | Основные задачи радиоэкологии.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | Эталон ответа:<br>1. Продолжение изучения воздействия радиоактивного излучения на растительные и животные организмы, популяции и экосистемы и прогнозирование последствий радиоактивного загрязнения биосферы.<br>2. Исследование путей распространения радиоактивных изотопов в природной среде.<br>3. Разработка безопасных для животных организмов норм радиоактивного загрязнения компонентов природной среды.<br>4. Изучение выживания и адаптации живых организмов в условиях хронического облучения радионуклидами.<br>5. Исследование длительного действия на живые организмы малых доз радиации и прогнозирование отдаленных последствий такого облучения. |                         |

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

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                    |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>компетенции</b> |
| 3 | <p>Связь радиоэкологии с другими науками.</p> <p>Эталон ответа:<br/> Современная <b>радиоэкология</b> развивается на стыке многих наук. Так, <b>ядерная физика и ядерная геофизика</b> позволяют изучать радиационные поля, т. е. распределение источников ионизирующего излучения в атмосфере, водоемах, почвах, горных породах; <b>радиохимия</b> - исследовать состояние радионуклидов в водных растворах, аэрозолях (определять химические формы, степени окисления элементов и т.д.), формы, в которых происходит миграция радионуклидов в среде (истинные растворы, ультрадисперсные твердые частицы и т.д.).<br/> Сведения о концентрировании радионуклидов различными организмами и их отдельными органами, данные о генетических и других последствиях воздействия ионизирующего излучения дает <b>радиобиология</b>. Методы расчета дозы и мощности дозы ионизирующего излучения разработаны в <b>дозиметрии</b>.</p> | УК-1.1, УК-1.4     |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Проверяемые компетенции |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 4    | <p>Современные проблемы радиоэкологии.</p> <p>Эталон ответа:<br/> Во многих странах ведутся работы по непрерывному контролю (мониторингу) радиоактивного загрязнения воздуха, почв, растительных и животных организмов, позволяющие выявлять зоны повышенного загрязнения, их источники, а также радиологически чистые зоны. Сведения, получаемые в радиоэкологии, играют важную роль при выработке международных соглашений, направленных на полное прекращение испытаний ядерного оружия, сокращение его производства; на них основаны нормативные документы, в т.ч. определяющие порядок захоронения радиоактивных отходов, безопасную работу ядерных реакторов, условия работы персонала; возможность использования с.-х. и иной продукции населением и т. д</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № 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: <math>N(t)=N_0 e^{-\lambda t}</math>, где <math>N_0</math> – начальное количество радиоактивных ядер, <math>\lambda</math>- вероятность радиоактивного распада – величина, связанная с важнейшей характеристикой радионуклида - периодом его полураспада простым соотношением: <math>T_{1/2}=(\ln 2) / \lambda \equiv 0.693/ \lambda</math>.</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 6    | <p>Виды радиоактивного распада.</p> <p>Эталон ответа:<br/> К основным видам радиоактивного распада относятся:<br/> <math>\alpha</math>-распад – испускание ядрами <math>\alpha</math>-частиц,<br/> <math>\beta</math>-распад – испускание (или поглощение) электрона и антинейтрино или позитрона и нейтрино,<br/> <math>\gamma</math>-распад – испускание <math>\gamma</math>-квантов,<br/> спонтанное деление – распад ядра на два осколка сравнимой массы.<br/> Во всех видах радиоактивности, кроме <math>\gamma</math>-излучения, изменяется состав ядра – число протонов (Z) , массовое число (A) или и то и другое.</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Проверяемые компетенции |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 7    | Понятие дозы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Действие ионизирующих излучений представляет собой сложный процесс. Эффект облучения зависит от величины поглощенной дозы, ее мощности, вида излучения, объема облучения тканей и органов. Для его количественной оценки введены специальные единицы, которые делятся на внесистемные и единицы в системе СИ. Сейчас используются преимущественно единицы системы СИ. Рассматривают следующие величины: экспозиционную дозу, X; поглощенную дозу, D; эквивалентную дозу, H; эффективную дозу; коллективную эффективную эквивалентную дозу.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 8    | Поглощенная доза.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Поглощенная доза (D) - основная дозиметрическая величина. Она равна отношению средней энергии dE (Дж), переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе dm (кг) вещества в этом объеме: <math>D = dE/dm</math>.</p> <p>Единица поглощенной дозы - Грей (Гр). Внесистемная единица Рад определялась как поглощенная доза любого ионизирующего излучения, равная 100 эрг на 1 грамм облученного вещества. Если 1 Гр = 1 Дж/кг, тогда 1 рад = <math>10^{-2}</math> Гр.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 9    | Эффективная доза.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Для оценки ущерба здоровью человека за счет различного характера влияния облучения на разные органы введено понятие эффективной эквивалентной дозы <math>E_{эфф}</math>, применяемое при оценке возможных стохастических эффектов - злокачественных новообразований.</p> <p>Эффективная доза равна сумме взвешенных эквивалентных доз во всех органах и тканях:</p> $E_{эфф} = \sum_t w_t H_t$ <p>где <math>w_t</math> - тканевый весовой множитель, а <math>H_t</math> - эквивалентная доза, поглощенная в ткани - t.</p> <p>Единица эффективной эквивалентной дозы – Зиверт (Зв).</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 10   | Эквивалентная доза.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа: Для оценки возможного ущерба здоровью человека в условиях хронического облучения в области радиационной безопасности введено понятие эквивалентной дозы H, равной произведению поглощенной дозы (<math>D_r</math>), созданной облучением - r и усредненной по анализируемому органу или по всему организму, на весовой множитель <math>w_r</math> (называемый еще - коэффициентом качества излучения):</p> $H = \sum_r w_r D_r$ <p>Единицей измерения эквивалентной дозы является Джоуль на килограмм (Дж/кг). Она имеет специальное наименование Зиверт (Зв).</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------|-------------------------|
| 11   | Коллективная доза. | УК-1.1, УК-1.4          |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>Эталон ответа:</p> <p>Для количественной оценки возможных соматико-стохастических эффектов в результате воздействия ионизирующих излучений на группы людей в широком диапазоне доз вводится понятие <b>коллективной дозы</b>.</p> <p>Понятие коллективной дозы предлагается на том основании, что облучение отдельных индивидуумов в облучаемой популяции (или группе) может быть не одинаковым, а, следовательно, полученные дозы облучения – разными.</p> $D_s = \sum_{i=1}^n D_i N(D_i)$ <p>где <math>D_i</math> - среднее значение индивидуальной дозы для <math>i</math>-го интервала дозы; <math>N(D_i)</math> - число лиц, получивших дозу <math>D_i</math> в <math>i</math>-м дозовом интервале; <math>n</math> - полное число интервалов, в котором находятся все значения индивидуальных доз. Единицей <math>D_s</math> является человеко-Зиверт (чел-Зв).</p> |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Проверяемые компетенции |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 12   | <p>Коэффициент качества излучения.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Величина поглощенной дозы учитывает только энергию, переданную облучаемому объекту, но не учитывает «качество излучения». Понятие качества излучения характеризует способность данного вида излучения производить различные радиационные эффекты. Для оценки качества излучения вводят параметр - коэффициент качества (или <math>w_r</math>- весовой коэффициент). Он является регламентированной безразмерной величиной. Коэффициент качества показывает, во сколько раз биологическое действие данного вида излучения больше, чем действие фотонного излучения, при одинаковой поглощенной дозе.</p> $H = \sum_r w_r D_r$ | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Проверяемые компетенции |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 13   | <p>Единицы измерения дозы.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Поглощенная доза (<math>D</math>) - основная дозиметрическая величина. Она равна отношению средней энергии <math>dE</math> (Дж), переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе <math>dm</math> (кг) вещества в этом объеме: <math>D = dE/dm</math>. Единица поглощенной дозы - Грей (<b>Гр</b>). Единицей измерения эквивалентной дозы является Джоуль на килограмм (Дж/кг). Она имеет специальное наименование Зиверт (<b>Зв</b>).</p> <p>Эффективная доза равна сумме взвешенных эквивалентных доз во всех органах и тканях. Единицей эффективной эквивалентной дозы также является – Зиверт (<b>Зв</b>).</p> <p>Для оценки ущерба здоровью персонала предприятия и населения в целом от стохастических эффектов, вызванных действием ионизирующих излучений, используют коллективную эффективную эквивалентную дозу, единицей измерения которой служит человеко-Зиверт (<b>чел-Зв</b>).</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                           | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 14   | <p>Гамма-эквивалент.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Гамма-постоянная и гамма-эквивалент определяются через экспозиционную дозу, но в связи с отказом от использования экспозиционной дозы и переходом к системе СИ введены</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>новые единицы для характеристики источников гамма-излучения.</p> <p>Вместо гамма-постоянной введена керма-постоянная радионуклида.</p> <p>Керма-постоянная <math>\Gamma_s</math> - это постоянная мощности воздушной кермы <math>K^*</math>, создаваемой фотонами от точечного изотропно-излучающего источника данного радионуклида, находящегося в вакууме на расстоянии <math>l</math> от источника, умноженной на квадрат расстояния, к активности <math>A</math> источника. Единица кермы-постоянной в системе СИ - грэй·метр в квадрате в секунду·беккерель [<math>\text{Гр} \cdot \text{м}^2 / (\text{с} \cdot \text{Бк})</math>]. Это значит, что в качестве единицы кермы постоянной принята мощность воздушной кермы в 1 Гр/с, создаваемой фотонным излучением точечно-излучающего изотропного источника активностью 1 Бк на расстоянии 1 м в вакууме.</p> |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 15   | <p>Активность радионуклида.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Термином «активность» принято называть величину радиоактивности препарата. Активность показывает число ядерных превращений, происходящих в радиоактивном препарате в единицу времени. Понятно, что активность равнозначна скорости радиоактивного распада и может быть записана следующим выражением: <math>A = (-dN(t)/dt) = \lambda \cdot N</math>, где <math>\lambda</math> – вероятность распада радионуклида. Так как величина активности прямо пропорциональна количеству радиоактивного вещества, несложно получить выражение для определения массы радионуклида: <math>m = A \cdot M \cdot T_{1/2} / 0.693 \cdot N_A</math> где <math>m</math> – масса радионуклида, <math>M</math> – молярная масса радионуклида, <math>T_{1/2}</math> – период полураспада радионуклида, <math>N_A</math> – число Авогадро.</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Проверяемые компетенции |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 16   | <p>Абсолютная активность.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Радиоактивность препарата можно оценить двумя способами: определением <b>абсолютной активности</b> и определением относительной активности. Выбор способа диктуется поставленной задачей. Величину абсолютной активности препарата можно оценить <b>методом прямого счета распадов</b>; 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. Абсолютная активность (<math>A_{\text{абс.}}</math>) показывает истинное число ядерных превращений, происходящих в образце в единицу времени: <math>A_{\text{абс.}} = \lambda \cdot N</math> (распадов/ед. времени), где <math>\lambda</math> – вероятность распада радионуклида.</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 17   | <p>Относительная активность.</p> <p>Эталон ответа:</p> <p>Радиоактивность препарата можно оценить двумя способами: определением абсолютной активности и определением <b>относительной активности</b>. Относительная активность (<math>A_{\text{отн.}}</math>) показывает число ядерных превращений, которое регистрируется счетной установкой: <math>A_{\text{отн.}} = c \cdot \lambda \cdot N = c \cdot A_{\text{абс.}}</math> (зарегистр. импульсов/ед. времени), где <math>c</math> – коэффициент регистрации, показывающий долю частиц, регистрируемых данным детектором. Поскольку <math>c &lt; 1</math>, то относительная активность всегда меньше абсолютной активности в <math>c</math> раз.</p> <p>В радиохимической практике, как правило, применяют так называемые <b>относительные методы</b> определения активности образцов, которые заключаются в сравнении скорости счета исследуемого препарата со скоростью счета стандартного препарата (эталона) с известной абсолютной активностью.</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 18   | Экспозиционная доза.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>В качестве количественной меры рентгеновского и <math>\gamma</math>-излучения принято использовать во внесистемных единицах экспозиционную дозу, определяемую зарядом вторичных частиц (<math>dQ</math>), образующихся в массе вещества (<math>dm</math>) при полном торможении всех заряженных частиц: <math>X = dQ/dm</math>.</p> <p>Единица экспозиционной дозы - Рентген (Р). Рентген - это экспозиционная доза рентгеновского и <math>\gamma</math>-излучения, создающая в <math>1\text{см}^3</math> воздуха при температуре <math>0^\circ\text{C}</math> и давлении 760 мм рт.ст. суммарный заряд ионов одного знака в одну электростатическую единицу количества электричества.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 19   | Состав космических лучей.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Различают первичные космические лучи - космические лучи до входа в атмосферу и вторичные космические лучи, образовавшиеся в результате процессов взаимодействия первичных космических лучей с атмосферой Земли. Ядерная компонента галактических лучей: 90% протоны, 10% ядра гелия, 1% более тяжелых ядер, а также электроны (1% от числа ядер), позитроны (10% от числа электронов) и антинейтроны &lt;1%. Солнце отправляет в сторону Земли в своем большинстве – протоны (98%) и альфа-частицы (2%).</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 20   | Ядерные реакции в атмосфере.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>До момента регистрации частиц, прилетевших из космического пространства, они, проходя через толщу земной атмосферы, успевают вступить в ядерные реакции с ядрами атомов, входящих в её состав. В большинстве ядерных реакций участвуют быстрые протоны из состава потоков первичных космических лучей, как галактического, так и солнечного происхождения. Например, <math>p + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^{14}\text{O} + n</math>; <math>n + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^{14}\text{C} + p</math> – последовательность из двух реакций, приводящая к образованию радиоуглерода в земной атмосфере.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Проверяемые компетенции |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 21   | Первичные космические лучи.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Основные компоненты первичных космических лучей: потоки частиц галактического происхождения и потоки частиц от Солнца (галактические и солнечные космические лучи). Основные компоненты первичных космических лучей: Ядерная компонента галактических лучей: 90% протоны, 10% ядра гелия, 1% более тяжелых ядер, а также электроны (1% от числа ядер), позитроны (10% от числа электронов) и антинейтроны &lt;1%. Солнце отправляет в сторону Земли в своем большинстве – протоны (98%) и альфа-частицы (2%). Вовремя так называемых вспышек на Солнце радиация. Один быстрый протон, проникший в атмосферу Земли, также способен организовать каскад частиц и фотонов (широкие атмосферные ливни).</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос          | Проверяемые компетенции |
|------|-----------------------------|-------------------------|
| 22   | Вторичные космические лучи. | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>Эталон ответа:</p> <p>Вторичные космические лучи, образуются в результате процессов взаимодействия первичных космических лучей с атмосферой Земли. В большинстве ядерных реакций участвуют быстрые протоны из состава потоков первичных космических лучей, как галактического, так и солнечного происхождения. Например, <math>p + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^{14}\text{O} + n</math>; <math>n + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^{14}\text{C} + p</math> – последовательность из двух реакций, приводящая к образованию радиоуглерода в земной атмосфере. Быстрые протоны способны организовать также широкие атмосферные ливни, состоящие из протонов, нейтронов, пи-мезонов, мюонов, электронов, позитронов и фотонов.</p> |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 23   | Широкий атмосферный ливень.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>В атмосфере Земли, помимо типичных протон-нейтронных реакций быстрые протоны способны организовать также широкие атмосферные ливни. В одном акте взаимодействия быстрый протон обычно теряет 50% своей энергии, а в результате взаимодействия возникают в основном пи-мезоны. Каждое последующее взаимодействие первичной частицы добавляет в каскад новые адроны, которые летят преимущественно по направлению первичной частицы, образуя адронный кор ливня. Образующиеся пи-мезоны могут взаимодействовать с ядрами атомов атмосферных газов, а могут распадаться, формируя мюонную и электронно-фотонную компоненты ливня. Адронная компонента до поверхности Земли практически не доходит, превращаясь в мюоны, нейтрино и <math>\gamma</math>-кванты.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 24   | Масса атомного ядра                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Масса атомного ядра – одна из важнейших его характеристик. Измерения масс атомных ядер показали, что масса ядра отличается от суммы масс свободных протонов и нейтронов, входящих в его состав. Выраженная в энергетических единицах разность между массой ядра <math>M(A,Z)</math> и суммой масс свободных <math>Z</math> протонов и <math>(A - Z)</math> нейтронов называется энергией связи ядра <math>E_{\text{св}}</math>:</p> $E_{\text{св}}(A,Z) = [Zm_p + (A - Z)m_n] - M(A,Z)c^2.$ <p>Она определяет минимальную энергию, которую надо затратить, чтобы разделить ядро на отдельные нуклоны.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Проверяемые компетенции |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 25   | Заряд атомного ядра                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Заряд атомного ядра равняется количеству протонов в ядре, которое совпадает с порядковым номером элемента (<math>Z</math>) в периодической системе элементов. Заряд ядра определяется в величинах <math>Ze</math>, кратных значению элементарного электрического заряда (<math>e</math>), равного: <math> e =1.602 \cdot 10^{-19}</math> Кл. Величина <math>e</math> является одной из фундаментальных констант.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 26   | Масс-спектрометрия.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Масс-спектрометрия - это метод измерения отношения массы заряженных частиц к их заряду (<math>m/Z</math>). Для проведения масс-спектрометрического анализа образец переводят в ионизированную форму. Положительно заряженные частицы, которые образовались в ходе испарения, в электрическом поле ускоряются и фокусируются в узкий пучок, вытягиваемый ускоряющим и фокусирующим электродами, составляющими ионно-</p> |                         |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | оптическую систему источника частиц. После этого производится разделение и регистрация этих ионов. Через камеру масс-анализатора, которая помещена в однородное поперечное магнитное поле, пучок проникает и разбивается на ионные «лучи», которые различаются между собой отношением массы к их заряду. Пройдя через камеру анализатора, пучок сквозь щель в приемнике попадает в коллектор, при этом возникает ток в его цепи. Величина ионного тока изотопов с разными массами, поступающего на коллектор, есть мера содержания данного изотопа в веществе. |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

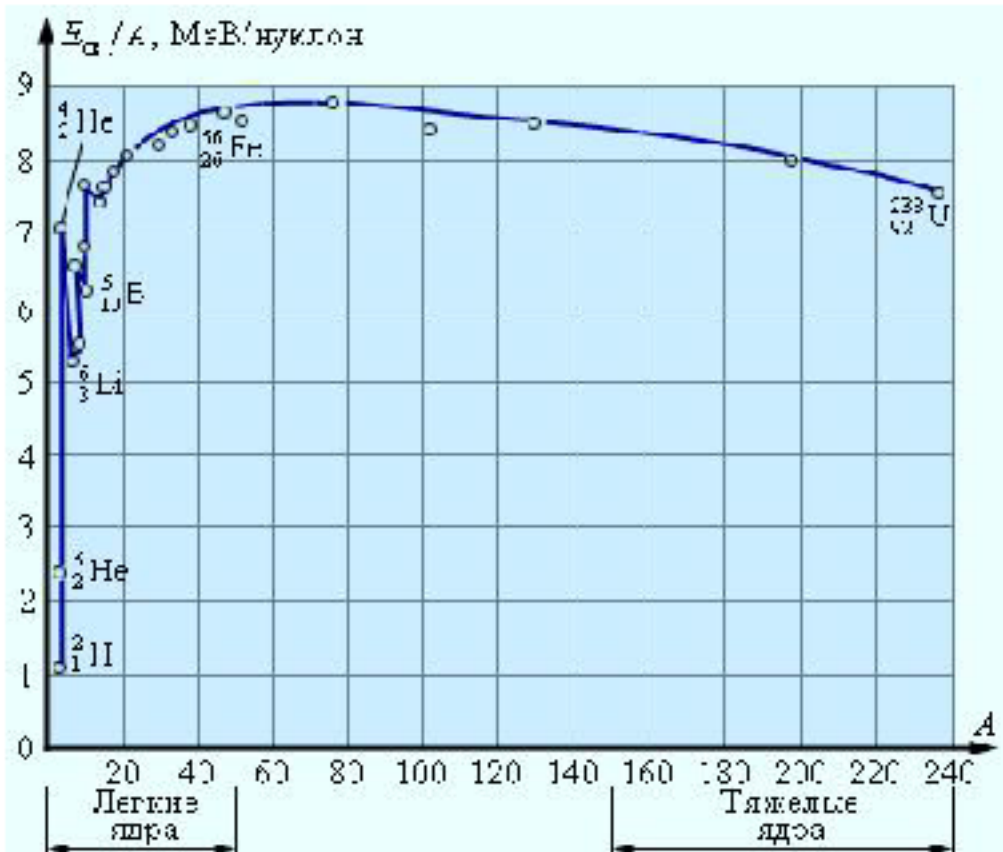
| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 27   | <p>Рассеяние альфа-частиц металлической фольгой.</p> <p>Эталон ответа:<br/> Экспериментальные исследования строения атома были выполнены в 1911 году Резерфордом, Гейгером и Марсденом, которые изучали рассеяние <math>\alpha</math>-частиц при их прохождении через тонкую золотую фольгу.<br/> Угловое распределение <math>\alpha</math>-частиц, рассеянных на золоте, свидетельствовало о том, что положительный заряд атома сосредоточен в пространственной области размером меньше <math>10^{-12}</math> см. Это явилось основанием для создания планетарной модели атома Резерфорда, согласно которой (в отличие от бытовавшей в то время модели атома Дж. Томсона) атом состоит из тяжелого положительно заряженного атомного ядра с радиусом порядка <math>10^{-12}</math> см и расположенных вокруг него отрицательно заряженных электронов.</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 28   | <p>Радиусы ядер и способы их определения.</p> <p>Эталон ответа:<br/> Радиус атомного ядра можно оценить, если известна дифракционная картина рассеяния заряженных частиц на этом ядре. Этот метод использует волновые свойства падающих на ядро частиц. Для определения радиусов ядер можно использовать прохождение коллимированного потока моноэнергетических частиц через тонкие мишени, состоящие из исследуемых ядер. Тогда, после несложных расчетов, для величины радиуса ядра имеем: <math>R = (\sigma_{tot}/\pi)^{1/2}</math>.<br/> Объем ядра растет с увеличением массового числа <math>A</math> прямо пропорционально: <math>V \propto A</math>. Следовательно, радиус атомного ядра <math>R</math> связан с его массовым числом <math>A</math> соотношением: <math>R = r_0 A^{1/3}</math>, где ядерный параметр <math>r_0</math> (1.1-1.3) фм – выполняет роль коэффициента пропорциональности.</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 29   | <p>Капельная модель ядра</p> <p>Эталон ответа:<br/> Усилиями Н. Бора была создана модель «жидкой капли» – первая модель атомного ядра. Энергия связи определяется выражением (формула Вайцеккера):<br/> <math display="block">E_{св} = \alpha A - \beta A^{2/3} - \gamma Z^2 A^{-1/3} - \xi(N-Z)^2/A + \delta A^{-3/4}</math> Модель описывает: энергию связи ядра, ядерные реакции при низких энергиях, идущие через составное ядро Бора, реакции деления ядер.<br/> Модель не описывает некоторые члены в формуле для энергии связи ядра, например энергию спаривания, а также не объясняет существование и особую устойчивость магических ядер.</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                        | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 30   | <p>Энергия связи нуклона в ядре.</p> <p>Эталон ответа:<br/> Устойчивость связанного состояния обеспечивается тем, что ядро как система из взаимодействующих между собой нуклонов должна иметь минимум полной энергии.</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | Работа сил притяжения вызывает переход системы в состояние с меньшей энергией, поэтому величина $\Delta E < 0$ будет равна той энергии, которая выделяется при образовании ядра и передается в окружающее пространство. Наоборот, чтобы разрушить ядро и удалить нуклоны на такие расстояния, где их можно считать свободными, потребуется затратить энергию $ \Delta E $ . <b>Энергия связи</b> - разность между энергией связанной системы частиц и суммарной энергией этих частиц в свободном состоянии. |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 31   | Анализ зависимости энергии связи нуклона от массового числа.<br>Эталон ответа:<br>Измерения показали, что масса ядра $M_N$ всегда меньше суммы масс нуклонов, из которых оно состоит, что можно записать в виде: $M_N < Zm_p + Nm_n$ , где $m_p + m_n$ - массы протона и нейтрона, а $Z$ и $N$ - их количество в ядре, соответственно.<br>Видно, что с ростом массового числа удельная энергия связи сначала увеличивается, потом достигает максимума (около 8,8 МэВ/нуклон), а далее с ростом $A$ постепенно снижается до 7,6 МэВ/нуклон для изотопа урана. При этом максимальную удельную энергию связи имеют ядра элементов с массовыми числами от 50 до 60, т.е. ядра железа и близких к нему элементов. | УК-1.1, УК-1.4          |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Проверяемые компетенции |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 32   | История открытия радиоактивности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | Эталон ответа:<br><br>В 1903 году Э.Резерфорд изучил поведение слабопроникаемых лучей - $\alpha$ -частиц - в электрическом поле и показал, что они принадлежат частицам с массой, сравнимой с массой атома гелия, но имеют заряд $+2e$ и, таким образом, являются ядрами гелия. В 1910 году в работах М.Кюри по изучению радиоактивности были исследованы $\gamma$ -лучи, не отклоняющиеся в электромагнитном поле, а в 1911 году - $\beta$ -лучи, отклоняющиеся в направлении, обратном отклонению $\alpha$ -лучей. Они были отождествлены с электронами. В начале 30-х годов супруги Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность в ядерной реакции, которая сопровождалась испусканием позитрона. Несколькоми годами позже Л.Альварес открыл явление захвата ядром орбитального электрона (К-захват). В 1940 году Г.Флёрв и К.Петржак обнаружили явление спонтанного деления ядер урана. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                               | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------|-------------------------|
| 33   | Самопроизвольные ядерные превращения на звездах. | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | Эталон ответа:                                   |                         |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | Космическое излучение - частицы, заполняющие межзвездное пространство и постоянно бомбардирующие Землю. Они были открыты в 1912 г. австрийским физиком Виктором Гессом. Различают галактические космические лучи – космические частицы, приходящие на Землю из нашей галактики и солнечные космические лучи - космические частицы, генерируемые Солнцем в процессах <b>самоподдерживающегося нуклеосинтеза</b> . Например, ${}^2\text{H} + {}^3\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + {}^1_0\text{n} + 17 \text{ МэВ}$ . В составе этой компоненты космического излучения преобладают протоны (до 98%) и альфа частицы (около 2%). |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Проверяемые компетенции |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 34   | Радиоактивное семейство ${}^{238}\text{U}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | Эталон ответа:<br>Семейство ${}^{238}\text{U}$ определяется формулой $A = 4 \cdot n + 2$ . Родоначалник семейства ${}^{238}\text{U}$ содержится в природной смеси изотопов урана в количестве 99.27 %; его период полураспада: $4.47 \cdot 10^9$ лет. В состав семейства входит благородный газ – радон ${}^{222}\text{Rn}$ . Ряд заканчивается стабильным изотопом свинца – ${}^{206}\text{Pb}$ . |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 35   | Радиоактивное семейство ${}^{235}\text{U}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | Эталон ответа:<br>Семейство ${}^{235}\text{U}$ определяется формулой $A = 4 \cdot n + 3$ . Родоначалник семейства ${}^{235}\text{U}$ содержится в природной смеси изотопов урана в количестве около 0.72 %; его период полураспада: $7.04 \cdot 10^8$ лет. В состав семейства входит благородный газ – радон ${}^{219}\text{Rn}$ . Ряд заканчивается стабильным изотопом свинца – ${}^{207}\text{Pb}$ . |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Проверяемые компетенции |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 36   | Радиоактивное семейство ${}^{232}\text{Th}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | Эталон ответа:<br>Семейство ${}^{232}\text{Th}$ определяется формулой $A = 4 \cdot n$ . Родоначалник семейства ${}^{232}\text{Th}$ содержится в природной смеси изотопов тория в количестве практически 100 %; его период полураспада: $1.41 \cdot 10^{10}$ лет. В состав семейства входит благородный газ – радон ${}^{220}\text{Rn}$ (торон). Ряд заканчивается стабильным изотопом свинца – ${}^{208}\text{Pb}$ (дважды магическое ядро). |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 37   | Понятие радиоактивного равновесия.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | Эталон ответа:<br>Радиоактивное равновесие – состояние, которое с течением времени наступает, когда при радиоактивном распаде ядер исходного (материнского) нуклида М образуются также радиоактивные ядра дочернего нуклида Д, причем скорость радиоактивного распада дочернего радионуклида заметно превышает скорость радиоактивного распада материнского радионуклида. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 38   | Виды радиоактивного равновесия.                                                                                                                                            | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | Эталон ответа:<br>Равновесные состояния могут реализоваться в системах генетически связанных радионуклидов (в виде подвижного или векового равновесий). Вековое равновесие |                         |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>реализуется в том случае, когда период полураспада материнского радионуклида намного больше, чем <math>T_{1/2}</math> дочернего радионуклида - <math>T_{1/2}(м) \gg T_{1/2}(д)</math>.</p> <p>Если реализуется иное соотношение периодов полураспада: <math>T_{1/2}(м) &gt; T_{1/2}(д)</math>, когда периоды полураспада различаются в несколько раз, тогда говорят об установлении подвижного равновесия.</p> |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Проверяемые компетенции |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 39   | <p>Условия возникновения радиоактивного равновесия.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Состояние радиоактивного равновесия может быть достигнуто любой системой при выполнении следующих условий:<br/>1) нуклиды должны быть генетически связаны;<br/>2) период полураспада материнского нуклида должен быть больше периода полураспада дочернего нуклида - <math>T_{1/2}(м) &gt; T_{1/2}(д)</math>;<br/>3) система должна быть закрыта, т.е. газообразные или водорастворимые дочерние продукты не должны удаляться в окружающую среду.<br/>полураспада), и, следовательно, различаются в зависимости от вида равновесия.</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Проверяемые компетенции |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 40   | <p>Характеристика векового равновесия.</p> <p>Эталон ответа:<br/><br/>Классическим примером векового равновесия могут служить естественные радиоактивные ряды (семейства) <math>^{238}\text{U}</math>, <math>^{235}\text{U}</math> и <math>^{232}\text{Th}</math>. Этот вид радиоактивного равновесия реализуется в том случае, когда период полураспада материнского радионуклида намного больше, чем <math>T_{1/2}</math> дочернего радионуклида - <math>T_{1/2}(м) \gg T_{1/2}(д)</math>. Так как, <math>\lambda_d \gg \lambda_m</math>, то по истечении некоторого времени активности материнского и дочернего (или всех дочерних) радионуклидов будут практически равны: <math>[A_d(t) / A_m(t)] = (\lambda_d / \lambda_d - \lambda_m) \approx 1</math>. Так, через промежуток времени, равный <math>10T_{1/2}(д)</math> разность в активностях материнского и дочернего радионуклидов не будет превышать 0,1% - <math>A_d(t) \approx A_m(t)</math>, т.е. можно считать, что в цепочке превращений установилось радиоактивное <b>вековое</b> равновесие.</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 41   | <p>Характеристика подвижного равновесия.</p> <p>Эталон ответа:<br/><br/>Если реализуется соотношение периодов полураспада: <math>T_{1/2}(м) &gt; T_{1/2}(д)</math>, когда периоды полураспада различаются в несколько раз, тогда говорят об установлении в системе подвижного равновесия. Подвижное равновесие можно наблюдать, выбрав время наблюдения, сопоставимое с периодом полураспада долгоживущего материнского радионуклида. Только в этом случае будет заметно уменьшение его активности.<br/><br/>Время, в течение которого в системе устанавливается подвижное равновесие рассчитывается по формуле:</p> $t_{\max} = \frac{2,303}{\lambda_2 - \lambda_1} \lg \frac{\lambda_2}{\lambda_1}.$ | УК-1.1, УК-1.4          |

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

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>компетенции</b> |
| 42 | <p>Равновесные активности радионуклидов.</p> <p>Эталон ответа:<br/>         Радиоактивное равновесие – состояние, которое с течением времени наступает, когда при радиоактивном распаде ядер исходного (материнского) нуклида М образуются также радиоактивные ядра дочернего радионуклида Д, причем скорость радиоактивного распада дочернего радионуклида заметно превышает скорость радиоактивного распада материнского радионуклида.<br/>         Можно показать, что в условиях установившегося равновесия, при большом времени наблюдения (в пределе, <math>t \rightarrow \infty</math>) за системой генетически связанных радионуклидов соотношение активностей М и Д принимает простой вид:<br/> <math>[A_D(t) / A_M(t)] = \lambda_D / \lambda_D - \lambda_M</math>.</p> | УК-1.1, УК-1.4     |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 43   | <p>Равновесные количества ядер.</p> <p>Эталон ответа:<br/>         Радиоактивное равновесие – состояние, которое с течением времени наступает, когда при радиоактивном распаде ядер исходного (материнского) нуклида М образуются также радиоактивные ядра дочернего радионуклида Д, причем скорость радиоактивного распада дочернего радионуклида заметно превышает скорость радиоактивного распада материнского радионуклида.<br/>         Можно показать, что в условиях установившегося равновесия, при большом времени наблюдения (в пределе, <math>t \rightarrow \infty</math>) за системой генетически связанных радионуклидов, соотношение чисел атомов М и Д принимает простой вид:<br/> <math>[N_D(t) / N_M(t)] = \lambda_M / \lambda_D - \lambda_M</math>.</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Проверяемые компетенции |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 44   | <p>Степень достижения равновесия.</p> <p>Эталон ответа:<br/>         В общем виде соотношения чисел атомов и активностей материнского (1) и дочернего (2) радионуклидов в условиях устанавливающегося между ними равновесия имеют следующий вид:<br/> <math display="block">\frac{N_2(t)}{N_1(t)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (1 - e^{-(\lambda_2 - \lambda_1)t})</math>,         Здесь фактор <math>(1 - e^{-(\lambda_2 - \lambda_1)t}) \equiv \alpha</math> можно рассматривать как критерий, характеризующий степень достижения системой состояния равновесия. Этот критерий принято называть <b>степенью</b> установления радиоактивного равновесия и обозначать символом <math>\alpha</math>.<br/> <math display="block">\frac{A_2(t)}{A_1(t)} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (1 - e^{-(\lambda_2 - \lambda_1)t})</math>.<br/>         Как следует из вышесказанного, <math>\alpha</math> стремится к 1 асимптотически. Следовательно, состояние радиоактивного равновесия никогда не может быть достигнуто окончательно.</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 45   | <p>Нарушение радиоактивного равновесия.</p> <p>Эталон ответа:<br/>         1. В каждом семействе присутствует благородный газ – радон, атомы которого не могут прочно удерживаться в кристаллической решетке минерала и диффундируют в окружающую среду. В результате, продукты распада радона лишаются поддержки от родоначальника ряда и ведут себя по-разному.<br/>         2. Минералы, возраст которых достигает нескольких миллионов лет, неизбежно испытывают</p> | УК-1.1, УК-1.4          |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>воздействие природных вод различного химического состава. Это приводит к вымыванию растворимых элементов, например, радия.</p> <p>3. В минералах протекают очень сложные ядерно-химические процессы, связанные с нарушением структуры кристаллической решетки в результате отдачи, получаемой ядрами при излучении <math>\alpha</math>-частиц. Результатом является повышенная растворимость радиогенных изотопов.</p> |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 46   | Источники $^{222}\text{Rn}$ в окружающей среде.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Наибольший вклад в дозу при внутреннем облучении вносит <math>^{222}\text{Rn}</math> (образуется из <math>^{226}\text{Ra}</math> и имеет период полураспада 3,8 сут.), являющийся альфа-излучателем. <math>^{222}\text{Rn}</math> освобождается из химических соединений, в которых находился уран, и попадает в окружающую среду. Его среднемировая объемная активность в помещениях находится в пределах от 1 до 25 Бк/м<sup>3</sup>. <b>В жилые помещения радон попадает вместе с водой и природным газом.</b> В организм человека <math>^{222}\text{Rn}</math> попадает вместе с вдыхаемым воздухом и питьевой водой. В организме <math>^{222}\text{Rn}</math> облучает слизистую оболочку желудка и легочную ткань. Радиоактивный инертный газ <math>^{222}\text{Rn}</math> хорошо растворим в воде и легко удаляется оттуда кипячением.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 47   | Источники $^{226}\text{Ra}$ в окружающей среде.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Источниками радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды естественными радиоактивными элементами, прежде всего <math>^{226}\text{Ra}</math> и его дочерними продуктами (например, <math>^{222}\text{Rn}</math>), могут быть природные образования. Это - месторождения радиоактивных и некоторых других полезных ископаемых, горные породы, содержащие естественные радиоактивные элементы в повышенных количествах, природные воды, с высокими содержаниями урана и продуктов его распада - радона, радия. В этом списке находятся также промышленные предприятия, ведущие добычу и глубокую переработку урановых и некоторых других типов руд; ГРЭС и ТЭЦ, работающие на некоторых типах углей, горючих сланцев, торфов.</p> <p>Использование природных материалов (щебень гранита, фосфориты, шлак и т.д.), содержащих высокие концентрации естественных радионуклидов (в том числе <math>^{226}\text{Ra}</math>), в качестве строительных материалов, наполнителей бетонов, фосфогипсов и т.д., также приведет к увеличению мощности экспозиционной дозы гамма-излучения внутри сооружений, а также будет основной причиной накопления <math>^{222}\text{Rn}</math> в помещениях.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 48   | Биологическое действие $^{226}\text{Ra}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Радий может поступать в организм через органы дыхания, ЖКТ и неповрежденную кожу. В производственных условиях, когда поступление Ra в организм происходит в основном ингаляционным путем, возможны поражения органов дыхания атрофического и склеротического характера. Поражение органов дыхания является следствием комбинированного воздействия аэрозолей Ra и продуктов его распада - <math>^{222}\text{Rn}</math>. Наибольшую токсикологическую опасность представляет попадание Ra внутрь организма. Радий независимо от химической формы соединения при поступлении в организм депонируется в костной ткани. Приводятся данные о случаях поражения кожи и ее придатков, ломкости ногтей, выпадения волос у людей, проработавших в контакте с радием в течение 1-2 лет. Отмечены также изменения функции вегетативной нервной системы в виде вегетативной дисфункции.</p> <p>К ранним изменениям в состоянии здоровья лиц, работающих с радием, относят развитие анемии, лейкопении, тромбоцитопении и склонность к кровоизлияниям.</p> |                         |

|  |                                                                                                                   |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | В отдаленные сроки после поражения радием возможно развитие злокачественных новообразований - остеогенных сарком. |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Проверяемые компетенции |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 49   | Биологическое действие $^{222}\text{Rn}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Радиационная опасность при воздействии радона на организм связана с его дочерними продуктами, важное токсикологическое значение имеет долгоживущий дочерний продукт распада радона – <math>^{210}\text{Po}</math>.</p> <p>Значительная часть продуктов распада Rn задерживается в легких. Наиболее тяжелым последствием ингаляций продуктов распада Rn является <b>рак легкого</b>.</p> <p>Содержание радона и продуктов его распада в воздухе внутренних помещений обуславливает значительный вклад в радиационную нагрузку человека, даже в условиях нормальной радиоактивности в окружающей среде. Преимущественное облучение органов дыхания при ингаляции Rn и его дочерних продуктов позволяют считать <b>легкие как критический орган</b>. Однако в литературе есть сведения о том, что Rn и его дочерние продукты могут накапливаться в почках.</p> <p>Наряду с образованием злокачественных опухолей в легких, радон и продукты его распада вызывают развитие радиационного пневмосклероза.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 50   | Биологическое действие $^{238}\text{U}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Уран является биоэлементом и входит в состав органов и тканей животных и человека. Естественное содержание урана в организме животных и человека чрезвычайно мало (0,01 - 0,2 мкг/г ткани). Уран и его соединения относят к группе высокотоксичных соединений, он вызывает последовательное развитие острого гастроэнтерита, паренхиматозного гепатита, нефрита, паралич конечностей. На вскрытии у животных наблюдались кровоизлияния в сердце и другие внутренние органы. Острая и хроническая урановая интоксикация характеризуются политропным действием урана на различные органы и системы. Растворимые и нерастворимые соединения урана вызывают однотипный характер поражения, разница заключается лишь в скорости развития интоксикации и степени тяжести поражения. В ранние сроки воздействия преобладает <b>химическая токсичность элемента</b>, в поздний период оказывает действие <b>радиационный фактор</b>.</p> <p>При длительном поступлении в организм труднорастворимых соединений урана, когда наблюдается биологическое действие урана как <math>\alpha</math>-излучателя, развивается <b>хроническая лучевая болезнь</b>. В клинической картине поражения ураном также имеют место функциональные и органические повреждения центральной нервной системы.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Проверяемые компетенции |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 51   | Биологическое действие $^{232}\text{Th}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Наиболее вероятным путем проникновения являются <b>органы дыхания</b>, когда аэрозольные частицы или газообразный продукт поступают через легкие. Считается, что присутствие аэрозолей тория <b>увеличивает риск</b> рака лёгких, поджелудочной железы и крови. Торий способен проникать в тело человека также при приёме пищи, при контакте с кожей, однако по всем этим путям только незначительно количество тория проникает в кровь. Он же поглощается главным образом печенью и селезёнкой, а также костным мозгом, лимфатическими железами и надпочечниками; плохо всасывается из желудочно-кишечного тракта. Торий обладает кумулятивным действием, которое проявляется через несколько лет в виде тяжелых заболеваний. Особую опасность представляет выделение торием радиоактивного инертного газа – <b>торона</b> (<math>^{220}\text{Rn}</math>), продукты распада которого достаточно</p> |                         |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | долгоживущи. <b>Критическим органом для растворимых соединений Th являются кости, а для нерастворимых — легкие и ЖКТ.</b><br>При внутримышечном, внутривенном и пероральном введении растворимых соединений тория от 53 до 75% радионуклида находится в костной ткани. Содержание его в других органах не превышает 2% введенного. |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 52   | <p>Источники <math>^{210}\text{Pb}</math> и <math>^{210}\text{Po}</math> в окружающей среде.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Обычно выделяют природные и антропогенные источники поступления <math>^{210}\text{Pb}</math> и <math>^{210}\text{Po}</math> в окружающую среду.<br/>Это, прежде всего:<br/>– горные породы и почвы, которые подвергаются выщелачиванию, выветриванию и эрозии;<br/>– твердые, жидкие и газообразные отходы предприятий ядерного топливного цикла;<br/>– фосфорные и другие минеральные удобрения, продукты переработки фосфатного сырья;<br/>– твердые, жидкие и газообразные отходы энергетических установок и тепловых электростанций, использующих природное органическое топливо.<br/>Кроме того, <math>^{210}\text{Po}</math> образуется в результате <b>нейтронной активации</b> стабильного свинца и висмута при взрывах ядерного оружия или в ядерных реакторах. Выпадая на землю или образуясь в результате распада некоторых радионуклидов, (например, <math>^{210}\text{Pb}</math>) <math>^{210}\text{Po}</math> по различным звеньям пищевых цепочек (вода, почва, растения, животные), может поступать в организм человека.<br/>В последнее время появились сообщения о том, что <math>^{210}\text{Po}</math> накапливается в значительных количествах в долгоживущих лишайниках Крайнего Севера, поступает в организм с олениным мясом, которое употребляют в пищу эскимосы и лопари. Полоний может также поступать в организм человека при курении табака.</p> | УК-1.1, УК-1.4,         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Проверяемые компетенции |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 53   | <p>Биологическое действие свинца.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Свинец не метаболизируется в организме человека, но может накапливаться и вызывать повреждение организма. В разных органах и тканях свинец накапливается не равномерно: наименьшее содержание свинца содержится в крови – не более 1%. Она выполняет для микроэлемента функцию транспорта: ионы свинца связываются с гемоглобином и разносятся по организму. Поэтому 90% (из этого 1%) обнаруживаются в эритроцитах, 10% – в плазме. Менее 10 % свинца аккумулируются в различных органах: почки, печень, селезенка, костный мозг, нервная система. Основная масса свинца – 90-95% накапливается в костях. Он концентрируется в виде труднорастворимого соединения <math>\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2</math> и, таким образом, является кумулятивным ядом.<br/>Свинец относится к металлам I группы опасности. Полупериод выведения свинца из мягких тканей составляет 25-40 суток, из костей – более 10 лет.</p> | УК-1.1, УК-1.4,         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Проверяемые компетенции |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 54   | <p>Биологическое действие полония.</p> <p>Эталон ответа:<br/>Во внутренней среде организма полоний легко образует коллоидные комплексы с белками, что в значительной степени определяет его биологическое действие.<br/>Полоний, как и другие радионуклиды, может поступать в организм через органы дыхания, ЖКТ и кожу.<br/>Выведение полония из организма при любом пути поступления происходит через ЖКТ и почки. Полоний обнаруживается в слюне, желчи, желудочном соке, он выделяется через кожные железы. Основное количество полония выделяется из организма с калом. Средний эффективный период полувыведения полония из организма человека равен 37 суток. Это</p> | УК-1.1, УК-1.4,         |

|  |                                                                       |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------|--|
|  | соответствует биологическому периоду полувыведения, равному 50 суток. |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Проверяемые компетенции |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 55   | Радоновая проблема.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Общий вклад естественного облучения в дозовую нагрузку составляет около 72%. Вклад радона оценивается в 54%. Этот факт вызвал громадный интерес к радоновой проблеме практически во всех развитых странах, поскольку более половины годовой дозы от всех природных источников излучения человек получает через воздух, облучая радоном свои легкие во время дыхания.</p> <p>Радон и торон присутствуют, как и его материнские нуклиды, во всех строительных материалах и горных породах. Образующийся в процессе распада инертный газ тотчас же диффундирует через капилляры грунта, микротрещины горных пород, захватывается потоками других газов и, несмотря на ограниченное время жизни, может транспортироваться на значительные расстояния в земной коре и земной атмосфере. Причем естественная убыль этих газов за счет выделения из материалов (процессы эманации - выделения из кристаллической решетки и эксхалации - испарение или выделение с поверхности) и естественного распада постоянно компенсируется за счет распада радия и тория, присутствующих в данном материале.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Проверяемые компетенции |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 56   | Биологическое действие $^{14}\text{C}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Опасность накопления <math>^{14}\text{C}</math> в биосфере Земли связана с особенностью повреждающего действия при его инкорпорации в живые организмы. Оно определяется двумя факторами:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ионизирующим действием <math>\beta</math>-частиц и ядер отдачи азота, возникающих в результате распада ядра <math>^{14}\text{C}</math> непосредственно в молекулах органических соединений, для которых он становится внутренним облучателем, тогда как большинство других радионуклидов являются для молекул только внешними облучателями;</li> <li>- мутагенными нарушениями в клетках живых организмов: изменение химического состава молекулы в результате превращения при радиоактивном распаде атома <math>^{14}\text{C}</math> в атом <math>^{14}\text{N}</math>. Применительно к генетическим структурам подобные превращения принято называть трансмутациями, связанные с ними эффекты – трансмутационными.</li> </ul> <p>Радиационную значимость <math>^{14}\text{C}</math> по сравнению с долгоживущими радионуклидами, образовавшимися в результате ядерных испытаний, показывает его вклад в ожидаемую дозовую нагрузку населения Земли, составляющий около 85%</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 57   | Источники $^{14}\text{C}$ в окружающей среде.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p><b>Основной</b> источник поступления радиоуглерода в биосферу – ядерные реакции, инициируемые быстрыми протонами, мощными потоками которых Солнце «облучает» земную атмосферу. В результате взаимодействия быстрых протонов с ядрами азота рождаются быстрые нейтроны: <math>p + ^{14}\text{N} \rightarrow ^{14}\text{O} + n</math>; последние, в свою очередь реагируют с ядрами атомов азота, порождая радиоуглерод: <math>n + ^{14}\text{N} \rightarrow ^{14}\text{C} + p</math>.</p> <p>Важным источником образования радиоуглерода на Земле являются последствия испытаний ядерного оружия, а также мирная деятельность АЭС.</p> <p>Так к началу 60-х годов резко вырос ежегодный прирост (в десятки раз) содержания радиоуглерода, за счет так называемого «бомбового» <math>^{14}\text{C}</math>.</p> <p>Кроме того, при современном способе выработки электроэнергии на АЭС вклад <math>^{14}\text{C}</math> в ожидаемую коллективную эффективную эквивалентную дозу на 1 ГВт энергии, составляет более 96%.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 58   | Источники $^3\text{H}$ в окружающей среде.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Природный тритий образуется в атмосфере, литосфере и гидросфере. Основным источником природного трития является атмосфера, где он образуется в результате взаимодействия быстрых протонов и нейтронов космического излучения с водородом, кислородом и аргоном. Он также получается в гидросфере и литосфере при взаимодействии космических частиц с литием, дейтерием и бором. Около 99% общего количества природного трития превращается в тритированную воду и участвует в глобальном круговороте воды. Искусственный техногенный тритий проник в стратосферу благодаря наземным термоядерным взрывам, причем его количество превысило количество космогенного трития. Общая активность трития, произведенная ядерными взрывами, оценивается в <math>2,4 \cdot 10^{20}</math> Бк. Основными источниками техногенного трития при использовании ядерной энергии являются выбросы ядерных реакторов, радиохимических заводов и предприятий по переработке облученного ядерного топлива (ОЯТ).</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Проверяемые компетенции |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 59   | Биологическое действие $^3\text{H}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Радиоактивные изотопы любого элемента Периодической системы при попадании в организм участвуют в обмене веществ точно так же, как и стабильные изотопы данного элемента. Облучая организм изнутри, радиоактивные изотопы могут создать опасность для здоровья.</p> <p>Биологическое действие трития усиливается тем, что при его распаде образуется инертный газ гелий, поэтому рвутся водородные связи в живых клетках, а это будет сказываться как на нарушении процесса синтеза органических структур при жизни индивида, так и на наследственности, возможно отдаленной. Из этого следует необходимость контроля за содержанием трития в окружающей среде и продуктах питания, прежде всего вблизи предприятий ядерного топливного цикла, где содержание трития в окружающей среде значительно превышает среднее.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Проверяемые компетенции |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 60   | Тритиевая вода.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Основными процессами утилизации трития из атмосферы является действие бактерий и фотохимическое окисление тритиевого водорода и отдельно тритиевого метана. Конечным продуктом в обоих случаях является <b>тритиевая вода</b>.</p> <p>В промышленных выпусках предприятий ядерного топливного цикла тритий содержится в трех основных соединениях: тритиевой воде - НТО, тритиевом водороде НТ и тритиевом метане <math>\text{CH}_3\text{T}</math>. Время жизни тритиевого водорода и тритиевого метана в атмосфере оценивается в 5-10 лет.</p> <p>Около <b>99%</b> общего количества природного трития превращается в тритированную воду и участвует в глобальном круговороте воды. Тритиевая вода биологически более активна, чем тритиевый водород и тритиевый метан.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                  | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 61   | Радиевая индустрия в начале XX века.                                                                                                                                | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>В 1902 г. Кюри объявили о том, что им удалось выделить одну десятую грамма хлорида радия из нескольких тонн урановой смоляной обманки.</p> |                         |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>Еще при жизни Марии Кюри радиевые институты начали работать в Париже, Вене и Варшаве. Официально началом радиевой промышленности считается 1906 - год, когда Иоахимстальский (Яхимовский) завод был впервые переведен на производство радия. В это время единственным источником радия в Европе была урановая смолка из Яхимова (Чехия). Производительность яхимовского завода в первые годы была 1 г/год и к 1940 достигла 4 г/год. В небольшом количестве радий производили также в Англии, Франции, СССР. В начале 1922 года Радиевый институт во главе с академиком В. И. Вернадским был создан в Петрограде.</p> |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 62   | Источники $^{137}\text{Cs}$ в окружающей среде.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Магматические горные породы служат естественными источниками долгоживущих радиоактивных изотопов <math>^{137}\text{Cs}</math> и <math>^{90}\text{Sr}</math> с периодами полураспада 30 и 29 лет, соответственно. В процессе естественной и техногенной миграции радионуклиды аккумулируются в глинистых минералах, органическом веществе почвы, донных отложениях и биомассе живых организмов наземных и водных экосистем.</p> <p>Объекты атомной энергетики и ряда других отраслей промышленности (цветная металлургия, производство фотоэлементов, пиротехнических изделий, красок, цементное производство) также являются источниками радиоактивных изотопов <math>^{137}\text{Cs}</math> и <math>^{90}\text{Sr}</math>.</p> <p>В организм человека радиоцезий попадает с пищей и может накапливаться в мускулах, замещая калий.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 63   | Источники $^{90}\text{Sr}$ в окружающей среде.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Магматические горные породы служат естественными источниками долгоживущих радиоактивных изотопов <math>^{90}\text{Sr}</math> и <math>^{137}\text{Cs}</math> с периодами полураспада 29 и 30 лет, соответственно. В процессе естественной и техногенной миграции радионуклиды аккумулируются в глинистых минералах, органическом веществе почвы, донных отложениях и биомассе живых организмов наземных и водных экосистем.</p> <p>Объекты атомной энергетики и ряда других отраслей промышленности (цветная металлургия, производство фотоэлементов, пиротехнических изделий, красок, цементное производство) также являются источниками радиоактивных изотопов <math>^{90}\text{Sr}</math> и <math>^{137}\text{Cs}</math>.</p> <p>В организм человека стронций попадает с пищей.</p> <p>Благодаря своему химическому сходству с кальцием он очень легко проникает в костную ткань позвоночных и накапливается там.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 64   | $^{40}\text{K}$ в окружающей среде.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | УК-1.1, УК-1.4,         |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p><math>^{40}\text{K}</math> калий-40 занимает второе место, после газа радон-222 в создании природного радиоактивного фона. Он содержится во всех средах.</p> <p>В приземном слое атмосферы содержатся радиоактивные частицы естественного происхождения: частицы, поднимаемые ветром с поверхности земли, и частицы, образующиеся при высыхании капелек морской воды.</p> <p>Радиоактивность подземных вод, а также открытых водоемов суши также в основном обусловлена присутствием <math>^{40}\text{K}</math>. Например, радиоактивность речной воды обусловлена в основном присутствием <math>^{40}\text{K}</math>, причем его содержание колеблется в пределах от <math>3,7 \cdot 10^{-2}</math> до 0,6 Бк/л.</p> |                         |

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

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                    |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>компетенции</b> |
|    | Естественные и техногенные радионуклиды в пищевых продуктах.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | УК-1.1, УК-1.4,    |
| 65 | <p>Эталон ответа:</p> <p>Все пищевые продукты содержат радионуклиды природного происхождения, попадающие в сельскохозяйственные культуры через почву, а в пресноводную и морскую рыбу — через воду. Уровень содержания радионуклидов природного происхождения в пищевых продуктах и питьевой воде обычно крайне низок и безопасен для человека. Вместе с тем он может значительно варьироваться в зависимости от местных геологических и климатических условий, а также от методов ведения сельского хозяйства.</p> <p>Основные пищевые поставщики радионуклидов в организм — это хлебопродукты, поскольку злаки накапливают радионуклиды и из почвы, и из воды. На втором месте стоит молоко, а затем идут картофель, овощи и фрукты, ну и совсем в конце списка - мясо и рыба.</p> |                    |

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Тестовые задания для промежуточной аттестации:

| №<br>п/п | Тестовое задание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Эталон<br>(ключ)<br>ответа | Проверяемые<br>компетенции |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1.       | <p><b>Выберите один правильный ответ. Экспозиционная доза облучения – это:</b></p> <p>a) отношение поглощенной энергии ионизирующего излучения к массе любого вещества;</p> <p>b) произведение поглощенной дозы облучения на усредненный коэффициент качества облучения;</p> <p>c) произведение эквивалентной дозы облучения на взвешивающий коэффициент риска облучения;</p> <p>d) отношение суммарного заряда ионов одного знака, образовавшихся в объеме воздуха при облучении ионизирующим излучением, к массе воздуха в этом объеме</p> | d                          | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4    |
| 2.       | <p><b>Выберите один правильный ответ. Поглощенная доза облучения – это:</b></p> <p>a) произведение эквивалентной дозы облучения на взвешивающий коэффициент риска облучения;</p> <p>b) отношение суммарного заряда ионов одного знака в объеме воздуха к массе воздуха в этом объеме;</p> <p>c) произведение поглощенной дозы облучения на усредненный коэффициент качества облучения;</p> <p>d) отношение поглощенной энергии ионизирующего излучения к массе любого вещества</p>                                                           | d                          | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4    |
| 3.       | <p><b>Выберите один правильный ответ. Эквивалентная доза облучения учитывает:</b></p> <p>a) степень ионизации воздуха;</p> <p>b) вид излучения радиоактивного ядра;</p> <p>c) поглощение энергии веществом;</p> <p>d) особенности радиационного эффекта в биологической ткани</p>                                                                                                                                                                                                                                                            | d                          | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4    |
| 4.       | <p><b>Выберите один правильный ответ. Эффективная доза облучения – это:</b></p> <p>a) отношение поглощенной энергии ионизирующего излучения к массе любого вещества;</p> <p>b) отношение суммарного заряда ионов одного знака в объеме воздуха к массе воздуха в этом объеме;</p> <p>c) произведение поглощенной дозы облучения на усредненный коэффициент качества облучения;</p> <p>d) произведение эквивалентной дозы облучения на</p>                                                                                                    | d                          | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4    |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |                         |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------|
|     | взвешивающий коэффициент риска облучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |                         |
| 5.  | <p><b>Выберите один правильный ответ. Усредненный коэффициент качества облучения учитывает вид:</b></p> <p>a) вещества;</p> <p>b) органа (ткани) организма человека;</p> <p>c) излучения радиоактивного ядра;</p> <p>d) риска облучения отдельного органа организма человека к риску облучения всего организма</p>                                                                                         | c | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 6.  | <p><b>Выберите один правильный ответ. Мощность поглощенной дозы облучения – это отношение:</b></p> <p>a) экспозиционной дозы облучения к единице времени;</p> <p>b) эквивалентной дозы облучения к единице времени;</p> <p>c) поглощенной дозы облучения к единице времени;</p> <p>d) эффективной эквивалентной дозы облучения к единице времени</p>                                                       | c | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 7.  | <p><b>Выберите один правильный ответ. К естественным источникам ионизирующих излучений относят:</b></p> <p>a) электромагнитные излучения;</p> <p>b) космические излучения;</p> <p>c) излучения из ядерного реактора;</p> <p>d) космические и земные излучения</p>                                                                                                                                          | d | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 8.  | <p><b>Выберите один правильный ответ. Какие органы относятся к первой группе, наиболее чувствительной к ионизирующим излучениям?</b></p> <p>a) печень, органы дыхания;</p> <p>b) пищеварительный тракт, мышечная ткань;</p> <p>c) костный мозг, половые железы, селезенка, лимфоидная ткань;</p> <p>d) нервная ткань, кожные покровы</p>                                                                   | c | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 9.  | <p><b>Выберите один правильный ответ. Массовый коэффициент ослабления <math>\beta</math>-излучения в алюминии равен <math>5,0 \text{ см}^2/\text{г}</math>. Какая доля <math>\beta</math>-частиц поглотится в слое стекла толщиной <math>200 \text{ мг}/\text{см}^2</math>?</b></p> <p>a) 0,632;</p> <p>b) 0,79;</p> <p>c) 0,52;</p> <p>d) 0,68</p>                                                        | a | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 10. | <p><b>Выберите один правильный ответ. Определить период полураспада <math>^{222}\text{Rn}</math>, если в течение 1 часа распалось 0,76% начального количества атомов.</b></p> <p>a) 88,64 часа;</p> <p>b) 96,21 час;</p> <p>c) 90,84 часа;</p> <p>d) 86,54 часа</p>                                                                                                                                        | c | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 11. | <p><b>Выберите несколько правильных ответов. Найдите массу стабильного калия в препарате по его естественной радиоактивности, если скорость счета (за вычетом фона) составляет 45 имп/мин, а коэффициент регистрации 0,3. <math>T_{1/2}^{40\text{K}} = 1,2 \cdot 10^9 \text{ лет}</math>; <math>^{40}\text{K} = 0,012\%</math>.</b></p> <p>a) 81 мг;</p> <p>b) 96 мг;</p> <p>c) 75 мг;</p> <p>d) 86 мг</p> | a | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 12. | <p><b>Выберите один правильный ответ. При измерении активности препарата <math>^{35}\text{S}</math> скорость счета составила 8580 имп/мин. Определите количество серы в препарате, если разрешающее время детектора <math>7 \cdot 10^{-6} \text{ мин}</math>. Препарат содержит 0,001% <math>^{35}\text{S}</math>. Коэффициент регистрации</b></p>                                                         | d | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |                         |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------|
|     | <p>детектора равен 1. <math>T_{1/2} {}^{35}\text{S} = 87,5</math> суток.</p> <p>a) <math>8 \cdot 10^{-8}</math> г;<br/> b) <math>5 \cdot 10^{-7}</math> г;<br/> c) <math>6,6 \cdot 10^{-9}</math> г;<br/> d) <math>9,6 \cdot 10^{-9}</math> г</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |                         |
| 13. | <p>Выберите один правильный ответ. При помощи детектора Гейгера-Мюллера измеряют активность препарата серы массой <math>5 \cdot 10^{-3}</math> г. Определите содержание <math>{}^{35}\text{S}</math> в препарате, если скорость счета составляет 9660 имп/мин, разрешающее время установки <math>4,35 \cdot 10^{-4}</math> с. Коэффициент регистрации детектора равен 1. <math>T_{1/2} ({}^{35}\text{S}) = 87,5</math> суток).</p> <p>a) <math>3 \cdot 10^{-10}</math> %;<br/> b) <math>2,2 \cdot 10^{-9}</math> %;<br/> c) <math>6,6 \cdot 10^{-9}</math> %;<br/> d) <math>4,6 \cdot 10^{-9}</math> %</p> | b | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 14. | <p>Выберите один правильный ответ. Активность двух образцов одного и того же раствора соли <math>{}^{60}\text{Co}</math> измеряется в одинаковых условиях. Скорость счета образца объемом 0,1 мл равно 350 имп/мин, скорость счета образца объемом 3 мл равна 9900 имп/мин. Чему равна скорость счета образца объемом 2,9 мл?</p> <p>a) <math>T_{1/2} {}^{60}\text{Co} = 5,2</math> года.<br/> b) 11000 имп/мин;<br/> c) 12000 имп/мин;<br/> d) 15000 имп/мин;<br/> e) 10500 имп/мин</p>                                                                                                                   | e | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 15. | <p>Выберите один правильный ответ. Найти содержание калия в препарате по его естественной <math>\beta</math>-активности, если скорость счета излучения препарата без фона 30 имп/мин. Коэффициент регистрации установки 0,2. На долю бета-распадов приходится 87,6% всех распадов. <math>T_{1/2} {}^{40}\text{K} = 1,2 \cdot 10^9</math> лет, <math>\beta</math> <math>{}^{40}\text{K} = 0,012\%</math>.</p> <p>a) 110 мг;<br/> b) 94 мг;<br/> c) 86 мг;<br/> d) 100 мг</p>                                                                                                                                | b | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 16. | <p>Выберите один правильный ответ. Определение калия по <math>\beta</math>-излучению К-40 в порошковых пробах хлоридов проводили методом относительных измерений. Скорости счета (без фона) 3 образцовых препаратов, содержащих 1,0, 1,5 и 2,0% калия, оказались равны, соответственно, 240, 340 и 436 имп/мин. Измеренные в тех же условиях скорости счета трех препаратов, которые были приготовлены из анализируемой пробы, за вычетом фона составили 333, 362 и 345 имп/мин. Чему равно содержание калия в анализируемой пробе?</p> <p>a) 1,1%;<br/> b) 1,8%;<br/> c) 2,0%;<br/> d) 1,5 %</p>          | d | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 17. | <p>Выберите один правильный ответ. Абсолютная активность 100 г KCl равна 1715 Бк. Содержание <math>{}^{40}\text{K}</math> в естественной изотопной смеси составляет 0,012%. Определите период полураспада <math>{}^{40}\text{K}</math>.</p> <p>a) <math>1,2 \cdot 10^9</math> лет;<br/> b) <math>1,8 \cdot 10^9</math> лет;<br/> c) <math>1,8 \cdot 10^8</math> лет;<br/> d) <math>2 \cdot 10^{10}</math> лет</p>                                                                                                                                                                                          | a | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |                         |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------|
| 18. | <p>Выберите один правильный ответ. Определить экспозиционную дозу при работе с препаратом <math>^{24}\text{Na}</math> активностью <math>2,22 \cdot 10^9</math> расп/мин на расстоянии 34 см за 6 часов работы. Выполнить вычисления во внесистемных единицах и в системе СИ.</p> <p style="text-align: center;"><math>\frac{a \cdot \text{Гр} \cdot \text{м}^2}{\text{с} \cdot \text{Бк}}</math>      <math>\frac{P \cdot \text{см}^2}{\text{ч} \cdot \text{МКи}}</math></p> <p>К- (<math>^{24}\text{Na}</math>) = 119,4 ; 18,13</p> <p>а) <math>8,8 \cdot 10^{-4}</math> Гр, 0,014 Р;<br/>         б) <math>6,5 \cdot 10^{-4}</math> Гр, 0,010 Р;<br/>         в) <math>10 \cdot 10^{-4}</math> Гр, 0,02 Р;<br/>         г) <math>8,25 \cdot 10^{-4}</math> Гр, 0,094 Р</p> | d | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 19. | <p>Выберите один правильный ответ. В помещении находится соль <math>^{64}\text{Cu}</math> в количестве 10 мкюри. Определить экспозиционную мощность дозы за 1 час работы с раствором на расстоянии 10 см. Выполнить вычисления во внесистемных единицах и в системе СИ.</p> <p style="text-align: center;"><math>\frac{a \cdot \text{Гр} \cdot \text{м}^2}{\text{с} \cdot \text{Бк}}</math>      <math>\frac{P \cdot \text{см}^2}{\text{ч} \cdot \text{МКи}}</math></p> <p>К- (<math>^{64}\text{Cu}</math>) = 7,422 ; 1,127</p> <p>а) <math>9,9 \cdot 10^{-4}</math> Гр, 0,113 Р;<br/>         б) <math>9,5 \cdot 10^{-3}</math> Гр, 0,1 Р;<br/>         в) <math>1 \cdot 10^{-4}</math> Гр, 0,118 Р;<br/>         г) <math>7,35 \cdot 10^{-4}</math> Гр, 0,094 Р</p>        | a | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 20. | <p>Выберите один правильный ответ. Определить экспозиционную дозу, создаваемую препаратом в 20 мг-экв радия за 30 минут на расстоянии 2 м.</p> <p style="text-align: center;"><math>\frac{P \cdot \text{см}^2}{\text{ч} \cdot \text{МКи}}</math></p> <p>К- (<math>^{226}\text{Ra}</math>) = 8,4</p> <p>а) <math>2,8 \cdot 10^{-3}</math> Р;<br/>         б) <math>3,9 \cdot 10^{-3}</math> Р;<br/>         в) <math>9,5 \cdot 10^{-4}</math> Р;<br/>         г) <math>2,1 \cdot 10^{-3}</math> Р</p>                                                                                                                                                                                                                                                                         | d | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 21. | <p>Выберите один правильный ответ. Вычислить, какому количеству грамм-эквивалентов радия соответствует активность <math>^{60}\text{Co}</math> в кобальтовой пушке, если измеренная экспозиционная мощность дозы составляет 100 мР/с на расстоянии 100 см.</p> <p style="text-align: center;"><math>\frac{P \cdot \text{см}^2}{\text{ч} \cdot \text{МКи}}</math></p> <p>К- (<math>^{60}\text{Co}</math>) = 12,85</p> <p>а) 450 г-экв;<br/>         б) 428,6 г-экв;<br/>         в) 370,7 г-экв;<br/>         г) 486,4 г-экв</p>                                                                                                                                                                                                                                               | b | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 22. | <p>Выберите один правильный ответ. На уровне моря космические лучи вызывают образование примерно 2 пар ионов в секунду в <math>1 \text{ см}^3</math> воздуха. Вычислить экспозиционную дозу от космических лучей в течение суток на уровне моря.</p> <p>а) 0,67 мкР;<br/>         б) 0,79 мкР;<br/>         в) 0,87 мкР;<br/>         г) 0,56 мкР</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | c | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 23. | <p>Выберите один правильный ответ. Вычислить максимально допустимое время пребывания экспериментатора на расстоянии 100 см от источника активностью 20 мг-экв радия. Допустимая доза 0,04 мЗв/ч.</p> <p>а) 1,43 ч;</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | a | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |                         |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------|
|     | b) 1,7 ч;<br>c) 2,7 ч;<br>d) 0,8 ч                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |                         |
| 24. | <p>Выберите один правильный ответ. Вычислить безопасное расстояние, на котором можно работать исследователю, если активность источника 200 мг-экв радия, время работы 12 часов в неделю.</p> a) 196 см;<br>b) 178 см;<br>c) 220 см;<br>d) 187 см                                                                                                                          | d | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 25. | <p>Выберите один правильный ответ. Экспозиционная доза составляет 1 Р, что соответствует поглощенной энергии 0,011 мкДж в 1 см<sup>3</sup> воздуха. Определить, какая энергия поглощается в 1 см<sup>3</sup> тела человека при той же дозе облучения. Плотность тела принять равной 0,92 г/см<sup>3</sup>.</p> a) 9,4 мДж;<br>b) 8,26 мДж;<br>c) 10,5 мДж;<br>d) 12,0 мДж | b | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 26. | <p>Выберите один правильный ответ. Определить толщину защиты из свинца для источника <sup>137</sup>Cs активностью 100 мг-экв. Расстояние до источника 0,5 м, время работы 30 часов. <math>K = \frac{R \cdot d^2}{t} = 3,242 \frac{ч \cdot м^2}{мКи}</math>.</p> a) 4,7 см;<br>b) 6,5 см;<br>c) 8,4 см;<br>d) 2,5 см                                                       | a | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 27. | <p>Выберите один правильный ответ. Сколько импульсов не зарегистрирует счетчик, если разрешающее время счетчика составляет <math>2 \cdot 10^{-4}</math> с, скорость счета образца 10 000 имп/мин.</p> a) 350 имп/мин;<br>b) 450 имп/мин;<br>c) 300 имп/мин;<br>d) 320 имп/мин                                                                                             | d | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 28. | <p>Выберите один правильный ответ. Разрешающее время счетной установки <math>10^{-5}</math> мин. Вычислить погрешность, которую вносит разрешающее время в определение истинной скорости счета, если за 1 мин счетчик зарегистрировал 10 000 импульсов.</p> a) 0,8%;<br>b) 1 %;<br>c) 1,5%;<br>d) 2,0%                                                                    | b | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 29. | <p>Выберите один правильный ответ. Торцовый детектор имеет диаметр окошка 20 мм. Вычислить геометрический коэффициент, если препарат расположен на расстоянии 15 мм от окна детектора.</p> a) 0,085;<br>b) 0,077;<br>c) 0,920;<br>d) 0,062                                                                                                                                | a | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 30. | <p>Выберите один правильный ответ. Определить поправку на самоослабление излучения для препарата <sup>14</sup>C толщиной 10 мг/см<sup>2</sup>, если слой половинного ослабления равен 2,8 мг/см<sup>2</sup>.</p>                                                                                                                                                          | c | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |

|     |                                                                                                                                                                                                                                      |                                 |                         |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
|     | a) 0,52;<br>b) 0,67;<br>c) 0,37;<br>d) 0,78                                                                                                                                                                                          |                                 |                         |
| 31. | Дополните определение. Поглощенная доза, умноженная на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организма, называется ____<br>Ответ: _____                                                        | эквивалентной дозой             | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 32. | Дополните определение. Для оценки ущерба здоровью человека за счет различного характера влияния облучения на разные органы введено понятие ____<br>Ответ: _____                                                                      | эффективной эквивалентной дозы  | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 33. | Дополните определение. Единица измерения Джоуль на килограмм (Дж/кг) имеет название ____<br>Ответ: _____                                                                                                                             | Зиверт                          | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 34. | Дополните определение. Заряд атомного ядра равняется количеству протонов в ядре, которое совпадает с ____<br>Ответ: _____                                                                                                            | порядковым номером элемента (Z) | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 35. | Дополните определение. Масс-спектрометрия - это метод измерения отношения массы заряженных частиц к их ____<br>Ответ: _____                                                                                                          | заряду                          | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 36. | Дополните определение. Радиус атомного ядра R связан с его массовым числом A соотношением: ____<br>Ответ: _____                                                                                                                      | $R = r_0 A^{1/3}$               | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 37. | Дополните определение. Разность между энергией связанной системы частиц и суммарной энергией этих частиц в свободном состоянии называется ____<br>Ответ: _____                                                                       | энергией связи                  | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 38. | Дополните определение. В качестве количественной меры рентгеновского и $\gamma$ -излучения принято использовать во внесистемных единицах ____<br>Ответ: _____                                                                        | экспозиционную дозу             | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 39. | Дополните определение. Семейство $^{238}\text{U}$ определяется формулой ____<br>Ответ: _____                                                                                                                                         | $A = 4 \cdot n + 2$             | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 40. | Дополните определение. Вековое равновесие реализуется в том случае, когда период полураспада материнского радионуклида _____, чем $T_{1/2}$ дочернего радионуклида<br>Ответ: _____                                                   | намного больше                  | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 41. | Дополните определение. Биологическое действие трития усиливается тем, что при его распаде образуется ____<br>Ответ: _____                                                                                                            | гелий                           | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 42. | Дополните определение. Космические лучи до входа в атмосферу называются ____<br>Ответ: _____                                                                                                                                         | первичными космическими лучами  | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 43. | Дополните определение. Основные компоненты первичных космических лучей: потоки частиц галактического происхождения и ____<br>Ответ: _____                                                                                            | потоки частиц от Солнца         | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 44. | Дополните определение. Радиационная опасность при воздействии радона на организм связана с его дочерними продуктами, важное токсикологическое значение имеет долгоживущий дочерний продукт распада радона – это ____<br>Ответ: _____ | $^{210}\text{Po}$               | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                       |                         |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|
| 45. | Дополните определение. Во внутренней среде организма полоний легко образует _____, что в значительной степени определяет его биологическое действие.<br>Ответ: _____                                                                                | коллоидные комплексы с белками                        | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 46. | Дополните определение. Лучевая болезнь II степени (средняя) характеризуется полученной дозой: ____<br>Ответ: _____                                                                                                                                  | от 200 до 400 рад (2-4 Гр)                            | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 47. | Дополните определение. Последствия облучения человека могут проявляться в двух вариантах: детерминированные и _____ эффекты<br>Ответ: _____                                                                                                         | стохастические (случайные)                            | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 48. | Дополните определение. В организм человека радиоцезий попадает с пищей и может накапливаться в мускулах, замещая ____<br>Ответ: _____                                                                                                               | калий                                                 | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 49. | Дополните определение. Радиоактивное семейство $^{232}\text{Th}$ заканчивается изотопом ____<br>Ответ: _____                                                                                                                                        | $^{208}\text{Pb}$                                     | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 50. | Дополните определение. Закон радиоактивного распада описывает убывание со временем среднего числа радиоактивных ядер формулой: ____<br>Ответ: _____                                                                                                 | $N(t)=N_0 e^{-\lambda t}$                             | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 51. | Дополните определение. Распад ядра на два осколка сравнимой массы называется ____<br>Ответ: _____                                                                                                                                                   | спонтанным делением                                   | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 52. | Дополните определение. Единицей измерения поглощённой дозы является ____<br>Ответ: _____                                                                                                                                                            | Грей (Гр)                                             | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 53. | Дополните определение. Максимальную удельную энергии связи имеют ядра элементов с массовыми числами от ____ до ____<br>Ответ: _____                                                                                                                 | от 50 до 60                                           | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 54. | Дополните определение. Семейство $^{232}\text{Th}$ определяется формулой ____<br>Ответ: _____                                                                                                                                                       | $A = 4 \cdot n$                                       | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 55. | Дополните определение. $^{40}\text{K}$ калий-40 занимает второе место, после ____ в создании природного радиоактивного фона.<br>Ответ: _____                                                                                                        | $^{222}\text{Rn}$                                     | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 56. | Дополните определение. Протон и нейтрон объединяют термином ____<br>Ответ: _____                                                                                                                                                                    | нуклон                                                | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 57. | Дополните определение. Основными процессами утилизации трития из атмосферы является действие бактерий и фотохимическое окисление тритиевого водорода и отдельно тритиевого метана. Конечным продуктом в обоих случаях является ____<br>Ответ: _____ | тритиевая вода                                        | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 58. | Дополните определение. При $T_{1/2}(\text{м}) > T_{1/2}(\text{д})$ , когда периоды полураспада различаются в несколько раз, тогда говорят об установлении ____<br>Ответ: _____                                                                      | подвижного равновесия                                 | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
| 59. | Дополните определение. $\lambda$ - вероятность радиоактивного распада – величина, связанная с важнейшей характеристикой радионуклида - периодом его полураспада простым соотношением: ____<br>Ответ: _____                                          | $T_{1/2} = (\ln 2) / \lambda \approx 0.693 / \lambda$ | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |

|     |                                                                                  |                             |                            |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 60. | Дополните определение. Единицей коллективной дозы является: ____<br>Ответ: _____ | человеко-Зиверт<br>(чел-Зв) | УК-1.1, УК-1.4,<br>ОПК-2.4 |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|

### Контрольные вопросы для промежуточной аттестации:

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Проверяемые компетенции |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1    | Опишите закон радиоактивного распада.<br><br>Эталон ответа:<br>Закон радиоактивного распада описывает убывание со временем среднего числа радиоактивных ядер: $N(t)=N_0 e^{-\lambda t}$ , где $N_0$ – начальное количество радиоактивных ядер, $\lambda$ – вероятность радиоактивного распада – величина, связанная с важнейшей характеристикой радионуклида – периодом его полураспада простым соотношением: $T_{1/2} = (\ln 2) / \lambda \approx 0.693 / \lambda$ . | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 2    | Перечислите виды радиоактивного распада.<br><br>Эталон ответа:<br>К основным видам радиоактивного распада относятся:<br>$\alpha$ -распад – испускание ядрами $\alpha$ -частиц,<br>$\beta$ -распад – испускание (или поглощение) электрона и антинейтрино или позитрона и нейтрино,<br>$\gamma$ -распад – испускание $\gamma$ -квантов,<br>спонтанное деление – распад ядра на два осколка сравнимой массы.<br>Во всех видах радиоактивности, кроме $\gamma$ -излучения, изменяется состав ядра – число протонов (Z), массовое число (A) или и то и другое. | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Проверяемые компетенции |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 3    | Опишите понятие дозы.<br><br>Эталон ответа:<br>Действие ионизирующих излучений представляет собой сложный процесс. Эффект облучения зависит от величины поглощенной дозы, ее мощности, вида излучения, объема облучения тканей и органов. Для его количественной оценки введены специальные единицы, которые делятся на внесистемные и единицы в системе СИ. Сейчас используются преимущественно единицы системы СИ. Рассматривают следующие величины: экспозиционную дозу, X; поглощенную дозу, D; эквивалентную дозу, H; эффективную дозу; коллективную эффективную эквивалентную дозу. | УК-1.1, УК-1.4          |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 4    | Что такое активность радионуклида.<br><br>Эталон ответа:<br>Термином «активность» принято называть величину радиоактивности препарата. Активность показывает число ядерных превращений, происходящих в радиоактивном препарате в единицу времени. Понятно, что активность равнозначна скорости радиоактивного распада и может быть записана следующим выражением: $A = (-dN(t)/dt) = \lambda \cdot N$ , где $\lambda$ – вероятность распада радионуклида. Так как величина активности прямо пропорциональна количеству радиоактивного вещества, несложно получить выражение для определения массы радионуклида: $m = A \cdot M \cdot T_{1/2} / 0.693 \cdot N_A$ где m – масса радионуклида, M – молярная масса радионуклида, $T_{1/2}$ – период полураспада радионуклида, $N_A$ – число Авогадро. | УК-1.1, УК-1.4          |

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

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                    |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>компетенции</b>                 |
| <b>5</b> | Опишите состав космических лучей.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>УК-1.1, УК-1.4,<br/>ОПК-2.4</b> |
|          | Эталон ответа:<br>Различают первичные космические лучи - космические лучи до входа в атмосферу и вторичные космические лучи, образовавшиеся в результате процессов взаимодействия первичных космических лучей с атмосферой Земли. Ядерная компонента галактических лучей: 90% протоны, 10% ядра гелия, 1% более тяжелых ядер, а также электроны (1% от числа ядер), позитроны (10% от числа электронов) и антиадроны <1%. Солнце отправляет в сторону Земли в своем большинстве – протоны (98%) и альфа-частицы (2%). |                                    |

| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Проверяемые компетенции</b>     |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>6</b>    | Опишите ядерные реакции в атмосфере.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>УК-1.1, УК-1.4,<br/>ОПК-2.4</b> |
|             | Эталон ответа:<br>До момента регистрации частиц, прилетевших из космического пространства, они, проходя через толщу земной атмосферы, успевают вступить в ядерные реакции с ядрами атомов, входящих в её состав. В большинстве ядерных реакций участвуют быстрые протоны из состава потоков первичных космических лучей, как галактического, так и солнечного происхождения. Например, $p + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^{14}\text{O} + n$ ; $n + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^{14}\text{C} + p$ – последовательность из двух реакций, приводящая к образованию радиоуглерода в земной атмосфере. |                                    |

| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Проверяемые компетенции</b>     |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>7</b>    | Дайте разъяснение понятия первичные космические лучи.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>УК-1.1, УК-1.4,<br/>ОПК-2.4</b> |
|             | Эталон ответа:<br>Основные компоненты первичных космических лучей: потоки частиц галактического происхождения и потоки частиц от Солнца (галактические и солнечные космические лучи). Основные компоненты первичных космических лучей: Ядерная компонента галактических лучей: 90% протоны, 10% ядра гелия, 1% более тяжелых ядер, а также электроны (1% от числа ядер), позитроны (10% от числа электронов) и антиадроны <1%. Солнце отправляет в сторону Земли в своем большинстве – протоны (98%) и альфа-частицы (2%). Вовремя так называемых вспышек на Солнце радиация. Один быстрый протон, проникший в атмосферу Земли, также способен организовать каскад частиц и фотонов (широкие атмосферные ливни). |                                    |

| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Проверяемые компетенции</b>     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>8</b>    | Опишите понятие широкий атмосферный ливень.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>УК-1.1, УК-1.4,<br/>ОПК-2.4</b> |
|             | Эталон ответа:<br>В атмосфере Земли, помимо типичных протон-нейтронных реакций быстрые протоны способны организовать также широкие атмосферные ливни. В одном акте взаимодействия быстрый протон обычно теряет 50% своей энергии, а в результате взаимодействия возникают в основном пи-мезоны. Каждое последующее взаимодействие первичной частицы добавляет в каскад новые адроны, которые летят преимущественно по направлению первичной частицы, образуя адронный кор ливня. Образующиеся пи-мезоны могут взаимодействовать с ядрами атомов атмосферных газов, а могут распадаться, формируя мюонную и электронно-фотонную компоненты ливня. Адронная компонента до поверхности Земли практически не доходит, превращаясь в мюоны, нейтрино и $\gamma$ -кванты. |                                    |

| <b>№ KB</b> | <b>Контрольный вопрос</b>                     | <b>Проверяемые компетенции</b> |
|-------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>9</b>    | Дайте определение понятия масс-спектрометрия. | <b>УК-1.1, УК-1.4</b>          |
|             | Эталон ответа:                                |                                |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>Масс-спектрометрия - это метод измерения отношения массы заряженных частиц к их заряду (<math>m/Z</math>). Для проведения масс-спектрометрического анализа образец переводят в ионизированную форму. Положительно заряженные частицы, которые образовались в ходе испарения, в электрическом поле ускоряются и фокусируются в узкий пучок, вытягиваемый ускоряющим и фокусирующим электродами, составляющими ионно-оптическую систему источника частиц. После этого производится разделение и регистрация этих ионов. Через камеру масс-анализатора, которая помещена в однородное поперечное магнитное поле, пучок проникает и разбивается на ионные «лучи», которые различаются между собой отношением массы к их заряду. Пройдя через камеру анализатора, пучок сквозь щель в приемнике попадает в коллектор, при этом возникает ток в его цепи. Величина ионного тока изотопов с разными массами, поступающего на коллектор, есть мера содержания данного изотопа в веществе.</p> |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Проверяемые компетенции |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 10   | Опишите рассеяние альфа-частиц металлической фольгой.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Экспериментальные исследования строения атома были выполнены в 1911 году Резерфордом, Гейгером и Марсденом, которые изучали рассеяние <math>\alpha</math>-частиц при их прохождении через тонкую золотую фольгу.</p> <p>Угловое распределение <math>\alpha</math>-частиц, рассеянных на золоте, свидетельствовало о том, что положительный заряд атома сосредоточен в пространственной области размером меньше <math>10^{-12}</math> см. Это явилось основанием для создания планетарной модели атома Резерфорда, согласно которой (в отличие от бытовавшей в то время модели атома Дж. Томсона) атом состоит из тяжелого положительно заряженного атомного ядра с радиусом порядка <math>10^{-12}</math> см и расположенных вокруг него отрицательно заряженных электронов.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Проверяемые компетенции |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 11   | Объясните понятие энергии связи нуклона в ядре.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Устойчивость связанного состояния обеспечивается тем, что ядро как система из взаимодействующих между собой нуклонов должна иметь <b>минимум</b> полной энергии. Работа сил притяжения вызывает переход системы в состояние с меньшей энергией, поэтому величина <math>\Delta E &lt; 0</math> будет равна той энергии, которая выделяется при образовании ядра и передается в окружающее пространство. Наоборот, чтобы разрушить ядро и удалить нуклоны на такие расстояния, где их можно считать свободными, потребуется затратить энергию <math> \Delta E </math>. <b>Энергия связи</b> - разность между энергией связанной системы частиц и суммарной энергией этих частиц в свободном состоянии.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 12   | Дайте объяснение понятия радиоактивного равновесия.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Радиоактивное равновесие – состояние, которое с течением времени наступает, когда при радиоактивном распаде ядер исходного (материнского) нуклида М образуются также радиоактивные ядра дочернего нуклида Д, причем скорость радиоактивного распада дочернего радионуклида заметно превышает скорость радиоактивного распада материнского радионуклида.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                      | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 13   | Перечислите виды радиоактивного равновесия.                                                             | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Равновесные состояния могут реализоваться в системах генетически связанных</p> |                         |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | радионуклидов (в виде подвижного или векового равновесий). Вековое равновесие реализуется в том случае, когда период полураспада материнского радионуклида намного больше, чем $T_{1/2}$ дочернего радионуклида - $T_{1/2}(м) \gg T_{1/2}(д)$ .<br>Если реализуется иное соотношение периодов полураспада: $T_{1/2}(м) > T_{1/2}(д)$ , когда периоды полураспада различаются в несколько раз, тогда говорят об установлении подвижного равновесия. |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 14   | Перечислите условия возникновения радиоактивного равновесия.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | Эталон ответа:<br>Состояние радиоактивного равновесия может быть достигнуто любой системой при выполнении следующих условий:<br>1) нуклиды должны быть генетически связаны;<br>2) период полураспада материнского нуклида должен быть больше периода полураспада дочернего нуклида - $T_{1/2}(м) > T_{1/2}(д)$ ;<br>3) система должна быть закрыта, т.е. газообразные или водорастворимые дочерние продукты не должны удаляться в окружающую среду.<br>лураспада), и, следовательно, различаются в зависимости от вида равновесия. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 15   | Перечислите нарушения радиоактивного равновесия.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | Эталон ответа:<br><br>1. В каждом семействе присутствует благородный газ – радон, атомы которого не могут прочно удерживаться в кристаллической решетке минерала и диффундируют в окружающую среду. В результате, продукты распада радона лишаются поддержки от родоначальника ряда и ведут себя по-разному.<br>2. Минералы, возраст которых достигает нескольких миллионов лет, неизбежно испытывают воздействие природных вод различного химического состава. Это приводит к вымыванию растворимых элементов, например, радия.<br>3. В минералах протекают очень сложные ядерно-химические процессы, связанные с нарушением структуры кристаллической решетки в результате отдачи, получаемой ядрами при излучении $\alpha$ -частиц. Результатом является повышенная растворимость радиогенных изотопов. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 16   | Опишите источники $^{222}\text{Rn}$ в окружающей среде.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | УК-1.1, УК-1.4          |
|      | Эталон ответа:<br>Наибольший вклад в дозу при внутреннем облучении вносит $^{222}\text{Rn}$ (образуется из $^{226}\text{Ra}$ и имеет период полураспада 3,8 сут.), являющийся альфа-излучателем. $^{222}\text{Rn}$ освобождается из химических соединений, в которых находился уран, и попадает в окружающую среду. Его среднемировая объемная активность в помещениях находится в пределах от 1 до 25 Бк/м <sup>3</sup> . В жилые помещения радон попадает вместе с водой и природным газом. В организм человека $^{222}\text{Rn}$ попадает вместе с вдыхаемым воздухом и питьевой водой. В организме $^{222}\text{Rn}$ облучает слизистую оболочку желудка и легочную ткань. Радиоактивный инертный газ $^{222}\text{Rn}$ хорошо растворим в воде и легко удаляется оттуда кипячением. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                     | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 17   | Объясните понятие биологического действия полония.                                                     | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | Эталон ответа:<br>Во внутренней среде организма полоний легко образует коллоидные комплексы с белками, |                         |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>что в значительной степени определяет его биологическое действие.</p> <p>Полоний, как и другие радионуклиды, может поступать в организм через органы дыхания, ЖКТ и кожу.</p> <p>Выведение полония из организма при любом пути поступления происходит через ЖКТ и почки. Полоний обнаруживается в слюне, желчи, желудочном соке, он выделяется через кожные железы. Основное количество полония выделяется из организма с калом. Средний эффективный период полувыведения полония из организма человека равен 37 суток. Это соответствует биологическому периоду полувыведения, равному 50 суток.</p> |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Проверяемые компетенции |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 18   | <p>Перечислите источники <math>^{14}\text{C}</math> в окружающей среде.</p> <p>Эталон ответа:<br/> <b>Основной</b> источник поступления радиоуглерода в биосферу – ядерные реакции, инициируемые быстрыми протонами, мощными потоками которых Солнце «облучает» земную атмосферу. В результате взаимодействия быстрых протонов с ядрами азота рождаются быстрые нейтроны: <math>p + ^{14}\text{N} \rightarrow ^{14}\text{O} + n</math>; последние, в свою очередь реагируют с ядрами атомов азота, порождая радиоуглерод: <math>n + ^{14}\text{N} \rightarrow ^{14}\text{C} + p</math>.<br/> Важным источником образования радиоуглерода на Земле являются последствия испытаний ядерного оружия, а также мирная деятельность АЭС.<br/> Так к началу 60-х годов резко вырос ежегодный прирост (в десятки раз) содержания радиоуглерода, за счет так называемого «бомбового» <math>^{14}\text{C}</math>.<br/> Кроме того, при современном способе выработки электроэнергии на АЭС вклад <math>^{14}\text{C}</math> в ожидаемую коллективную эффективную эквивалентную дозу на 1 ГВт энергии, составляет более 96%.</p> | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 19   | <p>Дайте определение понятия тритиевая вода.</p> <p>Эталон ответа:<br/> Основными процессами утилизации трития из атмосферы является действие бактерий и фотохимическое окисление тритиевого водорода и отдельно тритиевого метана. Конечным продуктом в обоих случаях является <b>тритиевая вода</b>.<br/> В промышленных выпусках предприятий ядерного топливного цикла тритий содержится в трех основных соединениях: тритиевой воде - НТО, тритиевом водороде НТ и тритиевом метане <math>\text{CH}_3\text{T}</math>. Время жизни тритиевого водорода и тритиевого метана в атмосфере оценивается в 5-10 лет.<br/> Около <b>99%</b> общего количества природного трития превращается в тритированную воду и участвует в глобальном круговороте воды. Тритиевая вода биологически более активна, чем тритиевый водород и тритиевый метан.</p> | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Проверяемые компетенции |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 20   | <p>Основные этапы в радиевой индустрии в начале XX века.</p> <p>Эталон ответа:<br/> В <b>1902 г.</b> Кюри объявили о том, что им удалось выделить одну десятую грамма хлорида радия из нескольких тонн урановой смоляной обманки.<br/> Еще при жизни Марии Кюри радиевые институты начали работать в Париже, Вене и Варшаве. Официально началом радиевой промышленности считается 1906 - год, когда Йоахимсталский (Яхимовский) завод был впервые переведен на производство радия. В это время единственным источником радия в Европе была урановая смолка из Яхимова (Чехия). Производительность яхимовского завода в первые годы была 1 г/год и к 1940 достигла 4 г/год. В небольшом количестве радий производили также в Англии, Франции, СССР.<br/> В начале <b>1922 года</b> Радиевый институт во главе с академиком В. И. Вернадским был создан в Петрограде.</p> | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 21   | Перечислите источники $^{137}\text{Cs}$ в окружающей среде.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Магматические горные породы служат естественными источниками долгоживущих радиоактивных изотопов <math>^{137}\text{Cs}</math> и <math>^{90}\text{Sr}</math> с периодами полураспада 30 и 29 лет, соответственно. В процессе естественной и техногенной миграции радионуклиды аккумулируются в глинистых минералах, органическом веществе почвы, донных отложениях и биомассе живых организмов наземных и водных экосистем.</p> <p>Объекты атомной энергетики и ряда других отраслей промышленности (цветная металлургия, производство фотоэлементов, пиротехнических изделий, красок, цементное производство) также являются источниками радиоактивных изотопов <math>^{137}\text{Cs}</math> и <math>^{90}\text{Sr}</math>.</p> <p>В организм человека радиоцезий попадает с пищей и может накапливаться в мускулах, замещая калий.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Проверяемые компетенции |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 22   | Перечислите источники $^{90}\text{Sr}$ в окружающей среде.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Магматические горные породы служат естественными источниками долгоживущих радиоактивных изотопов <math>^{90}\text{Sr}</math> и <math>^{137}\text{Cs}</math> с периодами полураспада 29 и 30 лет, соответственно. В процессе естественной и техногенной миграции радионуклиды аккумулируются в глинистых минералах, органическом веществе почвы, донных отложениях и биомассе живых организмов наземных и водных экосистем.</p> <p>Объекты атомной энергетики и ряда других отраслей промышленности (цветная металлургия, производство фотоэлементов, пиротехнических изделий, красок, цементное производство) также являются источниками радиоактивных изотопов <math>^{90}\text{Sr}</math> и <math>^{137}\text{Cs}</math>.</p> <p>В организм человека стронций попадает с пищей.</p> <p>Благодаря своему химическому сходству с кальцием он очень легко проникает в костную ткань позвоночных и накапливается там.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Проверяемые компетенции |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 23   | Перечислите источники $^{40}\text{K}$ в окружающей среде.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p><math>^{40}\text{K}</math> калий-40 занимает второе место, после газа радон-222 в создании природного радиоактивного фона. Он содержится во всех средах.</p> <p>В приземном слое атмосферы содержатся радиоактивные частицы естественного происхождения: частицы, поднимаемые ветром с поверхности земли, и частицы, образующиеся при высыхании капелек морской воды.</p> <p>Радиоактивность подземных вод, а также открытых водоемов суши также в основном обусловлена присутствием <math>^{40}\text{K}</math>. Например, радиоактивность речной воды обусловлена в основном присутствием <math>^{40}\text{K}</math>, причем его содержание колеблется в пределах от <math>3,7 \cdot 10^{-2}</math> до 0,6 Бк/л.</p> |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Проверяемые компетенции  |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 24   | Перечислите естественные и техногенные радионуклиды в пищевых продуктах.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4, |
|      | <p>Эталон ответа:</p> <p>Все пищевые продукты содержат радионуклиды природного происхождения, попадающие в сельскохозяйственные культуры через почву, а в пресноводную и морскую рыбу — через воду. Уровень содержания радионуклидов природного происхождения в пищевых продуктах и питьевой воде обычно крайне низок и безопасен для человека. Вместе с тем он может значительно варьироваться в зависимости от местных геологических и</p> |                          |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | климатических условий, а также от методов ведения сельского хозяйства.<br>Основные пищевые поставщики радионуклидов в организм – это хлебопродукты, поскольку злаки накапливают радионуклиды и из почвы, и из воды. На втором месте стоит молоко, а затем идут картофель, овощи и фрукты, ну и совсем в конце списка - мясо и рыба. |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 25   | Перечислите варианты стохастических эффектов после облучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | Эталон ответа:<br>Последствия облучения человека могут проявляться в двух вариантах: детерминированные и стохастические (случайные) эффекты.<br>Стохастические эффекты имеют место, когда облученная клетка не гибнет, а изменяется и может дать целый клон измененных клеток. Если иммунная система здоровая, то такой клон может быть подавлен, если не совсем, то после латентного (продолжительного) периода может развиться рак. Если поражены половые клетки, то появляются наследственные эффекты. Стохастические эффекты могут быть, как при больших, так при малых дозах облучения. Особенностью стохастического эффекта является то, что в этот период может протекать хроническая лучевая болезнь. |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 26   | Дайте определение понятия оболочечной модели.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | Эталон ответа:<br>Согласно этой модели составляющие ядро <u>нуклоны</u> (протоны и нейтроны) движутся в едином потенциальном поле и находятся в определенных квантовых состояниях. Движение нуклонов в ядре, согласно оболочечной модели ядра, напоминает движение электронов в атоме. Однако в атомном ядре нет единого центра притяжения, каковым являются ядро в атоме. Единое потенциальное поле, в котором движутся нуклоны, возникает в результате <b>суммарного воздействия</b> на каждый нуклон остальных нуклонов ядра. Нуклоны в ядре последовательно, согласно принципу Паули, занимают разные уровни, различающиеся энергией, орбитальным и полным ( $j$ ) моментами количества движения. Максимальное число протонов (либо нейтронов) на одном уровне равно $2j+1$ . Уровни с близкими энергиями образуют группы, называемые <b>оболочками</b> . |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Проверяемые компетенции |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 27   | Перечислите стадии лучевой болезни.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | Эталон ответа:<br>В зависимости от дозы облучения определяют четыре степени тяжести поражения:<br>лучевая болезнь I степени (легкая) – от 100 до 200 рад (1-2 Гр);<br>лучевая болезнь II степени (средняя) – от 200 до 400 рад (2-4 Гр);<br>лучевая болезнь III степени (тяжелая) – от 400 до 600 рад (4-6 Гр);<br>лучевая болезнь IV степени (крайне тяжелая) – свыше 600 рад (6 Гр). |                         |

| № KB | Контрольный вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Проверяемые компетенции |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 28   | Перечислите детерминированные эффекты после облучения.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | УК-1.1, УК-1.4, ОПК-2.4 |
|      | Эталон ответа:<br>Последствия облучения человека могут проявляться в двух вариантах: детерминированные и стохастические (случайные) эффекты. В основе возникновения после облучения детерминированных эффектов лежит превышение количества погибших клеток над числом образованных. Такие эффекты наблюдаются при дозах 1 Гр. К детерминированным эффектам относят: |                         |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>- опустошение красного костного мозга, появление лучевой болезни;</li><li>- нарушение репродуктивной функции; - лучевая катаракта; - неопухолевые формы поражения кожи; - сокращение продолжительности жизни.</li></ul> |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

**ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России**

Сертификат [01D9A9C6655B6ED0000BADF200060002](#)

Владелец [Пармон Елена Валерьевна](#)

Действителен [с 28.06.2023 по 28.06.2024](#)

