

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 12.09.2025 09:50:47 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323	 МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Фонд оценочных средств по дисциплине «Методы биоиндикации и биодозиметрии» по направлению подготовки 06.04.01 «Биология» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	--	---	--------

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

**Методы биоиндикации и биодозиметрии**

Направление подготовки (специальность)  
**06.04.01 Биология**

Направленность (профиль)  
**Радиационная биология**

Присваиваемая квалификация (степень)  
**Магистр**

Форма обучения  
**очная**

Год (ы) набора: 2025

Челябинск, 2025 г.

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: **06.04.01 Биология**

Направленность (профили): Радиационная биология

Дисциплина: **Методы биоиндикации и биодозиметрии**

Семестры изучения: 3

Форма промежуточной аттестации: зачет

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Методы биоиндикации и биодозиметрии» 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-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Критически анализирует проблемную ситуацию с целью выработки стратегии действий, аргументировано формулирует собственные суждения и оценки УК-1.2. Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения проблемной ситуации	<b>Знать:</b> Для достижения УК-1.1. знать: основные понятия дисциплины, цитогенетические и молекулярно-генетические методы биоиндикации. <b>Уметь:</b> Для достижения УК-1.2. уметь: самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявляет фундаментальные проблемы, ставит задачу, использовать современной вычислительных средств. <b>Владеть:</b> Для достижения УК-1.2. владеть: навыками поиска необходимой информации по вопросам изучаемого раздела дисциплины в литературных источниках и сети интернет.
ПК-1	Способен использовать знание нормативных документов, регламентирующих организацию проведения научно-исследовательских работ для руководства рабочим коллективом и обеспечения мер	ПК-1.2. Анализирует нормативные документы, регламентирующие организацию и методику проведения научно-исследовательских и производственно-технологических работ биологического профиля ПК-1.3. Планирует	<b>Знать:</b> Для достижения ПК-1.3. знать: основные методы биомониторинга, основанные на морфологии и генетике организмов, основные подходы к использованию физиологии организмов в биомониторинге. <b>Уметь:</b> Для достижения ПК-1.2. уметь: использовать знания нормативных документов,

	производственной безопасности	организацию и проведение научных исследований по актуальным биомедицинским проблемам	регламентирующих организацию и методику проведения научно-исследовательских и производственно-технологических биологических работ. <b>Владеть:</b> Для достижения ПК-1.2. владеть: навыками к научно-исследовательской работе, ведению дискуссии, навыками системного мышления.
--	-------------------------------	--	---

### 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-1 <b>Знать:</b> Для достижения УК-1.1. знать: основные понятия дисциплины, цитогенетические и молекулярно-генетические методы биоиндикации. <b>Уметь:</b> Для достижения УК-1.2. уметь: самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявляет фундаментальные проблемы, ставит задачу, использовать современной вычислительных средств. <b>Владеть:</b> Для достижения УК-1.2. владеть: навыками поиска</p>	<p>1. Единицы доз излучения и радиоактивности. 2. Методы физической дозиметрии. 3. Кривые выживаемости. 4. Относительная биологическая эффективность. 5. Цитогенетическая биодозиметрия. 6. Эквидозиметрия и концепция риска. 7. Проблемы микродозиметрии. 8. Методологические подходы в биоиндикации.</p>	Устный опрос	Вопросы к зачету № 1-24

	необходимой информации по вопросам изучаемого раздела дисциплины в литературных источниках и сети интернет.			
2	<p><b>ПК-1</b></p> <p><b>Знать:</b> Для достижения ПК-1.3. знать: основные методы биомониторинга, основанные на морфологии и генетике организмов, основные подходы к использованию физиологии организмов в биомониторинге.</p> <p><b>Уметь:</b> Для достижения ПК-1.2. уметь: использовать знания нормативных документов, регламентирующих организацию и методику проведения научно-исследовательских и производственно-технологических биологических работ.</p> <p><b>Владеть:</b> Для достижения ПК-1.2. владеть: навыками к научно-исследовательской работе, ведению дискуссии, навыками системного мышления.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Единицы доз излучения и радиоактивности.</li> <li>2. Методы физической дозиметрии.</li> <li>3. Кривые выживаемости.</li> <li>4. Относительная биологическая эффективность.</li> <li>5. Цитогенетическая биодозиметрия.</li> <li>6. Эквидозиметрия и концепция риска.</li> <li>7. Проблемы микродозиметрии.</li> <li>8. Методологические подходы в биоиндикации.</li> </ol>	Устный опрос	Вопросы к зачету № 1-24

*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.

#### Теоретические вопросы к зачету «Методы биоиндикации и биодозиметрии»

##### 1. Расчет активности радионуклида. Экспозиционная, поглощенная доза.

Ответ: Действие ионизирующих излучений представляет собой сложный процесс.

Эффект облучения зависит от величины поглощенной дозы, ее мощности, вида излучения, объема облучения тканей и органов. Для его количественной оценки введены

специальные единицы. Общее представление о количестве падающей на объект энергии излучения за время облучения может быть получено измерением так называемой экспозиционной дозы ( $X$ ), определяемой по формуле:

$$X = da/dm$$

где  $da$  – полный заряд ионов одного знака, возникающих в воздухе при полном торможении всех вторичных электронов, образованных фотонами в малом объеме воздуха;  $dm$  – масса воздуха в этом объеме. Единица экспозиционной дозы выражается в Кл/кг в системе СИ, внесистемная единица – Рентген. Экспозиционная доза позволяет только ориентировочно оценивать степень повреждения объекта, так как оно может вызываться только поглощенной объемом энергией. Поэтому необходимо определять количество энергии, выделяющейся в облучаемом материале, т.е. величину поглощенной дозы ( $D$ ) излучения, под которой понимают среднюю энергию  $dE$ , переданную излучением веществу в некотором элементарном объеме, деленную на массу  $dm$  в этом объеме:

$$D = dE/dm$$

Единица поглощенной дозы выражается в Гр: 1 Гр = 1 Дж/кг.

## 2. Методы дозиметрии. Метод ионизационной камеры.

Ответ: Ионизационный метод детектирования ядерных излучений основан на измерении тока (напряжения), возникающего в результате движения под действием электрического поля свободных зарядов, образованных излучением. Благодаря простоте и точности преобразования ионизации в электрический сигнал такие приборы широко используются как в научных исследованиях, так и в промышленности для дозиметрии, радиометрии и спектрометрии всех видов заряженных частиц, фотонного излучения и нейтронов. Существует большое число различных детекторов, рабочим веществом которых является газ или полупроводник. Детекторы различаются и по принципу действия, и по области применения. Группа ионизационных детекторов включает в себя: а) газонаполненные детекторы — ионизационные камеры, пропорциональные счетчики, счетчики Гейгера — Мюллера, пропорциональные камеры, искровые счетчики, многоэлектродные искровые камеры, дрейфовые счетчики, дрейфовые камеры; б) жидкостные ионизационные детекторы; в) твердотельные детекторы — кристаллические счетчики, однородные полупроводниковые детекторы, детекторы с  $p$ — $n$ -переходом,  $p$ — $i$ — $n$ -детекторы. В зависимости от назначения ионизационные камеры подразделяют на 2 основные группы: 1) импульсные, предназначенные для измерения числа частиц и их энергии путём регистрации импульсов тока, возникающих в камере при прохождении через неё заряженных частиц; 2) интегрирующие, предназначенные для измерения ионизационного тока, возникающего при прохождении через камеру потока частиц за некоторый интервал времени.

## 3. Методы дозиметрии. Калориметрический метод.

Ответ: Энергия излучения, поглощаемая веществом, в конечном итоге преобразуется в тепловую при условии, если поглощаемое вещество является химически инертным к излучению, в нем не возникает вторичного излучения и не происходит перестройки кристаллической решетки у поглощающего тела. Потери тепла в

окружающую среду должны быть минимальными. Различными калориметрическими методами можно измерить количество тепла  $Q$  (ккал), выделенное в поглощающем веществе. Эти методы основаны на измерении повышения температуры. Однако калориметрические методы имеют довольно низкую чувствительность по сравнению с другими методами дозиметрии. Поэтому этот метод применяется в основном для измерения мощных потоков ионизирующих излучений, иногда его используют для абсолютных измерений.

#### **4. Методы дозиметрии. Сцинтиляционный метод.**

Ответ: Сцинтиляционный метод основан на регистрации коротких вспышек света — сцинтилляций, возникающих в некоторых веществах при прохождении через них заряженных частиц. Сцинтилляции отличаются от других видов свечения тем, что они обусловлены электронными переходами внутри центра свечения (ЦС). (В зависимости от типа вещества центром свечения может быть атом, молекула, ион или более сложное образование.) В отличие от излучения Вавилова — Черенкова, переходного и тормозного излучений, сцинтилляции имеют конечную длительность свечения, определяемую в основном временем пребывания ЦС в возбужденном состоянии. От индуцированного излучения лазера сцинтилляции отличаются тем, что являются спонтанным и некогерентным излучением. Сцинтиляционный детектор состоит из сцинтиллятора и прибора, преобразующего световые вспышки в электрический сигнал (например, фотоэлектронного умножителя (ФЭУ)). Сцинтилляторы делят на два основных класса: неорганические (галогениды щелочных металлов) и органические (органические сцинтилляторы, сцинтиллирующие растворы). Кроме того, все сцинтилляторы делят на спектрометрические (с высокой разрешающей способностью) и счетные (с более низкой разрешающей способностью).

#### **5. Методы дозиметрии. Химические методы.**

Ответ: Некоторые недостатки ионизационных и калориметрических методов дозиметрии (трудности в поддержании режима тока насыщения и ухудшение свойств изоляции электродов при измерении больших мощностей доз или недостаточная чувствительность при определении дозиметрических характеристик низкоинтенсивных излучений) привели к необходимости разработки химических методов дозиметрии, использующих иные принципы. Химический метод дозиметрии основан на регистрации необратимых химических изменений, производимых излучением в веществе. Продукты химических реакций определяются либо непосредственно (по изменению цвета и т. п.), либо косвенно с помощью способов химического анализа (титрование, спектрофотометрия и др.). Одним из таких химических методов является ферросульфатный метод дозиметрии. Анализируемый раствор содержит сульфат железа в разбавленной серной кислоте, насыщенной кислородом, действием излучения среди различных продуктов разложения молекул воды возникают и радикалы  $\text{OH}\cdot$ . Ионы двухвалентного железа, имеющиеся в растворе, взаимодействуют с  $\text{OH}\cdot$ , вызывая образование ионов трёхвалентного железа. Количество ионов  $\text{Fe}^{3+}$ , образованных в анализируемом растворе под действием радиации, пропорционально экспозиционной дозе (мощности экспозиционной дозы).

## **6. Расчет зависимости «доза-эффект», количественные закономерности.**

Ответ: С ростом дозы облучения наблюдалось увеличение не столько степени проявления эффекта (глубины поражения отдельной клетки), сколько доли летально пораженных клеток в облученной популяции. Для построения кривых «доза-эффект» определенное количество объектов данного вида облучали в широком диапазоне доз; после облучения в каждой дозе определяли долю объектов, сохранивших исходные свойства, по отношению к их общему числу до облучения. Разнообразны объекты, различны диапазоны использованных доз излучения, но во всех случаях наблюдается интересная закономерность: при облучении уже в самых малых дозах обнаруживаются инактивированные организмы, клетки, вирусные частицы или макромолекулы, а при дозах, в сотни и тысячи раз больших, все еще удается обнаружить объекты, сохранившие исходные биологические свойства, т.е. не пораженные излучением.

## **7. Формальные модели лучевого поражения, используемые для построения кривых выживаемости по экспериментальным точкам.**

Ответ: Кривые выживаемости обычно строят в системе полулогарифмических координат, откладывая по линейной оси абсцисс дозу излучения, а по логарифмической шкале ординаты — фракцию или долю (в процентах) выживших клеток. Аппроксимацию экспериментальных точек чаще всего проводят по двум основным моделям, связывающим глубину поражения с дозой излучения: по более ранней модели многих мишеней; по линейно-квадратичной модели. При воздействии на клетки плотнoионизирующего излучения (например,  $\alpha$ -частиц) экспериментальные точки аппроксимируются прямой, проходящей через начало координат, поскольку репарация (ДНК и других структур) при подобных экспозициях практически отсутствует. Для редкоионизирующих излучений экспериментальные точки невозможно аппроксимировать прямой линией. Выживаемость клеток сначала снижается медленно, но с нарастанием дозы скорость снижения увеличивается, после чего остается постоянной. Пологий участок кривой доза — эффект называют плечом, более крутой — линейным участком. Такой характер зависимости можно объяснить необходимостью выделения в мишени для ее поражения нескольких порций энергии, так как при действии излучений с небольшой ЛПЭ выделения одной порции энергии недостаточно для поражения (имеют место процессы репарации). С началом облучения в каждой мишени как бы накапливается число таких порций энергии, а с момента, когда в мишенях для поражения будет не хватать одной порции, зависимость «доза—эффект» станет прямолинейной. В последнее время используют линейно-квадратичную модель. В основе ее лежит представление о том, что поражение мишени, под которой понимают ДНК, может быть двух видов — летальным и нелетальным, однако нелетальные поражения при взаимодействии превращаются в летальные. Чаще всего одному из компонентов модели приписывают отражение летальных двунитевых разрывов (ДР) ДНК, а второму — отражение однонитевых разрывов (ОР), которые при совпадении в противоположных нитях ДНК переходят в двунитевые.

## **8. Кривые выживаемости в области малых доз излучения.**

Ответ: Было обнаружено, что кривая «доза—эффект» у ряда радиоустойчивых линий клеток на начальном участке, в зоне «плеча», с ростом дозы снижается не плавно, а вначале очень быстро, затем следует плато, после чего она принимает обычный вид. В 1993 г. сотрудниками Греевской лаборатории (Великобритания) М.С. Джойнером и Б. Марплесом было показано, что за начальным падением выживаемости следовал подъем относительной радиорезистентности с формированием подобия плато. При дозах же более 1 Гр кривая моделировалась линейноквадратичной зависимостью. Эти феномены были названы соответственно начальной гиперрадиочувствительностью (ГРЧ) и индуцированной радиорезистентностью (ИРР). Наиболее возможные причины ГРЧ и ИР обусловлены индукцией репарации ДНК. Постулировано, что уровень повреждений ДНК в области ГРЧ слишком мал, чтобы репаративные процессы активировались, и клетки проявляют повышенную радиочувствительность. При повышении же дозы репарация индуцируется. Имеется либо порог повреждений, активирующих репарацию, либо порог изменений структуры ДНК, облегчающих ее. Действительно, согласно данным (в особенности последнего пятилетия) феномен ГРЧ наблюдается при воздействии рентгеновского излучения и для таких показателей, как число ДР. Однако относительно большее число ДР на единицу дозы облучения наблюдается в этих случаях не для диапазона до 500 мГр, а как правило, для области гораздо меньших доз (10—20 мГр). Следует помнить, что значение ГРЧ для радиационной безопасности и оценок рисков в области малых доз является относительным показателем: выявляется не абсолютное увеличение биологического эффекта радиации при меньших дозах, а повышение летальности или цитогенетических повреждений на единицу дозы. Отклонение же кривой выживаемости или выхода цитогенетических повреждений при ГРЧ и ИРР от стандартной линейно-квадратичной зависимости очень невелико — не более 10 %. В отношении вклада ГРЧ по показателю к ДР в клеточных линиях, то этот феномен на уровне организма может быть положительным фактором, элиминирующим путем последующего апоптоза клеточные единицы с радиочувствительным, потенциально канцерогенным геномом. Поэтому распространение феномена ГРЧ на уровень стохастических эффектов в популяциях человека и гипотеза о большем вреде малых доз по сравнению с большими дозами не имеют под собой корректных оснований.

#### **9. Понятие относительной биологической эффективности. Зависимость ОБЭ от локального распределения энергии излучения.**

Ответ: В радиобиологии для количественной оценки качества излучения было введено понятие относительной биологической эффективности (ОБЭ). Под ОБЭ излучения понимают его относительную (по сравнению с рентгеновским или гамма-излучением) способность при заданной поглощенной дозе вызывать лучевое поражение определенной степени тяжести. ОБЭ рентгеновского и гамма-излучения определенной энергии (100 – 150 кэВ) принимается равной единице. ОБЭ – это отношение поглощенной дозы образцового излучения –  $D_0$ , вызывающего определенный биологический эффект, к поглощенной дозе данного излучения –  $D_x$ , вызывающего тот же биологический эффект:

$$\text{ОБЭ} = D_0/D_x$$

Относительная биологическая эффективность излучений зависит от различий в пространственном распределении поглощенной энергии в облучаемом биосубстрате, измеряемых линейными потерями энергии (ЛПЭ) на единицу длины пробега ионизирующей частицы. Коэффициент эффективности для электронного, позитронного, рентгеновского, гамма-излучения, а также для быстрых протонов, как правило, близок к 1; для альфа-частиц и быстрых нейтронов возрастает до 10, для тяжелых многозарядных ионов и ядер отдачи — до 20.

#### **10. Понятие относительной биологической эффективности. Зависимость ОБЭ от условий облучения и других факторов.**

Ответ: Величина коэффициентов ОБЭ в определенной степени зависит не только от ЛПЭ, но и от ряда физических и биологических факторов. Физические: 1) Уровни доз (с увеличением дозы быстрых нейтронов ОБЭ уменьшается); 2) Кратность облучения (для тех же быстрых нейтронов при многократном облучении мышей ОБЭ = 3,5, а при остром – 3,0); 3) Распределение дозы во времени и др. К факторам биологической природы, влияющим на величину ОБЭ, относятся такие, как вид животного, а также критерий, используемый для оценки биологического эффекта, возникающего вслед за облучением (например, коэффициенты ОБЭ по таким критериям как средняя продолжительность жизни, атрофия яичек, частота «прививок» лейкемии экспериментальным животным и др. – неравнозначны). Следует также учитывать, что одни органы и ткани более чувствительны к действию радиации, чем другие. Например, при одинаковой поглощенной дозе облучения вероятность возникновения рака в легких больше, чем в щитовидной железе. Облучение половых желез особенно опасно из-за риска генетических последствий. Поэтому дозы облучения органов и тканей также следует учитывать с различными коэффициентами.

#### **11. Границы применения концепции ОБЭ.**

Ответ: В настоящее время концепция ОБЭ используется в тех случаях, когда могут быть строго учтены все условия эксперимента, а различия в биологическом действии сравниваемых видов излучения определяются лишь свойствами последних. Во всех остальных случаях (сюда же входят все практически важные случаи) знание величины поглощенной дозы недостаточно для точного предсказания ни степени тяжести, ни вероятности возникновения эффектов поражения. Для целей радиационной защиты вместо отношения доз, индуцирующих одинаковый биологический эффект, т. е. ОБЭ, ввели отношения доз, индуцирующих равные эффекты (независимо от механизма их возникновения). Эти отношения получили наименование – взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения (WR). Численные значения WR, конечно, зависят от ЛПЭ излучения. Такую зависимость можно установить на основе обобщения и анализа данных по ОБЭ с учетом накопленных знаний по последствиям облучения, а никак не путем прямого наблюдения этой связи. Так как вода является основным компонентом клетки и всего организма человека, то для анализа (установления) этой зависимости можно взять средние значения ЛПЭ в воде.

#### **12. Относительная биологическая эффективность разных видов**

**излучения.**

Ответ: Если за единицу принять эффективность  $\gamma$ -излучения, то коэффициенты ОБЭ других видов излучения находятся в следующих пределах:

1. фотоны любых энергий – 1;
2. электроны и мюоны любых энергий – 1;
3. протоны с энергией более 2 МэВ – 5;
4. нейтроны с энергией:
  - менее 10 кэВ (медленные, тепловые и промежуточные) – 5;
  - от 10 до 100 кэВ – 10;
  - от 100 кэВ до 2 МэВ (быстрые) – 20;
  - от 2 МэВ до 20 МэВ (быстрые) – 10;
  - более 20 МэВ (быстрые) – 5;
5. альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра – 20.

**13. Цитогенетическая биодозиметрия. Задержка митоза, хромосомные и хроматидные aberrации.**

Ответ: На клеточном уровне радиационные нарушения ДНК проявляются в сроки от нескольких часов до многих лет после воздействия. Наиболее быстро проявляется радиационная задержка клеточного деления. Она была обнаружена вскоре после открытия рентгеновских лучей и это послужило основанием к применению ионизирующих излучений для подавления роста опухолей. Классическим проявлением лучевого поражения клеток являются хромосомные aberrации (перестройки). Они были обнаружены в самом начале радиобиологических исследований и отражают образование разрывов молекулы ДНК и дефекты ее репарации. Разрывы приводят к фрагментации хромосомы. Под фрагментом понимают ту часть хромосомы, которая не связана с центромерой. Неверное воссоединение разрывов, когда при репарации происходит соединение участков ДНК из разных мест одной и той же хромосомы или разных хромосом, во время митоза проявляется в виде хромосомных перестроек. Хромосомные aberrации используют для оценки поглощенных доз при облучении человека. Для этого используют культуру лимфоцитов периферической крови. Количество наиболее хорошо различимых aberrаций – дицентриков и кольцевых хромосом – возрастает в зависимости от дозы согласно линейно-квадратичному закону. При летальной для человека дозе редко ионизирующих излучений  $\sim 5$ Гр на каждый делящийся лимфоцит приходится в среднем одна aberrация. Метод дает возможность оценить полученную дозу, начиная с 0,25Гр, однако при таких небольших дозах необходима большая статистика.

**14. Цитогенетическая биодозиметрия. Комплексные aberrации.**

Ответ: Принцип метода цитогенетической дозиметрии основывается на получении калибровочных (дозовых) кривых частоты хромосомных aberrаций при облучении *in vitro* либо *in vivo* лимфоцитов периферической крови человека. Из клеток организма человека наиболее адекватными для целей биодозиметрии являются лимфоциты периферической крови, которые трактуются как малые дозиметры со случайным распределением по всему телу. Одним из основных преимуществ

лимфоцитов в этом плане являются их высокая радиочувствительность и четкая количественная зависимость между частотой aberrаций хромосом и дозами облучения, близкое количественное соответствие хромосомных aberrаций при идентичном облучении лимфоцитов человека *in vitro* и *in vivo*. Наилучшее соответствие ретроспективно оцененных индивидуальных доз с данными физической дозиметрии наблюдается при учете закономерностей элиминации aberrантных клеток. Средняя частота нестабильных хромосомных aberrаций у ликвидаторов с отсутствующими данными физической дозиметрии достоверно превышает таковую у ликвидаторов с имеющимися данными физической дозиметрии. У ликвидаторов, обследованных сразу после облучения, наблюдался высокий уровень нестабильных aberrаций хромосом, позволивший определить средние значения поглощенных доз в зависимости от различных данных радиационного анамнеза. Уровень лимфоцитов с нестабильными aberrациями хромосом снижается во времени, превышая контрольный уровень на протяжении всего постчернобыльского периода. Общеизвестно, что анализ нестабильных aberrаций хромосом позволяет успешно реконструировать поглощенную дозу сразу и в относительно ранние сроки после облучения. Если же с момента облучения прошло несколько лет, то дозиметрия анализа нестабильных aberrаций возможна лишь при использовании поправочного коэффициента, характеризующего темп снижения лучевых маркеров. С этой целью необходимо знать соотношение стабильных и нестабильных aberrаций. Установлено, что период снижения в два раза клеток с дицентриками и центрическими кольцами составляет около 4 лет. Через 10 лет в периферической крови остается около 25% от исходного количества таких клеток. Реконструкция доз с использованием этого подхода возможна лишь в ситуациях, когда получены сравнительно высокие дозы, в результате действия которых в обследуемой группе наблюдается статическое превышение уровня клеток, «нагруженных» дицентриками и центрическими кольцами, над контрольным. Более перспективным в плане биологической дозиметрии в отсроченные постлучевые сроки является анализ стабильных aberrаций транслокаций, частота которых остается постоянной в течение длительного времени. И хотя вероятности возникновения aberrаций стабильного и нестабильного типов изначально одинакова, но с течением времени стабильные aberrации менее подвержены селекции во время клеточной пролиферации.

#### **15. Эффективная доза облучения. Ожидаемые индивидуальные дозы.**

Ответ: Эффективная доза – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности. Она представляет произведение эквивалентной дозы в органах  $D_{эфф}$ , на соответствующие взвешивающие коэффициенты для данных органов или тканей:

$$D_{эфф} = \sum W * D_{эфф}$$

где  $D_{эфф}$  – эквивалентная доза в ткани,  $W$  – взвешивающий коэффициент для ткани. Понятия эквивалентной и эффективной доз и взвешивающие коэффициенты применяют только для целей радиационной защиты при достаточно низких дозах излучения. То есть тогда, когда различия в эффективности редко- и плотноионизирующих излучений проявляются особенно ярко. При больших дозах

(свыше 10 предельно допустимых доз) используют поглощенную дозу, выраженную в Гр, и соответствующие рассматриваемым видам излучения коэффициенты ОБЭ, которые меньше взвешивающих коэффициентов.

#### **16. Концепция риска облучения.**

Ответ: Ионизирующее излучение является одним из множества источников риска для здоровья человека. Следует различать два вида этого риска: в случае, когда речь идет о непосредственном вреде, наносимом организму человека и проявляющемся при той или иной патологии, можно говорить о соматическом действии излучения, которое может возникать как при остром, так и при хроническом облучении в больших дозах. Но опасность представляют и относительно малые дозы, когда облучению подвергаются те или иные контингенты населения и можно опасаться накопления генетических последствий, или популяционных эффектов у будущих поколений. Однако популяционные эффекты свойственны не только «населению», но и клеточным популяциям внутри отдельного организма. При количественной оценке лучевых воздействий необходимо знать не только активность источника излучений и величину поглощенной дозы, но и учитывать характер, способ облучения живого объекта, т.е. распределение поглощенной энергии во времени и пространстве. При облучении организма различают кратковременное и длительное, однократное и многократное (фракционированное, дробное), общее и локальное, равномерное и неравномерное, внешнее и внутреннее (инкорпорированное), острое и хроническое облучения. В биологическом плане необходимо знать не только дозу, которую получил объект, но и дозу, отнесенную к единице времени, т.е. мощность дозы, интенсивность самого облучения. При летальных дозах чем больше мощность дозы, тем с большей скоростью возрастает доза облучения, а выживаемость биологических объектов снижается. При высокой мощности дозы облучения репарационная активность биологических систем не успевает проявиться в полной мере.

#### **17. Локальные характеристики поглощения энергии веществом.**

Ответ: Ионизирующие излучения получили свое название благодаря способности вызывать ионизацию атомов и молекул в облучаемом веществе. Акт взаимодействия излучения с веществом – поглощение энергии кванта валентным электроном, приводящее к переходу атома или молекулы в возбужденное состояние вплоть до высвобождения электрона. При этом оставшаяся часть атома или молекулы, приобретая положительный заряд, становится положительным ионом. Для ионизации большинства элементов, входящих в состав биологического субстрата, необходимо поглощение энергии 10-12 эВ – так называемый потенциал ионизации. Если передаваемая энергия кванта излучения меньше потенциала ионизации, происходит лишь возбуждение атома или молекулы. Все ионизирующие излучения подразделяются на две группы: электромагнитные ( $\gamma$ -излучение, рентгеновское излучение) и корпускулярные ( $\alpha$ - и  $\beta$ -излучение, протоны, тяжелые ионы, нейтроны,  $\pi$ -мезоны и т.д.). Глубина проникновения ионизирующего излучения зависит от природы излучения, заряда составляющих его частиц и энергии, от состава и плотности облучаемого вещества. Энергию, переданную заряженной частицей на единицу длины ее пробега в веществе, называют линейной

передачей энергии – ЛПЭ. За единицу ЛПЭ принимают 1 кэВ/мкм ткани (1 кэВ/мкм = 62 Дж/м). В зависимости от значения ЛПЭ все ионизирующие излучения делят на редко- (ЛПЭ < 10 кэВ/мкм) и плотноионизирующие (ЛПЭ > 10 кэВ/мкм). Энергия, переданная излучением веществу, определяется по формуле:

$$\varepsilon = \Sigma E_1 - \Sigma E_2 - \Sigma Q,$$

где  $\Sigma E_1$  – сумма кинетических энергий всех ионизирующих частиц, которые вошли в данный объем,  $\Sigma E_2$  – сумма кинетических энергий всех ионизирующих частиц, которые покинули объем,  $\Sigma Q$  – сумма всей энергии, затраченной на любые превращения ядер и элементарных частиц внутри объема. Энергия  $\varepsilon$  ионизирующего излучения, фактически поглощенная в элементе объема, является стохастической величиной, когда речь идет о микрообъеме. Частное от деления  $\varepsilon$  на массу вещества в этом микрообъеме ( $m$ ) называют удельной энергией  $Z$ :

$$Z = \varepsilon / m.$$

Единица измерения как у поглощенной дозы – Гр. При определении величины поглощенной дозы  $D$  может применяться соотношение:

$$D = d\varepsilon / dm$$

где  $d\varepsilon$  – ожидаемая (нестохастическая) величина переданной энергии, т.е. средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу в элементе объема,  $dm$  – масса вещества в этом объеме.

### 18. Поглощение рентгеновского и гамма-облучения.

Ответ: При взаимодействии  $\gamma$ -излучения и РИ с веществом происходят следующие основные процессы: эффект Комптона, фотоэффект и рождение пары электрон-позитрон. Все они имеют корпускулярный характер. Эффект Комптона – упругое рассеяние фотонов на свободных (или слабо связанных атомных) электронах, сопровождающееся увеличением длины волны. Фотон передает часть своей энергии и импульса электрону и изменяет направление движения; уменьшение энергии фотона и означает увеличение длины волны рассеянного излучения. Фотоэффект означает вырывание связанных электронов из атомов (вообще говоря, любых частиц) под действием электромагнитного излучения. В этом процессе квант, взаимодействуя с атомом, отдает одному из электронов оболочки почти всю энергию, а атом получает небольшую энергию отдачи. В результате нарушается связь электрона с ядром, и электрону передается кинетическая энергия. Образование пар – процесс рождения фотоном электрон-позитронной пары в кулоновском поле ядра или электрона. Это пороговый процесс. Энергия фотона должна быть больше удвоенной энергии покоя электрона  $E_\gamma > m_0c^2$ .

### 19. Поглощение ускоренных заряженных частиц.

Ответ: Взаимодействие частиц с веществом зависит от их типа, заряда, массы и энергии. Заряженные частицы ионизуют атомы вещества, взаимодействуя с атомными электронами. Нейтроны и  $\gamma$ -кванты, сталкиваясь с частицами в веществе, передают им свою энергию, вызывая ионизацию в результате образования вторичных заряженных частиц. К тяжелым частицам относятся частицы, массы которых в сотни раз больше массы электрона. В веществе быстрые заряженные частицы взаимодействуют с электронными оболочками и ядрами атомов. Под столкновением зарядов будем понимать электрическое взаимодействие частиц. Столкновения тяжелых частиц с

ядрами очень редки, так как ядро занимает относительно малый объем в атоме. Поэтому они мало влияют на торможение тяжелых частиц веществом. В результате взаимодействия с быстрой заряженной частицей электрон получает дополнительную энергию и переходит на один из удаленных от ядра энергетических уровней или совсем покидает атом. В первом случае происходит возбуждение, во втором – ионизация атома. При прохождении вблизи атомного ядра быстрая частица испытывает торможение в его электрическое поле. Торможение заряженных частиц сопровождается испусканием квантов тормозного рентгеновского излучения. Наконец, возможно упругое и неупругое соударение заряженных частиц с атомными ядрами. Тяжелые заряженные частицы, ускоренные до высоких энергий, взаимодействуют с электронами атомных оболочек, вызывая ионизацию атомов.

## **20. Ионизация в тканях косвенно ионизирующими частицами.**

Ответ: Косвенно ионизирующее излучение – это поток незаряженных частиц (гамма-квантов и нейтронов), которые могут создать в веществе вторичное ионизирующее излучение за счёт различных атомных и ядерных процессов. В результате взаимодействия потоков первичных и вторичных частиц с веществом в элементарном объёме поглощается некоторая часть их энергии, которая называется поглощённой энергией. Этот процесс зависит сложным образом от сорта первичных частиц, их энергии и от характеристик вещества. Облучение тканей косвенно ионизирующими частицами в конечном счете заканчивается появлением заряженных частиц. Фотоны рентгеновского и  $\gamma$ -излучения высвобождают в тканях высокоэнергетические электроны, нейтроны вызывают появление в тканях протонов отдачи,  $\alpha$ -частиц и ядер других элементов. Все эти заряженные частицы обладают значительной энергией и способны многократно вызывать ионизацию и возбуждение атомов и молекул. Мягкие рентгеновские лучи (до 100 кэВ) поглощаются в поверхностных слоях ткани за счет фотоэффекта. Длина пробега фотоэлектронов не превышает 2 мм, поэтому биологически существенный эффект, связанный с ионизацией атомов и молекул, возникает вблизи места поглощения падающего кванта. Пространственное распределение ионов определяется энергией выбитых фотоэлектронов. Так, фотоны мягкого рентгеновского излучения с энергией 10 кэВ (это соответствует длине волны 10 нм) передают фотоэлектрону около 9,5 кэВ энергии. Жесткие рентгеновские и  $\gamma$ -лучи с энергией фотонов выше 300 кэВ изменяют направление движения (меняется их энергия) в основном за счет эффекта Комптона. Максимум выделения энергии лежит на глубине вплоть до нескольких сантиметров и связан с процессом накопления вторичных электронов, который начинается на малых глубинах и возрастает до того момента, когда устанавливается равновесие между образованием вторичных частиц и их поглощением. Так,  $\gamma$ -лучи  $^{60}\text{Co}$  теряют 60% всей энергии при прохождении первых 5-6 см ткани, а фотоны с энергией 35 МэВ, генерируемые в бетатронах, отдают максимум своей энергии на глубине 6-8 см. Существование такого максимума объясняется тем, что в результате комптоновского взаимодействия фотонов высокой энергии и электронов атома последние воспринимают значительную часть энергии фотона (чем выше энергия излучения, тем более вероятен перенос к электрону отдачи максимальной энергии, вплоть до 99,9% энергии кванта).

Электроны таких высоких энергий (несколько тысяч кэВ) проникают в ткань на глубину в несколько сантиметров, образуя максимальное число ионизаций и возбуждений в конце пробега, когда скорость их значительно снижается.

### **21. Ионизация в тканях при действии тяжелых заряженных частиц и ускоренных электронов.**

Ответ:  $\alpha$ -частицы с энергией 1 МэВ теряют свою энергию на первых 5,3 мкм ткани, в среднем на каждый микрон пути веществу переносится 263,9 кэВ энергии, которая расходуется на возбуждение и ионизацию атомов. В среднем на каждый микрон пути образуется около 6,2 тысяч пар ионов, неравномерно распределенных вдоль трека частицы. Тяжелые заряженные частицы практически не отклоняются от своего первоначального направления распространения благодаря значительной разнице их массы и массы электрона, с которым они взаимодействуют, т.е. их треки можно считать прямолинейными, и имеет смысл говорить об определенной «глубине проникновения» их в вещество. Некоторая доля энергии частицы выносится за пределы ее трека выбитыми из атомов электронами, обладающими значительным запасом энергии и большой длиной пробега. Эти электроны образуют треки, ответвляющиеся от трека первичной частицы, и вызывают на своем пути ионизации и возбуждения, плотность распределения которых зависит от энергии выбитого электрона.  $\alpha$ -частицы с энергией 1 МэВ могут генерировать вторичные электроны, длина пробега которых вдвое превосходит трек самой тяжелой частицы. Вторичные электроны, энергия которых превосходит 100 кэВ, называют  $\delta$ -электронами, на долю которых приходится приблизительно 25% всей ионизации, вызываемой первичной частицей. В относительно небольшом объеме вдоль трека частицы возникает некоторое число пар ионов, порожденных первичной ионизацией и вторичными электронами с энергией менее 100 эВ – рой ионов или шпора. Несколько шпор (100-500 эВ) образуют блобы и короткие треки (0,5-5 кэВ). В состав коротких треков входят также Оже-электроны, выносящие из изолированного атома энергию перестройки внутренних оболочек.

При облучении тканей потоком  $\beta$ -частиц наблюдается криволинейная траектория частиц в веществе. Это связано с равенством масс взаимодействующих частиц: в единичном акте соударения с орбитальным электроном  $\beta$ -частица теряет большое количество энергии и изменяет первоначальное направление движения. Длина пробега  $\beta$ -частиц определяется их энергией: при энергии 150 кэВ они проникают в ткань на глубину 278 мкм, а очень быстрые частицы с энергией 50 МэВ – на глубину до 19 см.

### **22. Понятие биоиндикация. Основные подходы к использованию морфологии и генетики организмов в биомониторинге.**

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. В ходе онтогенетического и филогенетического развития любой организм в отношении любого фактора обладает генетически детерминированным и филогенетически приобретённым, уникальным физиологическим диапазоном толерантности, в пределах которого данный фактор не оказывает существенного влияния на жизнедеятельность организма, является переносимым. В случае низкой или высокой интенсивности силы фактора организм находится в зонах физиологического пессимума, когда силы воздействия находятся за максимальными или минимальными пределами для конкретного организма — наступает угнетение жизнедеятельности организма и организм погибает. Данный диапазон неодинаков как для различных особей популяции (но колеблется в пределах определённых для вида) и неодинаков в разные стадии жизненного цикла организма, а также в случае, когда значение интенсивности других факторов находятся либо в зоне пессимума или угнетения.

**23. Основные методы биомониторинга, основанные на морфологии и генетике организмов: частота встречаемости отклонений, флуктуирующая асимметрия, тест Эймса, анафазный метод, алиум-тест, микроядерный тест.**

Ответ: Флуктуирующую асимметрию принято рассматривать как показатель устойчивости (неустойчивости) развития и как один из показателей качества среды. В биоиндикации среды по показателям ФА априорно принято положение о прямой зависимости ФА и качества среды, т.е. чем выше ФА, тем она неблагоприятнее. Тест Эймса (англ. Ames test) — генетический тест с использованием бактерий *Salmonella typhimurium* в качестве тест объекта. Предназначен для оценки мутагенного потенциала химических соединений. Положительный результат в тесте показывает, что химическое вещество может обладать канцерогенными свойствами. Так как малигнизация часто связана с повреждением ДНК, тест также используется как экспрессный метод оценки канцерогенного потенциала различных химических соединений, и как дополнение другого аналогичного метода — стандартного теста на грызунах. Ана-телофазный анализ — генетический тест, основанный на визуальном учёте хромосомных aberrаций (повреждения хромосом) на стадии анафазы и телофазы митотического цикла клетки. Ана-телофазный анализ — простой, экономичный метод, который не требует знания кариотипа и идентификации хромосом. Он позволяет выявить лишь определенные типы хромосомных aberrаций, но его чувствительность вполне достаточна для заключения «мутагенен» или «не мутагенен» фактор. Ана- телофазный анализ является достаточно

чувствительным, корректным и удобным на первом этапе экотоксикогенетического исследования. Allium test — растительная тест-система для оценки мутагенного, митозмодифицирующего и токсического эффектов факторов химической и физической природы на основе растения Allium сера — лук репчатый. Смотрят, как растут корешки лука в загрязненной воде относительно незагрязненной. Микроядерный тест применяется в качестве индикатора действия различных химических мутагенов, в том числе химических средств защиты растений. Микроядра (МЯ) представляют собой внутриплазматические тельца, формирующиеся из целой хромосомы или из ее фрагментов и располагающиеся непосредственно у ядра клетки.

#### **24. Основные методы биомониторинга, основанные на физиологии и иммунных реакциях организмов.**

Ответ: Биомониторинг может осуществляться на всех уровнях организации живого: биологических макромолекул, клеток, тканей и органов, организмов, популяций (пространственная группировка особей одного вида), сообществ, экосистем и биосферы в целом. На низших уровнях биомониторинга возможны прямые и специфические формы, на высших — лишь косвенные и неспецифические. Однако именно последние дают комплексную оценку влияния антропогенных воздействий на природу в целом. Задачи: наблюдение за состоянием окружающей среды, выявление наблюдаемых изменений состояния окружающей среды, связанных с деятельностью человека, анализ наблюдаемых изменений, моделирование изменений экологической ситуации. Цели: оценка состояния окружающей среды, прогноз предполагаемых изменений состояния окружающей среды, в целом разработка мероприятий, обеспечивающих благоприятную окружающую среду. Две составляющие — биоиндикация и биотестирование. В дочернобыльский период было установлено, что для ранней биоиндикации состояния природных экосистем при радиоактивном загрязнении эффективно использовать виды хвойных пород, в частности сосну обыкновенную *Pinus sylvestris* L., характеризующуюся повышенной радиочувствительностью. Было показано, что при аварийном поступлении техногенных радионуклидов в экосистемы радиационное поражение хвойных пород проявляется в виде морфологических изменений ассимиляционного аппарата. Визуальными биоиндикационными признаками этого являются некрозы хвои, радиационные морфозы почек и формирующихся побегов и др. В последующем нарушаются взаимосвязи между компонентами экосистемы: происходит распад верхнего яруса, изреживание древостоев, увеличение поступления к нижним ярусам осадков, пыли, поллютантов и т.п. При этом лучевые эффекты у травянистых растений оказываются незначительными, изменения в травяном покрове носят вторичный характер, вызванный изменениями в экологической обстановке. В работах, проведенных после аварии на ЧАЭС (1986), было показано, что среди хвойных пород более радиочувствительным видом является ель европейская *Pinus abies* (L.) Karst., которая была включена в ряд приоритетных биоиндикаторов.

#### **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 устного опроса.

Критерием успешности освоения учебного материала **по окончанию учебного семестра** (промежуточная аттестация) является экспертная оценка преподавателя, учитывающая: текущую успеваемость в течение семестра (устный опрос). 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**

###### **Неудовлетворительно:**

Полнота ответа – Студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, отсутствуют межпредметные связи.

Структурированность – Нет.

Логика изложения – Отсутствует логика в изложении материала.

Ответы на дополнительные вопросы – Нет.

###### **Удовлетворительно:**

Полнота ответа – Студент усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, не достаточно правильные формулировки, ответ отличается низким уровнем самостоятельности.

Структурированность – Не всегда прослеживается четкость и структурированность.

Логика изложения – Не всегда прослеживается логика изложения материала.

Ответы на дополнительные вопросы – Затрудняется с ответами, ответ отличается низкой самостоятельностью.

###### **Хорошо:**

Полнота ответа – Студент твердо знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его; ответ отличается меньшей обстоятельностью.

Структурированность – Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен.

Логика изложения – Корректно и логически стройно его излагает ответ.

Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, не всегда ответы на дополнительные вопросы отличаются полнотой, структурированностью.

###### **Отлично:**

Полнота ответа – Студент полно излагает учебный материал на основе лекций и дополнительной литературы, осуществляет межпредметные связи; владеет понятийным аппаратом и уяснил взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значение для приобретения профессии.

Структурированность – Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен.

Логика изложения – Корректно и логически стройно его излагает ответ.

Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами, ответы на дополнительные вопросы характеризуются полнотой, структурированностью.

### 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
<b>Зачтено</b>	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 лабораторных занятиях.
<b>Не зачтено</b>	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 лабораторных занятиях

