

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УКРАИНЫ
ЗАПОРОЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ГИГИЕНЫ И ЭКОЛОГИИ



ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям для студентов I медицинского факультета
по специальности «Лечебное дело»

г.Запорожье, 2015

Учебно-методическое пособие «Основы организации радиационной безопасности при использовании источников ионизирующего излучения» к практическим занятиям для студентов I медицинского факультета по специальности «Лечебное дело» подготовлено преподавательским составом кафедры общей гигиены и экологии Запорожского государственного медицинского университета, согласно Рабочей программы учебной дисциплины «Гигиена и экология» по специальности 7.12010001 «Лечебное дело».

Авторский коллектив:

заведующий кафедрой, доцент, к.м.н. Севальнев А.И.

профессор, д.м.н. Гребняк Н.П.

доценты: к.м.н. Сушко Ю.Д., к.м.н. Торгун В.П., к.м.н. Кирсанова Е.В.

старший преподаватель: к.м.н. Соколовская И.А.

ассистенты: Федорченко Р.А., Волкова Ю.В., Куцак А.В., Шаравара Л.П.

Авторы исходили из современных требований к преподаванию, контролю теоретических знаний, умений и практических навыков в условиях кредитно-модульной рейтинговой системы оценки знаний.

Решение ситуационных заданий, задач и тестов предполагается планом практических занятий по гигиене и экологии.

Учебно-методическое пособие «Основы организации радиационной безопасности при использовании источников ионизирующего излучения» утверждено на заседании ЦМС по гигиеническим дисциплинам ЗГМУ
от _____ протокол № _____

Предисловие

В современной лечебной практике активно используются различные методы лечения и диагностики с применением рентгеновских установок и радиоактивных препаратов. В больницах работает множество рентгеновских аппаратов и флюорографов, гамма-установок и ускорителей заряженных частиц.

Увеличивается и годовое потребление радионуклидов с медицинскими целями, особенно йода, фосфора, золота, натрия.

Работа медицинского персонала рентгеновских и радиологических отделений связана с опасностью внешнего и внутреннего облучения, т. е. воздействия ионизирующих излучений от внешних по отношению к человеку источников излучения или воздействия ионизирующих излучений радиоактивных веществ, находящихся внутри организма.

Ионизирующие излучения любого вида не имеют избирательного действия, т. е. они влияют на все ткани и системы организма без исключения. Величина поглощенной энергии радиоактивного излучения, при которой наступает заметный биологический эффект, незначительна. Невелико и число ионизированных молекул в биологических тканях даже при смертельных дозах. Наши органы чувств не улавливают ионизирующего излучения, т. е. мы не ощущаем изменения свойств окружающей среды в момент излучения ни по температуре, ни по шуму, свету, давлению, запаху, цвету и т.д. Человек не получает сигнала бедствия от организма, поэтому возможно облучение в больших дозах. Установлено, что любое воздействие ионизирующего излучения небезразлично для организма.

ТЕМА №1

МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ПРОТИВОРАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ, НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ, ЛЕЧЕБНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Продолжительность занятия: 2,5 часа.

Вид занятия: практическое.

Цель занятия: изучить воздействие на организм человека ионизирующих излучений, ознакомиться с их гигиеническим нормированием, изучить принципы защиты при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений, рассмотреть конкретные вопросы радиационной безопасности медицинского персонала в отделениях дистанционной радиотерапии и в рентгеновских кабинетах.

Основные вопросы темы занятия:

1. Первичные механизмы действия ионизирующих излучений.
2. Отдаленные последствия.
3. Генетические эффекты.
4. Концептуальная основа нормирования радиационного фактора.
5. Концепция приемлемого риска.
6. Основные пределы доз.
7. Основные принципы обеспечения радиационной безопасности персонала, населения и окружающей среды при нормальной работе подразделений радиотерапии и в рентгеновских кабинетах.
8. Источники ионизирующего излучения.
9. Радиационная безопасность в рентгенодиагностических кабинетах.
10. Радиационная безопасность при дистанционной гамма-терапии и терапии с помощью излучения высоких энергий.

БЛОК ИНФОРМАЦИИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕМЕ

Первичным механизмом повреждающего действия ионизирующего излучения является радиолит клеточной воды с образованием так называемых молекулярных ионов, несущих положительные и отрицательные заряды, которые приводят к специфическим радиационно-химическим превращениям в тканях. В дальнейшем радиационное поражение молекулярных структур приводит к изменению физиологических свойств элементов клеток и различных видов обмена. Повреждение ядерного аппарата клеток, связанное с нарушением обмена нуклеиновых кислот, является одним из важных элементов общего лучевого поражения. Возникающая при этом дискоординация различных обменных процессов служит основой функциональных и структурных нарушений в облученном организме.

Принципиальной разницы в механизме действия радиации на соматические и зародышевые клетки нет. Одинаково поражаются как те, так и другие; но исходы поражений разные. Мутации, однажды возникнув, устойчивы в результате конвергентной редупликации ДНК, они передаются во всех последующих клеточных поколениях. И в связи с этим для генетических повреждений нет порога действия, т. е. любой акт ионизирующего воздействия опасен. Мутации в соматических клетках могут привести либо к их гибели, либо приобретению новых свойств, например к малигнизации.

Клинические эффекты ионизирующего излучения зависят не только от повреждений отдельных клеток и тканей, но и от нарушения многочисленных нервно-гуморальных и эндокринных взаимосвязей различных физиологических систем организма. Большое значение имеют процессы регенерации. Регенерация идет на различных уровнях биологической организации, от молекул до физиологической системы. Чем выше по организации биологическая формация, тем шире диапазон репаративных процессов и тем больше возможность развития компенсаторных механизмов.

На уровне мелких формаций биологического объекта пороговые повреждающие дозы снижаются и на уровне молекул их нет. Переход повреждений одного уровня на другой (более высокий) возможен при известном пороге дозы, когда репаративные процессы исчерпаны. Каждому уровню свойственны свои повреждающие дозы. Биологические формации разного уровня имеют и разный инкубационный период повреждений. На уровне молекул он отсутствует, на уровне биологической ткани (крови) он больше, на уровне целостного организма еще больше. В связи с этим изменения в клетке самые ранние, для нарушения состава крови требуется уже определенная доза около 250 (миллизиверт) мЗв, клиника лучевой болезни выявляется при дозе 500-1000 мЗв.

Клинические проявления лучевых поражений многообразны и переменны по тяжести. Это объясняется сложной взаимосвязью различных факторов особенностей облучаемого объекта, действующего агента, состояния окружающей среды. Так, врачи давно отметили индивидуальную чувствительность организма к различным неблагоприятным воздействиям. Существенное значение имеет чувствительность к лучевому воздействию. Смертельная доза облучения для человека имеет диапазон от 2500 до 6000 мЗв. В значительной же мере это зависит от особенностей человеческого организма: состояния нервно-эндокринной регуляции, общего физического здоровья, наличия или отсутствия хронических заболеваний, физиологического состояния организма (лактация, беременность, хроническое переутомление, недоедание и т.д.). Имеют значение пол и возраст: дети, старики и беременные более чувствительны к лучевому воздействию.

Чувствительность органов человека также различная. Так, клетки кроветворных органов и половых желез наиболее радиочувствительны и поражаемы, а клетки кожи и костей более устойчивы к облучению. Чувствительность тканей к облучению прямо пропорциональна интенсивности клеточного обмена и обратно пропорциональна их дифференцировке. Тяжесть лучевого поражения зависит от того, какой орган облучается, каково объемное

распределение излучения в тканях, от того, облучается ли все тело или только какая-то его часть. Например, доза 6000 мЗв смертельна для человека при тотальном облучении, но та же доза на ограниченном участке тела, например на кисти рук, переносится легче.

Эффект излучения зависит и от особенностей воздействующего агента, т.е. от дозы и времени облучения, вида и энергии излучения. Чем больше поглощенная доза, т. е. чем больше поглощенной энергии в массе биологического объекта, тем выраженнее поражающий эффект. Например, доза 250 мЗв вызывает у человека изменения в крови и обратимые клинические проявления, доза 2000 мЗв способствует развитию лучевой болезни, доза 6000 мЗв смертельна.

В прогнозе последствий облучения большое значение имеет фактор времени. Дробность облучения важнее для сохранения жизни, хотя общая суммарная доза может быть численно равна абсолютно смертельной.

Снижение мощности дозы излучения, т. е. дозы, отнесенной к единице времени, даже при одной и той же поглощенной дозе уменьшает биологический эффект.

На результат лучевого воздействия влияет также пространственное распределение поглощенной энергии в ткани. Вид и энергия излучения определяют плотность ионизации в биологической ткани, отсюда следуют различия биологического эффекта. Имеется зависимость величины биологического эффекта хронического облучения данным видом ионизирующего излучения от линейной передачи энергии (ЛПЭ) этого вида излучения. Эта зависимость определяется взвешивающим коэффициентом. С увеличением линейной передачи энергии повышается взвешивающий коэффициент.

Для оценки радиационной опасности хронического облучения произвольного состава используется эквивалентная доза, которая определяется суммой произведений поглощенных доз отдельных актов облучения на соответствующее значение взвешивающих коэффициентов этих видов излучения. Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв), равный

поглощенной дозе любого вида излучения, которая дает тот же биологический эффект, что и 1 грей (Гр) рентгеновского излучения.

Наконец, состояние внешней среды и обстановка труда в момент облучения может в известной мере влиять на характер клинических проявлений лучевого воздействия. Есть данные о положительном влиянии холода и пониженного барометрического давления при облучении. Сопутствующие неблагоприятные факторы в момент облучения (шум, вибрация, токсичные газы, ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, нагревающий микроклимат) отягощают лучевые поражения.

Исследований в этом направлении пока немного, но выработана общая принципиальная позиция, а именно: в производственных условиях, связанных с лучевым воздействием, должны быть исключены все дополнительно отягощающие факторы, неблагоприятно влияющие на самочувствие, работоспособность и здоровье людей. Многообразие факторов, определяющих влияние излучения на организм, объясняет полиморфизм клинического проявления лучевого поражения. В настоящее время все биологические эффекты и последствия действия ионизирующих излучений на человека разделяют на детерминированные (пороговые) и стохастические.

Детерминированные — это клинически значимые эффекты, которые проявляются в виде конкретной патологии, например острой или хронической лучевой болезни, лучевых ожогов (так называемые местные лучевые поражения), катаракты, хрусталика глаза, клинически регистрируемых нарушений гемопоэза, временной или постоянной стерильности и др. В большинстве случаев эти эффекты возникают при кратковременном воздействии больших доз радиации. Детерминированные эффекты имеют порог, т. е. для возникновения болезни той или иной тяжести необходимо достижение неких пороговых уровней доз облучения, ниже которых эти эффекты клинически не проявляются. Тяжесть детерминированных эффектов напрямую зависит от поглощенной дозы облучения: чем выше доза, тем тяжелее поражение.

Для стохастических (вероятностных, случайных) эффектов, в отличие от детерминированных, не существует дозового порога. Это означает, что стохастические эффекты возможны при сколь угодно малой дозе облучения. Однако вероятность их возникновения тем меньше, чем ниже доза облучения. Доказано существование двух видов стохастических эффектов облучения. Первый возникает в соматических клетках и может быть причиной развития рака в облученном организме (поздние соматические эффекты). Вторым видом, появляющийся в зародышевой ткани половых желез, может привести к наследуемым нарушениям у потомства облученных людей (наследственные генетические эффекты). Заболевания, которые развиваются при облучении, условно делятся на острые поражения и отдаленные последствия. Отдаленные последствия бывают соматическими и генетическими.

К острым лучевым поражениям относятся ранние соматические проявления в виде острой лучевой болезни и кожных поражений.

Поражения кожи могут быть в виде трофических расстройств и лучевых ожогов. Их общие особенности - вялая тканевая реакция, плохое заживление, частые изъязвления.

Кожным поражениям свойствен скрытый период от нескольких часов до 2-3 нед. Чем короче скрытый период, тем тяжелее прогноз. За это время происходит распад белков, накапливаются гистаминоподобные вещества и недоокисленные продукты обмена, повышается проницаемость сосудов. Процесс регенерации замедлен. Рубцы кожи атрофичны, на месте бывшего ожога кожа легко ранима, часто образуются болезненные трещины и трофические язвы присоединяющейся рожистой инфекцией.

Вопрос трудоустройства людей с подобными заболеваниями сложен. Часты рецидивы заболевания, велика вероятность ракового перерождения клеток кожи. Отдаленный эффект облучения представлен хронической лучевой болезнью, которая возникает при длительном внешнем или внутреннем облучении человека в малых дозах, превышающих допустимые величины. Клинические проявления хронической лучевой болезни разнообразны и

обуславливают как легкие и обратимые, так и тяжелые случаи. Болезнь начинается с множественных астенических симптомов: слабости, снижения аппетита, нарушения сна (бессонница, сонливость днем) головных болей, не поддающихся медикаментозному лечению, шума в ушах, головокружения, особенно при езде в транспорте. Объективно отмечаются тремор пальцев рук, век, повышенные сухожильные рефлексы, потливость, сухость языка, иногда афты на слизистой оболочке рта. Ногти ломкие, исчерченные. В крови лейкоцитоз и ретикулоцитоз, в дальнейшем лейкопения за счет лимфоцитопении и тромбоцитопения. Течение заболевания волнообразное с периодами ремиссии. Эта стадия обратима, поэтому подобные жалобы лиц, имеющих контакт с радиоактивным излучением, должны насторожить лечащего врача.

Дальнейшее ухудшение состояния здоровья проявляется в усилении симптомов со стороны центральной нервной системы (головные боли, шум в ушах, нарушение вестибулярных функций). Далее появляются боли в трубчатых костях, отмечается болезненность нервных стволов, мышц, развиваются симптомы угнетения гемостаза, повышенная кровоточивость десен, появляются геморрагии и петехии на коже и слизистых оболочках, органические изменения слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта. В дальнейшем присоединяется банальная инфекция, снижаются защитные силы организма. Смерть наступает от различных осложнений.

Наряду с хронической лучевой болезнью к отдаленным последствиям лучевого воздействия соматического порядка относятся также повышенная вероятность злокачественных заболеваний, катаракты хрусталика, сокращение продолжительности жизни. Частота лейкемии среди лиц, подвергавшихся воздействию ионизирующих излучений, выше, чем у населения в целом. У жителей Хиросимы лейкемия возникала в 8 раз чаще, чем у необлученного населения, в литературе описаны случаи злокачественных новообразований различной локализации через 20—25 лет после прекращения контакта с радиоактивным излучением. Описаны случаи рака кожи рук у рентгенологов,

рак легких у шахтеров свинцовых рудников, подвергавшихся воздействию радиоактивных газов в шахтах, остеосарком у работниц, имеющих контакт на производстве с радиоактивным фосфором, и т.д. Однако пока нет единого мнения о минимальных дозах, вызывающих такие отдаленные последствия. Эффект лучевого воздействия определяется многочисленными факторами, трудно поддающийся анализу и количественному учету.

Сокращение продолжительности жизни в результате лучевого воздействия на 25 - 50% по сравнению с контрольной группой достоверно отмечено в эксперименте у животных, получивших при тотальном облучении дозы, близкие к смертельным.

Данные о сокращении продолжительности жизни человека пока противоречивы. Однако, по мнению большинства радиологов, сокращение жизни человека при тотальном облучении составляет 1 - 15 дней на 10 мЗв, что связано в значительной мере с ускорением старения и ослаблением естественной резистентности организма к инфекциям. В настоящее время в литературе имеются многочисленные сведения о действии ионизирующего излучения на иммунобиологическую резистентность организма. При этом происходит нарушение барьерных функций организма - кожные покровы и слизистые оболочки теряют бактерицидные свойства, снижаются бактерицидные свойства сыворотки, ослабляется фагоцитарная активность лейкоцитов, развивается бактериемия. Снижается напряженность искусственного иммунитета. В результате развиваются нагноения, осложнения после банальных инфекций, возможно длительное бациллоносительство. Таким образом, под влиянием ионизирующего излучения происходит ослабление как естественного, так и искусственного иммунитета. У работников, имеющих контакт с излучением, затягиваются и утяжеляются такие заболевания, как грипп, ОРЗ, пневмония, бронхит и т.д. Неспособность создать стойкий искусственный иммунитет к определенным инфекциям обуславливает существование прослойки населения, готовой к восприятию специфических инфекций (холера, брюшной тиф, полиомиелит), что может создать известную

нестабильность эпидемической обстановки в стране. Радиобиологи считают, что у человека вероятность возникновения мутаций будет определяться той суммарной дозой, которая набирается от зачатия родителей вплоть до зачатия ими ребенка.

Качественно мутации от радиоактивности не отличаются от мутаций спонтанных. Порога дозы по мутагенному эффекту нет. Генетические изменения могут проявляться в последующих поколениях, так как мутации, передаваемые по наследству, могут быть связаны с морфологическими, физиологическими, биохимическими изменениями. Чем большее число людей подвергается облучению, тем больше опасность мутаций у населения в целом.

Согласно американским данным гонадные дозы, накапливаемые человеком за 30 лет в результате различных диагностических исследований, составляют 46 мЗв, доза естественного фона, накопленная за этот срок, равна примерно 28,5 мЗв. Еще большие гонадные дозы получают люди, подвергавшиеся радиотерапевтическому воздействию, особенно при рентгенодиагностических исследованиях различных органов с использованием контрастных веществ, при введении радионуклидов в терапевтических дозах, при других видах рентгенотерапевтических процедур. Увеличение числа хромосомных аберраций соматических клетках отмечено у лиц, профессионально связанных с облучением, особенно в аварийных ситуациях. Наиболее чувствительны к радиоактивному излучению половые клетки. Так, доза 2000—4000 мЗв вызывает гибель яичников, а доза 6000 мЗв на яички приводит к полной стерилизации. При этом клетки, вырабатывающие половые гормоны, остаются жизнеспособными. Следовательно, облучение гениталий приводит к бесплодию, но не к кастрации.

Наиболее чувствительны к воздействию излучений беременные. Самый опасный период в этом отношении — это стадия закладки органов эмбриона (4 - 12 нед. беременности). Эмбрион может погибнуть и беременность не развивается, либо эмбрион развивается, но в дальнейшем плод будет нежизнеспособным. Жизнеспособный плод обычно имеет различные уродства.

Так, например, в Хиросиме было обследовано 98 женщин, бывших беременными в момент атомной бомбардировки. 30 женщин получили лучевую болезнь, у остальных видимых признаков этого заболевания не было. Смертность новорожденных от матерей с лучевой болезнью составила 33%, от матерей без явных признаков лучевой болезни - 9%, в контрольной группе смертность новорожденных была не более 4-6%.

Таким образом, действие ионизирующей радиации весьма многообразно. Она поражает все органы и системы, вызывает отдаленные воздействия и наследственные изменения. В связи с этим одним из важных элементов радиационной безопасности явилась разработка предельно-допустимых уровней (ПДУ) облучения населения. В основе критериев радиационной безопасности лежат данные об универсальном биологическом действии ионизирующей радиации, а также учитываются особенности и условия облучения различных категорий населения. Нормы радиационной безопасности направлены на предотвращение возникновения лучевых поражений у персонала, а также предотвращение радиационных эффектов последующих поколений. Расширение областей применения радиоактивных веществ и источников ионизирующих излучений в экономике различных стран мира, загрязнение радиоактивными отходами окружающей среды потребовали установления ПДУ облучения работников, профессионально связанных с ионизирующим излучением и населения, не имеющего контакта с радиоактивными веществами в производственных условиях (табл. 1.1)

Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	персонал	Население
Эффективная доза	20 в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза:		
в хрусталике глаза*	150 мЗв/год	15 мЗв/год
коже**	500 мЗв/год	50 мЗв/год
кистях и стопах	500 мЗв/год	50 мЗв/год

* Относится к дозе на глубине 300 мк/см².

** Относится к среднему по площади в 1 см² значению в базальном слое кожи толщиной 5 мк/см² под покровным слоем толщиной 5 мк/см². На ладонях толщина покровного слоя 40 мк/см². Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см² площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспечивает не превышение предела дозы на хрусталик от бета-частиц.

При оценке степени лучевого воздействия в целом следует сказать об особенностях облучения населения, т. е. людей, не имеющих контакта с радиоактивными веществами и их излучением в производственной обстановке. Эта категория людей обычно получает лучевое воздействие в результате лечебно-диагностических рентгенорадиологических исследований. Отсюда ясно, что чем больше дозы при таких исследованиях или больше число обследованных, тем больше потенциальная опасность возникновения отдаленных эффектов и генетических последствий (табл. 1.2).

**Основные источники облучения населения и обусловленные ими
эффективные эквивалентные дозы**

Источники излучения	Доза, микрозиверт (мкЗв/год)
Природные	
космические лучи на поверхности земли	320
гамма-излучение	
Фоновое	300
дополнительное (стройматериалы)	110
внутреннее облучение	
бета-излучатели	200
альфа-излучатели	160
Дополнительное	
Удобрения	0,3
сжигание угля	2
радон-222, радон-220	
Фоновое	280
Дополнительное	
Стройматериалы	480
Почва	1090
Медицинские	1230
Рентгенодиагностика	1200
радонуклидная диагностика	30
Остальные искусственные источники	53,1
испытания ядерного оружия	20
ядерная энергетика	0,1
профессиональное облучение	3
последствия аварии на ЧАЭС (1990)	30
Всего...	4200

Профилактика таких последствий является долгом каждого врача, проводящего рентгенодиагностику или лучевую терапию. В литературе приводятся, многочисленные сведения об отдаленных последствиях лучевой терапии в виде злокачественных новообразований и лейкозов. Латентный период растянут от 3 до 48 лет, что определяется величиной дозы, полученной пациентом, размером облучаемого объекта, индивидуальной

чувствительностью организма и т.д. Особую осторожность следует проявлять при назначении лучевой терапии детям и людям репродуктивного возраста.

Массовость рентгенодиагностических исследований предполагает постоянный контроль за лучевой нагрузкой пациентов. Если считать, что частота лейкозов зависит от дозы облучения костного мозга, то величина средней костно-мозговой дозы может быть важным показателем лучевой нагрузки. Последняя весьма различна и зависит от вида исследований. Если среднемозговая доза за счет естественного фона составляет 900 мкЗв(0,9 мЗв), то при обследовании нижних отделов живота она равна 7 000 мкЗв(7 мЗв). По данным комитета экспертов ВОЗ средняя костномозговая доза при разных процедурах колеблется от 1 000 до 10 000 мкЗв(10 мЗв). Основной вклад в эту дозу вносят исследования желудочно-кишечного тракта и массовые исследования грудной клетки.

В плане радиационной безопасности населения при рентгенодиагностике наиболее актуальна профилактика генетических последствий. С увеличением массовости рентгенодиагностических обследований увеличивается общая дозовая нагрузка на гонады. Наибольшие гонадные дозы создаются при тех исследованиях, при которых гонады попадают в рабочий сектор излучения, например при снимках живота и таза.

Массовые снимки грудной клетки, черепа и конечностей вносят меньший вклад в гонадную дозу, чем малочисленные снимки органов таза, живота, верхней части бедра. Если исходить из того, что выраженность генетического эффекта зависит от величины дозы, то рентгенодиагностические процедуры могут увеличить вероятность мутаций. Это диктует необходимость существенного уменьшения лучевых нагрузок на население, особенно при рентгенодиагностике.

Система обеспечения радиационной безопасности при проведении медицинских рентгенологических исследований должна предусматривать практическую реализацию трех основополагающих принципов радиационной безопасности - нормирования, обоснования и оптимизации.

Принцип нормирования реализуется установлением гигиенических нормативов (допустимых пределов доз) облучения.

Для работников (персонала) средняя годовая эффективная доза равна 20 мЗв (0,02 зиверта) или эффективная доза за период трудовой деятельности (50 лет) - 1000 мЗв (1 зиверт); допустимо облучение в годовой эффективной дозе до 50 мЗв (0,05 зиверта) при условии, что средняя годовая эффективная доза, исчисленная за пять последовательных лет, не превысит 20 мЗв (0,02 зиверта). Для женщин в возрасте до 45 лет эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв (0,001 зиверта) в месяц.

Для практически здоровых лиц годовая эффективная доза при проведении профилактических медицинских рентгенологических процедур и научных исследований не должна превышать 1 мЗв (0,001 зиверта).

Принцип обоснования при проведении рентгенологических исследований реализуется с учетом следующих требований:

- приоритетное использование альтернативных (нерадиационных) методов;
- проведение рентгенодиагностических исследований только по клиническим показаниям;
- выбор наиболее щадящих методов рентгенологических исследований;
- риск отказа от рентгенологического исследования должен заведомо превышать риск от облучения при его проведении.

Принцип обоснования при проведении рентгенорадиотерапии реализуется с учетом следующих требований:

- использование метода только в случаях, когда ожидаемая эффективность лечения с учетом сохранения функций жизненно важных органов превосходит эффективность альтернативных (нерадиационных) методов;
- риск отказа от рентгенорадиотерапии должен заведомо превышать риск от облучения при ее проведении.

Принцип оптимизации или ограничения уровней облучения при проведении рентгенологических исследований осуществляется путем поддержания доз облучения на таких низких уровнях, какие возможно достичь

при условии обеспечения необходимого объема и качества диагностической информации или терапевтического эффекта.

Обеспечение радиационной безопасности при проведении рентгенологических исследований включает:

- проведение комплекса мер технического, санитарно - гигиенического, медико
- профилактического и организационного характера;
- осуществление мероприятий по соблюдению правил, норм и нормативов в области радиационной безопасности;
- информирование населения (пациентов) о дозовых нагрузках, возможных последствиях облучения, принимаемых мерах по обеспечению радиационной безопасности;
- обучение лиц, назначающих и выполняющих рентгенологические исследования, основам радиационной безопасности, методам и средствам обеспечения радиационной безопасности.

Система радиационной защиты включает в себя комплекс разнообразных мероприятий. Это прежде всего планировочно-конструктивные меры (выбор участка радиологического отделения, особенности внутренней планировки помещений, размещение специального оборудования, защитных устройств, защитных конструкций), затем индивидуальная защита персонала и текущий санитарно-дозиметрический контроль работников, обстановки, окружающей среды.

Радиационная защита регламентируется законодательными материалами - нормативами, инструкциями по безопасности в радиологическом учреждении. Большое значение имеют предварительные и периодические медицинские осмотры персонала. Организационные мероприятия включают в себя строгий отбор кадров, повышение профессионального мастерства, точное соблюдение всех правил работы с радиоактивными веществами, высокую исполнительскую и трудовую дисциплину персонала.

Конкретная система защиты будет зависеть от типа источника и вида излучения.

Различают закрытые и открытые источники. Закрытый источник - источник радиоактивного излучения, устройство которого исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые он рассчитан. Открытый источник - источник радиоактивного излучения, при использовании которого возможно попадание содержащихся в нем радиоактивных веществ в окружающую среду, а следовательно, поступление в организм человека. Таким образом, основным поражающим фактором при работе с закрытыми источниками является внешнее излучение, при работе с открытыми источниками, кроме внешнего излучения, имеется опасность внутреннего облучения в результате попадания радиоактивных частиц в легкие и желудочно-кишечный тракт. При работе с закрытыми источниками система радиационной защиты направлена на максимальное снижение внешнего излучения. Закрытые источники делятся на источники непрерывного и прерывистого (периодического) действия. К источникам непрерывного действия относятся установки с гамма-, бета-излучателями и нейтронными излучателями, к источникам периодического действия - рентгеновские аппараты и ускорители заряженных частиц. В качестве гамма-излучателей используются радиоактивные элементы (кобальт-60, кадмий-109, теллур-107, цезий-134, цезий-137 и т.д.), которые в порошкообразном виде или твердом состоянии помещаются в герметические стальные ампулы. В качестве бета-излучателей используются искусственные радионуклиды - фосфор-32, стронций-90, иттрий-90, золото-198, тлий-204 и др. Нейтронные источники представляют собой смесь радия, полония и плутония с бериллием и бором, заключенную в герметические стальные ампулы.

Активность закрытых источников, используемых в медицинской практике весьма различна. Это гамма-источники, используемые для дистанционной лучевой терапии, и нейтронные излучатели различной мощности. Для внутрисполостной и внутритканевой терапии используют закрытые источники кобальта-60, золота-198 в виде бусинок, цилиндров, игл. Рентгеновские аппараты, применяемые в диагностике и терапии, генерируют

рентгеновское излучение с энергией от 60 до 150 кэВ. Система защитных мероприятий будет зависеть от активности излучателя, вида излучения, технологии работы с источником. Надежность защиты персонала определяют дозы облучения, не превышение уровня, установленного НРБУ-97. Доза внешнего облучения пропорциональна активности источника и времени его действия и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника. Отсюда вытекают основные принципы защиты: «защита количеством», т. е. уменьшением мощности излучения источника; «защита временем», т. е. уменьшением времени работы с источником; «защита расстоянием», т. е. увеличением расстояния от источника до работающего. Излучение можно ослабить с помощью поглощающих материалов («защита экраном»).

«Защита количеством» в медицинской практике не получила большого распространения, так как уменьшение активности источника неизбежно приводит к ослаблению лечебного эффекта и вынужденному увеличению времени контакта больного с излучателем.

«Защита временем» возможна при работе с источниками малой активности при ручных манипуляциях с ними. Автоматизм рабочих операций и высокая квалификация медицинского персонала позволяют сократить время контакта с радиоактивными веществами (уменьшение «активного» времени).

«Защита расстоянием» чаще всего реализуется использованием дистанционных инструментов, что достаточно эффективно снижает дозу на руки персонала. Наибольшее значение при работе с закрытыми источниками имеет «защита экранами». Лучшим материалом для ослабления гамма-излучения и рентгеновского излучения являются материалы с большой атомной массой (свинец), где создаются благоприятные условия для процессов взаимодействия гамма-излучения и рентгеновского излучения с веществом. На практике чаще используют свинец или уран. Если экранируются соседние помещения, то перекрытия помещения с гамма-излучателем делают из бетона, баритобетона, железобетона. Большая толщина таких строительных конструкций создает надлежащую защиту от излучения. Для защиты от бета-

излучения используют более легкие материалы - алюминий, стекло, пластмассу. Защита от бета-излучения свинцовым экраном опасна, так как в поле ядра атома свинца бета-частицы теряют энергию, приводя к выходу тормозного излучения. При очень мощных бета-потоках используют комбинированные экраны из тяжелых и легких материалов. Для защиты от потока быстрых нейтронов применяют экраны из материалов с большим количеством атомов водорода (парафин, вода). Поскольку поглощение нейтронов сопровождается излучением квантов энергии, необходимо предусмотреть для их ослабления экран из свинца в качестве второго слоя. Тепловые нейтроны эффективно поглощают бор-кадмий содержащие вещества.

По назначению и конструкции защитные экраны могут быть самыми разнообразными - в виде контейнеров для транспортировки и хранения радиоактивных веществ, в виде строительных конструкций (пол, потолок, стены) помещения, где находится мощный излучатель. Защитными экранами оборудуют и защищают рабочие места персонала. Экраны могут быть использованы и в средствах индивидуальной защиты в виде фартуков и щитков, перчаток из просвинцованной резины, смотрового окна из специального стекла в процедурной кабинета рентгенодиагностики и т.д.

Закрытые радиоактивные источники используются в рентгенодиагностике и лучевой терапии. Лучевая терапия делится на дистанционную гамма-терапию, терапию с помощью излучения квантов высоких энергий и внутриволостную, внутритканевую и аппликационную терапию с помощью закрытых радиоактивных источников. В каждом конкретном случае вопросы радиационной безопасности решаются по-своему.

Радиационная безопасность в рентгенодиагностических кабинетах

В современных рентгенодиагностических аппаратах рентгеновская трубка заключена в специальный защитный кожух. Для уменьшения облучения тела больного первичный пучок рентгеновских лучей проходит через фильтры, где отсекаются кванты малой энергии, чем повышается эффективная энергия излучения. Большое значение для снижения уровня облучения персонала и

больного имеют квалификация персонала, использование защитных средств и приспособлений.

При размещении рентгеновского диагностического аппарата следует учитывать направление рабочего пучка, он должен быть обращен в сторону капитальных стен помещения. При этом рентгеновская трубка должна отстоять не менее чем на 2 м от той стены помещения, на которую направлен рабочий пучок излучения. Пульт управления аппаратом и рабочее место врача рекомендуется выносить в отдельную комнату. При отсутствии такой комнаты пульт управления должен находиться в наибольшем отдалении от источников рассеянного излучения и в стороне от направления рабочего пучка излучения.

Экран для просвечивания должен быть снабжен защитным свинцовым стеклом. К экрано-снимочному устройству подвешивается разрезной просвинцованный многолопастный фартук для защиты врача при исследовании больного в вертикальном и горизонтальном положении. Средства радиационной защиты персонала и пациентов подразделяются на передвижные и индивидуальные.

К передвижным средствам радиационной защиты относятся:

- большая защитная ширма персонала (одно-, двух-, трехстворчатая) - предназначена для защиты от излучения всего тела человека;
- малая защитная ширма персонала - предназначена для защиты нижней части тела человека;
- малая защитная ширма пациента - предназначена для защиты нижней части тела пациента;
- экран защитный поворотный - предназначен для защиты отдельных частей тела человека в положении стоя, сидя или лежа;
- защитная штора - предназначена для защиты всего тела; может применяться взамен большой защитной ширмы.

К индивидуальным средствам радиационной защиты относятся:

- шапочка защитная - предназначена для защиты области головы;
- очки защитные - предназначены для защиты глаз;

- воротник защитный - предназначен для защиты щитовидной железы и области шеи; должен применяться также совместно с фартуками и жилетами, имеющими вырез в области шеи;
- накидка защитная, пелерина - предназначена для защиты плечевого пояса и верхней части грудной клетки;
- фартук защитный односторонний тяжелый и легкий - предназначен для защиты тела спереди от горла до голеней (на 10 см ниже колен);
- фартук защитный двусторонний - предназначен для защиты тела спереди от горла до голеней (на 10 см ниже колен), включая плечи и ключицы, а сзади от лопаток, включая кости таза, ягодицы, и сбоку до бедер (не менее чем на 10 см ниже пояса);
- фартук защитный стоматологический - предназначен для защиты передней части тела, включая гонады, кости таза и щитовидную железу, при дентальных исследованиях или исследовании черепа;
- жилет защитный - предназначен для защиты спереди и сзади органов грудной клетки от плеч до поясицы;
- передник для защиты гонад и костей таза - предназначен для защиты половых органов со стороны пучка излучения;
- юбка защитная (тяжелая и легкая) - предназначена для защиты со всех сторон области гонад и костей таза, должна иметь длину не менее 35 см (для взрослых);
- перчатки защитные - предназначены для защиты кистей рук и запястий, нижней половины предплечья;
- защитные пластины (в виде наборов различной формы) - предназначены для защиты отдельных участков тела;
- средства защиты мужских и женских гонад - предназначены для защиты половой сферы пациентов.

Защитные материалы и средства радиационной защиты должны иметь санитарно - эпидемиологические заключения, в которых должно быть указано, что они могут использоваться при рентгенологических исследованиях.

Контроль защитной эффективности и других эксплуатационных параметров средств радиационной защиты проводится аккредитованными организациями с периодичностью не реже одного раза в два года.

Кроме прямого пучка излучения, возможно образование рассеянного излучения при прохождении рентгеновского пучка через тело пациента и отражении от предметов, находящихся в кабинете. Любая точка рабочего места персонала рентгеновского кабинета должна иметь защиту, обеспечивающую ослабление рентгеновского излучения настолько, чтобы мощность дозы внешнего облучения не превышала 0,4 мЗв/нед.

При расчете защиты в рентгеновских кабинетах принимается время генерирования рентгеновских лучей для диагностических аппаратов, равное 150 мин. на одну 5-часовую смену или 15 ч в неделю, для флюорографов на одну 5-часовую смену - 15 мин или 1,5 ч в неделю.

Допустимая мощность дозы на рабочем месте персонала при указанной длительности генерирования рентгеновских лучей не должна превышать 0,03 мЗ для диагностических аппаратов и 0,3 мЗв/ч для флюорографов. Диагностические рентгеновские аппараты должны иметь подвижную диафрагму для ограничения пучка лучей, чтобы при расстоянии от опорной доски аппарата до экрана 25 см и максимальном раскрытии створок диафрагмы освещенное пятно на экране было меньше его размеров с каждой стороны на 1 см. Как показывают исследования, мощность дозы излучения на рабочем месте врача-рентгенолога за экраном у отечественных аппаратов составляет не более 0,03 мЗв/ч, что ниже допустимых пределов. Однако при горизонтальном положении штатного аппарата, при исследовании пациента лежа, когда рабочий пучок рентгеновских лучей направлен вертикально, уровни облучения персонала могут быть несколько выше.

Обеспечение радиационной безопасности при проведении рентгенологических исследований включает:

- проведение комплекса мер технического, санитарно - гигиенического, медико
- профилактического и организационного характера;

- осуществление мероприятий по соблюдению правил, норм и нормативов в области радиационной безопасности;
- информирование населения (пациентов) о дозовых нагрузках, возможных последствиях облучения, принимаемых мерах по обеспечению радиационной безопасности;
- обучение лиц, назначающих и выполняющих рентгенологические исследования, основам радиационной безопасности, методам и средствам обеспечения радиационной безопасности.

Безопасность работы в рентгеновском кабинете обеспечивается посредством:

- применения рентгеновской аппаратуры и оборудования, отвечающих требованиям технических и санитарно - гигиенических нормативов, создающих требуемую клиническую результативность при обеспечении требований радиационной безопасности;
- обоснованного набора помещений, их расположения и отделки;
- использования оптимальных физико - технических параметров работы рентгеновских аппаратов при рентгенологических исследованиях;
- применения стационарных, передвижных и индивидуальных средств радиационной защиты персонала, пациентов и населения;
- обучения персонала безопасным методам и приемам проведения рентгенологических исследований;
- соблюдения правил эксплуатации коммуникаций и оборудования;
- контроля за дозами облучения персонала и пациентов;
- осуществления производственного контроля за выполнением норм и правил по обеспечению безопасности при рентгенологических исследованиях и рентгенотерапии.

Проведение рентгенологических исследований и рентгенотерапии лечебно - профилактическими учреждениями, другими юридическими и физическими лицами осуществляется при наличии санитарно -

эпидемиологического заключения о соответствии условий труда с источниками ионизирующих излучений санитарным правилам.

Методы диагностики, профилактики и лечения, основанные на использовании рентгеновского излучения, должны быть утверждены Минздравом России.

При обращении с рентгеновскими медицинскими аппаратами организации (лечебно - профилактические учреждения, стоматологические клиники, другие юридические лица) обеспечивают:

- планирование и осуществление мероприятий по обеспечению радиационной безопасности;
- осуществление производственного контроля за радиационной обстановкой на рабочих местах, в помещениях, на территории;
- проведение индивидуального контроля и учет индивидуальных доз персонала и пациентов. Контроль и учет индивидуальных доз облучения осуществляется в рамках единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения;
- проведение подготовки и аттестации руководителей и исполнителей работ, специалистов, осуществляющих производственный контроль, других лиц, постоянно или временно выполняющих работы с рентгеновскими аппаратами, по вопросам обеспечения радиационной безопасности;
- организацию, проведение предварительных (при поступлении на работу) и периодических медосмотров персонала;
- регулярное информирование персонала об уровнях ионизирующего излучения на рабочих местах и величине полученных индивидуальных доз облучения;
- своевременное информирование федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих государственное управление, государственный надзор и контроль в области радиационной безопасности, а также органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации об аварийных ситуациях;

- выполнение заключений, предписаний должностных лиц уполномоченных на то органов исполнительной власти, осуществляющих государственное управление, государственный надзор и контроль в области обеспечения радиационной безопасности;

- реализацию прав граждан в области обеспечения радиационной безопасности.

Администрация учреждения обеспечивает сохранность рентгеновских аппаратов и такие условия их получения, хранения, использования и списания, при которых исключается возможность их утраты или бесконтрольного использования.

Администрация учреждения составляет и ведет радиационно - гигиенический паспорт организации в установленном порядке.

В учреждении, имеющем рентгеновский кабинет или рентгеновский аппарат, должна быть следующая документация:

- санитарно - эпидемиологическое заключение на вид деятельности: эксплуатация, хранение, испытания и др. рентгеновского аппарата (аппаратов) в рентгеновском кабинете (кабинетах);

- санитарно - эпидемиологическое заключение на рентгеновский аппарат, как на продукцию, представляющую потенциальную опасность для человека;

- санитарно - эпидемиологическое заключение на проект рентгеновского кабинета;

- технический паспорт на рентгеновский кабинет;

- инструкция по охране труда, включающая требования по радиационной безопасности, по предупреждению и ликвидации радиационных аварий;

- санитарные правила, иные нормативные и инструктивно - методические документы, регламентирующие требования радиационной безопасности.

К работе по эксплуатации рентгеновского аппарата допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие документ о соответствующей подготовке, прошедшие инструктаж и проверку знаний правил по обеспечению безопасности, действующих в учреждении документов и инструкций. Подготовка специалистов, участвующих в проведении рентгенологических исследований,

осуществляется по программам, включающим раздел "Радиационная безопасность". Учреждение, проводящее обучение, должно иметь лицензию на образовательную деятельность.

Администрация учреждения организует проведение предварительных (при поступлении на работу) и ежегодных периодических медицинских осмотров персонала группы А. К работе допускаются лица, не имеющие медицинских противопоказаний для работы с источниками ионизирующих излучений. Это же требование распространяется на лиц, поступающих на курсы, готовящие кадры для работы в рентгеновских кабинетах.

При выявлении отклонений в состоянии здоровья, препятствующих продолжению работы в рентгеновском кабинете, вопрос о временном или постоянном переводе этих лиц на работу вне контакта с излучением решается администрацией учреждения в каждом отдельном случае индивидуально в установленном порядке.

Женщины освобождаются от непосредственной работы с рентгеновской аппаратурой на весь период беременности и грудного вскармливания ребенка.

Система инструктажа с проверкой знаний по технике безопасности и радиационной безопасности включает:

вводный инструктаж - при поступлении на работу;

первичный - на рабочем месте;

повторный - не реже двух раз в году;

внеплановый - при изменении характера работ (смене оборудования рентгеновского кабинета, методики обследования или лечения и т.п.), после радиационной аварии, несчастного случая.

Лица, проходящие стажировку и специализацию в рентгеновском кабинете, а также учащиеся высших и средних специальных учебных заведений медицинского профиля допускаются к работе только после прохождения вводного и первичного инструктажа по технике безопасности и радиационной безопасности. Для студентов и учащихся, проходящих обучение с источниками

ионизирующих излучений, годовые дозы не должны превышать значений, установленных для персонала группы Б.

Не допускается проведение работ с рентгеновским излучением, не предусмотренных должностными инструкциями, инструкциями по технике безопасности, радиационной безопасности и другими регламентирующими документами. Не допускается работа персонала рентгеновского кабинета без средств индивидуального дозиметрического контроля.

Повышенные уровни облучения медицинского персонала возможны и при обследовании травматологических больных. Наибольшему облучению подвергаются руки, ноги и нижняя часть туловища медицинского персонала. При прямой пальпации пациента у экрана в прямом пучке излучения уровни облучения рук весьма значительны. При горизонтальном положении штатива рентгенолог находится вне прямого пучка и подвергается облучению только рассеянным излучением. Индивидуальные средства защиты (просвинцованный фартук и перчатки) ослабляют рассеянное излучение в 10—30 раз. В послед годы широко используют рентгеновские аппараты с ЭОП. Как показали следования, дозы облучения персонала при этом уменьшаются в 10 - 100 раз, как правило, мощность дозы излучения на рабочих местах врача-рентгенолога и рентгенолаборанта значительно ниже допустимого уровня, составляя 1/10 годовой предельно допустимой дозы.

За последнее время увеличилось число сложных рентгенологических исследований с участием врачей различных специальностей (хирурги, анестезиологи). К таким исследованиям следует отнести бронхоскопию, ирригоскопию, ангиокардиографию, катетеризацию сердца и др. Эти процедуры связаны со значительным облучением персонала, не имеющего отношения к радиологической службе. При сложных рентгенодиагностических исследованиях среднемесячные дозы облучения грудной клетки врачей-нерентгенологов (хирургов и анестезиологов) колеблются от 1,5 до 2,5 мЗв, таза - от 1,8 до 2,9 мЗв. Уровни облучения кистей рук достигают в месяц 6-10 мЗв, т. е. приближаются к уровню облучения кистей рук профессиональных

рентгенологов. Необходим постоянный дозиметрический контроль за уровнем облучения специалистов-нерентгенологов и нормирование числа сложных рентгенодиагностических процедур для каждого конкретного специалиста.

Радиационная безопасность при дистанционной гамма-терапии и терапии с помощью излучения высоких энергий

В настоящее время для дистанционной лучевой терапии используется рентгенотерапевтические установки, ускорители заряженных частиц, гамма-терапевтические установки. Во всех установках используется мощный поток излучения, направленный на патологический очаг. Рентгенотерапевтические установки предназначены для глубокой или поверхностной терапии, например для лечения поражений кожи.

Гамма-терапевтические установки используются как для статического, так и для подвижного облучения (ротационные или ротационно-конвергентные). Величина заряда кобальта-60 может быть различной. Ускорители электронов имеют энергию до 5 МэВ, от 5 до 10 МэВ или более 10 МэВ.

Основной профессиональной вредностью для персонала при работе с такими установками является внешнее облучение. Радиационная безопасность для персонала определяется в основном качеством стационарной защиты рабочих мест, продолжительностью работы установок в течение смены, надежностью системы по предупреждению аварийных ситуаций. Активность источников излучения в установках достигает больших величин, поэтому к конструктивным особенностям аппаратов, их размещению и эксплуатации предъявляются повышенные требования.

Рентгеновские терапевтические аппараты должны иметь отдельное помещение для управления и процедурную с защищенным смотровым окном и защитной дверью между комнатой управления и процедурной. Площадь процедурной должна составлять от 24 до 40 м² в зависимости от типа аппарата. Защита рабочих мест должна обеспечивать условия, при которых мощность дозы внешнего излучения на любой точке превышает 0,4 мЗв/нед. Окно для

наблюдения за больными между процедурной и комнатой управления должно быть расположено в стороне от основного направления рабочего пучка, стекло смотрового окна должно иметь свинцовый эквивалент, обеспечивающий ослабление мощности дозы до допустимой величины.

Все ограждения процедурной и комнаты управления (стены, пол, потолок должны быть усилены свинцом для защиты смежных помещений от излучения). Мощность дозы на наружных поверхностях здания и в проемах не должна превышать 3 мкЗв/ч. Принципы стационарной защиты от излучения ускорителей медицинского назначения те же, но площадь процедурных увеличена до 45 м² и выделяется комната для инженерного пульта управления площадью до 20 м². В связи с большой проникающей способностью излучения ускорителей, защита усиливается дополнительными стенами типа лабиринта, за больным наблюдают не через смотровые окна, а при помощи телевизионных устройств.

В кабинетах гамма-терапии защита должна обеспечить ослабление как прямого, так и рассеянного излучения до допустимых величин. Размеры процедурных комнат зависят от типа установки. При статическом облучении площадь процедурной от 20 до 36 м², при подвижном облучении она увеличивается до 36 - 45 м². В процедурной в момент облучения больного создается высокий уровень как прямого, так и рассеянного излучения. Мощность дозы в комнате управления может резко возрасти при нарушении экранирования дверного проема между процедурной и комнатой управления, поэтому часто используют комбинированную защиту — лабиринт и защитную дверь. Обязательна автоблокировка, т. е. в момент облучения больного при заряде в положении «работа» дверь автоматически закрывается и открыть ее самостоятельно невозможно. Годовые дозы облучения сотрудников отделений гамма-терапии не превышают допустимых величин и составляют 15мЗв. При полной нагрузке (до 60 больных в смену) медицинский персонал сверхмощных облучателей и линейных ускорителей получает дозы облучения, не превышающие 2—3,6 мЗв/год.

ВЫПОЛНЯЕМЫЕ СТУДЕНТАМИ ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа №1. Определение радиационного фона в помещении

1. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации дозиметра ДКГ-07Д «Дрозд» и подготовить его к работе.
2. Измерить естественный фон внешнего излучения в помещении (в центре, возле окна, возле стены, на уровне пола). Объяснить разницу показаний, если она есть, и сделать заключение.

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА ИЗДЕЛИЯ

1.1 Назначение изделия

Дозиметр гамма-излучения ДКГ-07Д «Дрозд» ФВКМ.412113.026 (далее - дозиметр) изготавливается в соответствии с требованиями ТУ 4362-046-31867313-2005.

На основании результатов испытаний для целей утверждения типа средства измерений в соответствии с ПР.50.2.009-94 Государственным комитетом по стандартизации и метрологии утвержден тип **«Дозиметров гамма-излучения ДКГ-07Д «Дрозд»** и допущен к применению в Российской Федерации. Сертификат RU.C.38.001A № 18422 зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений за № 27537-04.

Дозиметр предназначен для измерения:

мощности амбиентного эквивалента дозы гамма излучения (далее МЭД);

амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (далее ЭД).

Дозиметр может использоваться на предприятиях атомной энергетики, радиохимических производств и в промышленности при использовании источников ионизирующего излучения, пунктах специального и таможенного контроля, а также в экологических службах и санитарно-эпидемиологических станциях.

Дозиметр может использоваться населением для индивидуального контроля радиационной обстановки.

1.2 Технические характеристики

1.2.1 Диапазон регистрируемых энергий гамма-излучения от 0,05 до 3 МэВ.

1.2.2 Диапазон измерений:

МЭД от 0 до 100 мкЗв-ч¹;

ЭД от 1 до 2·10⁵ мкЗв.

1.2.3 Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения:

- МЭД $\pm[15 + 2,5/H*(10)]$,

где $(10)H^*$ - измеренное значение, мкЗв-ч¹;

- ЭД $\pm[15+2,5/H*(10)]$,

где $H(10)$ - измеренное значение, мкЗв.

1.2.4 Энергетическая зависимость чувствительности для энергий 0,06 и 1,25 МэВ

1.2.5 относительно энергии 0,662 МэВ не более $\pm 25\%$.

1.2.6 Дополнительная погрешность измерения при изменении:

температуры окружающей среды на каждые 10 °С не более $\pm 5\%$;

относительной влажности воздуха до 90 % при + 25 °С не более $\pm 10\%$;

напряжения питания в пределах от 3,2 до 2 В не более $\pm 5\%$;

1.2.6 Анизотропия чувствительности не более +35 %:

для энергий 0,662 и 1,25 МэВ при изменении угла падения излучения от 0° до $\pm 180^\circ$, относительно направления при градуировке дозиметра, в вертикальной и горизонтальной плоскостях; кроме угла 90° в горизонтальной плоскости, для которого анизотропия чувствительности не более минус 45 %;

для энергий 0,06 МэВ при изменении угла падения излучения от 0° до $\pm 45^\circ$ относительно направления при градуировке дозиметра, в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

1.2.7 Устойчивость к воздействию электромагнитных помех:

электромагнитным полям до 3 В/м;

электростатическим разрядам

до 8 кВ.

1.2.8 Время измерения МЭД не ограничено. В режиме измерения МЭД происходит непрерывное уточнение показаний по мере увеличения продолжительности замера. Одновременно на табло индицируется уменьшающееся значение статистической погрешности, что позволяет считать измерение окончанным при достижении необходимой точности.

1.2.9 Время установления рабочего режима не превышает 5 с.

1.2.10 Напряжение питания от 2,0 до 3,2 В.

1.2.11 Электропитание осуществляется от двух элементов напряжением 1,5 В, Тип размера АА.

1.2.12 Время непрерывной работы при питании от одного комплекта элементов 200 ч

1.2.13 Нестабильность показаний дозиметра за 8 ч непрерывной работы относительно среднего значения показаний за этот промежуток времени не превышает $\pm 3\%$.

1.2.14 Вид климатического исполнения УХЛЗ.1** по ГОСТ 15150.

1.2.15 Значения климатических факторов внешней среды при эксплуатации дозиметра в рабочем состоянии:

диапазон рабочих температур от минус 20 до плюс 50 °С;

предельное значение относительной влажности 90 % при +25 °С;

атмосферное давление в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа;

содержание в воздухе коррозионно-активных агентов соответствует типу атмосферы I.

1.2.16 Степень защиты, обеспечиваемая оболочками дозиметра, от проникновения твердых предметов и воды, IP54 по ГОСТ 14254-96.

1.2.17 Дозиметр работоспособен после кратковременного воздействия МЭД 0,1 Зв-ч" .

1.2.18 Масса, включая элементы питания 25 кг.

1.2.19 Габаритные размеры не более 122x29x74 мм.

1.2.20 Дозиметр стоек к воздействию штатных дезактивирующих растворов типа:

борная кислота - 16 г/л, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - 1 %;

5 % раствор лимонной кислоты в этиловом спирте $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (плотности 96 %).

1.2.21 Дозиметр не содержит драгоценных материалов.

1.3 Состав изделия

Все узлы дозиметра расположены в компактном негерметичном корпусе из пластмассы.

1.4 Устройство и работа

1.4.1 Принцип работы дозиметра основан на подсчете импульсов, поступающих со счетчиков Гейгера-Мюллера.

Питание счетчиков обеспечивается напряжением 400 В, создаваемым встроенным высоковольтным преобразователем. Обработка полученных данных осуществляется микропроцессором, а результат измерения представляется на жидкокристаллическом индикаторе.

1.5 Маркировка и пломбирование

1.5.1 На корпус дозиметра нанесены следующие маркировочные обозначения: товарный знак и/или наименование предприятия-изготовителя; условное обозначение дозиметра; порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя; знак утверждения типа средства измерения; год изготовления.

1.6 Упаковка

1.6.1 Упаковка дозиметра производится согласно требованиям категории КУ-1, вариант защиты ВЗ-0 по ГОСТ 23170-78 и обеспечивает защиту от проникновения атмосферных осадков, брызг воды, пыли, песка.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Эксплуатационные ограничения

2.1.1 При напряжении элементов питания ниже 2,2 В на индикаторе дозиметра появляется надпись «СМЕНИТЬ БАТАРЕИ». После появления этой надписи необходимо заменить элементы питания.

2.1.2 Дозиметр следует оберегать от механических повреждений: падений, ударов, сдавливания с усилием более 5 кг.

2.1.3 Дозиметр следует оберегать от воды. При дожде помещать в пластиковый пакет, а загрязнения удалить тампоном, смоченным в моющем растворе или спирте.

2.2 Подготовка изделия к использованию

2.2.1 Включение/выключение питания дозиметра производить выключателем, расположенным на верхнем торце корпуса.

2.2.2 После включения на индикаторе дозиметра появятся надписи:

в верхней строке $0,00 \text{ мкЗв-ч}^{-1}$;

в нижней строке значки *****

Через 2-3 с в верхней строке появятся показания МЭД, а в нижней строке статистическая погрешность измерения в процентах. Если надпись по 2.2.2 сохраняется более 10 с, значит, дозиметр неисправен.

2.3 Использование изделия

2.3.1 Выбор режима измерения

Дозиметр одновременно работает в двух режимах:

измерение МЭД;

измерение ЭД.

Переключение индикации осуществить нажатием кнопки «РЕЖИМ».

2.3.2 Запуск режима измерения

Запуск измерения в любом режиме производить нажатием кнопки «ПУСК». При этом начинается процесс измерения только той величины (МЭД или ЭД), которая индицируется в момент нажатия кнопки. Идущее одновременно с этим измерение другой величины продолжается.

2.3.3 Измерение МЭД

2.3.3.1 При измерении МЭД индицируется:

1) в верхней строке - измеренное значение МЭД в Зв-ч" . Перед размерностью индицируется множитель:

- (Г микро(10^{-6})
m милли (10^{-3});

2) в нижней строке - статистическая погрешность измерения в процентах.

2.3.3.2 Каждый раз, когда вы начинаете замер МЭД в новой точке (месте), нажмите кнопку «ПУСК». Окончание замера (чтение показаний с индикатора) производить в момент, когда вас устроит значение статистической погрешности, индицируемое в нижней строке.

Помните, что дозиметр показывает среднее значение МЭД за *все* время измерения. Поэтому, если значение МЭД изменилось, а перезапуск не осуществлен, то новое значение МЭД дозиметр будет показывать через очень большой промежуток времени.

2.3.4 Измерение ЭД

При измерении ЭД индицируется:

1) в верхней строке - надпись «ДОЗА»;

2) в нижней строке - измеренное значение ЭД в Зв. Перед размерностью индицируется множитель:

п пико (10^{-12});
н нано (10^{-9});
(Г микро (10^{-6});
m милли (10^{-3}).

2.3.5 Включение подсветки индикатора

Индикатор дозиметра подсвечивается при нажатой кнопке «СВЕТ».

2.3.6 Включение/выключение звукового сигнала

При регистрации каждого гамма-кванта дозиметр издает щелчок. Для отключения (или включения) этих звуков следует нажать кнопку «ЗВУК».

2.3.7 Автоматический перезапуск измерения МЭД

При изменении измеряемой МЭД, превышающем статистический разброс, дозиметр без вмешательства пользователя перезапускает измерение МЭД. При этом подается короткий звуковой сигнал.

Такие автоматические перезапуски изредка возможны и при работе дозиметра в постоянном поле излучения. Они не должны беспокоить пользователя, поскольку вызваны не отказом дозиметра, а статистическими свойствами измеряемой величины.

2.4 Регулирование и настройка

К регулированию и настройке допускаются только лица, допущенные к проведению поверки.

2.4.1 Вход в режим настройки

Вход в режим настройки осуществляется при включении дозиметра при одновременно нажатых и удерживаемых кнопках «ЗВУК» и «РЕЖИМ». После включения кнопки «ЗВУК» и «РЕЖИМ» следует отпустить. Индикатор остается пустым.

2.4.2 Регулировка «мертвого времени»

2.4.2.1 После нажатия на кнопку «ЗВУК» в верхней строке появляется надпись «Т=», а в нижней строке - значение «мертвого времени», с. Нажатиями на кнопку «ПУСК» (увеличение) или «РЕЖИМ» (уменьшение) следует откорректировать значение «мертвого времени» так, чтобы добиться расчетного значения показаний. При увеличении «мертвого времени» показания увеличиваются, и наоборот. Эта регулировка эффективна при мощностях доз более 200 мкЗв-ч¹.

Удержание кнопки в нажатом состоянии приводит к быстрому перебору значений.

Следующее нажатие на кнопку «ЗВУК» приводит к записи введенного значения в память. При этом в верхней строке появляется надпись «Т = ok».

2.4.2.2 При следующем нажатии на кнопку «ЗВУК» в верхней строке появляется надпись «К=», а в нижней - значение числового коэффициента, на который умножается скорость счета, имп/с, для получения показаний, Зв-ч¹.

Нажатиями на кнопку «ПУСК» (увеличение) или «РЕЖИМ» (уменьшение) следует откорректировать значение коэффициента так, чтобы добиться расчетного значения показаний.

Удержание кнопки в нажатом состоянии приводит к быстрому перебору значений.

Следующее нажатие на кнопку «ЗВУК» приводит к записи введенного значения в память. При этом в верхней строке появляется надпись «K = ok».

2.4.3 Возвращение в режим работы

Выключите дозиметр и включите его (не ранее чем через 10 с). Откорректированные, но не введенные в память значения коэффициента и «мертвого времени» остаются неизменными.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Виды радиоактивного распада. Закон радиоактивного распада.
2. Поглощенная и экспозиционная дозы. Единицы измерения.
3. Эквивалентная и эффективная дозы. Единицы измерения.
4. Активность источника ионизирующего излучения, плотность потока и интенсивность излучения.
5. Природные источники радиации. Космическое излучение. Природная радиоактивность. Естественные радионуклиды: калий-40, радий-226, уран-238, торий-230. Внешнее излучение, обусловленное естественными радионуклидами. Районы с повышенным естественным фоном. Облучение внутри помещений.
6. Защита от внешнего излучения. Дозиметры и радиометры - приборы для измерения излучений.
7. Категории облучаемых лиц при нормальной эксплуатации источников излучений в соответствии с нормами радиационной безопасности (НРБ-97).

ТЕМА №2

РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПАРАМЕТРОВ ЗАЩИТЫ ОТ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ

Продолжительность занятия: 2,5 часа.

Вид занятия: практическое.

Цель занятия: изучить принципы защиты при работе с открытыми и закрытыми радиоактивными источниками ионизирующих излучений, овладеть расчетными методами оценки радиационной опасности и параметров защиты от внешнего облучения при работе с источниками β -, γ - и рентгеновского излучения.

Основные вопросы темы занятия:

1. Качественные и количественные характеристики радионуклидов (виды ядерных преобразований и виды излучений, которые их сопровождают, период полураспада, активность, γ -эквивалент, единицы измерения).

2. Нормы радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов.

3. Методы и средства защиты от внешнего и внутреннего облучения санитарно-гигиенического характера, их организационные и технические решения.

4. Методы защиты от внешнего облучения, основанные на физических законах его ослабления (защита количеством, временем, расстоянием, экранированием), их законодательные и организационно-технические основы.

5. Принципы, положенные в основу выбора материала и расчета толщины защитных экранов от β -, γ - и рентгеновского излучения.

6. Значение расчетных методов оценки радиационной опасности и параметров защиты от внешнего облучения в комплексе мероприятий из противорадиационной защиты персонала.

БЛОК ИНФОРМАЦИИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕМЕ

В отличие от фармпрепаратов или химических веществ радиоактивные вещества, попавшие внутрь, создают ионизирующую радиацию даже при ничтожно малом массовом количестве радионуклида.

Химические свойства радионуклидов определяют их распределение по органам и скорость выведения из организма. Например, есть радионуклиды, преимущественно откладывающиеся в костях, они участвуют во всех обменных процессах в костях, часто длительно там задерживаются и создают определенную дозу внутреннего облучения. К таким остеотропным радионуклидам относятся радий, иттрий, цирконий, стронций и др. Есть радионуклиды, равномерно распределяющиеся в организме. Это углерод, полоний, инертные газы.

Преимущественно в мышцах накапливаются калий, рубидий, цезий, в клетках ретикулоэндотелиальной системы — ниобий, рутений. Есть радионуклиды, которые концентрируются в двух или трех органах. Например, церий, лантан, прометий откладываются в костях и печени. Радиационная опасность радионуклида как потенциального источника внутреннего облучения зависит от многих факторов. Это прежде всего вид радиоактивного превращения, т. е. при альфа-распаде поглощенная доза при одной и той же активности радионуклида в органе будет в 20 раз больше, чем поглощенная доза при бета-распаде, так как взвешивающий коэффициент для альфа-излучений составляет 20. Средняя энергия одного акта распада имеет значение для величины создаваемой дозы. Чем больше эта энергия, тем больше доза. Имеет значение и, схема распада радионуклида. Радиоактивное вещество с цепочкой распада создает большую поглощенную дозу, чем радионуклид без цепочки распада. При оценке радиационной опасности радионуклида учитывают пути его поступления в организм, величину всасывания. Наиболее частый путь поступления радиоактивного вещества - с вдыхаемым воздухом. Тут имеют значение вентиляция, дисперсность пылевых частиц, на которых

адсорбированы радионуклиды, задержка радионуклидов в различных отделах дыхательных путей.

При попадании радиоактивных веществ с водой, пищей имеет значение коэффициент резорбции радионуклида, определяющий долю вещества, попадающего из желудочно-кишечного тракта в кровь. Величина всасывания зависит от растворимости радионуклида. Лучше всего всасываются в кровь цезий, иттрий, стронций, барий; хуже - малорастворимые соединения ниобия, церия, циркония.

Резорбция через кожу особой роли не играет, хотя тритий и радон могут всасываться через неповрежденную кожу. При работе с растворителями всасывание таких радионуклидов увеличивается.

Радионуклиды выводятся из организма легкими, почками, через кожу, через желудочно-кишечный тракт. Отмечено присутствие радионуклидов в грудном молоке, в слезной жидкости, в слюне. Быстрее всего удаляются через легкие газообразные радиоактивные вещества, медленнее - тяжелые элементы типа урана, радия, через печень с желчью. Водорастворимые соединения удаляются через почки. Быстрее всего удаляются радиоактивные вещества мышц, нервной ткани, кожи, дольше задерживаются в лимфатических узлах клетках ретикулоэндотелиальной системы. Радионуклиды задерживаются в костях в течение нескольких лет. Следовательно, время пребывания радионуклида в организме по существу определяет время внутреннего облучения тканей.

Время выведения радионуклида из организма определяется его периодом полураспада и временем его выведения из организма естественными путем в соответствии с его химическими свойствами. Эти два фактора учитывает единый показатель - эффективный период полувыведения ($T_{эфф}$), в течение которого активность радионуклида в организме уменьшается вдвое. Для различных радионуклидов он колеблется от нескольких часов (натрий-24) до нескольких дней (йод-131) и десятков лет (стронций-90, уран-235). По степени радиационной опасности все радиоактивные вещества делятся на 4 группы (А,

Б, В, Г). Все указанные факторы, зависящие от физической природы радионуклида, его свойств, особенностей поведения в организме, учитываются при определении опасности внутреннего облучения.

Для защиты персонала от воздействия ионизирующего излучения важное значение имеют все меры против загрязнения радиоактивными веществами рабочих поверхностей, одежды и рук. Радиоактивные вещества, сорбированные различными материалами, являются источниками радиационных аэрозолей, газов и внешнего излучения. При загрязнении радиоактивными веществами оборудования, одежды возможно внутреннее (через органы дыхания) и внешнее облучение. Особую опасность представляет загрязнение кожи рук, так как возможность попадания радиоактивных веществ с загрязненных рук в желудочно-кишечный тракт наибольшая.

В рабочей обстановке радиоактивными веществами могут загрязняться руки, средства индивидуальной защиты, полотенца, спецбелье, перчатки, спецобувь, рабочие поверхности, защитные контейнеры, транспортные средства.

С точки зрения внутреннего облучения организма наибольшее значение имеют альфа-излучатели как вещества, обладающие наибольшей плотностью ионизации в веществе, а следовательно, и наибольшей поражающей способностью при попадании внутрь.

В нормах радиационной безопасности (НРБ-99) приводятся числовые значения допустимого общего загрязнения поверхностей отдельно для альфа- и бета-активных радионуклидов. Наиболее жесткие ограничения загрязнения установлены для кожных покровов, спецбелья, внутренней поверхности личных частей средств индивидуальной защиты, что связано с наибольшей опасностью попадания радионуклидов внутрь. Поверхности рабочих помещений, наружные поверхности средств индивидуальной защиты, транспортные средства имеют менее жесткие ограничения по загрязнению. Для одних и тех же объектов ПДУ загрязнения альфа-активными и бета-активными радионуклидами различны, они более высокие для бета-активных веществ.

Радиационная безопасность при внутрисполостной и внутритканевой лучевой терапии с помощью закрытых радиоактивных источников

В качестве закрытых источников гамма-излучения чаще всего используются препараты металлического кобальта-60, заключенные в оболочку из нержавеющей стали в виде игл, цилиндров, бусин. Внутрисполостное облучение проводится для лечения злокачественных образований в полостных органах (матка, мочевого пузыря, пищевод и т.д.).

Активность препарата, вводимого больному, зависит от локализации и размеров поражения. Внутрисполостная, внутритканевая и аппликационная терапия требует ручных манипуляций с самим препаратом (выемка из контейнера, подготовка, обвязывание марлей, стерилизация, введение препарата в полость больного, его извлечение и т.д.). Это приводит к опасности облучения персонала при выполнении каждой манипуляции. Классическая планировка отделения закрытых радионуклидов (хранилище - манипуляционная - процедурная - палата) удлиняет путь препарата, что создает возможность облучения персонала. Основной опасностью при внутрисполостной терапии является внешнее гамма-излучение. Активность препаратов колеблется в широких пределах. Несмотря на то, что активность источников по сравнению с активностью гамма-установок очень мала, дозы, получаемые персоналом, выше, чем у работников гамма-установок. Эта диспропорция между активностью источников и лучевой нагрузкой персонала объясняется технологией лечебного процесса, т. е. ручными операциями с препаратом, трудностью использования экранов и защиты расстоянием и временем. По данным индивидуально-дозиметрических измерений персонал 5 крупнейших отделений закрытых источников Москвы получает дозу не выше 1,2-2,3 мЗв/мес. Однако локальные дозы, в первую очередь на кончики пальцев персонала, проводящего «разрядку» и «зарядку» больных, составляют 40 - 100 мЗв/мес, т. е. близки к допустимым уровням и в 10 - 12% случаев их превосходят.

В настоящее время для полостной терапии стали применять малую механизацию. Больному в полость вводят фильтры без препаратов, представляющих собой трубку из металла или полимера. Фильтр фиксируется в полости. Затем в этот фильтр больному в палате с помощью специального препаратоводителя вводят активный препарат. При введении препарата врач отделен от больного радиохирургической защитной ширмой. Таким же образом препарат извлекают. Такая технология укорачивает путь препарата, исключает многие радиационно-опасные манипуляции с ним, т. е. сокращает время введения и извлечения препарата, уменьшает число людей, занятых в проведении этой процедуры, отпадает нужда в создании защитных стен в процедурной и манипуляционной. Дозы общего облучения врача в 5 раз, а облучение рук в десятки раз ниже, чем при старых способах введения препаратов.

Положительные результаты такой механизации радиотерапевтических процедур позволяют разрабатывать автоматические способы введения препарата в полости больных. В частности созданы специальные шланговые гамма-терапевтические аппараты, при помощи которых радиоактивные препараты перемещаются сжатым воздухом из контейнера по гибким шлангам-ампулопроводам в полость больного. После сеанса облучения препараты автоматически возвращаются в контейнер.

При таком методе введения радиоактивных препаратов дозовые нагрузки на персонал будут незначительны.

Для внутритканевой лучевой терапии в пораженную ткань вводят активные препараты кобальта-60, иттрия-90, золота-198. Чаще такая терапия проводится при лечении опухолей мозга, губы, языка. Сравнительно невысокая активность используемых гамма-препаратов, кратковременность манипуляции с ними, соблюдение правил работы с радионуклидами полностью обеспечивает радиационную безопасность персонала.

Радиационная безопасность при аппликационной лучевой терапии

В качестве источников излучения используются бета-излучатели фосфор-32, прометий-147, таллий-204.

Активность бета-аппликаторов, с помощью которых лечат онкологические заболевания кожи, колеблется в широких пределах и может достигать $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк. Защитные экраны для бета-излучения изготавливаются из легких материалов — оргстекла, алюминия и пр. Эти экраны обеспечивают защиту от бета-потоков, но при торможении бета-частиц в материале экрана возникает тормозное излучение малоэнергетических квантов. Оно может вносить определенный вклад в облучение персонала. При работе с бета-излучателями целесообразно использовать комбинированные экраны, ближе к источнику они должны состоять из материалов с малым атомным номером, а дальше от источника - из материалов с большим атомным номером.

При использовании комбинированных экранов индивидуальные дозы очень малы, не превышают 4 - 5 мЗв/год. Опыт показывает, что простота защиты от бета-излучений часто провоцирует пренебрежительное отношение медицинского персонала к этой защите. Однако при наложении бета-аппликатора незащищенной рукой в течение 5 с доза на пальцы рук составляет 7 - 63 мЗв. У персонала, занимающегося лечением кожных поражений с помощью бета-аппликаторов, при несоблюдении условий защиты возможны лучевые поражения кожи рук. Использование защитных перчаток, комбинированных защитных экранов, дистанционных инструментов делает эту работу безопасной.

Принципы защиты при работе с открытыми радиоактивными источниками

Работа с открытыми радиоактивными источниками связана с опасностью воздействия проникающего излучения и попадания внутрь организма радиоактивных веществ, что приводит к возможности как внешнего, так и внутреннего облучения персонала. При работе с открытыми радиоактивными источниками возможны загрязнение рабочей обстановки, одежды и рук,

попадание радиоактивных веществ в воздух, образование радиоактивных газов. Наиболее часто радиоактивные вещества вдыхаются, в меньшей степени заглатывают при загрязнении кожи рук и лица. Наибольшую опасность представляют радиоактивные аэрозоли, которые образуются в результате радиоактивных превращений (эманация, образование активных атомов отдачи и т.д.). Важно, что образование радиоактивных аэрозолей происходит постоянно, даже тогда, когда с радиоактивными веществами не ведется работа, связанная с измельчением. Низкие счетные и массовые концентрации аэрозоля в единице объема вовсе не являются гарантией отсутствия вредного биологического действия.

Задержка радиоактивных аэрозолей в легких зависит от дисперсности аэрозоля, электростатичности частиц, химических свойств, растворимости и т.д. При работе с эманулирующими веществами (радий, торий) возможно образование радиоактивных газов, которые равномерно растворяются в крови и облучают органы.

Значительную долю в сумме факторов радиационного воздействия при работе с открытыми источниками имеет загрязнение кожи рук, одежды, оборудования, рабочей обстановки. Некоторые радиоактивные вещества (стронций, торий, плутоний) могут проникать через неповрежденную кожу. Загрязнение рабочей обстановки чаще всего происходит при нарушении правил работы с источником, а также в результате переноса загрязнения с одежды, рук, на рабочие поверхности.

Многие строительные материалы (кирпич, бетон, дерево, асфальт) и покрытия (метлахская плитка, линолеум) хорошо адсорбируют радиоактивные вещества и плохо поддаются дезактивации, что усугубляет опасность лучевого воздействия на персонал.

По степени радиоактивной опасности все радионуклиды как потенциальные источники внутреннего облучения делятся на 4 группы. Каждой группе соответствует своя минимально значимая активность, т. е. наибольшая активность открытого источника на рабочем месте, не требующая регистрации

и получения разрешения органов Роспотребнадзора. Например, к группе А, наиболее радиационно опасной, относятся радий-226, калифорний-252, плутоний-240. Минимально значимая активность для них составляет $1,0 \cdot 10^4$ Бк. К группе Б относятся йод-131, кобальт-60, для них минимально значимая активность $1,0 \cdot 10^5$ Бк. Наибольшее число радионуклидов, используемых в медицинской практике, по радиационной опасности относятся к группе В.

Итак, можно сформулировать основные принципы защиты при работе с открытыми радиоактивными источниками, а именно:

- при внешнем излучении используются все способы защиты, применяемые при работе с закрытыми веществами (защита количеством, временем, расстоянием, экранами);

- работа с открытыми радиоактивными веществами должна исключать их поступление в окружающую среду. Это достигается рациональной планировкой и оборудованием рабочих помещений, санитарно-техническими устройствами по удалению и дезактивации жидких, твердых и газообразных радиоактивных отходов, максимальной механизацией и автоматизацией рабочих операций.

В соответствии с НРБУ-97 для обеспечения радиационной безопасности персонала, населения и окружающей среды при нормальной работе с использованием любого радионуклидного источника излучения необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

- нормирования - недопущения превышения допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения;

- обоснования - запрещения всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением;

- оптимизации - поддержания на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз

облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого радионуклидного источника излучения.

При проведении радионуклидных диагностических исследований методом *in vivo* принцип нормирования в отношении пациентов не применяется.

Применительно к этим исследованиям принцип обоснования означает:

- польза для пациента от ожидаемой диагностической информации должна безусловно превосходить ожидаемый вред от полученной дозы облучения;

- радионуклидные диагностические исследования осуществляются по медицинским показаниям в тех случаях, когда отсутствуют или нельзя применить, или недостаточно информативны другие альтернативные методы диагностики;

- все применяемые методики радионуклидной диагностики утверждаются Минздравом России;

- в описаниях этих методик устанавливаются контрольные уровни облучения пациента при выполнении процедур в оптимальном режиме;

- для радионуклидной диагностики *in vivo* используются только те радиофармпрепараты, применение которых разрешено в установленном порядке Минздравом России и на которые имеется санитарно-эпидемиологическое заключение органов Роспотребнадзора Минздрава России;

- обеспечены все необходимые условия для получения достоверной диагностической информации соответствующего качества.

Принцип оптимизации при проведении радионуклидных диагностических исследований означает получение необходимой и полезной диагностической информации при минимально возможных уровнях облучения пациентов с учетом экономических и социальных факторов.

В соответствии с основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99) числовые значения контрольных

уровней эффективной дозы облучения пациента должны гарантировать отсутствие детерминированных эффектов и обеспечивать минимизацию радиационного ущерба при безусловном превосходстве пользы над вредом.

В случае невозможности обеспечить непревышение контрольного уровня годовой эффективной дозы облучения пациента при наличии жизненных показаний для проведения диагностических процедур, решение об их проведении принимается в индивидуальном порядке по заключению медицинской комиссии, с учетом согласия пациента. В случае недееспособности пациента в связи с наличием психического заболевания или бессознательным состоянием требуется согласие опекунов, родителей или иных доверенных лиц.

В соответствии с ОСПОРБ-99 оценка действующей системы обеспечения радиационной безопасности в подразделениях радионуклидной диагностики основывается на показателях, предусмотренных Федеральным законом "О радиационной безопасности населения":

- характеристике возможного и реального радиоактивного загрязнения окружающей среды;
- анализе обеспечения мероприятий по радиационной безопасности и выполнения санитарных правил в области радиационной безопасности;
- вероятности радиационных аварий и их масштабе;
- степени готовности к ликвидации радиационных аварий и их последствий;
- анализе доз облучения, получаемых персоналом и отдельными группами населения за счет облучения при нормальной работе отделений;
- числе лиц, подвергшихся облучению выше установленных пределов доз.

Все перечисленные показатели указываются в радиационно-гигиенических паспортах организаций, которые характеризуют уровень обеспечения радиационной безопасности работников данной организации (учреждения), населения и утверждены в установленном порядке.

Радиационная безопасность в подразделении радионуклидной диагностики обеспечивается за счет:

- качества проекта помещений, в которых размещается подразделение радионуклидной диагностики *in vivo*;
- обоснованного выбора места и площадки для его размещения;
- штатной эксплуатации радиодиагностической аппаратуры и оборудования;
- физической защиты источников ионизирующего излучения;
- тщательного выполнения установленных технологий радиодиагностических исследований;
- санитарно-эпидемиологической оценки медицинских изделий, радиофармпрепаратов и технологий, используемых в радионуклидной диагностике;
- наличия и непрерывного функционирования системы радиационного контроля;
- планирования и проведения конкретных мероприятий по обеспечению радиационной безопасности пациентов, персонала и населения при нормальной работе подразделения радионуклидной диагностики, реконструкции его помещений и выводе из эксплуатации;
- повышения радиационно-гигиенической грамотности персонала и населения.

В целях обеспечения радиационной безопасности пациентов процедура проводится только по направлению лечащего врача и назначению врача-радиолога при наличии клинических показаний.

В организм пациента вводится оптимальная активность радиофармпрепарата, обеспечивающая получение достоверной диагностической информации. Пациенту следует соблюдать требования и рекомендации, установленные нормативной документацией, действующими инструкциями и правилами внутреннего распорядка в данном учреждении.

Радиационная безопасность персонала в подразделениях обеспечивается:

- ограничениями допуска к работе с источниками излучения по возрасту, полу, состоянию здоровья, уровню предыдущего профессионального и (или) аварийного облучения;

- достаточностью коллективных средств радиационной защиты и ограничением продолжительности работ с радионуклидными источниками;

- тщательным соблюдением тех требований и рекомендаций для персонала, которые описаны в должностных инструкциях и в нормативно-технической документации;

- применением индивидуальных средств радиационной защиты;

- организацией радиационного контроля;

- проведением эффективных мероприятий по профилактике и ликвидации радиационных аварий.

При проведении радионуклидных диагностических процедур администрация учреждения (клиники, больницы, другой организации) обеспечивает:

- планирование и осуществление мероприятий по обеспечению радиационной безопасности;

- осуществление контроля за радиационной обстановкой на рабочих местах, в помещениях и на территории учреждения;

- осуществление индивидуального контроля и учета индивидуальных доз облучения пациентов и профессионального облучения персонала в рамках единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения;

- проведение обучения, регулярной переподготовки и аттестации руководителей и исполнителей работ в подразделениях радионуклидной диагностики, специалистов службы радиационной безопасности, а также других лиц, постоянно или временно выполняющих работы с источниками излучения, по вопросам обеспечения радиационной безопасности;

- регулярное проведение инструктажа и проверки знаний персонала в области радиационной безопасности;

- проведение предварительного (при поступлении на работу) и периодических (не реже одного раза в год) медицинских осмотров персонала;
- регулярное информирование персонала об уровнях облучения на рабочих местах и величинах полученных индивидуальных доз профессионального облучения;
- своевременное информирование органов Роспотребнадзора РФ о радиационных авариях;
- выполнение санитарно-эпидемиологических заключений и предписаний органов Роспотребнадзора;
- реализацию прав граждан в области обеспечения радиационной безопасности.

Получение, хранение и проведение работ с радионуклидными источниками излучения разрешается только при наличии санитарно-эпидемиологического заключения на право работы с источниками ионизирующего излучения в данном подразделении.

Работа с радиофармпрепаратами разрешается только в тех помещениях и с теми радиофармпрепаратами, которые указаны в санитарно-эпидемиологическом заключении. На дверях каждого помещения указывается его назначение, класс проводимых работ с открытыми радионуклидными источниками и знак радиационной опасности.

В помещениях, где проводятся работы с радиофармпрепаратами, не допускается проводить другие работы и размещать оборудование, не предусмотренные в санитарно-эпидемиологическом заключении.

Количество работающих в помещении, где проводятся работы с открытыми радионуклидными источниками, ограничивается минимумом для данной технологии. Лицам, в т.ч. и относящимся к персоналу, но не участвующим в этих работах, находиться в данном помещении не следует.

Необходимо исключить загрязнение кожи рук и лица персонала, а также рабочих поверхностей. Для этого используют средства индивидуальной

защиты, санитарную обработку. Персонал должен соблюдать правила личной гигиены и техники безопасности.

Планировочные мероприятия сводятся к строгому разделению помещений на радиационно «грязные» и «чистые», к созданию поточности помещений (хранилище — манипуляционная - процедурная - операционная - палаты). Для исключения загрязнения рабочей обстановки подбирают соответствующие покрытия, не адсорбирующие радиоактивные вещества, простую по конструкции, легко моющуюся мебель с гладкими поверхностями.

Герметизация аппаратуры и оборудования позволяет максимально ограничить поступление радиоактивных веществ в воздух рабочей зоны. Для этой цели используют различные камеры-боксы и вытяжные шкафы. Возможно применение «малой механизации», автоматических пипеток, устройств для переливания жидкостей и т.д. Образующиеся радиоактивные отходы должны дезактивироваться: газообразные путем очищения через соответствующие фильтры, жидкие выстаиванием и разбавлением. Твердые отходы собирают в специальные емкости для отправления на централизованный пункт захоронения радиоактивных отходов.

В системе радиационной защиты при работе с открытыми радиоактивными источниками большое значение имеют средства индивидуальной защиты. К ним относятся спецодежда, спецобувь, средства защиты органов дыхания, глаз и рук. В медицинской практике используют халаты, шапочки, хлопчатобумажное белье, а также нарукавники и фартуки из эластичной и прочной пленки. Для защиты органов дыхания применяют фильтрующие респираторы типа «Лепесток» из легкой синтетической ткани. Такие респираторы задерживают аэрозоли до 99,99% и могут быть одноразового пользования или кратковременного применения. После использования респиратор причисляют к твердым радиоактивным отходам.

Для защиты органов дыхания, особенно от бета-потокa и нейтронов, используют специальные щитки из оргстекла.

Все виды работ с открытыми радиоактивными источниками выполняют в резиновых перчатках. При работе перчатки не должны быть загрязнены радиоактивными веществами. Перчатки снимают с рук таким образом, чтобы их изнанка всегда оставалась внутри.

В рабочих помещениях запрещается принимать пищу, курить, пользоваться косметикой, хранить домашнюю одежду и обувь.

В случае загрязнения кожи, рабочей одежды и поверхностей необходимо немедленно вымыть руки теплой водой с хозяйственным мылом, провести дезактивацию поверхностей растворами поверхностно-активных веществ (стиральный порошок, сульфанол) или комплексообразующих соединений (аминополикарбоновые кислоты, лимонная, щавелевая кислоты и др.). Спецодежду стирают в специальных прачечных и затем подвергают дозиметрическому контролю.

Профилактика внутреннего облучения предполагает радиационный контроль, который осуществляет сотрудник радиологического отделения, прошедший специальную подготовку. Контролируют мощность дозы всех видов излучений на рабочих местах, в смежных помещениях и на территории учреждения; индивидуальные дозы облучения персонала, загрязнения рабочих поверхностей, оборудования, кожных покровов и одежды персонала, содержание радиоактивных газов и аэрозолей в воздухе. Так же осуществляется наблюдение за сбором и удалением радиоактивных отходов. Применяют разнообразную дозиметрическую аппаратуру для измерения мощности доз ионизирующей радиации и уровня загрязнений, а также индивидуальные дозиметры для оценки доз облучения работающих с источниками ионизирующей радиации.

Целью медицинского контроля является выявление лиц, имеющих противопоказания для работы с ионизирующим излучением, а также при обнаружении ранних признаков лучевого поражения.

Периодические медицинские осмотры проводятся не реже 1 раза в 12 мес, в случае переоблучения сотрудника или в аварийных ситуациях медицинское обследование осуществляется по показаниям.

В отделениях открытых радионуклидов широко используют меченые атомы для диагностических и лечебных целей. С помощью генераторов высокой активности получают различные меченые соединения короткоживущих радионуклидов непосредственно в медицинских учреждениях. Это позволяет исключить доставку радиоактивных веществ в больницу, ликвидировать некоторые радиоопасные процедуры, сократить время на обследование больных. В настоящее время объем радиодиагностических исследований с помощью генераторов короткоживущих радионуклидов увеличивается.

Короткоживущие радионуклиды получают в специальном генераторе, устройство которого весьма просто. В стеклянной колонке на алюминиевой ложке закрепляется радиоактивный нуклид-производитель, например молибден-99 или олово-113. Сверху в колонку нагнетают изотонический раствор хлорида натрия. Благодаря избыточному давлению происходит как бы вымывание короткоживущих радионуклидов в этот раствор (элюат). Затем элюат фильтруют, набирают в шприц и вводят больному. Вся конструкция генератора заключена в свинцовый футляр. Элюат используется для диагностики нарушений кровообращения и визуализации полостей сердца. Можно использовать коллоидные соединения (меченый желатин, альбумин, железоаскорбиновый комплекс) для диагностики заболеваний внутренних органов и головного мозга.

Вклад в суммарную дозу облучения этой рабочей операции невелик. Доза облучения врачей при эксплуатации генераторов в среднем составляют 2 мЗв/мес, медсестер - 2-2,5 мЗв/мес. Конструкция генераторов постоянно совершенствуется, что приводит к дальнейшему снижению мощностей доз на рабочих местах и сокращению длительности процедур.

В радиологических отделениях открытых радионуклидов велика доля диагностических процедур с использованием йода-131 и золота-198. Индивидуальная доза облучения медицинского персонала при манипуляциях с этими радионуклидами невелика, среднемесячные дозы облучения кистей рук персонала не превышают допустимых уровней. Однако в радиологических лабораториях отмечаются случаи радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей и перчаток персонала. Поскольку коэффициент перехода радионуклидов с перчаток на кожный покров рук составляет 7—8% для индия-113, возникает опасность внутреннего облучения персонала. Эта опасность потенциально увеличивается при использовании открытых радиоактивных источников для внутритканевой терапии.

Чаще всего для этой цели используются растворы или коллоидные взвеси йода-131, золота-198 и фосфора-32.

Соединения радиоактивного йода и фосфора вводят внутрь в расчете на накопление в критических органах. Коллоидные взвеси радиоактивного золота чаще вводят непосредственно в пораженную ткань или опухоль. В онкологических отделениях количество радионуклидов, вводимое одному больному может достигать значительных величин. В общетерапевтических и специализированных отделениях (эндокринологические, гематологические) применяют только растворы йода-131 и фосфора-32 и в меньших количествах. Уровень облучения медицинского персонала разных отделений значительно колеблется, что определяется не только количеством радионуклида, но и видами рабочих операций с ним.

Все работы с открытыми радиоактивными источниками делятся на несколько этапов: выгрузка из машины доставленного в отделение транспортного контейнера с радиоактивным веществом, его перенос в хранилище, вскрытие транспортного контейнера, перегрузка первичной упаковки с радиоактивным веществом в рабочий контейнер, его транспортировка из хранилища в фасовочную, где проводится подготовка препарата к использованию (фасовка, стерилизация), далее транспортировка

подготовленных препаратов из фасовочной в процедурную, где препарат вводят больному. Затем больного транспортируют в палату, где происходит его обслуживание, удаление радиоактивных биологических отходов, смена белья (белье доставляют в специальное помещение для выдержки в течение определенного времени в соответствии с периодом полураспада радионуклида и отправляют в прачечную). Персонал осуществляет также сбор твердых радиоактивных отходов, дезактивацию инструментария и рабочей обстановки. Все виды работ выполняют с использованием защитного оборудования, экранирующих устройств, контейнеров для сбора и хранения радиоактивных отходов, средств индивидуальной защиты и дозиметрической аппаратуры.

Величина дозовых нагрузок у персонала будет зависеть от вида рабочей операции и времени ее выполнения. Как показали исследования, среднемесячные дозы облучения всего тела у врачей в отделениях открытых радионуклидов составляют 0,3—1,5 мЗв. Локальные дозы облучения кистей рук колеблются от 10 до 14 мЗв/мес. Доза облучения глаз врачей за счет бета-потокa при работе с радиоактивным золотом может составить 0,7—1 мЗв/мес.

В лечебной практике широко используются радоновые ванны. Во многих физиотерапевтических отделениях больниц проводится радонотерапия. На курортах радоновые источники естественные, в городах используют искусственные радоновые ванны. Радон является продуктом распада радия, его получают в специальных кустовых радоновых лабораториях. Раствор радия помещают в специальный барботер, где образуется радон, насыщающий определенный объем воды. Из барботера раствор радона переливают в бутылки и встряхивают до полного растворения газа. Далее этот концентрированный раствор фасуют в порционные склянки, каждая из которых рассчитана на одну ванну. Эти склянки в специальной упаковке доставляют в учреждения, где отпускают радоновые ванны. Основным радионуклидом радоновой ванны является газ радон-222, дающий альфа-излучение с периодом полураспада 3,8 дня. Кроме радона, в воде содержатся дочерние продукты его распада с периодом полураспада не более 26,8 мин.

В радоновых лабораториях основную опасность для персонала представляет внешнее гамма-излучение от барботеров и бутылей с концентрированным раствором радона и внутреннее в результате загрязнения воздуха альфа-активным радоном и продуктами его распада.

Мощность дозы гамма-излучения при приготовлении раствора радона различна, но не превышает допустимых величин.

Концентрация радона в воздухе также невысокая и обычно составляет 0,1-0,3 ПДК. Загрязненность альфа-активными радионуклидами рабочих поверхностей не превышает 3-5 альфа-частиц/(см²•мин). Кожные покровы рук персонала, как правило, не загрязнены.

Таким образом, при современных методах использования радиоактивных веществ в медицинской практике основную радиационную опасность представляет внешнее облучение. Известную опасность для окружающих могут представлять больные, получившие медицинские процедуры с радиоактивными веществами в поликлинических условиях. Например, при амбулаторном лечении радиоактивным йодом мощность дозы гамма-излучения от щитовидной железы больного, получившего $3,7 \cdot 10^7$ Бк йода-131, на 2-е сутки составляет около 5 мкЗв/ч на расстоянии 0,5 м. С начала 2-х суток мощность дозы уменьшается и к 5-м суткам имеет практически незначительную величину. Это значит, что некая опасность внешнего облучения от такого больного может сохраняться лишь в течение первых 2 сут после приема радиоактивного йода. При большей активности принятого радиоактивного йода значительные уровни загрязнения отмечались на полу в санузлах и на одежде больных.

Амбулаторное лечение радиоактивным йодом возможно при назначении курса строго регламентированного количества радионуклида, пользовании индивидуальной постелью и предметами туалета, исключении приготовления пищи для членов семьи и тесного контакта с маленькими детьми.

Сроки выписки больных должны быть приурочены к моменту, когда мощность дозы на расстоянии 1 м от больного не будет превышать допустимых уровней.

Радиологическое отделение открытых радионуклидов является источником формирования сточных вод, несущих радиоактивный йод и фосфор. Известно, что с выделениями больного в 1-е сутки удаляется около 35-40% введенной активности. Один больной в течение 48 ч может выделить значительное количество радионуклида, для разведения которого до допустимых концентраций потребуется от 1000 до 38 000 м³ воды. В радиологических отделениях устраивают несколько отстойников-смесителей объемом 2-4 суточных расхода, где сточные воды отстаиваются и разбавляются до снижения концентрации радиоактивных веществ до величин, приближающихся (в пределах одного порядка) к ПДК. После контрольных измерений сточные воды спускаются в общегородскую канализацию.

ВЫПОЛНЯЕМЫЕ СТУДЕНТАМИ ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа №1. Определение суммарной альфа- и бета-удельной активности воды.

1. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации радиометра для измерения малых активностей УМФ-2000 и подготовить его к работе.
2. Измерить суммарные альфа- и бета-удельные активности образцов питьевой воды, и сделать заключение.

1. Назначение и область применения

Методика предназначена для измерения суммарной альфа- и бета-активности водных проб (пресные природные воды хозяйственно-питьевого назначения) после концентрирования альфа-бета радиометром УМФ-2000, с целью сравнения полученного результата с контрольными уровнями для питьевой воды (0.1 Бк/л для альфа-излучателей и 1.0 Бк/л для бета-излучателей) согласно СанПиН 2.1.4.559-96 и СП 2.6.1 758-99 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)".

Значение полной неопределенности результата измерений определяется расчетом по заданным соотношениям.

Нижний предел измерений по альфа-активности: 0,02 Бк/л, по бета-активности 0,1 Бк/л, при значении полной неопределенности 60% для $P = 0,95$.

2. Метод измерений

Метод основан на концентрировании радионуклидов из объема водной пробы методом упаривания до сухого остатка, измерения с помощью радиометра скорости счета альфа- и бета-излучения полученного остатка и сравнении со скоростью счета образца сравнения с аттестованными значениями активности и расчете суммарной альфа- и бета-активности пробы.

Суммарная активность - это условная активность счетного образца, численная равная активности регламентированного образца сравнения при одинаковых показаниях радиометра.

3. Средства измерений и оборудование

Для выполнения измерений по данной методике необходимы следующие средства измерений:

- Альфа-бета-радиометр УМФ-2000 с контрольным источником. Этот радиометр позволяет выполнять измерение активностей счетных образцов диаметром до 30 мм с одновременным измерением альфа-активности и бета-активности.

- Весы лабораторные аналитические типа ВЛР-200 по ГОСТ 19491-74, диапазон 0 - 200 г, основная погрешность измерений 0.5 мг.

Все средства измерений должны быть поверены в установленном порядке, радиометр УМФ-2000 должен иметь аттестованные характеристики: Eff_a , Eff_β , K_{tr} , u_0 для диапазона масс счетных образцов 100 - 300 мг.

При выполнении измерений по данной методике используется следующее вспомогательное оборудование, материалы и реактивы:

- Комплект стандартных тарелочек-кювет диаметром 30 мм, глубиной 3 мм.

- Спирт ректификат этиловый ТУ 6-09-1710 для удаления радиоактивного загрязнения с поверхностей устройства подачи счетных образцов, рабочей поверхности детектора, протирки тарелочек и др.

Внимание: при дезактивации рабочей поверхности детектора необходимо следовать указаниям, приведенным в техническом описании к радиометру.

- Шпатель-лопатка для снятия сухих остатков из кювет.
- Пинцет.
- Протирочный материал (вата, марля, бязь).
- Стекланные бюксы с притертыми пробками или эксикатор для хранения гигроскопичных препаратов водных проб.
- Фильтровальная бумага.

4. Подготовка счетных образцов

Подготовка счетных образцов к измерениям производится в соответствии с методическими рекомендациями. Измеряемые параметры при пробоподготовке: V, M, m..

5. Подготовка радиометра

Подготовка радиометра к работе выполняется в соответствии с руководством по эксплуатации .

После прогрева радиометра выполняют измерения фоновой скорости счета. Для этого измеряют фоновый счет по альфа- и бета-каналам одновременно в соответствии с указаниями в "Руководстве по эксплуатации" радиометра.

Затем проводят измерения контрольных источников. Рекомендуемое время измерения контрольного источника 300 - 500 с. Скорость счета от контрольного источника не должна отличаться от указанной в свидетельстве о поверке более чем на 10%. В случае соответствия показаний радиометра паспортным данным по фону и контрольному счету приступают к измерениям рабочих счетных образцов.

6. Проведение измерений.

Измерения счетных образцов выполняют в промежутке от 3 до 10 часов после прокаливания сухого остатка (когда влияние ДПП Rn-222 минимально).

Измерения проводят в режиме "Альфа-бета". Время измерения от 2000 до 5000 с. Фиксируется время измерения и счет по альфа- и бета-каналам.

Через каждые 2-3 часа работы проводят одно измерение фона. Если периодические измерения фона не устанавливают отклонений от ранее измеренного более чем на величину статистического разброса, то можно пользоваться средними значениями фона, рассчитанными в начале работы и сократить число измерений фона до одного раза в сутки.

7. Обработка результатов измерений

Обработка результатов измерений состоит в расчете суммарных альфа и бета активностей пробы с учетом поправки на перенос.

По данным измерений счетного образца проводят расчет суммарной альфа и бета активности счетного образца и неопределенности измерений активности счетного образца по формулам в соответствии с указаниями в "Руководстве по эксплуатации" радиометра..

Объемная суммарная альфа-активность в исходной пробе в Бк/л или Бк/кг и объемная суммарная бета-активность рассчитываются по формулам в соответствии с указаниями в "Руководстве по эксплуатации" радиометра..

8. Форма представления результатов

Рекомендуется следующая форма представления результатов определения суммарной активности водных проб:

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЯ СУММАРНОЙ АЛЬФА-БЕТА-АКТИВНОСТИ ПРОБЫ ВОДЫ №01-05

Лаборатория: _____

Номер пробы: _____

Дата, условия отбора и объем: _____

Метод консервации пробы: _____

Масса сухого остатка пробы: _____

Аликвота для измерений: _____

Дата и время измерения: _____

Время набора: _____

Используемый радиометр: _____

Значение Eff_a : _____

Значение Eff_p : _____

Результаты измерений

Счет фона для альфа-канала:

Счет фона для бета-канала: _____

Счет по альфа-каналу: _____

Счет по бета-каналу: _____

Объемная суммарная альфа-активность, Бк/л:

Неопределенность измерения _____

Объемная суммарная бета-активность, Бк/л:

Неопределенность измерения _____

Заключение

Измерение проводил

9. Требования безопасности.

При выполнении анализа необходимо соблюдать правила техники безопасности при лабораторных работах и правила техники безопасности, предусмотренные при работе с радиоактивными веществами .

При работе с электронной и высоковольтной аппаратурой должны соблюдаться правила работы с этими приборами .

При загрязнении детекторов радиоактивным материалом необходимо отключить прибор от сети и выполнить дезактивацию загрязненных узлов детектора ватным тампоном, смоченным в спирте.

Пробоподготовка и очистка кювет от сухих остатков водных проб выполняется в вытяжном шкафу.

10. Требования к квалификации персонала.

К выполнению измерений допускаются специалисты с квалификацией не ниже техника (лаборанта). Наряду с инструктажем по работе с радиометрической и спектрометрической аппаратурой специалисты должны пройти обязательное обучение практическому применению данной методики.

11. Обеспечение качества измерений

Текущий контроль качества измерений осуществляется ежедневной проверкой постоянства характеристик радиометра с помощью контрольных источников. Проверка проводится по обоим каналам. Допустимое отклонение контрольной скорости счета от паспортного значения - не более 10%. Дополнительный контроль производится посредством измерения фона радиометра. Фон не должен превышать значения, указанного в паспорте прибора. В случае превышения предельного значения работу на радиометре следует прекратить до выяснения и устранения причины повышения фона.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Биологические механизмы воздействия ионизирующих излучений на макромолекулы и клеточные органеллы, биохимические процессы, органы и ткани, жизненный цикл организма.
2. Нормы и правила радиационной безопасности. Допустимые уровни внутреннего облучения. Предельно допустимое годовое поступление, допустимое содержание в организме и допустимая концентрация радиоактивных изотопов.
3. Концептуальная основа нормирования радиационного фактора. Концепция приемлемого риска. Нормы радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов.
4. Основные качественные и количественные характеристики ионизирующих излучений (их вид, энергия, проникающая способность,

ионизирующая способность, поглощенная доза, поглощенная в воздухе доза, плотность потока частиц, эквивалентная доза, эффективная доза, мощность поглощенной в воздухе дозы, единицы измерения).

5. Виды радиационного влияния (внешнего и внутреннего облучения) на организм; условия, от которых они зависят. Закрытые и открытые источники ядерных излучений.

6. Лимит доз внешнего и внутреннего облучения. НРБУ-97.

7. Методы и средства защиты от внешнего и внутреннего облучения санитарно-гигиенического характера, их организационные и технические решения.

8. Устройство, принцип работы приборов для регистрации излучений.

Учебная инструкция
по расчету параметров защиты от внешнего γ -облучения на
основании недельных доз облучения, выраженных в рентгенах

Для оценки условий труда при работе с источниками γ -излучения и расчета защиты от внешнего облучения пользуются формулами (1), (2), которые позволяют определять зависимость дозы облучения (Д) от количества радионуклида (активности источника), времени облучения и расстояния между источником излучения и облучаемым объектом:

$$Д = \frac{Q \cdot K_{\gamma} \cdot t}{R^2} - \text{Рентген/неделю} \quad (1)$$

$$Д = \frac{M \cdot 8,4 \cdot t}{R^2} - \text{Рентген/неделю} \quad (2),$$

где: Q - активность источника в милликюри;

M - активность источника в мг/экв радия;

K_{γ} - γ -постоянная радионуклида (таблица 1);

8,4 - γ -постоянная радия;

t - время облучения за рабочую неделю - в часах (30 часов у рентгенологов и радиологов при работе с закрытыми источниками; 27 часов - при работе с открытыми источниками);

R - расстояние между источником и облучаемым объектом в сантиметрах;

Оценка условий труда проводится путем сравнения расчетной дозы с допустимым для категории А уровнем – 20 мЗв/на 50 рабочих недель = 0,4 мЗв/неделю, которая для γ -излучения равняется 0,04 рентгена/неделю.

Преобразовав вышеупомянутую формулу относительно Q или M, t, R, можно определить активность, время или расстояние, которые обеспечивают безопасность персонала. В преобразованных формулах доза облучения

обозначается D_0 и отвечает допустимой дозе за рабочую неделю - 0,04 рентген (0,4 мЗв).

В случае, если защита количеством, расстоянием или временем не обеспечивают радиационную безопасность, применяют экранирование.

Для определения толщины защитного экрана находят прежде всего кратность ослабления - число, которое показывает, во сколько раз с помощью экрана необходимо ослабить излучение, чтобы созданная доза облучения не превышала допустимый лимит дозы. Кратность ослабления находят по формуле (3):

$$K = D/D_0, \quad (3)$$

где: D - рассчитанная фактическая доза облучения для конкретных условий работы;

D_0 – допустимая доза облучения.

На основании кратности ослабления и энергии γ -излучения данного радионуклида в специальных таблицах находят толщину защитного экрана из соответствующего материала - свинца, железа, бетона.

Приложение 2

Учебная инструкция по методике расчета толщины защитных устройств от рентгеновского излучения

Расчет толщины стен, пола, потолка помещений рентгенкабинета, защитных ширм и экранов состоит из трех действий:

- определения необходимого коэффициента ослабления рентгеновского излучения (K), который показывает, во сколько раз нужно снизить мощность дозы к допустимой;

- определения толщины защиты из свинца, необходимого для снижения мощности поглощенной в воздухе дозы, создаваемой источником рентгеновского излучения, к допустимой величине;

- перерасчета найденной толщины защиты из свинца на тот материал, из которого проектируются или существуют строительные конструкции или другие устройства.

Для расчета коэффициента ослабления рентгеновского излучения при определении мощности дозы в воздухе в рентгенах за час пользуются формулой(4):

$$K = \frac{I_{ct}}{R^2} \cdot \text{ДМД},(4)$$

где: I_{ct} – стандартный анодный ток рентгеновской трубки (1-3 мА);

R - расстояние от рентгеновской трубки до места защиты, м;

ДМД - допустимая мощность поглощенной в воздухе (экспозиционной) дозы излучения, Р/час (см.табл.2.1).

Таблица 2.1

Допустимая мощность дозы (ДМД) в рентгенотделениях и кабинетах, мР/час

Вид помещений	Проектируемых	Существующих
Помещения для постоянного пребывания персонала (процедурная, пультовая)	1,7	3,4
Помещения не постоянного пребывания персонала и смежные помещения	0,12	0,24
Палаты для больных	0,03	0,06

Необходимую толщину защиты из свинца в зависимости от коэффициента ослабления и напряжения на рентгеновской трубке находят в специальной таблице.

Толщину защиты из строительных материалов находят на основании их свинцовых эквивалентов.

Термины и определения в соответствии с основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-97) и нормами радиационной безопасности Украины (НРБ-97).

1. Авария радиационная - потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями персонала, стихийными бедствиями или иными причинами, которая привела к облучению людей или радиоактивному загрязнению окружающей среды, превышающим величины, регламентированные для контролируемых условий.

Инцидент потери управления источником ионизирующего излучения, который мог привести, но не привел к незапланированному облучению людей или радиоактивному загрязнению окружающей среды, считается аварийной ситуацией.

2. Авария радиационная проектная - авария, для которой проектом определены исходные и конечные состояния радиационной обстановки и предусмотрены системы безопасности.

3. Активность (A) - мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени:

$$A = \frac{dN}{dt},$$

где dN - ожидаемое число спонтанных ядерных превращений из данного энергетического состояния, происходящих за промежуток времени dt . Единицей активности является беккерель (Бк).

Использовавшаяся ранее внесистемная единица активности кюри (Ки) составляет $3,7 \times 10^{10}$ Бк.

4. Активность минимально значимая (МЗА) - активность открытого источника ионизирующего излучения в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов госсанэпиднадзора на использование этих источников, если при этом также превышено значение минимально значимой удельной активности.

5. Активность минимально значимая удельная (МЗУА) - удельная активность открытого источника ионизирующего излучения в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов госсанэпиднадзора на использование этого источника, если при этом также превышено значение минимально значимой активности.

6. Активность удельная (объемная) - отношение активности A радионуклида в веществе к массе m (объему V) вещества:

$$A_m = \frac{A}{m}; \quad A_v = \frac{A}{V}.$$

Единица удельной активности - беккерель на килограмм, Бк/кг. Единица объемной активности - беккерель на метр кубический, Бк/м³.

7. Активность эквивалентная равновесная объемная (ЭРОА) дочерних изотопов радона - ^{222}Rn и ^{220}Rn - взвешенная сумма объемных активностей короткоживущих дочерних изотопов радона - ^{210}Po (RaA); ^{214}Pb (RaB); ^{214}Bi (RaC); ^{212}Pb (ThB); ^{212}Bi (ThC) соответственно:

$$(\text{ЭРОА})_{\text{Rn}} = 0,10 A_{\text{RaA}} + 0,52 A_{\text{RaB}} + 0,38 A_{\text{RaC}}$$

$$(\text{ЭРОА})_{\text{Tn}} = 0,91 A_{\text{ThB}} + 0,09 A_{\text{ThC}},$$

где A_i - объемные активности дочерних изотопов радона.

8. Безопасность населения радиационная - состояние защищенности настоящего и будущих поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения, обеспечивающее отсутствие детерминированных эффектов и приемлемый уровень риска возникновения стохастических эффектов.

9. Вещество радиоактивное - вещество в любом агрегатном состоянии, содержащее радионуклиды с активностью, на которые распространяются требования настоящих Норм и Правил.

10. Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы (W_R) - используемые в радиационной защите множители поглощенной дозы, учитывающие относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов

Фотоны любых энергий.....	1
Электроны и мюоны любых энергий.....	1
Нейтроны с энергией менее 10 кэВ.....	2
от 10 кэВ до 100 кэВ.....	4
от 100 кэВ до 2 МэВ.....	12
от 2 МэВ до 20 МэВ.....	8
более 20 МэВ.....	5
Протоны с энергией более 2 МэВ, кроме протонов отдачи.....	5
Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра.....	20

Примечание: Все значения относятся к излучению, падающему на тело, а в случае внутреннего облучения - испускаемому при ядерном превращении.

11. Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы (W_T) - множители эквивалентной дозы в органах и тканях, используемые в радиационной защите для учета различной чувствительности разных органов и тканей в возникновении стохастических эффектов радиации:

Гонады.....	0,20
Костный мозг (красный).....	0,12
Толстый кишечник.....	0,12
Легкие.....	0,12
Желудок.....	0,12
Мочевой пузырь.....	0,05
Грудная железа.....	0,05

Печень.....	0,05
Пищевод.....	0,05
Щитовидная железа.....	0,05
Кожа.....	0,01
Клетки костных поверхностей.....	0,01
Остальное.....	0,05*

* При расчетах учитывать, что "Остальное" включает надпочечники, головной мозг, экстрагаторокальный отдел органов дыхания, тонкий кишечник, почки, мышечную ткань, поджелудочную железу, селезенку, вилочковую железу и матку. В тех исключительных случаях, когда один из перечисленных органов или тканей получает эквивалентную дозу, превышающую самую большую дозу, полученную любым из двенадцати органов или тканей, для которых определены взвешивающие коэффициенты, следует приписать этому органу или ткани взвешивающий коэффициент, равный 0,025, а оставшимся органам или тканям из рубрики "Остальное" приписать суммарный коэффициент, равный 0,025.

12. Вмешательство - действие, направленное на снижение вероятности облучения, либо дозы или неблагоприятных последствий облучения.

13. Группа критическая - группа лиц из населения (не менее 10 человек), однородная по одному или нескольким признакам - полу, возрасту, социальным или профессиональным условиям, месту проживания, рациону питания, которая подвергается наибольшему радиационному воздействию по данному пути облучения от данного источника излучения.

14. Дезактивация - удаление или снижение радиоактивного загрязнения с какой-либо поверхности или из какой-либо среды.

15. Доза поглощенная (D) - величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу

$$D = \frac{\int de}{dm},$$

где de - средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объеме, а dm - масса вещества в этом объеме. Энергия может быть усреднена по любому определенному объему, и в этом случае средняя доза будет равна полной энергии, переданной объему, деленной на массу этого объема. В единицах СИ поглощенная доза измеряется в джоулях, деленных на килограмм ($\text{Дж} \times \text{кг}^{-1}$), и имеет специальное название - грей (Гр). Используемая ранее внесистемная единица рад равна 0,01 Гр.

16. Доза в органе или ткани (D_T) - средняя доза в определенном органе или ткани человеческого тела:

$$D_T = (1/m_T) \int D \times dm,$$

где m_T - масса органа или ткани, а D - поглощенная доза в элементе массы dm .

17. Доза эквивалентная ($H_{T,R}$) - поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения, W_R :

$$H_{T,R} = W_R \times D_{T,R},$$

где $D_{T,R}$ - средняя поглощенная доза в органе или ткани T , а W_R - взвешивающий коэффициент для излучения R .

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучения.

Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

При дозе 1 Зв и взвешивающем коэффициенте W_R поглощенная энергия равна $1/W_R$ Дж/кг.

18. Доза эффективная (E) - величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах H_{Tt} , на соответствующие взвешивающие коэффициенты для данных органов или тканей:

$$E = \sum_T W_T \times H_T(\tau) ,$$

где $H_T(\tau)$ - эквивалентная доза в ткани T за время τ , а W_T - взвешивающий коэффициент для ткани T.

Единица эффективной дозы - зиверт (Зв).

19. Доза эквивалентная или эффективная ожидаемая (при внутреннем облучении) - доза за время τ , прошедшее после поступления радиоактивных веществ в организм:

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} H_T(t) dt ,$$

где t_0 - момент поступления, а $H_T(t)$ - мощность эффективной или эквивалентной дозы к моменту времени t в органе или ткани T.

Когда τ не определено, то его следует принять равным 50 годам для взрослых и $(70-t_0)$ - для детей.

20. Доза эффективная (эквивалентная) годовая - сумма эффективной (эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной (эквивалентной) дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год.

Единица годовой эффективной дозы - зиверт (Зв).

21. Доза эффективная коллективная - мера коллективного риска возникновения стохастических эффектов облучения; она равна сумме

индивидуальных эффективных доз. Единица эффективной коллективной дозы - человеко-зиверт (чел.-Зв).

22. Доза предотвращаемая - прогнозируемая доза вследствие радиационной аварии, которая может быть предотвращена защитными мероприятиями.

23. Загрязнение радиоактивное - присутствие радиоактивных веществ на поверхности, внутри материала, в воздухе, в теле человека или в другом месте, в количестве, превышающем уровни, установленные настоящими Нормами и Правилами.

24. Загрязнение поверхности неснимаемое (фиксированное) - радиоактивные вещества, которые не переносятся при контакте на другие предметы и не удаляются при дезактивации.

25. Загрязнение поверхности снимаемое (нефиксированное) - радиоактивные вещества, которые переносятся при контакте на другие предметы и удаляются при дезактивации.

26. Захоронение отходов радиоактивных - безопасное размещение радиоактивных отходов без намерения последующего их извлечения.

27. Зона наблюдения - территория вокруг радиационного объекта за пределами санитарно-защитной зоны, где проводится радиационный контроль и на которой при возникновении радиационной аварии может потребоваться проведение мер защиты населения.

28. Зона радиационной аварии - территория, где уровни облучения населения или персонала, обусловленные аварией, превысили пределы доз, установленные для нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения.

29. Зона санитарно-защитная - территория вокруг радиационного объекта, на которой уровень облучения людей в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения может превысить установленный предел дозы облучения населения.

30. Источник ионизирующего излучения - (в рамках данного документа - источник излучения) радиоактивное вещество или устройство, испускающее

или способное испускать ионизирующее излучение, на которые распространяется действие настоящих Норм и Правил.

31. Источник излучения природный - источник ионизирующего излучения природного происхождения, на который распространяется действие настоящих Норм и Правил.

32. Источник излучения техногенный - источник ионизирующего излучения специально созданный для его полезного применения или являющийся побочным продуктом этой деятельности.

33. Источник радионуклидный закрытый - источник излучения, устройство которого исключает поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые он рассчитан.

34. Источник радионуклидный открытый - источник излучения, при использовании которого возможно поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду.

35. Категория объекта радиационного - характеристика объекта по степени потенциальной опасности объекта для населения в условиях его нормальной эксплуатации и при возможной аварии.

36. Квота - часть предела дозы, установленная для ограничения облучения населения от конкретного техногенного источника излучения и пути облучения (внешнее, поступление с водой, пищей и воздухом).

37. Класс работ - характеристика работ с открытыми источниками ионизирующего излучения по степени потенциальной опасности для персонала, определяющая требования по радиационной безопасности в зависимости от радиотоксичности и активности нуклидов.

38. Контроль радиационный - получение информации о радиационной обстановке в организации, в окружающей среде и об уровнях облучения людей (включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль).

39. Лицензия - разрешение на конкретный вид деятельности, которое выдается регулирующими органами на основе оценки полезности и безопасности

данной деятельности, сопровождающееся предписаниями и условиями, которые должны выполняться юридическим лицом, получившим лицензию.

40. Место рабочее - место постоянного или временного пребывания персонала для выполнения производственных функций в условиях воздействия ионизирующего излучения в течение более половины рабочего времени или двух часов непрерывно.

41. Мощность дозы - доза излучения за единицу времени (секунду, минуту, час).

42. Население - все лица, включая персонал вне работы с источниками ионизирующего излучения.

43. Облучение - воздействие на человека ионизирующего излучения.

44. Облучение аварийное - облучение в результате радиационной аварии.

45. Облучение медицинское - облучение пациентов в результате медицинского обследования или лечения.

46. Облучение планируемое повышенное - планируемое облучение персонала в дозах, превышающих установленные основные пределы доз, с целью предупреждения развития радиационной аварии или ограничения ее последствий.

47. Облучение потенциальное - облучение, которое может возникнуть в результате радиационной аварии.

48. Облучение природное - облучение, которое обусловлено природными источниками излучения.

49. Облучение производственное - облучение работников от всех техногенных и природных источников ионизирующего излучения в процессе производственной деятельности.

50. Облучение профессиональное - облучение персонала в процессе его работы с техногенными источниками ионизирующего излучения.

51. Облучение техногенное - облучение от техногенных источников как в нормальных, так и в аварийных условиях, за исключением медицинского облучения пациентов.

52. Обращение с отходами радиоактивными - все виды деятельности, связанные со сбором, транспортированием, переработкой, хранением и (или) захоронением радиоактивных отходов.

53. Объект радиационный - организация, где осуществляется обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения.

54. Органы государственного надзора за радиационной безопасностью - органы, которые уполномочены правительством Российской Федерации или ее субъектов осуществлять надзор за радиационной безопасностью.

55. Отселение - переселение людей из зоны радиационной аварии на постоянное местожительство. Временным отселением называется переселение людей из зоны радиационной аварии на срок, измеряемый месяцами и больше, при условии возможного последующего возвращения в места постоянного проживания.

56. Отходы радиоактивные - не предназначенные для дальнейшего использования вещества в любом агрегатном состоянии, в которых содержание радионуклидов превышает уровни, установленные настоящими Нормами и Правилами.

57. Паспорт радиационно-гигиенический организации - документ, характеризующий состояние радиационной безопасности в организации и содержащий рекомендации по ее улучшению.

58. Паспорт радиационно-гигиенический территории - документ, характеризующий состояние радиационной безопасности населения территории и содержащий рекомендации по ее улучшению.

59. Паспорт санитарный - документ, разрешающий организации в течение установленного времени проводить регламентированные работы с источниками ионизирующего излучения в конкретных помещениях, вне помещений или на транспортных средствах.

60. Персонал - лица, работающие с техногенными источниками излучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б).

61. Предел дозы (ПД) - величина годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения, которая не должна превышать в условиях нормальной работы. Соблюдение предела годовой дозы предотвращает возникновение детерминированных эффектов, а вероятность стохастических эффектов сохраняется при этом на приемлемом уровне.

62. Предел годового поступления (ПГП) - допустимый уровень поступления данного радионуклида в организм в течение года, который при монофакторном воздействии приводит к облучению условного человека ожидаемой дозой, равной соответствующему пределу годовой дозы.

63. Работа с источником ионизирующего излучения - все виды обращения с источником излучения на рабочем месте, включая радиационный контроль.

64. Работа с радиоактивными веществами - все виды обращения с радиоактивными веществами на рабочем месте, включая радиационный контроль.

65. Риск радиационный - вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения.

66. Санпропускник - комплекс помещений, предназначенных для смены одежды, обуви, санитарной обработки персонала, контроля радиоактивного загрязнения кожных покровов, средств индивидуальной защиты, специальной и личной одежды персонала.

67. Санилюз - помещение между зонами радиационного объекта, предназначенное для предварительной дезактивации и смены дополнительных средств индивидуальной защиты.

68. Средство индивидуальной защиты - средство защиты персонала от внешнего облучения, поступления радиоактивных веществ внутрь организма и радиоактивного загрязнения кожных покровов.

69. Уровень вмешательства (УВ) - уровень радиационного фактора, при превышении которого следует проводить определенные защитные мероприятия.

70. Уровень контрольный - значение контролируемой величины дозы, мощности дозы, радиоактивного загрязнения и т.д., устанавливаемое органом госсанэпиднадзора или администрацией организации для оперативного радиационного контроля, с целью закрепления достигнутого уровня радиационной безопасности, обеспечения дальнейшего снижения облучения персонала и населения, радиоактивного загрязнения окружающей среды.

71. Устройство (источник), генерирующее ионизирующее излучение - электрофизическое устройство (рентгеновский аппарат, ускоритель, генератор и т.д.), в котором ионизирующее излучение возникает за счет изменения скорости заряженных частиц, их аннигиляции или ядерных реакций.

72. Эвакуация - срочное перемещение людей из зоны радиационной аварии в места безопасного пребывания на срок до нескольких дней.

73. Эффекты излучения детерминированные - клинически выявляемые вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше - тяжесть эффекта зависит от дозы.

74. Эффекты излучения стохастические - вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, не имеющие дозового порога возникновения, вероятность возникновения которых пропорциональна дозе и для которых тяжесть проявления не зависит от дозы.

75. Гамма-камера - стационарная или передвижная установка для сцинтиграфии, включающая позиционно-чувствительный детектор гамма-излучения, штативное устройство, ложе пациента, электронный тракт преобразования сигналов детектора и компьютер для формирования и визуализации сцинтиграфических изображений.

75. Гамма-томограф - стационарная установка для однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, содержащая один или несколько позиционно-чувствительных детекторов гамма-излучения, ложе пациента, штативное устройство с механизмом вращения детекторов вокруг продольной

оси ложа пациента, электронный тракт преобразования сигналов детекторов и компьютер для реконструкции и визуализации томографических изображений.

76. Генераторы радионуклидные - переносные устройства с локальной радиационной защитой для быстрого получения короткоживущих радионуклидов в условиях медицинского учреждения.

77. Диагностика радионуклидная *in vivo* - установление наличия, характера и распространенности патологического процесса в организме пациента на основе визуализации и (или) определения характеристик пространственно-временного распределения радиофармпрепарата, введенного в тело пациента.

78. Дозиметр - устройство для измерений дозы или мощности дозы ионизирующего излучения.

79. Дозиметр индивидуальный - носимый на теле дозиметр для измерений дозы облучения данного субъекта.

80. Кабинет радиодиагностический - специально оборудованное помещение, в котором размещена установка для радионуклидной диагностики *in vivo*.

81. Контроль качества - система организационных мероприятий, технических средств и технологических процедур для количественного определения, мониторинга и поддержания на оптимальных уровнях рабочих характеристик радиодиагностической аппаратуры и режимов радиодиагностических исследований, а также параметров качества радиофармпрепаратов.

82. Моечная (радиологическая) - помещение, предназначенное для дезактивации посуды, медицинских инструментов и других предметов, используемых для работы с радиофармпрепаратами.

83. Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) - диагностическая процедура визуализации пространственного распределения радиофармпрепарата в теле пациента по гамма-излучению, выполняемая, как правило, на гамма-камере с одной или несколькими вращающимися вокруг тела пациента детекторными головками.

- 84. Позитронная эмиссионная томография (ПЭТ)** - диагностическая процедура визуализации пространственного распределения позитронно-излучающего радиофармпрепарата в теле пациента по аннигиляционному излучению.
- 85. Процедурная** - помещение, предназначенное для введения радиофармпрепарата в организм пациента.
- 86. Процедуры радиодиагностические** - диагностические процедуры с введением в организм пациентов радиофармпрепаратов.
- 87. Радиометрия** - измерение активности источника ионизирующего излучения.
- 88. Радиометрическая** - помещение, предназначенное для радиометрии отдельных органов, тканей и всего тела пациента *in vivo*.
- 89. Радиофармпрепараты** - зарегистрированные в Минздраве РФ фармацевтические соединения с радионуклидами, разрешенные к применению для диагностики различных заболеваний.
- 90. Средства радиационной защиты индивидуальные** - надеваемые на человека средства защиты от наружного облучения, от поступления радиоактивных веществ внутрь организма и от радиоактивного загрязнения кожных покровов, личной одежды и обуви.
- 91. Средства радиационной защиты стационарные** - строительные конструкции и защитное оборудование, предназначенные для защиты персонала и пациентов от наружного облучения и от поступления радиоактивных веществ внутрь организма.
- 92. Сцинтиграфия** - выполняемая на гамма-камере диагностическая процедура визуализации проекционных изображений пространственного распределения радиофармпрепарата в теле пациента (статическая сцинтиграфия) или регистрации временных характеристик не установившегося пространственно-временного распределения радиофармпрепарата в теле пациента (динамическая сцинтиграфия).

93. Фасовочная - помещение, предназначенное для выполнения технологических процедур приготовления радиофармпрепаратов, их фасовки и подготовки к введению в организм пациента, в т.ч. и процедур с радионуклидными генераторами.

94. Хранилище радиоактивных отходов - помещение, предназначенное для хранения твердых и жидких радиоактивных отходов с целью их выдержки на радиоактивный распад и (или) их накопления для последующего централизованного удаления.

95. Хранилище радиофармпрепаратов - помещение, предназначенное для временного хранения поступивших в готовом для введения виде и приготовленных в лаборатории радиофармпрепаратов для диагностики *in vivo* в те интервалы времени, когда с ними не производятся работы.

96. Центр ПЭТ - специализированное подразделение радионуклидной диагностики *in vivo*, предназначенное для производства позитронно-излучающих радиофармпрепаратов с контролем их качества и (или) для проведения диагностической процедуры ПЭТ.

ТЕМА №3

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ ТЕМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПО РАЗДЕЛУ: «РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА»

Контрольные вопросы к тематическому контролю по разделу: «Радиационная гигиена»

1. Первичные механизмы действия ионизирующих излучений.
2. Отдаленные последствия.
3. Генетические эффекты.
4. Концептуальная основа нормирования радиационного фактора.
5. Концепция приемлемого риска.
6. Основные пределы доз.
7. Основные принципы обеспечения радиационной безопасности персонала, населения и окружающей среды при нормальной работе подразделений радиотерапии и в рентгеновских кабинетах.
8. Источники ионизирующего излучения.
9. Радиационная безопасность в рентгенодиагностических кабинетах.
10. Радиационная безопасность при дистанционной гамма-терапии и терапии с помощью излучения высоких энергий.
8. Виды радиоактивного распада. Закон радиоактивного распада.
9. Поглощенная и экспозиционная дозы. Единицы измерения.
10. Эквивалентная и эффективная дозы. Единицы измерения.
11. Активность источника ионизирующего излучения, плотность потока и интенсивность излучения.
12. Природные источники радиации. Космическое излучение. Природная радиоактивность. Естественные радионуклиды: калий-40, радий-226, уран-238, торий-230. Внешнее излучение, обусловленное естественными радионуклидами. Районы с повышенным естественным фоном. Облучение внутри помещений.

13. Защита от внешнего излучения. Дозиметры и радиометры - приборы для измерения излучений.
14. Категории облучаемых лиц при нормальной эксплуатации источников излучений в соответствии с нормами радиационной безопасности (НРБ-97).
15. Качественные и количественные характеристики радионуклидов (виды ядерных преобразований и виды излучений, которые их сопровождают, период полураспада, активность, γ -эквивалент, единицы измерения).
16. Нормы радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов.
17. Методы и средства защиты от внешнего и внутреннего облучения санитарно-гигиенического характера, их организационные и технические решения.
18. Методы защиты от внешнего облучения, основанные на физических законах его ослабления (защита количеством, временем, расстоянием, экранированием), их законодательные и организационно-технические основы.
19. Принципы, положенные в основу выбора материала и расчета толщины защитных экранов от β -, γ - и рентгеновского излучения.
20. Значение расчетных методов оценки радиационной опасности и параметров защиты от внешнего облучения в комплексе мероприятий из противорадиационной защиты персонала.
21. Биологические механизмы воздействия ионизирующих излучений на макромолекулы и клеточные органеллы, биохимические процессы, органы и ткани, жизненный цикл организма.
22. Нормы и правила радиационной безопасности. Допустимые уровни внутреннего облучения. Предельно допустимое годовое поступление, допустимое содержание в организме и допустимая концентрация радиоактивных изотопов.
23. Концептуальная основа нормирования радиационного фактора. Концепция приемлемого риска. Нормы радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов.

24. Основные качественные и количественные характеристики ионизирующих излучений (их вид, энергия, проникающая способность, ионизирующая способность, поглощенная доза, поглощенная в воздухе доза, плотность потока частиц, эквивалентная доза, эффективная доза, мощность поглощенной в воздухе дозы, единицы измерения).
25. Виды радиационного влияния (внешнего и внутреннего облучения) на организм; условия, от которых они зависят. Закрытые и открытые источники ядерных излучений.
26. Лимит доз внешнего и внутреннего облучения. НРБУ-97.
27. Методы и средства защиты от внешнего и внутреннего облучения санитарно-гигиенического характера, их организационные и технические решения
28. Ионизирующие излучения как производственная вредность для персонала лечебных учреждений.
29. Ионизирующие излучения как фактор риска для пациентов лечебных учреждений при проведении рентгенорадиологических диагностических и лечебных процедур.
30. Структура радиологического отделения больницы. Особенности радиационной опасности и противорадиационной защиты в каждом структурном подразделении (открытых, закрытых источников, дистанционной терапии).
31. Характеристика радиационной опасности в рентгеновском диагностическом кабинете и условия, от которых она зависит. Требования к планированию рентгенкабинета.
32. Регламенты радиационной безопасности и льготы для персонала лечебных учреждений и пациентов (НРБУ-97, ОСПУ-05, другие законодательные документы).
33. Пути снижения лучевой нагрузки персонала и пациентов лечебных учреждений. Санитарно-техническое оборудование рентген- и радиологических отделений.

Тестовые задания к тематическому контролю по разделу:

«Радиационная гигиена»

1. Укажите основную причину широкого использования атомной энергии в мировом масштабе?
 - A. Истощение мировых запасов всех видов естественного органического сырья
 - B. Заменитель твердого естественного органического сырья
 - C. Заменитель жидкого естественного органического сырья
 - D. Заменитель газового естественного органического сырья
 - E. Экономически выгоднее

2. Как называется радиоактивный источник, при использовании которого возможно попадание радиоактивных веществ во внешнюю среду?
 - A. Открытым
 - B. Опасным
 - C. Закрытым
 - D. Внешним
 - E. Аварийным

3. Какое название получило число распадов, происходящих в радиоактивном веществе за единицу времени?
 - A. Активностью вещества
 - B. Дозой излучения
 - C. Мощностью дозы излучения
 - D. Радиоактивным эффектом
 - E. Ионизацией

4. Какие из перечисленных источников излучения не могут создавать радиоактивного загрязнения даже в условиях возникновения радиационной аварии?

- A. Рентген-диагностические аппараты, рентгеновские дефектоскопы
- B. Гамма-терапевтические аппараты
- C. Генераторы короткоживущих радионуклидов
- D. Радионуклидные дефектоскопы
- E. Каждый источник излучения потенциально опасен

5. Предложите наиболее оптимальный вариант дезактивации радиоактивных отходов (отработанного топлива) атомного реактора.

- A. Переработать отработанное топливо, остатки захоронить в соответствии с правилами
- B. Вернуть экспортеру
- C. Захоронить РАО в соответствии с правилами
- D. Отработать топливо на 100% и захоронить вместе с бытовыми отходами
- E. Не требует проведения дезактивации

6. Одна из причин «пятен радиоактивности» при аварии на ЧАЭС:

- A. Длительные выбросы радионуклидов (до 10 суток)
- B. Быстрые (в течение суток) выбросы основных радионуклидов
- C. Незначительное изменение направления ветра в момент аварии и в последующие дни
- D. Равномерное освобождение атмосферы от радионуклидов
- E. Отсутствие осадков в период выбросов радионуклидов

7. Какие виды радиоактивного излучения имеют наибольшую ионизирующую способность?

- A. Альфа-частицы
- B. Бета-частицы
- C. Гамма-излучение
- D. Нейтроны
- E. Позитроны

8. Как называется отношение дозы излучения за промежуток времени к этому промежутку времени?

- A. Мощность дозы
- B. Радиоактивный коэффициент
- C. Радиационный эффект
- D. Активность
- E. Ионизационный коэффициент

9. Укажите основной путь поступления радионуклидов в организм на загрязненных территориях:

- A. Через органы пищеварения
- B. Через кожу
- C. Через слизистые оболочки
- D. Через органы дыхания
- E. Ни один из перечисленных

10. К какой категории относятся военнослужащие-ликвидаторы последствий радиационно-ядерной аварии?

- A. К категории А
- B. К категории В
- C. К категории Б
- D. К категории А и Б
- E. Ни к которой

11. Какую опасность для организма представляет радиоактивный цезий-137?

- A. Является источником внешнего облучения в течении 30 лет
- B. Является источником внешнего облучения в течении недели
- C. Является источником внешнего облучения в течении 9 лет
- D. Является источником внешнего облучения в течении 50 лет

Е. Является источником внешнего облучения в течении 100 лет

12. Укажите единицы измерения поглощенной дозы ионизирующего излучения?

А. Рад или Грей

В. Рентген или Кулон на килограмм

С. Беккерель

Д. Бэр или Зиверт

Е. Кюри

13. Укажите годовой лимит эффективной дозы внешнего и внутреннего облучения для лиц категории Б:

А. Не более 2 мЗв

В. Не более 1 мЗв

С. Не более 3 мЗв

Д. Не более 5 мЗв

Е. Не более 6 мЗв

14. Какие материалы наиболее эффективно ослабляют рентгеновское излучение?

А. С большим атомным номером и большой плотностью

В. С большим атомным номером и малой плотностью

С. С большой плотностью

Д. С малым атомным номером

Е. С малым атомным номером и большой плотностью

15. Кто из указанных лиц получает наибольшую дозу облучения при проведении рентген-диагностического исследования?

А. Врач-рентгенолог

В. Пациент

- C. Врач-лаборант
- D. Санитарка
- E. Все в одинаковой мере

16. Какой радионуклид представлял наибольшую опасность для организма в первую неделю после Чернобыльской аварии?

- A. Йод-131
- B. Стронций-90
- C. Цезий-137
- D. Дейтерий
- E. Тритий

17. Укажите единицы измерения эквивалентной дозы ионизирующего излучения?

- A. Бэр или Зиверт
- B. Рад или Грей
- C. Рентген или Кулон на килограмм
- D. Беккерель
- E. Кюри

18. Какие материалы являются лучшими для защиты от бета-излучения?

- A. Алюминий, пластмасса
- B. Бетон, гипс
- C. Вода
- D. Парафин
- E. Воздух и инертные газы

19. Какой источник излучения является прерывистым?

- A. Рентген-терапевтическая установка
- B. Гамма-терапевтическая установка

- C. Полоний-беррилиевый источник
- D. Кобальтовые иглы
- E. Бетта-излучающий аппликатор

20. В сколько раз допустимые уровни для лиц категории Б отличаются от аналогичных для категории А?

- A. В 10 раз меньше
- B. В 10 раз больше
- C. В 2 раза больше
- D. В 2 раза меньше
- E. Одинаковые

21. Укажите радионуклиды, входящие в состав выбросов на ЧАЭС и имеющие наибольшее гигиеническое значение.

- A. Йод - 131, стронций - 90, цезий -137
- B. Тритий, дейтерий, йод - 131
- C. Радиоактивный углерод, тритий, стронций - 90
- D. Стронций - 90, цезий -137, дейтерий
- E. Йод - 131, тритий, радиоактивный углерод

22. Как называется количественная мера энергии, поглощенная веществом?

- A. Дозой
- B. Активностью
- C. Периодом
- D. Мощностью
- E. Эффектом

23. Во сколько раз больше относительная биологическая эффективность альфа-излучения, чем гамма-излучения?

- A. В 10 раз

- В. В 20 раз
- С. В 2 раза
- Д. В 5 раз
- Е. В 3 раза

24. Что определяет характер и тяжесть радиационных поражений?

- А. Все перечисленные верны
- В. Доза излучения
- С. Вид и энергия излучения
- Д. Распределение дозы относительно объема тела
- Е. Распределение дозы относительно времени облучения

25. Беременная во время прохождения рентгенологического исследования получила дозу облучения в 0,1 Грей. Дайте ей рекомендации:

- А. Ограничиться рациональным питанием и наблюдением врача
- В. Срочно прервать беременность
- С. Провести курс лечения радиопротекторами
- Д. Перейти на диету, бедную калием для уменьшения внутреннего облучения
- Е. Увеличить употребление продуктов питания, которые содержат пектин

26. Радиоактивный цезий - 137 представляет большую опасность для организма, поскольку он:

- А. Кумулируется в мышцах и печени
- В. Кумулируется во всех паренхиматозных органах
- С. Кумулируется в костной ткани
- Д. Кумулируется в жировой ткани
- Е. Кумулируется в соединительной ткани

27. На какие зоны делится территория, прилегающая к Чернобылю в соответствии с Законом Украины «О правовом режиме территории...»

А. Четыре зоны: 1) отчуждения, 2) безусловного отселения, 3) гарантированного добровольного отселения, 4) усиленного радиологического контроля

В. Три зоны: 1) строгого режима, 2) безусловного отселения, 3) наблюдения

С. четыре зоны: 1) строгого режима, 2) гарантированного добровольного отселения, 3) усиленного радиологического контроля, 4) наблюдение

Д. Три зоны: 1) отчуждения, 2) строгого режима, 3) наблюдения

Е. Три зоны 1) строгого режима, 2) усиленного радиологического контроля, 3) наблюдения

28. Какие строительные материалы могут создавать высокие уровни ионизирующего излучения внутри помещений?

А. Строительный материал (гранит, туф, гнейс)

В. Известняк

С. Песок

Д. Кирпич красный

Е. Глина

29. Укажите виды радиоактивных превращений:

А. Распад, деление, синтез

В. Синтез, деление

С. Полимеризация и кристаллизация

Д. Распад и синтез

Е. Синергизм, кумуляция

30. Укажите суть генетических эффектов (последствий) аварии на ЧАЭС:

А. Мутации в хромосомах

В. Появление «незрелых» клеток с нарушением генетического кода

С. Снижение общей резистентности организма

Д. Поражение клеток красного костного мозга (генетическая абберрация в них)

Е. Поражение прежде всего ядер клеток щитовидной железы, которая является причиной генетической аберрации

31. В соответствии с НРБУ-97 («Нормы радиационной безопасности Украины-97») к радиационно гигиеническим регламентам 1 группы относятся:

А. Лимиты доз, допустимые и контрольные уровни

В. Предельно допустимые уровни

С. Рекомендованные уровни

Д. Уровни вмешательства

Е. Допустимые уровни

32. Какая максимальная проникающая способность альфа-частиц в биологической ткани?

А. Несколько микрометров

В. Несколько миллиметров

С. Несколько сантиметров

Д. Несколько метров

Е. Пронизывает любую ткань

33. Что характеризует тканевой фактор?

А. Относительную биологическую эффективность разных видов излучения

В. Относительный стохастический риск облучения отдельной ткани

С. Ионизирующую способность разных видов излучения

Д. Проникающую способность разных видов излучения

Е. Ионизирующую и проникающую способность разных видов излучения

34. Особенностью соматических эффектов (последствий) аварии на ЧАЭС является то, что они:

А. Не передаются по наследству

В. Выключают дезинтоксикационную функцию печени

- C. Способствуют биологическому старению организма
- D. Характерны в большей степени для детского возраста
- E. Передаются по наследству

35. Какая средняя мощность дозы («фона») на территории Украины?

- A. От 10-20 микрорентген/час
- B. От 3-5 микрорентген/час
- C. От 25-30 микрорентген/час
- D. От 2-4 микрорентген/час
- E. От 30-40 микрорентген/час

36. За счет какого вида излучения от естественных источников человек получает наибольшую эффективную дозу?

- A. Вдыхание радона
- B. Космического излучения
- C. Внутреннего облучения от продуктов питания и воды
- D. Радона, растворенного в крови
- E. Все источники равнозначны

37. Как влияет на накопление и выведение радионуклидов диета, обогащенная белком?

- A. Уменьшает накопление радиоцезия
- B. Увеличивает накопление радиоцезия
- C. Увеличивает накопление радиостронция
- D. Уменьшает накопление радиостронция
- E. Не влияет

38. Стронций-90 как радионуклид представляет большую опасность для организма, поскольку он:

- A. Кумулируется в костях, поражая красный костный мозг

- В. Кумулируется в липидах, поражая прежде всего клетки ЦНС
- С. Кумулируется в печени, исключая ее антитоксическую функцию
- Д. Кумулируется в почках, в нарушении их функции выделения
- Е. Кумулируется во всех паренхиматозных органах, вызывая первичный рак

39. Лимит дозы для персонала радиодиагностических кабинетов при облучении всего тела составляет:

- А. Не более 20,0 мЗв/год
- В. Не более 0,1 мЗв/год
- С. Не более 0,5 мЗв/год
- Д. Не более 1,5 мЗв/год
- Е. Не более 3,0 мЗв/год

40. Семья пенсионеров, эвакуированная после аварии на ЧАЭС в Харьковскую область, решила вернуться в свой дом, который находится в зоне обязательного отселения. Дайте рекомендации членам семьи.

- А. Постоянное проживание категорически запрещено
- В. Запрещено проживание больше 1 года
- С. Запрещено проживание больше 3 лет
- Д. Запрещено проживание больше 5 лет
- Е. Запрещено проживание без принятия дополнительных профилактических мероприятий

41. Как изменится доза облучения при увеличении времени экспозиции?

- А. Увеличится в линейной зависимости от активности
- В. Увеличится в квадратичной зависимости от активности
- С. Увеличится в экспозиционной зависимости от активности
- Д. Увеличится в логарифмической зависимости от активности
- Е. Время экспозиции не влияет на мощность дозы излучения

42. Для чего используется единица «эффективная доза»?

- A. Для сравнения биологического эффекта (степени риска) при общем и локальном облучении
- B. Для определения степени риска при общем облучении
- C. Для определения последствий облучения в малых дозах
- D. Для сравнения эффекта действия у разных людей
- E. Показывает уровень опасной дозы

43. Эксперты ВООЗ указывают на следующие три вида последствий Чернобыльской аварии:

- A. Соматические, стохастические, генетические
- B. Паренхиматозные, стохастические, эмбриотоксические
- C. Соматические, тератогенные, генетические
- D. Паренхиматозные, генетические, эмбриогенные
- E. Мутагенные, генетические, соматические

44. Как часто проводится текущий индивидуальный дозиметрический контроль для групп повышенного риска в отделениях контактной лучевой терапии?

- A. Каждый квартал
- B. Ежедневно
- C. Каждый месяц
- D. Один раз в год
- E. В случае возникновения потребности (жалобы на самочувствие)

45. Лимиты доз для лиц категории А представляют сумму эффективных доз облучения от всех промышленных источников излучения. Какую дозу не включают в эту сумму?

- A. Все перечислены дозы
- B. Дозу, полученную в ходе медицинского обследования или лечения
- C. Дозу облучения от естественных источников излучения

- D. Дозу, в связи с аварийным облучением населения
- E. Дозу, полученную от техногенно-усиленных источников естественного происхождения

46. Как изменится мощность дозы при уменьшении расстояния от источника гамма-излучения?

- A. Увеличится пропорционально квадрату расстояния
- B. Не изменится
- C. Увеличится пропорционально расстоянию
- D. Уменьшится пропорционально квадрату расстояния
- E. Будет колебаться, потому что гамма-излучение - электромагнитные волны

47. С какой целью используется эквивалентная доза?

- A. Для оценки поглощенной дозы с учетом биологической эффективности данного излучения
- B. Для оценки биологического эффекта при облучении одного органа
- C. Для сравнения биологического эффекта от гамма - и бета-излучения
- D. Для оценки достоверности возникновения радиационно-биологических повреждений в тканях
- E. Указывает уровень опасной дозы

48. Укажите природу рентгеновского излучения:

- A. Электромагнитное излучение с длиной волны от 10^{-5} к 10^{-2} нм
- B. Электромагнитное излучение с длиной волны от 280 к 400 нм
- C. Механические колебания частиц любой упругой среды
- D. Электромагнитное излучение с длиной волны от 480 к 760 нм
- E. Корпускулярное излучение вещества при его радиоактивном распаде

49. Какие патологические состояния относятся к соматико-стохастическим радиационным эффектам?

- A. Лейкоз, сокращение продолжительности жизни
- B. Острая лучевая болезнь
- C. Лучевые ожоги
- D. Тератогенное действие
- E. Хроническая лучевая болезнь

50. Увеличение каких заболеваний у населения следует ожидать на территориях, загрязнённых выбросами радиационного топлива в результате аварии на АЭС?

- A. Злокачественные новообразования
- B. Заболевание желудочно-кишечного тракта
- C. Сердечно-сосудистые заболевания
- D. Заболевание лор-органов
- E. Болезни органов зрения

Ситуационные задачи к тематическому контролю по разделу:

«Радиационная гигиена»

1. Эталонный препарат из стронция-90 активностью 10 мКи (370 кБк) используется в течение 4 часов рабочего дня 5-дневной недели в ремонтной лаборатории дозиметрических приборов. Определите толщину защитного экрана из органического стекла для обеспечения работы с эталоном.
2. Эталонный препарат с серой-35 активностью 5 мКи (185 кБк) используется в течение 4 часов рабочего дня 5-дневной недели в научной лаборатории института онкологии. Определите толщину защитного экрана из пластика для обеспечения работы с эталоном.
3. Эталонный препарат с иттрием-90 активностью 10 мКи (370 мБк) используется в течение 4 часов рабочего дня 5-дневной недели в лаборатории. Определите толщину защитного экрана из алюминия для обеспечения работы с эталоном.
4. Эталонный препарат из стронция-90 активностью 10 мКи (370 кБк) используется в течение 4 часов рабочего дня 5-дневной недели в ремонтной лаборатории дозиметрических приборов. Определите расстояние для безопасной работы с эталонным препаратом.
5. Радиоактивный фосфор-32 активностью 40 мКи (1,48 Мк) сохраняется в стеклянном флаконе с толщиной стенок 5 мм. Обеспечивает ли флакон защиту от β - облучения. Если нет, то какая должна быть толщина стенок флакона.

6. Рассчитайте дозу внешнего облучения, создаваемого радиоактивным цезием-137, активность которого 10мКи на расстоянии 0,5м при работе в течение 20 часов на неделю.

7. Рассчитайте дозу внешнего облучения, создаваемого радиоактивным цезием-137, активность которого 50мКи на расстоянии 1,5м при работе в течение 30 часов на неделю.

8. Рассчитайте количество радиоактивного йода (I-131) в мКи и в кБк, с каким можно работать без защитного экрана и манипуляторов в течение 25 часов на неделю. Рабочее расстояние 50см.

9. В радиоизотопной лаборатории при проверке и градуировании приборов предусматривается использование эталонного источника гамма-излучения кобальта-60 активностью 30мКи. Определить расстояние, которое обеспечивает безопасность работы с источником в течение половины рабочего времени и толщину защитного экрана из свинца, что позволяет работать с этим источником на расстоянии от источника на длину предплечья.

10. В радиологическом отделении больницы планируется использование радиоактивного йода-131 для диагностики и лечения тиреотоксикозов. Предусматривается длительность работы с этим изотопом по 3 часа ежедневно. Максимальная активность на рабочем месте 30мКи. Определите два варианта рекомендаций, которые бы обеспечили безопасность персонала от внешнего облучения.

11. Предусматривается, что источник гамма-излучения цезия-137, активность которого 10 мКи, в защитном контейнере из свинца будет постоянно находиться в радиоизотопной лаборатории на расстоянии 3м от рабочих мест

персонала. Будет ли обеспечена при этом безопасность работающих в лаборатории?

12. Для внутритканевой радиометрии опухолей планируется использование 10 игл с кобальта-60 активностью 20мКи каждая. Иглы сохраняются в свинцовом контейнере, откуда их процедурная сестра вынимает корнцангом и вводит больным. Рабочее расстояние при введении 0,5м. Длительность процедуры – по 3 часа ежедневно при 5-ти дневной рабочей неделе. Рассчитайте толщину защитного экрана из свинца, который обеспечивал бы безопасные условия труда медсестры.

13. Определите необходимую толщину экрана из просвинцованной резины плотностью 3,3г/см перед рабочим местом врача-рентгенолога в рентгеновском кабинете. Анодный ток на рентгентрубке 2мА, напряжение 100 кВ. Расстояние рабочего места рентгенолога от фокуса рентгентрубки равняется 170см.

14. Достаточная защитная эффективность ли стены между процедурной рентгенкабинета и смежной лабораторией из полнотелого кирпича 12см и 4см обычной штукатурки? Расстояние от фокуса рентгеновской трубки к точке за стеной 2,5м. Анодный ток на трубке 3мА, напряжение 150 кВ.

15. Достаточная защитная эффективность ли стены между процедурной рентгенкабинета и помещением непостоянного пребывания персонала из барито-бетона 18см? Расстояние от фокуса рентгеновской трубки к точке за стеной 3,2м. Анодный ток на трубке 3мА, напряжение 100 кВ.

16. Достаточная защитная эффективность ли стены между процедурной рентгенкабинета и палатами для больных из бетона 14см? Расстояние от фокуса рентгеновской трубки к точке за стеной 4,8м. Анодный ток на трубке 3мА, напряжение 150 кВ.

17. Для внутритканевой радиометрии опухолей планируется использование 15 игл с кобальту-60 активностью 15 мКи каждая. Иглы сохраняются в свинцовом контейнере, откуда их процедурная сестра вынимает корнцангом и вводит больным. Рабочее расстояние при введении 0,8м. Длительность процедуры – по 3 часа ежедневно при 5-ти дневной рабочей неделе. Рассчитайте толщину защитного экрана из свинца, который обеспечивал бы безопасные условия труда медсестры.

18. Достаточная защитная эффективность ли стены между процедурной рентгенкабинета и помещением непостоянного пребывания персонала из барито-бетона 12см? Расстояние от фокуса рентгеновской трубки к точке за стеной 4,5м. Анодный ток на трубке 3мА, напряжение 150 кВ.

19. Достаточная защитная эффективность ли стены между процедурной рентгенкабинета и палатами для больных из бетона 9см? Расстояние от фокуса рентгеновской трубки к точке за стеной 1,8м. Анодный ток на трубке 3мА, напряжение 100 кВ.

20. Эталонный препарат из стронция-90 активностью 10 мКи (370 кБк) используется в течение 3 часов рабочего дня 3-дневной недели в ремонтной лаборатории дозиметрических приборов. Определите толщину защитного экрана из органического стекла для обеспечения работы с эталоном.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПРБУ-05). – К. 2005.
2. «Нормы радиационной безопасности Украины(НРБУ-97)» – К., 1997.
3. СанПиН 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований» М., 2003 г.
4. МУ 2.6.1.1892-04 «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов» М, 2004 г.
5. Румянцев Г.И. «Гигиена», учебник для ВУЗов, М, Гэотар-Мед, 2001-607 с.
6. Кириллов В.Ф., Книжников В.А., Коренков И.П. «Радиационная гигиена». М.: Медицина, 1988. .
7. Моисеев А.А., Иванов В.И. «Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене». М.: Энергоатомиздат, 1990.
8. Козлов В.Ф. «Справочник по радиационной безопасности». М.: Энергоатомиздат, 1991.
9. «Радиационная защита в лечебных и научно-исследовательских медицинских учреждениях. Обращение с радиоактивными веществами в открытом виде, их использование, хранение и удаление». Публикация МКРЗ 25: Пер. с англ. - М.: Атомиздат, 1978.- 80 с.
10. «Данные для использования при защите от внешнего излучения. Защита пациента в ядерной медицине». Публикации МКРЗ 51, 52: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1993.- 187 с.
11. Подготовка проб природных вод для измерения суммарной альфа-

и бета-активности. Методические рекомендации. ВИМС. Москва, 1997 г.

12. Альфа-бета-радиометр УМФ-2000. Руководство по эксплуатации. Москва, 2005 г.

13. Фомин Г.С. Вода, Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Справочник. Москва, Гостандарт России, 1995 г.

14. Маргулис У.Я., Брегадзе Ю.И. «Радиационная безопасность. Принципы и средства ее обеспечения.» - М.: Эдиториал УРСС, 2000.

15. Материалы 10-го съезда гигиенистов и санитарных врачей Российской Федерации под ред. Онищенко Г.Г. М, 2007 г.-1089с.