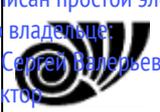


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 17.09.2025 11:02:17
Уникальный программный ключ:
04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8522523



МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Фонд оценочных средств по дисциплине «Поведение радионуклидов в природных средах» по направлению подготовки 06.03.01 «Биология» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
---	---	--------

**Фонд оценочных средств
для промежуточной аттестации
по дисциплине (модулю)**

Поведение радионуклидов в природных средах

Направление подготовки (специальность)
06.03.01 Биология

Направленность (профиль)
Биофизика

Присваиваемая квалификация
Бакалавр

Форма обучения
очная

Год (ы) набора: 2023

Челябинск, 2025 г.

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: **06.03.01 Биология**

Направленность (профили): Биофизика

Дисциплина: **Поведение радионуклидов в природных средах**

Семестры изучения: 6

Форма промежуточной аттестации: зачет

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Поведение радионуклидов в природных средах» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержание компетенций согласно ФГОС	Коды и содержание индикаторов	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3	4
УК-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	<p>УК-8.1. Идентифицирует опасности и оценивает факторы риска, опирается на принципы создания и поддержания безопасных условий жизнедеятельности для сохранения природной среды и обеспечения устойчивого развития общества.</p> <p>УК-8.2. Обеспечивает создание и поддержание безопасных условий жизнедеятельности, оказания первой помощи в повседневной жизни и в профессиональной деятельности, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.</p> <p>УК-8.3. Применяет способы и технологии создания и поддержания безопасных условий жизнедеятельности, в повседневной жизни и в профессиональной</p>	<p>Знать: Для достижения УК-8.1. знать: применение источников ионизирующего излучения в деятельности человека. Источники загрязнения радионуклидами биосферы. Требования и нормативы, установленные в НРБ-99. Для достижения УК-8.3. знать: принципы радиоэкологического мониторинга.</p> <p>Уметь: Для достижения УК-8.1. уметь: определять допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудования. Для достижения УК-8.3. уметь: ориентироваться в возможных негативных последствиях применения радиационно-опасных технологий.</p> <p>Владеть: Для достижения УК-8.2. владеть: навыками, снижающими или исключающими радиационное облучение организма; формулами для расчетов доз облучения, навыками пользования нормативными документами, НРБ-99.</p>

		деятельности, алгоритм оказания первой помощи, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.	
ПК-2	Способен применять знания по биофизике для решения задач медицинской, ветеринарной биофизики, радиобиологии и генетики	<p>ПК-2.1. Применяет базовые представления о фундаментальных основах биофизики, современных математических методах моделирования биологических процессов.</p> <p>ПК-2.2. Использует современные методы обработки данных.</p>	<p>Знать: Для достижения ПК-2.1. знать: принципы использования радионуклидных методов в биологических исследованиях, естественные и искусственные радиоактивные изотопы, понятие о радиоактивности, радиоактивность оболочек Земли, принципы миграции и распределения радионуклидов по оболочкам Земли.</p> <p>Уметь: Для достижения ПК-2.1. уметь: вычислять дозу облучения, зная исходные параметры среды, прогнозировать пути миграции радионуклидов по компонентам экосистемы. Для достижения ПК-2.2. уметь: определять допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудования; пользоваться дозиметрами, лабораторным и вспомогательным оборудованием</p> <p>Владеть: Для достижения ПК-2.1. владеть: навыками работы с периодическими изданиями (журналами, сборниками) по интересующему вопросу, профессиональными знаниями для анализа и систематизации собранной информации в процессе радиоэкологического исследования. Для достижения ПК-2.2. владеть: методами полевой и лабораторной дозиметрии, приемами биотестирования и биоиндикации среды, знаниями о прикладных аспектах радиоэкологии.</p>

3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации № задания
1	<p>УК-8</p> <p>Знать: Для достижения УК-8.1. знать: применение источников ионизирующего излучения в деятельности человека. Источники загрязнения радионуклидами биосферы. Требования и нормативы, установленные в НРБ-99. Для достижения УК-8.3. знать: принципы радиоэкологического мониторинга.</p> <p>Уметь: Для достижения УК-8.1. уметь: определять допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудования. Для достижения УК-8.3. уметь: ориентироваться в возможных негативных последствиях применения радиационно-опасных технологий.</p> <p>Владеть: Для достижения УК-8.2. владеть: навыками, снижающими или исключаящими радиационное облучение организма; формулами для расчетов доз облучения, навыками пользования нормативными документами, НРБ-99.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Радиоактивные источники в окружающей среде. 2. Радиационное загрязнение регионов России. 3. Радиоэкологическое нормирование. 4. Радиоэкологический мониторинг. 5. Радиометрия. 	Устный опрос, реферат, контрольная работа	Вопросы к зачету № 1-27

2	<p>ПК-2 Знать: Для достижения ПК-2.1. знать: принципы использования радионуклидных методов в биологических исследованиях, естественные и искусственные радиоактивные изотопы, понятие о радиоактивности, радиоактивность оболочек Земли, принципы миграции и распределения радионуклидов по оболочкам Земли. Уметь: Для достижения ПК-2.1. уметь: вычислять дозу облучения, зная исходные параметры среды, прогнозировать пути миграции радионуклидов по компонентам экосистемы. Для достижения ПК-2.2. уметь: определять допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудования; пользоваться дозиметрами, лабораторным и вспомогательным оборудованием Владеть: Для достижения ПК-2.1. владеть: навыками работы с периодическими изданиями (журналами, сборниками) по интересующему вопросу, профессиональными знаниями для анализа и систематизации собранной информации в процессе радиоэкологического исследования. Для достижения ПК-2.2. владеть: методами полевой и лабораторной дозиметрии, приемами</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предмет «Поведение радионуклидов в природных средах» как раздел радиационной экологии. 2. Радиоактивные источники в окружающей среде. 3. Закономерности миграции радионуклидов в атмосфере, гидросфере, литосфере. 4. Свойства и процессы переноса радионуклидов космического происхождения, естественного (земного) происхождения, искусственных радионуклидов при ядерных взрывах, в ядерном топливном цикле. 5. Биотестирование и биоиндикация радиоактивного загрязнения. 6. Радиометрия. 	Устный опрос, реферат, контрольная работа	Вопросы к зачету № 1 - 27
---	--	---	---	---------------------------

биотестирования и биоиндикации среды, знаниями о прикладных аспектах радиоэкологии.				
---	--	--	--	--

Примечание: типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе дисциплины (модуля). Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре.

3.2 Содержание оценочных средств

Оценочные средства промежуточной аттестации» представлены перечнем вопросов для зачета.

3.2.1 Теоретические вопросы к зачету

1. Искусственный радиационный фон

Ответ: Искусственный радиационный фон обусловлен широким использованием в самых различных областях расщепляющихся материалов, в том числе искусственно созданных, а также аппаратуры, генерирующей ионизирующее излучение. Это приводит к увеличению доз облучения как отдельных людей, так и человечества в целом. В большинстве случаев доза техногенного облучения невелика. В среднем эффективная эквивалентная доза, обусловленная искусственным радиационным фоном, составляет примерно 2 мЗв в год. Основной вклад в эффективную эквивалентную дозу облучения техногенного характера вносят медицинские источники (до 98 %). Наиболее распространено использование рентгеновского излучения с диагностическими целями. Кроме того, в последние десятилетия сильно возросло использование радиоактивных изотопов для исследования различных процессов в организме человека и для локализации злокачественных опухолей. Загрязнение техногенными радионуклидами в глобальных масштабах произошло в результате испытания ядерного оружия. С 1945 года в мире было произведено множество испытаний ядерного оружия. Наиболее интенсивно эти испытания проводились в 1954 – 1958 и 1961 – 1962 годах. В 1963 году Великобританией, СССР и США в Москве был подписан многосторонний международный договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой. Другой источник техногенных радионуклидов - атомная энергетика. Ядерный топливный цикл включает в себя несколько стадий: добыча и обогащение урановой руды, производство и транспортировка ядерного топлива, производство энергии, вторичная обработка отработанного топлива и захоронение радиоактивных отходов. Каждая из этих стадий вносит определенный вклад в искусственный радиационный фон. Профессиональное облучение. получают люди, профессионально связанные с радиоактивностью и источниками ионизирующего излучения, прежде всего, идет о персонале, занятом на всех стадиях ядерного топливного цикла. Дополнительные дозы получают и работники обычных промышленных предприятий, например, при производстве люминофоров с использованием радиоактивных материалов или на установках промышленной дефектоскопии. Повышенные дозы получают шахтеры, добывающие каменный уголь, железную руду. Повышенному облучению подвергается медицинский персонал, связанный с использованием ионизирующего излучения и радиоактивных изотопов, а также экипажи самолетов, совершающих полеты на большой высоте. Источниками дополнительного облучения являются и многие общеупотребительные предметы и приборы, а также курение.

2. Искусственные радиоактивные элементы: йод, цезий, стронций

Ответ: Иод-131— искусственный радиоактивный изотоп иода. Период полураспада около 8 суток, механизм распада — бета-распад. Впервые получен в 1938 году в Беркли.

Является одним из значимых продуктов деления ядер урана, плутония и тория, составляя до 3 % продуктов деления ядер. При ядерных испытаниях и авариях ядерных реакторов является одним из основных короткоживущих радиоактивных загрязнителей природной среды. Представляет большую радиационную опасность для человека и животных в связи со способностью накапливаться в организме, замещая природный иод.

Применяется в медицине для радиоiodтерапии щитовидной железы.

Цезий-137 — один из главных компонентов радиоактивного загрязнения биосферы. Содержится в радиоактивных выпадениях, радиоактивных отходах, сбросах заводов, перерабатывающих отходы атомных электростанций. Интенсивно сорбируется почвой и донными отложениями; в воде находится преимущественно в виде ионов. Содержится в растениях и организме животных и человека. Коэффициент накопления ^{137}Cs наиболее высок у пресноводных водорослей и арктических наземных растений, а также лишайников. В организме животных ^{137}Cs накапливается главным образом в мышцах и печени. Наибольший коэффициент накопления его отмечен у северных оленей и североамериканских водоплавающих птиц. Накапливается в грибах, ряд которых (маслята, моховики, свинушка, горькушка, польский гриб) считается «аккумуляторами» радиоцезия.

Стронций-90 — образуется преимущественно при делении ядер в ядерных реакторах и ядерном оружии. В окружающую среду ^{90}Sr попадает преимущественно при ядерных взрывах и выбросах с АЭС.

Стронций является аналогом кальция и способен прочно откладываться в костях. Длительное радиационное воздействие ^{90}Sr и продуктов его распада поражает костную ткань и костный мозг (миелотоксичность), что приводит к развитию хронической лучевой болезни, опухолей кроветворной ткани и костей (радиогенная остеосаркома). У беременных женщин накопленный в костях изотоп оказывает радиоактивное воздействие и на плод. С учётом этого и того, что стронций-90 обладает относительно длительным периодом полураспада, в основном используется как маркерный при определении границ и уровней антропогенного радиоактивного загрязнения. При этом общий уровень ионизирующего излучения (включая γ - и α -) и суммарное содержание всех загрязняющих радионуклидов, в том числе короткоживущих, на данной территории может быть выше выявляемого стронция-90 или β -излучения.

3. Естественный радиационный фон

Ответ: Естественную радиацию образуют излучение, падающее на Землю из космоса (космическая радиация), и радиоактивные элементы, содержащиеся в земных породах. Космическая радиация бывает двух видов галактическая и солнечная. Космические лучи, достигающие Земли, представляют собой поток ядерных частиц. Это первичное космическое излучение. Оно включает протоны, -частицы, ядра других атомов. При взаимодействии космических частиц с атомами атмосферы возникает вторичное космическое излучение, приводящее к образованию радионуклидов. Солнечная радиация - это электромагнитное и корпускулярное излучение Солнца. Во время вспышек Солнце испускает огромное количество энергии в виде излучения в области видимого, инфракрас-

ного, ультрафиолетового и рентгеновского спектра излучения. Главным источником поступления естественных радиоактивных веществ в окружающую среду являются горные породы, в состав которых входят радиоактивные элементы, возникшие в период формирования и развития планеты.

4. Радиоактивные семейства

Ответ: Естественный радиационный фон Земли связан с ее историей и эволюцией биосферы, является неотъемлемой составляющей природной среды обитания. Естественная радиоактивность включает несколько компонентов: космические излучения; радиоактивные вещества в составе земных недр; радиоактивные вещества гидросферы Земли. Систематическое изучение радиоактивных элементов, встречающихся в природе, показало, что все они могут быть расположены в виде трех последовательных цепочек, называемых радиоактивными семействами или рядами. Первое семейство называется семейством урана. Оно начинается с α -активного изотопа урана U^{238} , который имеет период полураспада $4.5 \cdot 10^9$ лет, и заканчивается стабильным изотопом свинца Pb^{206} . Второе семейство - семейство актиноурана начинается с изотопа урана U^{235} , который имеет период полураспада примерно $7 \cdot 10^8$ лет, семейство заканчивается вторым стабильным изотопом свинца Pb^{207} . Третье семейство – семейство тория начинается с Th^{232} , имеющего период полураспада $1.4 \cdot 10^{10}$ лет, и заканчивается третьим стабильным изотопом свинца Pb^{208} . Нептуний-237 является родоначальником вымершего радиоактивного семейства, называемого рядом нептуния; все члены этого семейства (кроме предпоследнего, висмута-209) давно распались.

5. Регионы Земли с повышенным естественным радиационным фоном

Ответ: На Земле существуют населенные области с повышенным радиационным фоном. Это, например, высокогорные города Богота, Лхаса, Кито, где уровень космического излучения примерно в 5 раз выше, чем на уровне моря. Это также песчаные зоны с большой концентрацией минералов, содержащих фосфаты с примесью урана и тория - в Индии (штат Керала) и Бразилии (штат Эспириту-Санту). Можно упомянуть участок выхода вод с высокой концентрацией радия в Иране (г. Ромсер). Хотя в некоторых из этих районов мощность поглощенной дозы в 1000 раз превышает среднюю по поверхности Земли, обследование населения не выявило сдвигов в структуре заболеваемости и смертности.

6. Миграция радионуклидов в атмосфере

Ответ: радиоактивная примесь попадает в атмосферу в виде газов или аэрозолей в процессе их выброса или естественного выхода в местах с повышенной концентрацией этой примеси. Наиболее загрязняют атмосферу наземные испытания ядерного оружия. Большая часть искусственных радионуклидов попала в атмосферу в результате проводимых ядерных испытаний в США и СССР в 50-60 гг 20 века. При попадании мелких радиоактивных аэрозолей в состав радиоактивного облака в тропосферу происходит их разбавление в результате диффузии, горизонтального размывания в направлении движения ветра, смещения воздушных струй по вертикали. Основными факторами воздействия на радионуклиды в облаке являются: 1) радиоактивный распад и накопление дочерних продуктов; 2) влажное оседание, когда пар или аэрозоль попадают в капли воды или в снежинки в облаке и выпадают в виде осадков, также возможно вымывание падающими осадками и воздействие тумана; 3) сухое оседание или гравитационное оседание, отложение аэрозолей и адсорбция паров на предметах, находящихся на пути ветра; 4) образование и слипание аэрозолей; 5) вторичное пылеобразование осевшей на землю

примеси под действием сильного ветра. При сопоставлении результатов исследований переноса радиоактивных аэрозолей с метеорологическими данными было установлено, что радиоактивные аэрозоли в тропосфере мигрируют в соответствии с законом перемещения воздушных масс. При этом скорость переноса вдоль параллели значительно больше, чем в меридиональном направлении.

7. Миграция радионуклидов в водных экосистемах

Ответ: На поведение радионуклидов в водных экосистемах оказывает действие большое число факторов: концентрация в воде изотопных и неизотопных носителей, pH, свет, температура, сезон года, трофность водоёма, видовые особенности гидробионтов. Важную роль также играет прочность фиксации радионуклидов в живой биомассе, органических и минеральных останках организмов и донных отложениях. При поступлении в воду открытых водоемов в первую очередь фиксируют следующие процессы: разбавление радионуклидов, сорбция их дном, поглощение тканями гидробионтов. Для оценки накопления радионуклидов биотой используют *коэффициент накопления* – это отношение удельной активности биологической пробы к удельной активности среды. Коэффициент накопления радионуклидов тканями гидробионтов зависит от вида гидробионта, физико-химических свойств радиоизотопов, удельной активности воды, ее солевого состава, температуры и прочих условий. Водные организмы более интенсивно накапливают радиоизотопы биогенных элементов (фосфор, углерод и др.), а также элементы, родственные им по своим химическим свойствам. При попадании радионуклидов в водоем наблюдают их миграцию на прибрежную территорию в результате метеорологических фактора, гидрологических факторов, биологических факторов, хозяйственной деятельности человека.

8. Миграция радионуклидов в почве

Ответ: Миграция радионуклидов при попадании их в почву зависит от ряда условий: физико-химических свойств отдельных изотопов и формы химических соединений, в которых они находятся, физико-химических свойств почвы, наличия в ней ионов, близких по химическим свойствам к попадающим в почву радиоизотомам, pH среды, характера движения грунтовых вод и т.п. Осколочные продукты при попадании на поверхность почвы прочно фиксируются в ее верхнем слое. Проникновение их вглубь обычно пропорционально количеству дождевых осадков. Этот процесс протекает медленно, и даже в местах, где количество осадков значительно, проходит несколько лет, прежде чем радиоизотопы накопятся в нижележащих слоях в заметном количестве. Важную роль в перераспределении изотопов, попавших на поверхность земли, играют топографические и климатические условия. С крутых склонов радионуклиды вместе с частицами почвы могут сноситься потоками атмосферных осадков, накапливаясь на пониженных участках рельефа и попадать в воду. В миграции изотопов имеют значение процессы, наблюдаемые при ветровой эрозии почвы и т.д. В результате загрязнения почвы радионуклидами они поступают в наземную растительность. Коэффициенты накопления радионуклидов на разных типах почв при одинаковой плотности поверхностной загрязненности могут различаться в 10–20 раз. Интенсивность накопления радионуклидов растениями может быть уменьшена при внесении в почву, содержащую небольшое количество стабильных аналогов, минеральных удобрений.

9. Роль животных и растений в миграции радионуклидов

Ответ: животные и растительные организмы играют роль в перераспределении радиоизотопов во всех оболочках земли. Почвенные животные организмы осу-

ществляют механическое перераспределение радионуклидов, а также, накапливая радионуклиды в своем организме и включаясь в пищевую цепь, осуществляют вынос радионуклидов из почвы. Растения участвуют в вертикальной миграции радионуклидов в почве, путем поглощения их из более низких слоев корневой системой и поднятия по проводящим системам растения в надземную часть. Надземная часть растений захватывают выпадающие из атмосферы аэрозоли, выводя их из дальнейшей горизонтальной миграции в воздухе. Травы и лиственный опад обеспечивают переход атмосферных радиоактивных аэрозолей, выпадающих на растительность, в почву. Гидробионты накапливают радионуклиды из воды и грунтов водоемов. Скорость и количество накопленных радионуклидов зависит от особенностей экологии конкретного организма, стадии онтогенеза организма, типа питания, места в трофической цепи, химических свойств радионуклидов, температуры, рН, химического состава воды водоема. Прибрежная растительность также участвует в процессах миграции радионуклидов, осуществляет их поглощение из воды водоема и вынос на прибрежные зоны с листовым опадом или отмирающими частями растения.

10. Ядерный топливный цикл. Общая схема ядерного реактора, источники загрязнения окружающей среды при нормальной работе АЭС.

Ответ: Всю последовательность повторяющихся производственных процессов, начиная с добычи урановой руды, приготовления топлива, включая производство энергии на АЭС и заканчивая переработкой и удалением отходов, называют ядерным топливным циклом. Структура ЯТЦ существенным образом зависит от типа ядерного реактора, вида ядерного топлива, характера использования отработанного топлива и ряда других факторов. Основная часть любого ядерного реактора - активная зона, образуемая загруженным ядерным топливом в виде тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), в которых происходит реакция деления. По составу ядерного топлива могут быть урановые и плутониевые реакторы. При этом топливо может быть твердым, жидким или газообразным. В серийных реакторах используется, как правило, твердое топливо. Тепло, выделяющееся в ТВЭЛх, отводится теплоносителем, непрерывно циркулирующим через активную зону. По виду теплоносителя реакторы могут быть водными, жидкометаллическими, газовыми. В результате очистных мероприятий в различных технологических системах реактора, ремонта или замены оборудования, проведения лабораторных испытаний и других мероприятий на АЭС возникают радиоактивные отходы. Задача обеспечения радиационной безопасности на этой и всех последующих стадиях ЯТЦ состоит в полной изоляции радиоактивных веществ от биосферы, как при нормальном режиме работы, так и при возможных аварийных ситуациях. На АЭС принимаются меры по удержанию этой огромной активности в пределах активной зоны реактора и предотвращению ее попадания в окружающую среду. В зависимости от физико-химического состояния и особенностей поведения в технологических системах АЭС и окружающей среде можно выделить следующие группы продуктов деления: 1) инертные радиоактивные газы, 2) летучие вещества, 3) тритий; радиоактивный углерод, 4) нелетучие вещества, 5) актиноиды, 6) продукты активации.

11. Ядерный топливный цикл. Общая схема ядерного реактора, радиоактивные отходы АЭС: газообразные жидкие, твердые.

Ответ: Всю последовательность повторяющихся производственных процессов, начиная с добычи урановой руды, приготовления топлива, включая производство энергии на АЭС и заканчивая переработкой и удалением отходов, называют ядерным топливным циклом. Структура ЯТЦ существенным образом зависит от типа ядерного реактора, вида

ядерного топлива, характера использования отработанного топлива и ряда других факторов. Основная часть любого ядерного реактора - активная зона, образуемая загруженным ядерным топливом в виде тепловыделяющих элементов (ТВЭЛОВ), в которых происходит реакция деления. По составу ядерного топлива могут быть урановые и плутониевые реакторы. При этом топливо может быть твердым, жидким или газообразным. В серийных реакторах используется, как правило, твердое топливо. Тепло, выделяющееся в ТВЭлах, отводится теплоносителем, непрерывно циркулирующим через активную зону. По виду теплоносителя реакторы могут быть водными, жидкометаллическими, газовыми. В результате очистных мероприятий в различных технологических системах реактора, ремонта или замены оборудования, проведения лабораторных испытаний и других мероприятий на АЭС возникают радиоактивные отходы. Основным источником газообразных отходов – это система очистки теплоносителя 1-го контура. Кроме того, газообразные отходы возникают в результате дегазации разного рода протечек теплоносителя, выхода газов при водообмене в реакторе и при отборе проб воды. После сложной системы обработки газообразные отходы выбрасываются через газоотводную трубу. Жидкие радиоактивные отходы составляют в основном остатки выпарных аппаратов, фильтроматериалы и ионообменные смолы. Загрязненная вода, образующаяся в результате эксплуатации и ремонта реактора, очищается и повторно используется. Жидкие радиоактивные отходы поступают в специальное хранилище отходов — бетонные емкости, облицованные нержавеющей сталью. К твердым отходам АЭС относятся отходы, возникающие после отверждения концентрированных жидких отходов; части и детали оборудования и приборов, вышедшие из строя; использованный инструмент; расходные материалы (бумага, тряпки, ветошь). Твердые отходы АЭС после сбора и переработки помещают в хранилище твердых отходов на территории АЭС

12. Свойства и процессы переноса радионуклидов космического происхождения.

Ответ: Наиболее значимые для радиозологии космогенные радионуклиды ^3H , ^7Be , ^{14}C образуются в атмосфере. Из них ^3H и ^{14}C являются также искусственными радионуклидами, образующимися как в атмосфере, так и в водной среде. В силу большого периода полураспада тритий является глобальным загрязнителем атмосферы. Образуется в атмосфере в результате взаимодействия космического излучения с ядрами атомов воздуха. 65% трития находятся в океане, 27% - в поверхностных водах континентов и в литосфере, 8% - в атмосфере. Тритий образуется и в результате испытаний термоядерного оружия, является одним из наиболее подвижных радионуклидов, обладает высокой миграционной способностью в природных средах. В отличие от других радионуклидов не удерживается никакими очистными барьерами. Как правило, в атмосфере сразу после образования ^3H соединяется с кислородом воздуха в молекулы тяжелой воды НТО. В атмосфере ^3H перемещается в виде паров воды с воздушными массами; поступает на поверхность Земли и водные поверхности в виде осадков, а возвращается в атмосферу в результате испарения и прямого обмена между водой и воздухом. В верхних слоях океана содержание трития максимально, с глубиной его количество в воде резко падает. С земной поверхности НТО поступает в почво-грунтовые и, через них, в подземные воды, а также по водосборам через гидрографическую сеть - в воды морей и океанов. ^7Be образуется под действием космического излучения в атмосфере, содержится и перемещается в ней в виде аэрозоли. В морской воде наиболее вероятной химической формой нахождения бериллия являются продукты его гидролиза. В живые организмы ^7Be поступает преимущественно через органы дыхания, транспортируется в виде неорга-

нических соединений (фосфата или цитрата), свободно проникает в клетки всех тканей. В виде растворимых соединений (хлорида, сульфата, нитрата) через кровь может накапливаться в скелете.

Основным источником поступления ^{14}C в биосферу является его образование в атмосфере под действием космического излучения. На содержание ^{14}C в биосфере влияет интенсивная производственно-хозяйственная деятельность человека. Основная химическая форма нахождения ^{14}C в атмосфере – диоксид углерода. Основными процессами круговорота $^{14}\text{CO}_2$ в биосфере являются: фотосинтез, эмиссия из океана, эмиссия из почв и поверхностных вод, антропогенная эмиссия. Так как живые организмы состоят почти целиком из соединений углерода, то ^{14}C накапливается в живых организмах. Поражающее действие ^{14}C связано с его вхождением в состав молекул белков и, особенно, молекул ДНК и РНК. Существенное значение имеет эффект изменения химического состава молекул при распаде ^{14}C – так называемая трансмутация атомов углерода в атомы азота.

13. Свойства и процессы переноса радионуклидов естественного (земного) происхождения.

Ответ: Основным резервуаром естественных радионуклидов являются горные породы. ^{40}K является одним из главных естественных радионуклидов в почвах, водах, донных отложениях и в биологических объектах. Калий – один из важных биологических элементов. В биомассу на земной поверхности поступает преимущественно в растворимой форме через корневую систему и распределяется в живых организмах равномерно. В водные экосистемы поступает из горных пород и почв в растворимой ионной форме и, благодаря хорошей растворимости, весьма однородно распределяется в толще вод. Его концентрация мало изменяется под действием химических и биологических факторов. Содержание ^{40}K в донных отложениях в 2 – 20 раз выше, чем воде водоемов. Процессы миграции радионуклидов семейств ^{238}U и ^{232}Th существенно более сложные из-за многообразия участвующих в них радиоактивных элементов. В отличие от материнских ^{238}U и ^{232}Th продукты их распада в результате разрушения минералов при радиоактивном распаде концентрируются в зоне нарушений и в капиллярах минерала, что облегчает их выщелачивание из них и переход в подземные воды. Интенсивность миграции этих радионуклидов из горных пород зависит как от степени их разрушения, так и состава растворов. Уран отличается высокой реакционной способностью и образует большое число соединений. Характер и способность к миграции урана определяется способностью U^{6+} участвовать в окислительно-восстановительных реакциях, присутствием в поровых растворах. В результате выветривания и выноса с подземными водами уран переходит в наземные воды и к поверхности Земли, поступает в биомассу.

^{226}Ra широко распространен в природе и является одним из основных источников естественного радиационного фона. Содержится практически во всех объектах окружающей среды. Независимо от химической формы при поступлении в живые организмы депонируются в костных тканях. Хорошо усваивается растениями и, через них, может поступать в организмы животных.

Источником поступления ^{222}Rn в окружающую среду является ^{226}Ra , содержащийся в горных породах, а также ^{226}Rn и ^{222}Rn , содержащиеся в почвах, подземных водах, поверхностных водах и донных отложениях, наземных и водных растениях, а также вулканиче-

ская активность. Основной путь переноса радона – из горных пород по трещинам с газовой фазой и с водой к поверхности Земли через почву, в которой может содержаться в значительном количестве в почвенном воздухе. Содержание радона в природных водах в целом снижается от подземных и грунтовых вод к поверхностным. Особенно низкое его содержание в воде морей и океанов. Основной путь поступления радона в организмы – ингаляционный, а основное радиационное воздействие связано с дочерними продуктами распада радона.

Интенсивность выноса ^{232}Th из коры выветриванием и миграционная способность его в водной среде существенно меньше, чем у урана и не зависит от окислительно-восстановительных условий среды. Геохимические свойства тория резко отличны от таковых для урана. Это связано с тем, что наиболее распространенные минералы тория (монацит и циркон) склонны к химическому разложению и торий сохраняется преимущественно в осадочных минералах. Основная часть тория мигрирует с крупным обломочным материалом. Из-за склонности к гидролизу и адсорбции на взвешенных частицах и коллоидах значительная часть тория осаждается из водной толщи в виде взвесей и коллоидов, причем сохраняет эти формы в водоемах вплоть до осаждения на дно. В целом из-за этих свойств миграционная способность тория в природных водах сильно ограничена. В живых организмах соли тория подвергаются гидролизу с образованием трудно растворимого гидроксида, который образует прочные комплексы с белками, аминокислотами и органическими кислотами.

14. Свойства и процессы переноса искусственных радионуклидов при ядерных взрывах, в ядерном топливном цикле

Ответ: Размер частиц, радионуклидный и химический состав, структура и другие свойства материалов, образованных при ядерных взрывах, зависят от мощности и типа взрыва, механизма его поведения, а также состава и др. свойств среды, в которой проведен взрыв. Формы образования радионуклидов при ядерных взрывах существенно зависят от их температур кипения (испарения). Из-за малого весового содержания продукты взрыва в большинстве случаев не образуют самостоятельных частиц, а захватываются твердой фазой вещества огненного шара в процессе его конденсации. Они либо входят в состав этой фазы, либо адсорбируются на аэрозолях. При остывании огненного шара раньше всего начинают конденсироваться тугоплавкие химические элементы с наибольшими температурами кипения. Сюда относятся в первую очередь продукты активации (радионуклиды металлов) элементов конструкции. Они образуются в виде довольно крупных сплавленных частиц и различных окислов, которые прочно и однородно фиксируются в сплавленный агломерат. Сюда относят и довольно крупные фрагменты – так называемые «горячие частицы». При постепенном снижении температуры газовой фазы взрыва радионуклиды могут входить и в состав других химических соединений в результате взаимодействия с содержащимися в атмосфере парами воды. Дальнейший перенос радионуклидов во многом зависит от температуры конденсации (чем она ниже, тем дальше они распространяются в атмосфере), от состава и свойств веществ. Частицы достаточно большой массы распространяются в атмосфере на относительно небольшие расстояния. Аэрозоли и чрезвычайно малые частицы выбрасываются в тропосферу и с воздушными потоками распространяются в глобальном масштабе. Часть ИРН и самих тонкодисперсных частиц попадает в стратосферу, распределяется в ней довольно равномерно при перемешивании воздушных потоков и может переноситься из одного полушария в другое. Большая часть радионуклидов – продуктов взрыва, содержащихся в аэро-

зольной форме, способны вовлекаться в обменные процессы в биосфере, в том числе в водной среде, в почве, биологических объектах.

15. Биотестирование. Оценка качества воды, воздуха, почвы.

Ответ: Биотестирование осуществляется экспериментально с использованием, как правило, стандартизованных лабораторных тест-систем, путем регистрации изменений биологически важных показателей (тест-реакций) под воздействием исследуемых проб. В последующем оценивается состояние биологических систем в соответствии с выбранными критериями токсичности. Цели биотестирования различны в разных сферах приложения]. Биотесты проводятся для определения общей токсичности, мутагенности и канцерогенности. Воздействие в тест-системе измеряется посредством имитации возможных путей поступления вредного вещества в организм, поэтому основными тестируемыми объектами являются водные среды. В качестве биологических чувствительных сенсоров выступают гидробионты: простейшие, водоросли, ракообразные, моллюски, рыбы и др. Изучение токсичности твердых компонентов окружающей среды (почв, донных осадков, грунтов, отходов и т.п.) считают опосредованным способом воздействия на биосенсор [4]. В этом случае используют водные вытяжки или поровые воды указанных сред. Необходимость диагностики качества почвы (водных сред) по биотическим показателям обоснована тесной взаимозависимостью «косного» и «биологического» начал. Биотические показатели могут дать информацию о трансформировании экосистемы, о состоянии организмов и степени приемлемости воздействий для сохранения разнообразия форм жизни и их сбалансированного развития. Это особенно важно при разработке новых природоохранных технологий, направленных на восстановление и ремедиацию нарушенных (загрязненных) объектов с использованием нетрадиционных биоремедиантов.

16. Биоиндикация. Определение, классификация, основные подходы.

Ответ: Биоиндикация – оценка качества среды обитания и ее отдельных характеристик по состоянию биоты в природных условиях. Для учета изменения среды под действием антропогенного фактора составляются списки индикаторных организмов. Биоиндикатор – группа особей одного вида или сообщества, по наличию или по состоянию которых, а также по их поведению судят о естественных и антропогенных изменениях в среде. Живые биоиндикаторы имеют ряд преимуществ перед химическими методами оценки состояния окружающей среды, широко применяемыми в настоящее время: они суммируют все без исключения биологически важные данные об окружающей среде и отражают ее состояние в целом, в условиях хронической антропогенной нагрузки биоиндикаторы могут реагировать на очень слабые воздействия в силу аккумуляции дозы, делают необязательным применение дорогостоящих и трудоемких физических и химических методов для измерения биологических параметров; живые организмы постоянно присутствуют в окружающей человека среде и реагируют на кратковременные и залповые выбросы токсикантов, которые можно не зарегистрировать при помощи автоматической системы контроля с периодичным отбором проб, указывают пути и места скопления различного рода загрязнений в экологических системах, помогают нормировать допустимую нагрузку на экосистемы, различающиеся по своей устойчивости к антропогенному воздействию. Существует несколько разных форм биоиндикации. Если две одинаковые реакции вызываются различными антропогенными факторами, то это будет неспецифическая биоиндикация. Если же те или иные изменения можно связать с влиянием какого-либо одного фактора,

то биоиндикация такого типа называется специфической. Биоиндикаторы по ответным реакциям на внешние воздействия также могут быть отнесены к нескольким типам. Во-первых, у ряда видов животных существенно меняется численность популяций в условиях нарушения среды. Это будут количественные биоиндикаторы. Наряду с ними есть качественные биоиндикаторы, по присутствию или отсутствию которых также можно дать характеристику биоценоза.

17. Радиометрическая аппаратура. Ионизационные детекторы, полупроводниковые детекторы, сцинтилляционные детекторы.

Ответ: Любой радиометрический прибор имеет в качестве основной части детектор (счетчик), подающий в усилительно-измерительную схему сигналы о поступлении ионизирующих частиц или гамма-квантов. Существуют ионизационные, полупроводниковые и сцинтилляционные детекторы. Ионизационный детектор представляет собой воздушный конденсатор, состоящий из двух металлических пластин, расположенных на некотором расстоянии друг от друга, к которым приложена разность потенциалов. В отсутствии радиации тока в цепи не будет, поскольку воздух является изолятором. Радиоактивные частицы, попав внутрь конденсатора, ионизируют воздух, превращая его в проводник электричества. По силе тока определяется интенсивность излучения. *Счетчик Гейгера-Мюллера* представляет собой герметичный баллон, заполненный газовой смесью из аргона и спирта. По оси трубки натянута нить, служащая в качестве анода. Катодом является внутреннее металлическое покрытие баллона. На электроды подается высокое напряжение постоянного. При попадании внутрь баллона бета-частиц или электронов происходит ионизация газа и кратковременный электрический разряд. Счетчик Гейгера-Мюллера позволяет регистрировать каждую заряженную частицу или гамма-квант. Полупроводниковые детекторы сходны с ионизационными, но роль ионизационной камеры в этом случае выполняют твердые полупроводники. В качестве полупроводника в радиометрических приборах чаще всего применяют монокристаллы германия. С его помощью регистрируют высокоэнергетические гамма- и бета-лучи. Для регистрации альфа-частиц, низкоэнергетических гамма-квантов и рентгеновских лучей используют кремниевые детекторы. Поскольку плотность полупроводниковых материалов намного выше плотности газов, то энергия поглощаемых частиц в них используется полнее, чем в ионизационных камерах. Поэтому полупроводниковые детекторы обладают очень высокой разрешающей способностью. Сущность работы сцинтилляционного счетчика заключается в регистрации вспышек *люминесценции*, возникающих в некоторых кристаллах, органических жидкостях или пластмассах при попадании в них заряженных частиц или гамма-квантов. Вспышки в кристалле фиксируются *фотокатодом* и в цепи возникает импульс электрического тока.

18. Методы радиометрии. Полевые методы, лабораторные методы.

Ответ: в основе радиометрических методов лежит измерение радиоактивности естественных и искусственных радионуклидов по интенсивности альфа-, бета-, гамма-излучения. Методы радиометрии разделяются на лабораторные и полевые. Лабораторные методы основаны на использовании ионизационных и импульсных альфа, бета-, гамма-измерений, позволяющих непосредственно определить общую и удельную радиоактивность исследуемых проб. Особое значение придается определению удельной активности каждого радионуклида отдельно. Спектрометр - устройство, которое позволяет измерять распределение радиоактивного излучения по энергии (гамма-альфа-спектрометры и т.д.), массе и заряду (масс-спектрометры и т.д.). Гамма-спектрометр, напри-

мер, позволяет выявить в смеси гамма-излучающих радионуклидов по характерной энергии присутствие конкретных радиоизотопов. По этому же принципу работают бета- и альфа-спектрометры. Полевые методы опираются либо на измерение высокэнергетической части спектра гамма- и бета-излучения (гамма-съемка, бета-съемка), либо на определение концентрации эманации в пробах почвенного воздуха (эманационный метод с отбором проб воздуха). Гамма-съемка бывает двух видов: либо с помощью радиометра определяется суммарная интенсивность гамма-излучения от всех радионуклидов, либо проводятся гамма-спектрометрические измерения. Различные виды гамма-съемок местности основаны на измерении интенсивности гамма-поля, создаваемого радионуклидами. Территориям не загрязненным соответствуют нормальные гамма-поля, обусловленные кларковыми содержаниями естественных радиоизотопов в горных породах. Загрязненным территориям соответствуют аномальные гамма-поля. По результатам исследований составляют карты содержаний радионуклидов, карты интенсивности гамма-поля, карты локальных аномалий. Разновидности гамма-съемки: аэрогамма-спектрометрическая съемка, автогамма-съемка, пешеходная гамма-съемка. С целью точного установления границ участка с повышенной концентрацией радионуклидов проводится бета-съемка. Выполняется полевым радиометром с бета-датчиком. Эманационный метод -это исследование распределения концентраций радиоактивных эманаций в атмосферном воздухе, воде, почвах, горных породах, строительных материалов и т.д. радиоактивные эманации – это инертные газы. Различают радоновый и тороновый методы.

19. Методы радиоизотопного датирования

Ответ: Радиоизотопное, или радиометрическое датирование, — метод определения возраста различных объектов, в составе которых есть какой-либо радиоактивный изотоп. Основан на определении того, какая доля этого изотопа успела распасться за время существования образца. По этой величине, зная период полураспада данного изотопа, можно рассчитать возраст образца. Радиоизотопное датирование широко применяется в геологии, палеонтологии, археологии и других науках. Это источник практически всех абсолютных датировок различных событий истории Земли. До его появления были возможны только относительные датировки — привязка к определённым геологическим эрам, периодам, эпохам и т. д., длительность которых была неизвестна. В различных методах радиоизотопного датирования используются разные изотопы разных элементов. Поскольку они сильно отличаются по химическим свойствам (и, следовательно, по содержанию в различных геологических и биологических материалах и по поведению в геохимических циклах), а также по периоду полураспада, у разных методов отличается область применимости. Каждый метод применим только к определённым материалам и определённому интервалу возрастов. Самые известные методы радиоизотопного датирования — это радиоуглеродный, калий-аргоновый (модификация — аргон-аргоновый), калий-кальциевый, уран-свинцовый и торий-свинцовый методы. Также для определения геологического возраста пород широко применяются гелиевый (основанный на накоплении гелия-4 от альфа-активных природных изотопов), рубидий-стронциевый, самарий-неодимовый, рений-осмиевый, лютеций-гафниевый методы. Кроме того, используются неравновесные методы датирования, основанные на нарушении изотопного равновесия в природных радиоактивных рядах, в частности иониевый, иониево-протактиниевый, ураново-изотопный методы и метод свинца-210. Существуют также методы, основанные на накоплении изменений в физических свойствах минерала под действием облучения: метод трекового датирования и термолюминесцентный метод.

20. Ведение хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения

Ответ: в ближайшее время после выпадения радиоактивных осадков животных в этот период необходимо загнать в помещение, принять меры по предотвращению выпаса скота на загрязненных пастбищах, по попаданию РВ в помещение через вентиляционные системы. Продолжительность стойлового содержания скота определяется конкретной радиационной обстановкой и периодом года. Для производства молока с низким содержанием радионуклидов рекомендуется сформировать группу высокопродуктивных животных и скормливать им в условиях стойлового содержания заведомо чистые в отношении РВ кормов (силос, сенаж, грубые и концентрированные корма, заготовленные на зимний стойловый период). Первые дни и недели после чрезвычайной ситуации являются периодом «йодной опасности» (до 60 дней). В этот период в зоне выборочного радиационного контроля проводится выборочный радиационный контроль продукции растениеводства и животноводства. Если эта продукция содержит РВ не выше временно допустимых уровней, эта продукция используется без ограничения. В зоне жесткого радиационного контроля вся продукция растениеводства и животноводства подвергается радиационному контролю. Содержание свиней и кур в закрытых помещениях в этой зоне не требует специальных защитных мероприятий. Клеточное звероводство ведется в обычном порядке. Запрещается охота на диких и промысловых животных, отлов рыбы, сбор ягод, грибов и т.д. В зоне отселения после истечения 4-7 дневного срока после начала радиоактивного загрязнения все работы в растениеводстве и животноводстве прекращаются. Население и животные эвакуируются в безопасные места. Уборка созревшего урожая сельскохозяйственных культур ведется вахтовым методом и используется после соответствующей дезактивации. В зоне отчуждения население и сельскохозяйственные животные эвакуируются в обязательном порядке. Проведение всех сельскохозяйственных работ прекращается.

Продукты убоя, полученные при внешнем облучении при отсутствии патологических изменений выпускаются без изменения. Продукты убоя, полученные от животных при инкорпорации РВ и подвергшихся внутреннему облучению и при сочетанном радиационном поражении – подвергаются обязательной радиометрии. На второй и последующие годы после выпадения радиоактивных осадков основное количество РВ будет находиться в почве и из нее поступать в вегетативную массу и урожай сельскохозяйственных культур и траву пастбищ, а затем с кормом – в организм животных; через продукты питания – в организм человека. Зонирование территории в этот период будет производиться также по удельной радиоактивности территории.

21. Радиационное загрязнение Европейской части России

Ответ: радиологическая обстановка в центральных и южных регионах Европейской части России определяется наличием атомных электростанций в Ленинградской, Тверской (Калининская АЭС), Калужской (Обнинская АЭС), Смоленской, Курской, Воронежской (Нововоронежская АЭС), Саратовской (Балаковская АЭС) и Ростовской областях, а также исследовательских реакторов и других ядерных установок в крупных научных центрах: Москве и Подмосковье (Институт ядерных исследований в Дубне, Московское высшее техническое училище, НИИ энерготехники, Институт теоретической и экспериментальной физики, Всероссийский институт химической технологии, НИИ радиационной безопасности космических объектов и др.), Обнинске (Физико-Энергетический институт, научно-производственное объединение «Тайфун» и др.), Санкт-Петербурге и Ленинградской области (Научно-исследовательский технологический институт в Сосновом Бору, НИИ ядерной физики в Гатчине), Нижегородской области (НИИ экспериментальной физики в г. Сарове, Научно-

исследовательский и конструкторский центр по созданию атомных реакторов в Нижнем Новгороде и др.), Ульяновской области (НИИ атомных реакторов в г. Димитровграде). В СССР добычу и переработку урановых руд на территории Ставропольского края (возле г. Лермонтова) производило предприятие «Алмаз». В 1975 году работы были прекращены. В результате на горах Бештау и Бык остались отвалы «пустой» породы на площади более 50 га. На территории бывшего гидрометаллургического завода загрязнена промплощадка, отходы производства накоплены в хвостохранилище. Общая площадь загрязненной территории составляет 167 га. Имеются также заброшенные урановые шахты в Калмыкии. Особо опасными объектами являются предприятия по переработке уранового сырья. Они расположены в г. Электростали в Подмосковье (производство топлива для АЭС), г. Кирово-Чепецке (химический комбинат по обогащению урановой руды), г. Сарове Нижегородской области (производство ядерных боеприпасов на заводе «Авангард»), г. Глазове в Удмуртии (производство тепловыделяющих элементов для атомных реакторов). Значительно осложняют и обостряют радиационную обстановку в европейской части России пункты захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО) в спецкомбинатах «Радон», которые размещаются в Московской, Ленинградской, Саратовской, Ростовской, Волгоградской, Самарской областях и в Татарстане. Самым главным фактором радиационного загрязнения европейской части России оказалась авария на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г., которая по объему выброшенной активности и по площади загрязненных территорий является наиболее крупной в истории ядерных катастроф, связанных с атомной энергетикой. От Чернобыльской катастрофы пострадала большая часть территории Белоруссии, значительная часть территории Украины и минимум 10 областей России: Брянская, Тульская, Калужская, Орловская, Воронежская, Смоленская, Горьковская, Ростовская, Тамбовская и Пензенская. В некоторых районах активность в 10000 раз превышала обычные фоновые уровни. Радиоактивная пыль была зафиксирована во многих странах Западной Европы, а также на Кавказе, в Средней Азии, Сибири, Китае, Японии и даже США.

22. Радиационное загрязнение Восточной Сибири и Дальнего Востока

Ответ: в Восточной Сибири размещается единственное в стране предприятие по добыче и обогащению урановой руды – Приаргунский ГОК. Источниками загрязнения являются: карьер, отвалы пустой породы, гидрометаллургический завод, хвостохранилища, шахтные воды. При этом Забайкальский регион характеризуется радиоактивным загрязнением атмосферы из-за пыли, поступающей с ГОКа. В регионе расположен Ангарский электролизный химический комбинат. Где производится переработка отработанного ядерного топлива и РАО. На территории Иркутской области размещен спецкомбинат «Радон» с подземными хранилищами отходов. В Восточной Сибири было проведено 19 подземных ядерных взрыва для создания плотин и сейсмозондирования. В Красноярском крае работает горно-химический комбинат (г Железногорск), который производит оружейный плутоний и перерабатывает отработанное ядерное топливо. В результате деятельности комбината происходили выбросы отходов в Енисей, что повлекло загрязнение русла и поймы реки.

В дальневосточном регионе работает Билибинская АЭС с хранилищами РАО на территории. Основной источник потенциальной опасности – это Тихоокеанский флот с атомными подводными лодками. Отработавшие атомные корабли размещаются в Авачинской бухте на Камчатке и морских базах Хабаровского края.

23. Радиационное загрязнение Западной Сибири

Ответ: факторами загрязнения региона являются: испытания оружия на Семипалатинском и Новоземельном полигонах, подземные ядерные взрывы в мирных целях, загрязнение, поступающее с ПО «Маяк» Челябинской области. На Семипалатинском полигоне всего было проведено с 1949г. 470 взрывов, из них 87 наземных и в атмосфере. От радиоактивных облаков особенно пострадали территории Алтайского края, Кемеровская, Новосибирская области, республика Хакасия. В г Новосибирске расположен завод химических концентратов, изготавливающий ТВЭЛы для АЭС. В Новосибирской области расположен полигон захоронения РАО, обслуживающий 7 субъектов РФ. Загрязнение Омской области связано с влиянием Семипалатинского полигона и загрязнением рек Иртыш и Ишим. Основное радиационное загрязнение Томской области связано с деятельностью Сибирского химического комбината, где размещены реакторы для получения оружейного плутония, завод по разделению изотопов урана для получения урана-235, радиохимический завод по переработке отработанного ядерного топлива, химико-металлургический завод для получения высокообогащенных урана и плутония. Самая крупная авария произошла в 1993 г.. когда лопнула емкость в жидкой радиоактивной массой с выбросом в окружающую среду. Радиационная обстановка в Тюменской области в целом рассматривается как благоприятная. Однако, северная часть области находится в зоне влияния полигона «Новая Земля». Отмечается некоторое воздействие от радиационных инцидентов в соседней Челябинской области на ПО «Маяк». На территории области было проведено 8 ядерных взрывов с целью сейсмического зондирования земной коры, повышения нефтеотдачи пластов горных пород.

24. Радиационное загрязнение Уральского региона

Ответ: В Уральский регион входят: Республика Коми, Пермская, Свердловская, Челябинская и Оренбургская области, а также Башкирия. В 60-е–70-е годы в Пермской области произведено 8 подземных ядерных взрывов. Два из них на Осинском нефтяном месторождении для увеличения нефтеотдачи пластов, 5 взрывов в Красновишерском районе с той же целью и один взрыв в районе Печоро-Илычского заповедника – для создания канала Печора-Кама. В Коми АССР проведено 4 взрыва с целью сейсмического зондирования земной коры и мантии Земли. Подземные ядерные взрывы проводились в Оренбургской области на границе с Казахстаном. Всего было 5 взрывов с целью создания подземных емкостей. Кроме того, в 1954 году в районе г. Тоцка проводилось испытание ядерного оружия в атмосфере, сопряженное с военными учениями. В Башкирии в 1965 году проведено 6 подземных ядерных взрывов, 4 из них – для дополнительного притока нефти на Грачевском месторождении и два взрыва – для захоронения промышленных стоков (недалеко от городов Стерлитамака и Салавата). В Уральском регионе работает пока одна атомная электростанция – Белоярская. По заключению экологов, она является безопасной для окружающей среды. Однако, загрязненная радионуклидами вода не раз попадала в р.Пышму, которая относится к бассейну р.Оби, а длительный сброс загрязненных вод в Ольховское болото привел к серьезному загрязнению его радиоактивными веществами. В Екатеринбурге и Уфе функционируют предприятия «Радон», обслуживающие Уральский регион. В годы существования СССР в Свердловской и Челябинской областях Малышевским рудоуправлением производилась добыча урановой руды. В Свердловской и Челябинской областях дислоцируется значительное количество предприятий ядерного комплекса: г. Озерск (где размещается ПО «Маяк»), г. Снежинск, г. Новоуральск, г. Лесной, г. Трехгорный. В Челябинской области с пятидесятых годов XX столетия работает мощный ядерный центр, ПО «Маяк», который явился главным виновником загрязнения радионуклидами территории Среднего и Южного Урала и прилегающих областей

Западной Сибири, поскольку на этом предприятии неоднократно случались аварии с крупными выбросами радионуклидов в атмосферу и водные артерии. В 1949-51 годах ПО «Маяк» сбрасывал в р.Теча высокоактивные отходы, не предупреждая об этом местное население. В результате среди проживающих в береговой зоне этой реки были зафиксированы случаи хронической лучевой болезни. В 1957 году на том же предприятии произошел тепловой взрыв в одном из хранилищ высокоактивных ядерных отходов. Сформировавшееся радиоактивное облако, постепенно перемещалось в северо-восточном направлении. Оно оставило Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС), в результате которого были загрязнены радионуклидами значительные площади Челябинской, Свердловской, Курганской и Тюменской областей. В междуречье Теча-Мишеляк сосредоточены могильники, содержащие около 500 тонн твердых РАО.

25. Радиационное загрязнение Арктического региона России

Ответ: Радиационное загрязнение этого сектора обусловлено четырьмя главными факторами: 1) испытанием ядерного оружия на полигоне Новая Земля; 2) последствиями эксплуатации кораблей Северного флота и гражданских судов с атомными двигателями; 3) поступлением радионуклидов из Великобритании через воды северных морей; 4) функционированием Кольской АЭС. Наземные ядерные взрывы на Новой Земле проводились с 1955 по 1963 годы, а затем, до 1990 года, ядерное и термоядерное оружие испытывалось под землей. В результате в 50-е–60-е годы в атмосферу поступило огромное количество радиоактивного цезия, стронция, плутония и других долгоживущих радионуклидов. Кроме испытаний атомного оружия в Арктике проводились ядерные взрывы в мирных целях, в основном по заказу Министерства геологии для глубинного сейсмического зондирования, а также для дробления апатитовой руды в естественном массиве (Кольский полуостров). Значительная часть радионуклидов была усвоена тундровой растительностью в первую очередь мхами. В результате этого накопление стронция в скелетах оленеводов в 20-40 раз выше, чем у горожан. Другой фактор радиоактивного загрязнения районов Арктики – ликвидация жидких и твердых ядерных отходов, которую проводят здесь различные ведомства и в первую очередь – Министерство обороны. В течение длительного времени СССР производила утилизацию жидких радиоактивных отходов, контейнеров с РАО, реакторов с невыгруженным ядерным топливом и даже целых отсеков подводных лодок и гражданских судов в Северном Ледовитом океане, преимущественно в глубоководных впадинах Баренцева и Карского морей, вблизи архипелага Новая Земля. В регионе функционируют 5 предприятий, занимающихся утилизацией атомных подводных лодок, а также две береговые технические базы Северного флота, где хранится отработанное ядерное топливо. Поскольку Россия не в состоянии своими силами ускорить темп утилизации списанных атомных подводных лодок, частичное финансирование этих работ на безвозмездной основе осуществляют Норвегия и США. Третьим фактором радиоактивного загрязнения Арктики является поступление радиоактивных вод с побережья Великобритании, где они сбрасываются с завода по переработке ядерного топлива. Вклад в загрязнение северных морей вносят и впадающие в них крупные реки, в первую очередь Обь и Енисей. В настоящее время Россия прекратила сброс радиоактивных отходов в северные моря. Кроме того, повышенной радиоактивностью обладают отходы предприятий по добыче апатитовых руд на Кольском полуострове.

26. Радиоэкологический мониторинг

Ответ: Радиоэкологический мониторинг – комплексная информационно-

техническая система наблюдений, исследований, оценивания и прогнозирования радиационного состояния биосферы, территорий вблизи АЭС, пострадавших от радиационных аварий. Главными задачами радиоэкологического мониторинга являются: 1. наблюдение и контроль за состоянием загрязненной радионуклидами зоны, ее отдельных самых вредных участков и предложение мероприятий по снижению вредности; 2. мониторинг состояния объектов природной среды по одним и тем же параметрам, которые характеризуют радиоэкологическую ситуацию как в зоне загрязнения, так и за ее пределами; 3. выявление тенденций к изменениям природной среды, вызванных функционированием экологически опасных объектов и при реализации мероприятий, которые проводятся на загрязненных территориях; 4. определение тенденций к изменениям состояния здоровья населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях; 5. информационное обеспечение прогноза радиоэкологической ситуации в загрязненной зоне и стране вообще. Радиологический мониторинг реализуют в трех направлениях: базовый (стандартный), кризисный (оперативный), научный (фоновый). Базовый радиоэкологический мониторинг осуществляют с помощью сети пунктов наблюдений, которые охватывают всю территорию страны, включая службы радиационного контроля на ядерном производстве. Система кризисного радиологического мониторинга формируется на основе деятельности территориальных служб наблюдения и контроля радиоэкологических параметров окружающей среды на территориях, где возникли неблагоприятные радиологические ситуации. Научный радиоэкологический мониторинг реализуют координирующие структуры на базе научно-исследовательских учреждений, которые разрабатывают методы и программы радиологических исследований. Радиологический мониторинг является подсистемой экологического мониторинга и предусматривает наблюдение за гамма-фоном и осуществление постоянного радиологического контроля опасных радиационных объектов производственно-хозяйственной деятельности.

27. Радиоэкологическое нормирование

Ответ: Вопросами гигиенического нормирования ионизирующих излучений в России занимается научная комиссия по радиационной защите, действующая в качестве консультативного органа при РАМН. К 2004 году существуют следующие основные регламентирующие документы:

1. Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» – ФЗ №3 от 09.01.1996 г.
2. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» – ФЗ №52 от 30.03.1999 г.
3. «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» – ОСПОРБ-99 г.
4. «Нормы радиационной безопасности» – НРБ-99 г.

НРБ-99 являются основополагающим документом, регламентирующим требования Федерального закона «О радиационной безопасности населения» – ФЗ №3 от 09.01.1996 г. Нормы устанавливают, что обеспечение радиационной безопасности основывается на 3 принципах: Принцип нормирования – непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения. Принцип обоснования – запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением. Принцип оптимизации – поддержа-

ние на возможно низком и достижимом уровне, с учетом экономических и социальных факторов, индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц.

Нормы (НРБ-99) распространяются на облучение человека: в условиях радиационной аварии; от природных источников облучения; при облучении в медицинских целях.

Для нормальных условий работы источников излучения установлены три категории облучаемых лиц: персонал, подразделяемый на группы А и Б, и население, которое включает и лиц из персонала, но вне сферы их производственной деятельности. По нормам радиационной безопасности (НРБ-99) установлены основные пределы доз: для персонала группы А эффективная доза не должна превышать 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год. Для персонала группы Б и населения эффективная доза не должна превышать 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

В рамках **текущего контроля** в течение семестра для оценки знаний, умений, навыков, получаемых в ходе изучения дисциплины, учитываются ответы на вопросы устного опроса, подготовка реферативных сообщений и ответы на контрольные работы.

Критерием успешности освоения учебного материала **по окончании учебного семестра** (промежуточная аттестация) является экспертная оценка преподавателя, учитывающая: текущую успеваемость в течение семестра (устный опрос, реферативные сообщения с презентацией, контрольная работа) и ответы на вопросы зачета. Кроме того, экспертная оценка преподавателя может основываться на регулярности посещения обязательных учебных занятий, успешности выполнения установленных на данный семестр объемов рабочей программы.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса.

4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств

4.2.1. Критерии оценивания теоретического вопроса

«Зачтено». Студент глубоко и полно владеет содержанием учебного материала и понятийным аппаратом; умеет связывать теорию с практикой, иллюстрировать примерами, фактами, данными научных исследований; осуществляет межпредметные связи, предложения. Делает выводы; логично, четко. Ясно и кратко излагает ответы на поставленные вопросы; умеет обосновывать свои суждения и профессионально-личностную позицию по излагаемому вопросу. Ответ носит самостоятельный характер. Допущенные ошибки исправляются студентом после дополнительных вопросов экзаменатора.

«Не зачтено». Студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности и существенные ошибки в определении понятий, формулировке положений, не привлекает для аргументации ответа основные положения исследовательских, концептуальных и нормативных документов, не умеет обосновать свои суждения; наблюдается нарушение логики изложения. Ответ отличается низким уровнем самостоятельности, не содержит собственной профессионально-личностной позиции.

Или, студент имеет разрозненные, бессистемные знания: не умеет выделять главное и второстепенное; допускает ошибки в определении понятий, формулировке теоретиче-

ских положений, искажающие их смысл; не ориентируется в нормативно-концептуальных, программно-методических, исследовательских материалах, беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет соединять теоретические положения с педагогической практикой; не умеет применять знания для обоснования и объяснения фактов, не устанавливает межпредметные связи.

4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации.

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

«1 уровень» - ознакомление (иметь общее представление, узнавать);

«2 уровень» - понимание учебного материала, излагаемого в учебнике, методической разработке или преподавателем;

«3 уровень» - умение логично, последовательно, достаточно полно и точно излагать изученный материал;

«4 уровень» - творчески использовать полученные знания.

Для удовлетворительной (положительной) оценки знаний требуется минимум 3-й уровень усвоения учебного материала.

Требования (критериальные показатели) к уровню освоения дисциплины

Результат зачета	Требования к знаниям
Зачтено	Студент глубоко и полно владеет содержанием учебного материала и понятийным аппаратом; умеет связывать теорию с практикой, иллюстрировать примерами, фактами, данными научных исследований; осуществляет межпредметные связи, предложения. Делает выводы; логично, четко. Ясно и кратко излагает ответы на поставленные вопросы; умеет обосновывать свои суждения и профессионально-личностную позицию по излагаемому вопросу. Ответ носит самостоятельный характер. Допущенные ошибки исправляются студентом после дополнительных вопросов экзаменатора. Учитывается участие в дискуссиях на практических и семинарских занятиях, уровень ответов на контрольные вопросы, написания тестовых заданий и защита докладов.

Не зачтено

студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности и существенные ошибки в определении понятий, формулировке положений, не привлекает для аргументации ответа основные положения исследовательских, концептуальных и нормативных документов, не умеет обосновать свои суждения; наблюдается нарушение логики изложения. Ответ отличается низким уровнем самостоятельности, не содержит собственной профессионально-личностной позиции.

Или, студент имеет разрозненные, бессистемные знания: не умеет выделять главное и второстепенное; допускает ошибки в определении понятий, формулировке теоретических положений, искажающие их смысл; не ориентируется в нормативно-концептуальных, программно-методических, исследовательских материалах, беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет соединять теоретические положения с педагогической практикой; не умеет применять знания для обоснования и объяснения фактов, не устанавливает межпредметные связи.

Учитывается участие в дискуссиях на практических и семинарских занятиях, уровень ответов на контрольные вопросы и написания тестовых заданий.

**06.03.01 Биология, направленность Биофизика, ФОС РПД
Поведение радионуклидов в природных средах, форма
обучения очная**

Проректор по учебной работе утверждено 24.02.2025 А.А. Саламатов

Ученым советом биологического факультета

Протокол заседания № 6 от 21.02.2025

Председатель Ученого совета

биологического факультета согласовано Д.С. Сташкевич

Заседанием кафедры радиационной биологии

Протокол заседания № 7 от 21.02.2025

Заведующий кафедрой согласовано А.В. Аклеев

Автор (составитель) Е.В. Стяжкина

**Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО
«ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1**