

ЗАНЯТИЕ СЕМИНАРСКОГО ТИПА № 6 (ЧАСТЬ 1- 2)

ТЕМА: «Радиоактивное загрязнение приземного слоя атмосферы, почвы, водных систем. Дозы излучения. Единицы измерения радиоактивности. Воздействие на окружающую природную среду и организм человека»

МОТИВАЦИЯ

Одним из самых опасных источников загрязнения окружающей среды, в том числе и лекарственных растений, являются радионуклиды. Авария на Чернобыльской АЭС создала ряд новых проблем, связанных с отсутствием систематических данных об уровнях радиоактивности растительного сырья и особенно препаратов из него как факторов риска для здоровья человека.

В растения радионуклиды могут поступать из атмосферы, воды или почвы. Количество радионуклидов, задерживающееся на растении и проникающее в ткани растений, зависит от таких факторов, как биомасса, листовая поверхность, место произрастания. Большое значение имеет вторичное аэральное загрязнение – перенос ветром радиоактивной пыли.

Степень воздействия ионизирующего излучения на растения может быть усилена наличием в окружающей среде вредных примесей: оксидов азота, углерода, ионов тяжелых металлов, пестицидов и т.д. В свою очередь радиация способствует накоплению подобных токсических веществ (тяжелые металлы, нитраты и др) в растениях – это так называемый радиоэкологический синергизм. Знание вышеназванных процессов является профессионально значимым для подготовки фармацевта т.к. имеет непосредственную связь с качеством растительного сырья, используемого для приготовления лекарственных препаратов и БАД.

ЦЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ: Сформировать представление о радиационном излучении как о важнейшем природном и техногенном факторе, воздействующем на все структурные элементы биосферы, в том числе растительные сообщества.

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ

ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

1. Экология [Электронный ресурс] : учебник / С.Х. Карпенков - М. : Логос, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru>
2. Шилов И. А. Экология [Текст] : учебник / И. А. Шилов. - Изд. 6-е, стер. - М. : Высш. шк., 2009. - 512 с. : ил.
3. Стадницкий Г.В. Экология [Электронный ресурс] / Стадницкий Г.В. . - СПб. , 2007 . - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/>
4. 2. Латышевская Н. И. Экологический риск для здоровья населения от загрязнения радоном объектов урбанизированных территорий Волгоградской области [Текст] : монография / Латышевская Н. И., Давыденко Л. А., Сливина Л. П., Герусова Г. П. ; ВолГМУ Минздравсоцразвития РФ . - Волгоград : Изд-во ВолГМУ , 2009 . - 93, [3] с. : ил. . - Библиогр. : с. 82-94
5. Основы общей экологии и международной экологической политики [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / Р. А. Алиев, А. А. Авраменко, Е. Д. Базилева и др.; под ред. Р. А. Алиева. - М. : Аспект Пресс, 2014." - <http://www.studentlibrary.ru>
Алиева. - М. : Аспект Пресс, 2014." - <http://www.studentlibrary.ru>
6. Садовникова Л. К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении [Текст] : учеб. пособие по хим., хим.-техн. и биол. спец. / Садовникова Л. К., Орлов Д. С., Лозанская И. Н. . - М. : Высш. шк. , 2008 . - 333, [2] с. : ил. . - Библиогр. : с. 320-322

7. Методическая разработка практического занятия по теме «Радиоактивное загрязнение окружающей среды (приземного слоя атмосферы, почвы, водных систем)» Латышевская Н.И., Новиков Д.С., Волгоград, 2016.

ТРЕБОВАНИЯ К СТУДЕНТУ

1. Внешний вид: халат, сменная обувь.
2. Наличие рабочей тетради для оформления протокола практической работы и непрограммируемого калькулятора, планшета.

ВОПРОСЫ, РАЗБИРАЕМЫЕ ПО ТЕМЕ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ:

1. Ионизирующее излучение, виды ионизирующего излучения.
2. Единицы измерения радиоактивности и доз облучений.
3. Естественная и искусственная радиация. Искусственные источники радиационного загрязнения биосферы.
4. Действие ионизирующего излучения на растительные и животные организмы.
5. Основные меры защиты при использовании источников ионизирующего излучения.
6. Пути решения проблемы радиоактивных отходов.
7. Пути снижения содержания радионуклидов в растительном сырье.

ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ:

ОК-1, ОК-4

ОПК-1, ОПК-3, ОПК- 5

ПК-14, ПК-16, ПК-22

ПЕРЕЧЕНЬ ЗНАНИЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ УМЕНИЙ

После освоения темы студент должен знать: положения и приемы экозащитной безопасности, экозащитной техники в фармацевтическом и химическом производстве.

После освоения темы студент должен уметь: применять положения и приемы экозащитной безопасности, экозащитной техники в фармацевтическом и химическом производстве.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ПО ТЕМЕ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ:

Изучить: Методическую разработку практического занятия по теме «Радиоактивное загрязнение окружающей среды (приземного слоя атмосферы, почвы, водных систем)» Латышевская Н.И., . Новиков Д.С., Волгоград, 2016.

Познакомиться с основными нормативными документами в сфере радиационной безопасности:

- СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009);

- СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ 99/2010);

МУ 2.6.1.1892-04. «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов. Методические указания.

Повторить материал лекции №6 «Загрязнение окружающей среды промышленными отходами и радионуклидами. Химико-фармацевтические предприятия как источники загрязнения окружающей среды. Экологические проблемы природопользования»

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

Расписать основные единицы измерения радиоактивности и доз облучений. Перечислить основные методы защиты от влияния ионизирующей радиации.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ НА ЗАНЯТИИ

1. Решение ситуационной профессионально-ориентированной задачи № _____

Задание: Ознакомьтесь с условием задачи, выберите необходимый метод защиты работника от радиационного фактора, определите необходимый и достаточный уровень метода защиты.

3. Тестовые задания по теме «Радиоактивное загрязнение приземного слоя атмосферы, почвы, водных систем. Дозы излучения. Единицы измерения радиоактивности. Воздействие на окружающую природную среду и организм человека»

Получите вариант тестовых заданий у преподавателя. Ответьте на вопросы. Запишите ответы в таблицу (возможен выбор одного или нескольких ответов). Результаты работы представьте на проверку преподавателю.

№ варианта

Таблица 1

Результаты тестового контроля выходного уровня знаний студентов на занятии

№ вопроса	Ответ		Ответ
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	

Работу выполнил _____

Подпись преподавателя _____

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

Дефиниции темы

ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ (радиация) – любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию электрических зарядов разных знаков

(видимый свет и ультрафиолетовое излучение не включается в понятие «ионизирующее излучение»).

ВНЕШНЕЕ ОБЛУЧЕНИЕ – воздействие на организм человека ионизирующего излучения, приходящего извне.

ВНУТРЕННЕ ОБЛУЧЕНИЕ – облучение организма, отдельных органов и тканей ионизирующим излучением, испускаемым содержащимися в них радионуклидами.

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ – способ проверки достаточности мер радиационной защиты персонала при работе с источниками ионизирующего излучения; включает:

- определение индивидуальных доз облучения, получаемых каждым работающим, с помощью индивидуальных дозиметров;
- систематический контроль за мощностью дозы облучения непосредственно на рабочих местах и в смежных помещениях;
- применение приборов, сигнализирующих о превышении допустимой дозы облучения.

ИСТОЧНИК ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ – вещество (или установка), испускающее или способное испускать ионизирующее излучение.

ЗАКРЫТЫЕ ИСТОЧНИКИ – источники ионизирующей радиации, устройство которых исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду; при этом возможно внешнее облучение персонала.

ОТКРЫТЫЕ ИСТОЧНИКИ - источники ионизирующей радиации, при использовании которых возможно попадание радиоактивных веществ в окружающую среду; при этом возможно внешнее и внутреннее облучение персонала.

ЗАЩИТА ОТ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ:

ЗАЩИТА КОЛИЧЕСТВОМ – проведение работ с минимальным количеством радиоактивных веществ, основывается на уменьшении мощности излучения;

ЗАЩИТА ВРЕМЕНЕМ – сокращение срока работы с источником ионизирующего излучения;

ЗАЩИТА РАССТОЯНИЕМ – удаление работающего от источника излучения на безопасное расстояние;

ЗАЩИТА ЭКРАНОМ – использование защитной способности материалов поглощать радиоактивное излучение.

РАДИОАКТИВНОСТЬ – самопроизвольное превращение ядер атомов одних элементов в другие, сопровождающееся испусканием ионизирующих излучений.

РАДИОНУКЛИДЫ – радиоактивные атомы с определенным массовым числом, атомным номером и энергетическим состоянием их атомов.

РАДИОПОРАЖАЕМОСТЬ – сравнительная степень развития лучевых повреждений в различных органах и тканях.

РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ – термин, который в практике радиационной безопасности характеризует сравнительную радиопоражаемость органов и тканей.

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ – охрана здоровья людей от вредного воздействия ионизирующей радиации без необоснованных ограничений полезной деятельности при использовании радиоактивных веществ и источников ионизирующих излучений в различных отраслях промышленности, науке и медицине.

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА – величина степени радиационной опасности хронического облучения излучением произвольного состава; произведение поглощенной дозы на взвешенный коэффициент для данного вида излучения (единица измерения – зиверт).

ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА – доза гипотетического одномоментного облучения человека, вызывающая такие же биологические эффекты, что и подобная доза протяженного по времени или фракционного облучения; мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности; сумма произведений эквивалентной дозы в органе на взвешенный коэффициент для данного органа или ткани (единица измерения – зиверт).

Виды ионизирующих излучений:

При радиоактивном распаде имеют место три основных вида ионизирующих излучений: альфа, бета и гамма.

Альфа-частица — это положительно заряженные ионы гелия, образующиеся при распаде ядер, как правило, тяжелых естественных элементов (радия, тория и др.). Эти лучи не проникают глубоко в твердые или жидкие среды, поэтому для защиты от внешнего воздействия достаточно защититься любым тонким слоем, даже листком бумаги.

Бета-излучение представляет собой поток электронов, образующихся при распаде ядер как естественных, так и искусственных радиоактивных элементов. Бета-излучения обладают большей проникающей способностью по сравнению с альфа-лучами, поэтому и для защиты от них требуются более плотные и толстые экраны. Разновидностью бета-излучений, образующихся при распаде некоторых искусственных радиоактивных элементов, являются позитроны. Они отличаются от электронов лишь положительным зарядом, поэтому при воздействии на поток лучей магнитным полем они отклоняются в противоположную сторону.

Гамма-излучение, или кванты энергии (фотоны), представляют собой жесткие электромагнитные колебания, образующиеся при распаде ядер многих радиоактивных элементов. Эти лучи обладают гораздо большей проникающей способностью. Поэтому для экранирования от них необходимы специальные устройства из материалов, способных хорошо задерживать эти лучи (свинец, бетон, вода). Ионизирующий эффект действия гамма-излучения обусловлен в основном как непосредственным расходом собственной энергии, так и ионизирующим действием электронов, выбиваемых из облучаемого вещества.

Рентгеновское излучение образуется при работе рентгеновских трубок, а также сложных электронных установок (бетатронов и т. п.). По характеру рентгеновские лучи во многом сходны с гамма-лучами и отличаются от них происхождением и иногда длиной волны: рентгеновские лучи, как правило, имеют большую длину волны и более низкие частоты, чем гамма-лучи. Ионизация вследствие воздействия рентгеновских лучей происходит в

большей степени за счет выбиваемых ими электронов и лишь незначительно за счет непосредственной траты собственной энергии. Эти лучи (особенно жесткие) также обладают значительной проникающей способностью.

Нейтронное излучение представляет собой поток нейтральных, то есть незаряженных частиц нейтронов, являющихся составной частью всех ядер, за исключением атома водорода. Они не обладают зарядами, поэтому сами не оказывают ионизирующего действия, однако весьма значительный ионизирующий эффект происходит за счет взаимодействия нейтронов с ядрами облучаемых веществ. Облучаемые нейтронами вещества могут приобретать радиоактивные свойства, то есть получать так — называемую наведенную радиоактивность. Нейтронное излучение образуется при работе ускорителей элементарных частиц, ядерных реакторов и т. д. Нейтронное излучение обладает наибольшей проникающей способностью. Задерживаются нейтроны веществами, содержащими в своей молекуле водород (вода, парафин и др.).

Источники ионизирующего излучения

Радиационный фон Земли складывается из трех компонентов:

1. Космическое излучение; 0,35 мЗв в год – внешнее облучение, 0,015 мкЗв внутреннее облучение от космических источников.
2. Излучение от рассеянных в земной коре, воздухе и других объектах внешней среды природных радионуклидов; 0.3 мЗв – внешнее облучение, 1.35 мЗв/год – внутреннее облучение. Всего от естественных источников – около 2 мЗв в год.
3. Излучение от искусственных (техногенных) радионуклидов. – 1- 3 мЗв в год.

Радиация от источников, созданных человеком

Добыча и переработка урановых руд дает самый большой объем радиоактивных отходов, которые по физическому состоянию подразделяются на *твердые* и *жидкие*. Специфическая особенность уранового и ториевого производства – наличие во всех видах отходов радионуклидов с большим периодом полураспада. Другим звеном уранового производства являются **обоганительные предприятия и заводы по гидрометаллургической переработке радиоактивных руд**, где главный вид отходов – *хвосты* переработки рудной массы, насыщенные радиоактивными жидкостями. Весь этот материал удаляется в намывные *хвостохранилища*, которые являются неотъемлемой частью гидрометаллургического производства урана и тория и главным источником местного загрязнения окружающей среды радионуклидами. Вокруг хвостохранилища со временем образуется постоянно функционирующий как наземный, так и подземный ореолы распространения радионуклидов. Кроме того радиоактивные руды часто транспортируются по железной дороге с грубейшими нарушениями техники безопасности.

Немалый вклад в загрязнение природной среды радионуклидами вносят и **химические комбинаты по производству оружейного плутония и вторичной переработке отработанного на АЭС ядерного топлива**. Высокоактивные сточные воды на этих предприятиях собираются в герметичные контейнеры, а малоактивные воды сбрасываются в открытые водоемы.

Еще одним возможным источником радиоактивного загрязнения окружающей среды является атомная энергетика. При ядерных реакциях, происходящих в активной зоне реактора, выделяются радиоактивные газы: ксенон ^{133}Xe ($T_{1/2} = 5$ сут), криптон ^{85}Kr ($T_{1/2} = 10$ лет), радон ^{222}Rn ($T_{1/2} = 3.8$ сут) и другие. Эти газы поступают в фильтр-адсорбер, где теряют свою активность и только после этого выбрасываются в атмосферу. В окружающую среду поступает также некоторое количество изотопа углерода ^{14}C и трития ^3H .

Другой источник радионуклидов, попадающих в окружающую среду от функционирующих

АЭС – дебалансная и техническая вода. Чтобы не произошло загрязнение окружающей среды, вода всех технологических контуров АЭС включается в систему оборотного водоснабжения. Тем не менее, часть жидких стоков сбрасывают в водоем-охладитель, имеющийся при каждой АЭС. Этот водоем является слабопроточным бассейном (чаще всего это искусственное водохранилище), поэтому сброс в него жидкостей, содержащих даже малое количество радионуклидов, может привести к опасной их концентрации. Сброс жидких радиоактивных отходов в водоемы-охладители категорически запрещен Санитарными правилами. В них можно направлять только жидкости, в которых концентрация радиоизотопов не превышает допустимые нормы.

Наиболее опасным в выбросах современных АЭС считается тритий. Он может замещать водород во всех соединениях с кислородом, серой, азотом. А эти соединения составляют значительную часть массы живых организмов. Доказано, что он легко связывается протоплазмой живых клеток. Распадаясь, тритий превращается в гелий и испускает β -частицы, что может привести к поражению генетического аппарата клеток. Потенциальную опасность для экологии представляют также **полигоны для испытания ядерного оружия**. Официально известны четыре *ядерных полигона*, принадлежащие сверхдержавам: Невада (США, Великобритания), Новая Земля (Россия), Моруроа (Франция), Лобнор (Китай). Кроме того, в СССР интенсивно использовался Семипалатинский полигон, который в настоящее время не функционирует. В результате испытаний ядерного оружия в окружающую среду выброшено около 30 млн. кюри ^{137}Cs и 20 млн. кюри ^{90}Sr . В шестидесятые годы в биосферу попало около 5 т ^{239}Pu . Все это привело к мощной вспышке глобального радиационного фона. В настоящее время большая часть радионуклидов, выброшенных в атмосферу в результате ядерных испытаний, осела на поверхность Земли и смыта в океаны.

Трагедия ядерных полигонов заключается не только в том, что обширные территории превращены атомными взрывами в «мертвые зоны», которые в обозримом будущем не могут быть обустроены человеком. Площади полигонов часто используются как пункты захоронения РАО. В России это особенно касается архипелага Новая Земля, который вместе с прилегающими акваториями Северного Ледовитого океана превращен в гигантский могильник отработанных реакторов и других частей атомных кораблей. У Новой Земли затоплены многие тысячи контейнеров с жидкими и твердыми РАО и компонентами отработанных ядерных устройств.

Проблема утилизации радиоактивных отходов

Одной из важнейших проблем современной экологии является проблема утилизации радиоактивных отходов. К радиоактивным отходам относят газы, растворы, разложенные материалы и изделия, биологические объекты, в которых содержание радионуклидов превышает значения, установленные действующими нормами и правилами для радиоактивных отходов. Выделяют следующие подходы к обращению с радиоактивными отходами:

- Очистка от высокоактивных примесей пылегазовых и жидких отходов с последующим сбросом низкоактивных радиоактивных отходов в атмосферу или водоемы, где происходит их разбавление до разрешенных уровней.
- Сброс жидких радиоактивных отходов низкой и средней активности в фильтрующие колодцы в искусственные подземные полости в глиняных толщах.
- Выдержка с целью уменьшения удельной активности во временных хранилищах (от нескольких суток до нескольких лет) перед переработкой и сбросом в окружающую среду. В процессе хранения предусматривается принудительное охлаждение отходов.
- Переработка радиоактивных отходов с целью уменьшения их объема и проведения работ по изолированию радиоактивных отходов от биосферы.

Длительное хранение переработанных радиоактивных отходов (десятки лет) ведется в

траншеях, наземных или неглубоких подземных инженерных сооружениях, снабженных системами контроля за миграцией радионуклидов.

Захоронения на сотни лет проводят в материковых геологических структурах (подземных выработках, соляных полостях, естественных полостях) и на дне океана в сейсмически неопасных районах.

Выбор вида захоронения зависит от удельной активности и радионуклидного состава радиоактивных отходов, степени герметичности упаковки и вероятной продолжительности захоронения.

При захоронении радиоактивных отходов существует вероятность миграции радионуклидов из места захоронения в окружающую среду. Основная причина развития этого процесса – выщелачивание радионуклидов из упаковок и разрушение контейнеров водой. Скорость выщелачивания радионуклидов считается приемлемой на уровне $10^{-5} - 10^{-8}$ г/см² в сутки, что обеспечивает хранение в течение нескольких тысяч лет без последствий для окружающей среды.

Захоронение радиоактивных отходов осуществляется в специально оборудованных емкостях из нержавеющей стали, помещенных в поверхностные слои земли, выше уровня грунтовых вод. Транспортирование, переработка и захоронение радиоактивных отходов производится специализированными комбинатами.

Действие радиации на организм человека

Выделяют три вида последствий облучения:

Онкологические заболевания различных органов (инкубационный период до нескольких лет);

Генетические повреждения (могут реализовываться в последующих поколениях);

Лучевая болезнь (острая, хроническая).

Единицы измерения радиоактивности и доз облучений

Действие ионизирующих излучений представляет собой сложный процесс. Эффект облучения зависит от величины поглощенной дозы, ее мощности, вида излучения, объема облучения тканей и органов. Для его количественной оценки введены специальные единицы, которые делятся на внесистемные и единицы в системе СИ. Сейчас используются преимущественно единицы системы СИ. Ниже в таблице 1 дан перечень единиц измерения радиологических величин и проведено сравнение единиц системы СИ и внесистемных единиц.

Таблица 1

Основные радиологические величины и единицы		
Величина	Наименование и обозначение единицы измерения	
	Внесистемные	СИ

Активность нуклида, А	Кюри (Ки, Ci)	Беккерель (Бк, Bq)
Экспозиционная доза, X	Рентген (Р, R)	Кулон/кг (Кл/кг, C/kg)
Поглощенная доза, D	Рад (рад, rad)	Грей (Гр, Gy)
Эквивалентная доза, Н	Бэр (бэр, rem)	Зиверт (Зв, Sv)
Интегральная доза излучения	Рад-грамм (рад*г, rad*g)	Грей- кг (Гр*кг, Gy*kg)

Степень, глубина и форма лучевых поражений, развивающихся среди биологических объектов при воздействии на них ионизирующего излучения, в первую очередь зависят от величины поглощённой энергии излучения или поглощённой дозы (D). Когда, излучение пронизывает вещество, то на него оказывает воздействие только та часть энергии частиц излучения, которая при этом передается веществу, поглощается им. Основной количественной характеристикой воздействия радиоактивного излучения на объект является поглощенная доза излучения. Поглощенная энергия может быть определена как разность энергии излучения на входе и выходе из данного объема среды, суммированная с энергией, выделяемой и освобождаемой в процессе взаимодействия частиц излучения с веществом, заключенным в этом объеме. Поглощенная доза излучения - это отношение поглощенной энергии излучения к массе вещества в рассматриваемом объеме.

Доза внешнего облучения, полученного при работе с источником, *зависит от:*

- активности источника,
- времени облучения,
- расстояния от источника облучения,
- плотности среды, через которую проходит радиация.

На этом основаны способы защиты от внешнего облучения: количеством, временем, расстоянием, экраном. Критерием для расчета параметров защиты от внешнего облучения является предел эффективной дозы для персонала категории А.

Упрощенная формула для расчета основных параметров защиты:

$$m \times t \times R^2 = 1,8 \times 10^8,$$

где m – γ-активность источника облучения, в беккерелях (Бк);

t – время облучения за рабочую неделю, в часах;

R – расстояние от источника облучения, в метрах;

$1,8 \times 10^8$ - коэффициент пересчета.

Защита количеством— определение предельно допустимой активности источника, с которой можно работать без экрана в течение данного времени на данном расстоянии. Формула для расчета:

$$m=1,8 \times 10^8 \times R^2 / t$$

Защита временем—определение срока работы с радиоактивным веществом в течение недели, при котором создаются безопасные условия (без превышения предела дозы при постоянной работе. Формула для расчета:

$$t=1,8 \times 10^8 \times R^2 / m$$

Защита расстоянием— определение расстояния от работающего до источника излучения, на котором (при данном источнике и времени) можно работать безопасно. Формула для расчета:

$$R=5,8 \times 10^6 \times 36 / 1,8 \times 10^8$$

Защита экраном основана на способности материалов поглощать радиоактивное излучение.

При наружном облучении α -частицами экранирование не требуется, так как α -частицы имеют небольшой пробег в воздухе и хорошо задерживаются материалами, лист бумаги не пропускает α -частицы.

Экраном для защиты от β -излучения может служить слой алюминия толщиной 0,5 см, стекло, пластмасса.

Для защиты от γ -излучения применяют экраны из свинца, чугуна, бетона. Интенсивность поглощения γ -излучения прямо пропорциональна удельному весу материалов и их толщине и обратно пропорциональна энергии излучения.

Толщину защитного экрана, который ослабит мощность γ -излучения до предельно допустимых уровней, можно рассчитать по таблице (с учетом энергии излучения).

Величина коэффициента ослабления (кратность ослабления) определяется по формуле:

$$K=PP_0,$$

Где K – кратность ослабления;

P – полученная доза;

P_0 – предельно допустимая доза (0,4 мЗв за неделю).

В таблице 2 на пересечении линий, соответствующих кратности ослабления и энергии излучения, находят толщину свинцового экрана (мм).

Таблица 2

Толщина защитного экрана из свинца (мм) в зависимости от кратности ослабления и энергии γ -излучения (широкий пучок)

Кратность ослабления, K	Энергия γ -излучения, МэВ								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1,5	0,5	1,0	1,5	2	2,5	3	4	6	7
2	1	2	3	4	5	7	8	10	11,5
5	2	4	6	9	11	15	19	22	25
8	2	5	8	11	15	19,5	23,5	28	32
10	3	5,5	9	13	16	21	26	30,5	35,5

Радиационная безопасность

Нормативные документы:

- СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009);
- СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ 99/2010);
- МУ 2.6.1.1892-04. «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов. Методические указания».