

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Радиоактивность окружающей среды

**Код модуля**  
1156025(1)

**Модуль**  
Управление экологической безопасностью

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Семенищев Владимир Сергеевич	к.х.н., доцент	доцент	радиохимии и прикладной экологии

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

**Авторы:**

- Семенищев Владимир Сергеевич, доцент, радиохимии и прикладной экологии

**1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Радиоактивность окружающей среды**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	4	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Домашняя работа	1
		Отчет по лабораторным работам	5

**2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Радиоактивность окружающей среды**

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

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-8 -Способен методически сопровождать работы по обеспечению радиационной безопасности в организации атомной отрасли	З-1 - Классифицировать и характеризовать методы радиационного контроля З-2 - Привести примеры лучших практик отечественного и международного опыта обеспечения радиационной безопасности в организации атомной отрасли З-3 - Перечислить предельно допустимые и контрольные уровни радиационных параметров в организации атомной отрасли П-1 - Готовить отчеты о результатах радиационного контроля в организации атомной отрасли	Домашняя работа Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам № 1 Отчет по лабораторным работам № 2 Отчет по лабораторным работам № 3 Отчет по лабораторным работам № 4 Отчет по лабораторным работам № 5 Экзамен

	<p>П-2 - Оказывать методическую поддержку деятельности подразделений по обеспечению радиационной безопасности в организации атомной отрасли</p> <p>П-3 - Разработка методик и инструкций по проведению дозиметрических измерений в организации атомной отрасли</p> <p>У-1 - Анализировать радиационную обстановку в организации атомной отрасли</p> <p>У-2 - Консультировать сотрудников организации атомной отрасли по лучшим мерам обеспечения радиационной безопасности в организации атомной отрасли</p> <p>У-3 - Разрабатывать техническую и эксплуатационную документацию для обеспечения радиационной безопасности в организации атомной отрасли</p>	
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

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

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

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.4</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>домашняя работа</i>	7,16	50
<i>контрольная работа</i>	7,16	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>

<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.6</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>отчет по лабораторным работам</i>	7,16	40
<i>собеседования по темам лабораторных работ</i>	7,16	40
<i>выполнение лабораторных работ</i>	7,16	20
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

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

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

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

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

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

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

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

Таблица 5

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

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)

5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания	Нет результата
----	-------------------------------------------------------	------------------------------------------	----------------

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

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

#### 5.1.1. Лекции

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

#### 5.1.2. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Лабораторная работа № 1. Определение  $^{222}\text{Rn}$  и продуктов его распада в питьевой воде  
Лабораторная работа № 2. Определение массового содержания и удельной активности калия в объектах окружающей среды  
Лабораторная работа № 3. Радиохимический анализ  $^{210}\text{Pb}$  в питьевой воде  
Лабораторная работа № 4. Определение класса строительных материалов по содержанию радионуклидов методом гамма-спектрометрии  
Лабораторная работа № 5. Определение изотопного состава урана методом альфа-спектрометрии

LMS-платформа – не предусмотрена

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

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

#### Базовый

##### 5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. тестовое задание по темам "радионуклиды в окружающей среде", "природные и техногенные источники облучения человека"

Примерные задания

1. К числу космогенных радионуклидов не относится

\*варианты ответов\*

2. Какой из радионуклидов вносит наибольший вклад в среднюю дозу внутреннего облучения, получаемую населением?

\*варианты ответов\*

3. На какие источники излучения распространяются требования НРБ-99/2009?

\*варианты ответов\*

4. Какую дозу техногенного облучения разрешается получать населению?

\*варианты ответов\*

5. Какую максимальную дозу может получить пациент не получающий прямой пользы для своего здоровья от процедур, связанных с облучением?

\*варианты ответов\*

6. Какую максимальную дозу может получить пациент онкодиспансера при радиотерапии?

\*варианты ответов\*

7. Могут ли работники завода по производству калийных удобрений на законных основаниях получать дозу облучения 9 мЗв в год?

\*варианты ответов\*

8. Могут ли работники завода по производству калийных удобрений на законных основаниях получить годовую дозу облучения 25 мЗв?

\*варианты ответов\*

9. Что из нижеперечисленного отсутствует в газообразных выбросах АЭС?

\*варианты ответов\*

10. Можно ли использовать для строительства дорог вне населенных пунктов материалы с удельной эффективной активностью природных радионуклидов 280 Бк/кг?

\*варианты ответов\*

11. При какой максимальной суммарной бета-активности (неизвестные излучатели) вода считается пригодной для питьевых целей?

\*варианты ответов\*

12. При какой максимальной суммарной альфа-активности (неизвестные излучатели) вода считается пригодной для питьевых целей?

\*варианты ответов\*

13. При реабилитации радиоактивно-загрязненных территорий проводят известкование почв. Для чего?

\*варианты ответов\*

14. Какие препараты применялись для ускорения выведения цезия из животных?

\*варианты ответов\*

15. Какой способ не используют для удаления радона из питьевых вод?

\*варианты ответов\*

16. Почему при радиохимическом анализе бета-излучателей их нужно выделять в радиохимически чистом виде?

17. Зачем в радиохимический анализ включены этапы концентрирования и определения химического выхода?

18. Почему внутреннее облучение за счет природного калия не нормируется?

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Домашняя работа

Примерный перечень тем

1. Расчетные задачи по курсу

Примерные задания

1. Рассчитать изотопный состав калия через 5 млрд лет.

Текущий изотопный состав:  $^{39}\text{K} - 93,25813\%$ ,  $^{40}\text{K} - 0,01167\%$ ,  $^{41}\text{K} - 6,7302\%$ . Период полураспада  $^{40}\text{K}$  равен  $1,251 \cdot 10^9$  лет.

2. Определить возраст древних деревянных предметов, если известно, что удельная активность изотопа С-14 в них составляет  $3/5$  от его удельной активности в свежесрубленных деревьях. Период полураспада С-14 – 5730 лет.

1. Рассчитать изотопный состав калия 4,5 млрд лет назад.

Текущий изотопный состав:  $^{39}\text{K} - 93,25813\%$ ,  $^{40}\text{K} - 0,01167\%$ ,  $^{41}\text{K} - 6,7302\%$ . Период полураспада  $^{40}\text{K}$  равен  $1,251 \cdot 10^9$  лет.

2. В урановой руде отношение числа ядер  $^{238}\text{U}$  к числу ядер  $^{206}\text{Pb}$  составляет 2,8. Оценить возраст руды, считая, что весь  $^{206}\text{Pb}$  является продуктом распада уранового ряда. Период полураспада  $^{238}\text{U}$  равен  $4,48 \cdot 10^9$  лет.

1. Природный «ядерный реактор» в Окло функционировал 1,74 млрд лет назад. Рассчитать изотопный состав урана, который находился в руднике в то время.

2. Олигарх и коллекционер древностей Роман А. продал яхту и купил на вырученные деньги древнеегипетский саркофаг. Терзаемый сомнениями, он отдал щепку от саркофага в лабораторию радиоуглеродного анализа. Анализ показал, что содержание С-14 в образце составляет  $0,189 \pm 0,005$  Бк / г углерода. В современных образцах это содержание составляет 0,26 Бк/г. Каков возраст саркофага, и следует ли Роману найти и покарать продавца?

1. Рассчитать изотопный состав природного рубидия 3 млрд лет назад. Текущий изотопный состав рубидия:  $^{85}\text{Rb} - 72,16\%$ ,  $^{87}\text{Rb} - 27,83\%$ .

2. Оцените, какое было бы содержание С-14 в Туринской плащанице, если бы она была подлинной. В современных образцах это содержание составляет 0,26 Бк/г углерода.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Отчет по лабораторным работам № 1

Примерный перечень тем

1. Лабораторная работа № 1. Определение  $^{222}\text{Rn}$  и продуктов его распада в питьевой воде

Примерные задания

Для анализа пробы воды объемом не менее 1 л отбирают в герметичные ёмкости, после чего выдерживают в течение 1 – 2 суток для установления радиоактивного равновесия между радоном и его короткоживущими дочерними радионуклидами ( $^{218}\text{Po}$ ,  $^{218}\text{At}$ ,  $^{214}\text{Pb}$  и  $^{214}\text{Bi}$ ). Измерение проводят на сцинтилляционном гамма-спектрометре Атомтех-1315АТ по линии 609 кэВ ( $^{214}\text{Bi}$ ).

Методика измерения:

1. Залить 1 л исследуемой воды в сосуд Маринелли. Аккуратно поставить пробу в гамма-спектрометр.

2. Измерить пробу в течение 2000 – 3000 с. С помощью функции спектрометрической обработки спектра определить скорость счета в пике 609 кэВ ( $^{214}\text{Bi}$ ).

3. По окончании измерения аккуратно извлечь пробу из спектрометра и вылить воду в раковину. Промыть сосуд Маринелли водопроводной, а затем дистиллированной водой и оставить его сушиться.

4. В программе спектрометра SPTR (путь: «Калибровка» - «Эффективность...») найти эффективность регистрации гамма-излучения для 609 кэВ в геометрии Маринелли (1 л). По полученным данным рассчитать активность  $^{222}\text{Rn}$ .

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие обязательные данные:

1. Гамма-спектр измеренной пробы питьевой воды (можно воспользоваться операцией Print Screen). Значение скорости счета  $^{214}\text{Bi}$  в пике 609 кэВ.

2. Расчет степени радиоактивного равновесия в системе  $^{222}\text{Rn} - ^{214}\text{Pb} - ^{214}\text{Bi}$  на момент измерения.

3. Расчет активности радона в воде на момент измерения и на момент отбора пробы (точное время отбора пробы спросить у преподавателя).

4. Вывод о допустимости использования измеренной воды в качестве питьевой. Оценка дозовой нагрузки при потреблении данной воды.

5. Возможные меры для снижения активности радона в домашних условиях.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.4. Отчет по лабораторным работам № 2

Примерный перечень тем

1. Лабораторная работа № 2. Определение массового содержания и удельной активности калия в объектах окружающей среды

### Примерные задания

На гамма-бета-спектрометре «Атомтех АТ-1315» предварительно измеряют скорость счета фона по бета-каналу ( $I_{\beta}$ фон) и в пике калия (1460 кэВ) на гамма-канале ( $I_{\gamma}$ фон), используя в качестве фоновой пробы 0,5 л дистиллированной воды в стандартной геометрии Дента 0,5 л. После этого в таком же стандартном сосуде измеряют четыре пробы калиевых солей с различной насыпной плотностью и различным содержанием калия (KCl, KPO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>); измерение каждой пробы проводят по три раза в течение 200 с. Результаты измерений записывают в таблицу 6. Активность <sup>40</sup>K в солях рассчитывают, исходя из содержания калия в соли, по соотношению:

где  $A$  – активность, Бк;  $m$  – масса, г;  $M$  – молярная масса, г/моль;  $T_{1/2}$  – период полураспада, с;  $N_A$  – число Авогадро, моль<sup>-1</sup>.

Таблица 6

Результаты измерения калиевых солей

проба KCl KPO<sub>3</sub> K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]

Плотность пробы, г/дм<sup>3</sup>

Активность калия в пробе, Бк

Скорость счета пробы по бета-каналу,  $I_{\beta}$ , имп/с

$I_{\beta}$  -  $I_{\beta}$ фон, имп/с

Коэффициент счетности пробы по бета-каналу,  $\epsilon_{\beta}$ , имп/расп

Скорость счета пробы по гамма-каналу,  $I_{\gamma}$ , имп/с

$I_{\gamma}$  -  $I_{\gamma}$ фон, имп/с

Коэффициент счетности пробы по бета-каналу,  $\epsilon_{\gamma}$ , имп/расп

На основании полученных результатов строят градуировочные зависимости коэффициентов счетности пробы от плотности пробы.

После этого в такой же геометрии измеряют предложенные пробы пищевых продуктов (греча, кофе, горох и т.д.) или минералов (глауконит) в течение 40 – 60 минут. Исходя из известной насыпной плотности, по полученной ранее градуировочной зависимости определяют коэффициент счетности для данной пробы, после чего рассчитывают удельную активность <sup>40</sup>K и массовую долю калия в пробе. По предварительному согласованию с преподавателем студенты могут принести для измерения интересующую их пробу.

Обратите внимание, что рассчитывать активность <sup>40</sup>K на основании скорости счета в бета-канале можно только в случае отсутствия пиков других гамма-излучателей в гамма-канале. В противном случае результат может оказаться существенно завышенным.

В конце работы делают вывод о возможном вкладе <sup>40</sup>K, содержащемся в пищевых продуктах, в дозовую нагрузку на население.

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие обязательные данные:

1. Заполненную таблицу 2.1 с результатами измерения чистых солей калия.
2. Градуировочную зависимость эффективности регистрации бета-излучения <sup>40</sup>K от плотности образца для сосуда Дента 0,5 л.
3. Расчет эффективности регистрации для измеренного образца пищевых продуктов.

4. Расчет активности и массового содержания калия в измеренных образцах пищевых продуктов.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.5. Отчет по лабораторным работам № 3

Примерный перечень тем

1. Лабораторная работа № 3. Радиохимический анализ  $^{210}\text{Pb}$  в питьевой воде

Примерные задания

Свинец концентрируют из пробы объемом от 5 до 15 л соосаждением с гидроксидом железа, после чего отделяют от других элементов на смоле SR компании TrisKem International (Франция) [17]. Из полученного элюата свинец осаждают в виде сульфата, после чего фильтруют осадок через микрофильтр. Высушенный фильтр с осадком, закрепленный на кювете, измеряют на низкофоновом альфа-бета-радиометре УМФ-2000 после накопления дочернего короткоживущего  $^{210}\text{Bi}$ . Химический выход  $^{210}\text{Pb}$  в ходе анализа определяют гравиметрически, используя холостую пробу в качестве эталона сравнения.

Внимание: По объективным причинам (период полураспада  $^{210}\text{Bi} = 5$  сут) работа выполняется в два этапа с интервалом не менее 3 – 4 недель. В первый этап входит концентрирование  $^{210}\text{Pb}$ , выделение его в радиохимически чистом виде и приготовление счетного образца. На втором этапе после накопления  $^{210}\text{Bi}$  осуществляется измерение счетного образца. Поскольку первый этап гораздо более длителен и трудоёмок, чем второй, сдача коллоквиума к лабораторной работе осуществляется на втором этапе параллельно с измерением счетного образца.

Ход работы.

1. Пробоподготовка и предварительное концентрирование  $^{210}\text{Pb}$ .

1.1. Налить аликвоту пробы объемом от 5 до 15 л (либо в количестве достаточном для достижения предела обнаружения) в емкость подходящего размера. Закислить пробу до  $\text{pH} = 2$  азотной кислотой.

1.2. Добавить 10 мг стабильного носителя Pb

1.3. Добавить 20 мг носителя железа в пробу. Нагревать раствор почти до кипения в течение часа.

1.4. Добавить 12 мл концентрированного гидроксида аммония для осаждения гидроксида железа. При необходимости перемешать раствор стеклянной палочкой. Нагревать стакан еще 30 минут.

1.5. Дать осадку отстояться в течение как минимум 30 минут. Слить верхний слив.

1.6. Отфильтровать осадок гидроксида железа на вакуумном фильтре.

1.7. Дважды промыть осадок на фильтре 20 мл воды.

1.8. Добавить 10 мл 2М HCl, чтобы растворить осадок.

1.9. Добавить 1 мл 1М аскорбиновой кислоты, перемешивая встряхиванием. Подождать 2-3 минуты. Перейти к разделу 2.

Внимание: Любая желтая или красная окраска раствора должна исчезнуть, что будет свидетельствовать о восстановлении Fe(III) до Fe(II). Если окраска не исчезает,

необходимо добавить по каплям дополнительное количество аскорбиновой кислоты, перемешивая, пока окраска не исчезнет.

## 2. Очистка $^{210}\text{Pb}$ от примесей на смоле SR

2.1. Кондиционировать смолу Sr с помощью 10 мл 2М HCl.

2.2. Пропустить раствор из п. 1.9 через смолу SR.

2.3. Промыть стакан 10 мл 2М HCl и пропустить раствор через смолу SR. Записать время и дату этого действия, эти данные будут использованы при расчете количества накопленного  $\text{Bi-210}$ . Вылить элюент в отходы.

2.4. Реэкстрагировать Pb со смолы 10 мл 0,2 М раствора цитрата аммония.

## 3. Подготовка источника для измерения $^{210}\text{Pb}$

3.1. Очень осторожно добавить 4 мл концентрированной серной кислоты в элюат с Pb дать раствору остыть в течение 10-15 минут.

3.2. Хорошо взболтать раствор. Должен образоваться белый осадок.

3.3. Взвесить ядерный фильтр на аналитических весах и записать результат.

3.4. Собрать установку для фильтрации и отфильтровать раствор из п. 3.2 через ядерный фильтр.

3.5. Дважды промыть осадок на фильтре сперва водой, а затем спиртом. Разобрать установку для фильтрации и аккуратно извлечь фильтр

3.6. Подсушить фильтр с пробой в течение 5 – 10 минут. Взвесить фильтр на аналитических весах и записать массу. Фильтр с пробой поместить на чашку Петри и оставить до следующего раза.

## 4. Приготовление образца сравнения для гравиметрического определения химического выхода $^{210}\text{Pb}$

Внимание: Для экономии времени выполнение данных операций можно осуществлять параллельно с выполнением п. 2.4.

4.1. Налить в чистый стакан 10 мл 0,2 М раствора цитрата аммония.

4.2. Добавить в стакан 10 мг стабильного носителя Pb.

4.3. Осуществить операции, описанные в п. 3.1 – 3.6.

## 5. Определение химического выхода $^{210}\text{Pb}$ и измерение пробы.

5.1. Измерить чистую кювету на альфа-бета-радиометре УМФ-2000 в течение 5000 – 8000 секунд для определения скорости счета фона.

5.2. Извлечь кювету из радиометра. Аккуратно закрепить фильтр на кювете с помощью клеевого карандаша.

5.3. Измерить кювету с фильтром на альфа-бета-радиометре УМФ-2000 в той же ячейке, в которой измеряли скорость счета фона.

## 6. Расчеты.

6.1. Построить градуировочную зависимость эффективности регистрации бета-излучения от массы образца, измеряемого на УМФ-2000 по данным, приведенным в табл. 9. Методом интерполяции найти эффективность регистрации для анализируемого образца и вычислить удельную активность  $^{210}\text{Pb}$  в пробе питьевой воды.

Таблица 9

Зависимость эффективности регистрации бета-излучения от массы образца, измеряемого на УМФ-2000

Масса образца на кювете, мг Эффективность регистрации бета-излучения  
Масса образца на кювете, мг Эффективность регистрации бета-излучения

50 0,241 160 0,175

60 0,235 180 0,163

70 0,229 200 0,151

80 0,223 220 0,139

90 0,217 240 0,127

100 0,21 260 0,115

120 0,199 280 0,103

140 0,187 300 0,089

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие обязательные данные:

1. Градуировочную зависимость по данным табл. 9 и расчет эффективности регистрации бета-излучения для вашего источника.
2. Значение удельной активности  $^{210}\text{Pb}$  в воде с обязательной оценкой погрешности измерения.
3. Вывод о пригодности проанализированной воды в качестве питьевой.
4. Оценку значения годовой эффективной эквивалентной дозы, получаемой человеком при регулярном потреблении измеренной питьевой воды. Принять, что среднее суточное потребление воды составляет 2 л, а коэффициент конверсии дозы для  $^{210}\text{Pb}$  равен  $1,3 \cdot 10^{-6}$  Зв/Бк.
5. Расчет исходного содержания  $^{222}\text{Rn}$  в анализируемой воде по измеренной активности  $^{210}\text{Pb}$ , а также по известному временному интервалу между отбором пробы (это вам подскажет преподаватель) и началом анализа.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.6. Отчет по лабораторным работам № 4

Примерный перечень тем

1. Лабораторная работа № 4. Определение класса строительных материалов по содержанию радионуклидов методом гамма-спектрометрии

Примерные задания

В качестве строительного материала взят песок со стройки жилого дома. Для определения эффективности регистрации радионуклидов используется насыпной эталон  $^{226}\text{Ra}$  с приблизительно такой же плотностью. Измерения проводятся на сцинтилляционном гамма-спектрометре Атомтех-1315АТ.

Ход работы.

1. Включить спектрометр и произвести калибровку по энергии с помощью эталонного точечного источника  $^{137}\text{Cs}$ .

2. Насыпать в сосуд Маринелли эталонный источник  $^{226}\text{Ra}$ , взвесить и записать результат. Измерить сосуд с эталоном на гамма-спектрометре в течение 5 – 10 минут.
3. С помощью функции спектрометрической обработки спектра определить скорости счета во всех значимых гамма-линиях ряда  $^{226}\text{Ra}$ .
4. Насыпать в сосуд Маринелли пробу до той же высоты, что и эталонный источник, взвесить и записать результат. Измерить сосуд с пробой на гамма-спектрометре в течение 1 часа.
5. Идентифицировать содержащиеся радионуклиды по энергии гамма-излучения. С помощью функции спектрометрической обработки спектра определить скорости счета во всех значимых гамма-линиях, включая линию 40К (1430 кэВ).
6. Построить зависимость эффективности регистрации гамма-квантов от энергии для данной геометрии измерения. Определить удельную активность 40К, а также радионуклидов рядов радия и тория в пробе. Рассчитать Аэфф.

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие обязательные данные:

1. Гамма-спектр измеренной пробы строительного материала (можно воспользоваться операцией Print Screen).
2. Таблицу со значениями энергий найденных гамма-пиков, идентифицированными радионуклидами и скоростями счета в соответствующих пиках.
3. Зависимость эффективности регистрации от энергии в графическом виде, полученную по результатам измерения эталонного насыпного источника.
4. Расчет активностей идентифицированных радионуклидов.
5. Расчет величины Аэфф. Вывод о принадлежности измеренного строительного материала к определенному классу и о возможности его использования в определенных видах строительных работ.
6. Протокол измерений и сертификат качества на измеренный образец (приблизительный шаблон для составления сертификата приведен в приложении А).

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.7. Отчет по лабораторным работам № 5

Примерный перечень тем

1. Лабораторная работа № 5. Определение изотопного состава урана методом альфа-спектрометрии

Примерные задания

Определение изотопного состава урана в данной работе проводят методом альфа-спектрометрии, измеряя тонкослойные источники, полученные электролизом урановых растворов, на альфа-спектрометре МКС-01А «Мультирад – АС» (ООО «НТЦ Амплитуда», Россия).

Ход работы

1. Калибровка спектрометра по энергии.
  - 1.1. Открыть дверцу спектрометра. Включить спектрометр и компьютер. Загрузить программу «Прогресс 5.1»

1.2. Установить с помощью пинцета контрольный источник (238,239,242Pu; 34,2 Бк на 01.03.2011) в верхний слот спектрометра. Закрывать дверцу спектрометра, дожидаться окончания откачки воздуха из измерительной камеры (останавливается автоматически при достижении давления менее 0,4 мм рт. ст.).

1.3. Выбрать в программе «Энергетическая калибровка» -> «Продолжить». Дождаться окончания набора спектра (автоматически останавливается через 600 с).

1.4. Нажать кнопку «Напуск» на корпусе спектрометра. По достижении атмосферного давления в камере, не отпуская кнопки, открыть дверцу, после чего извлечь (пинцетом, а не руками!) калибровочный источник.

## 2. Измерение проб.

2.1. Установить с помощью пинцета тонкослойный урановый источник в верхний слот спектрометра, положив его на алюминиевую подложку. Закрывать дверцу спектрометра, дожидаться окончания откачки воздуха из измерительной камеры.

2.2. Очистить память спектрометра: «Кнопка с временем измерения» -> «Очистка».

2.3. В параметрах измерений выставить время измерения = 2000 с. Начать измерение скорости счета.

2.4. По окончании измерения вручную выделить маркером пики 234U, 235U и 238U, записать скорость счета в пиках.

2.5. Нажать кнопку «Напуск» на корпусе спектрометра. По достижении атмосферного давления в камере, не отпуская кнопки, открыть дверцу, после чего заменить урановый источник и перейти к п. 2.1 для измерения следующей пробы.

2.6. По окончании работы выйти из программы, впустить воздух в измерительную камеру, открыть дверцу, извлечь источник, после чего можно выключить альфа-спектрометр. Обязательно убедиться, что в измерительной камере отсутствует источник излучения!

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие обязательные данные:

1. Полученные альфа-спектры образцов урана (можно воспользоваться операцией Print Screen).

2. Расчет соотношения активностей изотопов урана в измеренных образцах с погрешностью.

3. Расчет изотопного состава урана (массовые соотношения) в измеренных образцах с погрешностью.

4. Вывод о возможном природном или техногенном происхождении урана в измеренных образцах.

LMS-платформа – не предусмотрена

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

### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. 1. Дозы облучения (поглощенная, эквивалентная, эффективная). Основные дозовые пределы по НРБ-99/2009 для различных групп населения. 2. Способ оценки внутреннего облучения при поступлении радионуклида внутрь организма. Дозовый коэффициент.

Факторы, влияющие на величину дозового коэффициента. 3. Естественные и техногенные радионуклиды. Классификация естественных радионуклидов. Важнейшие техногенные радионуклиды в окружающей среде. 4. Поступление техногенных радионуклидов в окружающую среду за счет ядерных испытаний и штатных выбросов предприятий ЯТЦ. 5. Поступление техногенных радионуклидов в окружающую среду за счет аварий на предприятиях ЯТЦ, морских, воздушных и космических судах. 6. Классификация радиационных аварий (шкала INES). Крупнейшие радиационные аварии и их последствия. 7. Авария на Чернобыльской АЭС: причины и последствия. 8. Проблема техногенного рассеяния обедненного урана. 9. Характеристика радионуклидов, присутствующих в атмосфере. Космогенные радиоактивные изотопы. 10. Изотопы радона в атмосфере. Нормативы на содержание радона в воздухе. 11. Естественные радионуклиды в гидросфере. Нормативы на содержание радионуклидов в питьевой воде. 12. Техногенные радионуклиды в гидросфере. Нормативы на содержание радионуклидов в питьевой воде. 13. Радиоактивное загрязнение почв вследствие аварий на предприятиях ЯТЦ. Подходы к реабилитации радиоактивно-загрязненных территорий. 14. Способы снижения техногенных радионуклидов (Cs-137, Sr-90) в сельскохозяйственных растениях и животных на радиоактивно-загрязненных территориях. 15. Нормативы на содержание природных и техногенных радионуклидов в почвах и строительных материалах. 16. Постановка задачи и общие принципы определения радионуклидов в объектах окружающей среды; выбор метода определения радионуклида, определение химического выхода, интерпретация результатов. 17. Принципы отбора и подготовки проб природных объектов. Концентрирование радионуклидов из проб большого объема. 18. Проблема техногенного радиоактивного загрязнения водоемов в России. 19. Определение суммарной удельной альфа- и бета-активности в питьевой воде. 20. Радиоуглеродный метод датирования. 21. Равновесные методы датирования горных пород и минералов (калий-аргоновый метод, рубидий-стронциевый метод и т.д.). Метод изохрон. 22. Неравновесные методы датирования горных пород и минералов, основанные на нарушении равновесия в природных рядах урана и тория.

LMS-платформа – не предусмотрена

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

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	общение в социальных сетях и электронной почте в системах «студент-преподаватель», «группа студентов-преподаватель», «студент-	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-8	3-1	Домашняя работа Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам № 1 Отчет по лабораторным

	студент», «студент-группа студентов»				работам № 2 Отчет по лабораторным работам № 3 Отчет по лабораторным работам № 4 Отчет по лабораторным работам № 5
--	--------------------------------------------	--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------