

**ХІІІ городская научно-практическая конференция школьников
«Первые шаги в науку - 2010»**

Секция: физика

РАДИАЦИЯ И ЧЕЛОВЕК

исследовательский реферат

Выполнила: Анна Сергеевна Атрохова, ученица
11 класса «В» МОУ «СОШ №2» г. Лесосибирска

Руководитель: Тамара Александровна Фишер
учитель физики МОУ «СОШ №2»
г. Лесосибирска

Лесосибирск - 2010

Аннотация

В работе «Радиация и человек» сделана попытка проанализировать осведомлённость людей разных поколений о существовании опасных ионизирующих излучений естественного и техногенного происхождения, оценить степень опасности некоторых ионизирующих излучений в повседневной жизни, дать рекомендации по снижению степени риска.

Для лучшего понимания существа вопроса в теоретической части работы приведены сведения о радиоактивных превращениях атомов, дозах ионизирующего излучения, единицах измерения доз, механизмах биологического воздействия радиации на живые клетки организма и возможным последствиям таких воздействий.

Оглавление

I. Введение.....	3
II. Основная часть	
Глава I. ПОНЯТИЕ О РАДИАЦИИ.....	5
§1 Радиоактивное излучение и его свойства.....	5
§2 Дозы ионизирующего излучения, единицы измерения.....	6
Глава II. ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	10
§1 Естественные источники радиации.....	10
§2 Источники радиации, созданные человеком (техногенные).....	14
Глава III. ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ЧЕЛОВЕКА.....	21
§1 Биологическое действие ионизирующего излучения.....	21
§2 Пути поступления радионуклидов организм.....	23
§3 Механизм влияния ионизирующего излучения на клетку.....	24
§4 Оценка максимальной угрозы.....	28
§5 Рекомендации. Выводы.....	30
III. Заключение.....	32
IV. Библиография.....	33
V. Приложения.....	34

ВВЕДЕНИЕ

С давних времен человек совершенствовал себя, как физически, так и умственно, постоянно создавая и совершенствуя орудия труда. Постоянная нехватка энергии заставляла человека искать и находить новые источники, внедрять их, не заботясь о будущем. Таких примеров множество: паровой двигатель побудил человека к созданию огромных фабрик, что за собой повлекло мгновенное ухудшение экологии в городах. Другим примером служит создание каскадов гидроэлектростанций, затопивших огромные территории и изменившие до неузнаваемости экосистемы отдельных районов. В конце XIX в. было открыто явление радиоактивности. Именно это достижение поставило существование всей планеты под угрозу. Давно уже прошла Холодная война, мы уже пережили Чернобыль и многие засекреченные аварии на полигонах, однако проблема радиационной угрозы никуда не ушла и по сей день служит главной угрозой биосфере.

Радиация играет огромную роль в развитии цивилизации на данном историческом этапе. Благодаря явлению радиоактивности был совершен существенный прорыв в области медицины и в различных отраслях промышленности, включая энергетику. Но одновременно с этим стали всё отчётливее проявляться негативные стороны свойств радиоактивных элементов: выяснилось, что воздействие радиационного излучения на организм может иметь трагические последствия. Подобный факт не мог пройти мимо внимания общественности. И чем больше становилось известно о действии радиации на человеческий организм и окружающую среду, тем противоречивее становились мнения о том, насколько большую роль должна играть радиация в различных сферах человеческой деятельности.

К сожалению, отсутствие достоверной информации вызывает неадекватное восприятие данной проблемы. Газетные истории о шестиногих ягнятах и двухголовых младенцах сеют панику в широких кругах. Проблема радиационного загрязнения стала одной из наиболее

актуальных проблем. Поэтому необходимо прояснить обстановку и найти верный подход. Радиоактивность следует рассматривать как неотъемлемую часть нашей жизни, но без знания закономерностей процессов, связанных с радиационным излучением, невозможно реально оценить ситуацию.

Данная работа актуальна, так как опирается на достоверные и всесторонние источники информации и призвана восполнить пробелы в знаниях разных категорий людей о радиации, дозах, эффектах, рисках. Как говорил английский поэт Александр Поп, полужнание – опасная штука.

Объект исследования: биологическое действие ионизирующего излучения

Предмет исследования: изучение осведомлённости и оценок степени риска от воздействия ионизирующего излучения разными категориями людей

Цель исследования: оценить степень влияния и опасности для людей некоторых техногенных видов ионизирующего излучения (рентгеновское излучение) и естественных видов излучения (радон).

Задачи исследования:

1. Выявить представления разных групп людей о факторах, угрожающих их здоровью и жизни
2. Проанализировать реальную угрозу жизни и здоровью людей со стороны техногенных и естественных источников ионизирующего излучения
3. Выработать рекомендации по минимизации рисков.

Методы исследования:

1. Изучение литературы
2. Анкетирование
3. Изучение статистических данных рентгенологических и флюорографических обследований в ЦГБ г. Лесосибирска
4. Изучение данных Интернет-ресурсов

Глава I.

ПОНЯТИЕ О РАДИАЦИИ

В канун рождества 1895 г. (электричества в нынешнем понимании ещё нет! Радио и автомобилей – тоже нет!) впервые удалось заглянуть в глубь атома (о ядре ещё не знают, электрон откроют через два года, понятие «квант» появится только через пять лет). Вильгельмом Конрадом Рентгеном открыты X-лучи. Явление радиоактивности открыл Анри Беккерель в 1896 г. Шесть лет спустя, в 1902г., Эрнест Резерфорд и Фредерик Содди объяснили суть явления радиоактивности.

§1 Радиоактивное излучение и его свойства

Радиоактивность - самопроизвольный распад ядер, при котором выделяется огромная энергия в виде излучения трёх типов – альфа-, бета-, гамма - лучей. Исследования показали, что альфа-излучение – поток частиц, состоящих из 2-х протонов и 2-х нейтронов; бета-излучение – поток электронов; гамма-излучение – электромагнитные волны с длиной волны, меньшей, чем у рентгеновского излучения. Весь процесс самопроизвольного распада нестабильных изотопов называется **радиоактивным распадом**, а сам нестабильный изотоп – **радионуклидом**. Но хотя все радионуклиды нестабильны, одни из них более нестабильны, чем другие. Например, протактиний-234 распадается почти моментально, а уран-238 – очень медленно. Половина всех атомов протактиния в каком-либо радиоактивном источнике распадётся за время, чуть большее минуты, в то же время половина всех атомов урана-238 превратится в торий-234 за 4,5 миллиарда лет.

Время, за которое распадается в среднем половина всех радионуклидов данного типа в любом радиоактивном источнике, называется **периодом полураспада** соответствующего изотопа (смотрите приложение 1).

Число распадов в секунду в радиоактивном образце называют его **активностью**.

Разные виды излучений сопровождаются высвобождением разного количества энергии и обладают разной проникающей способностью (смотрите приложение 2), поэтому они оказывают неодинаковое воздействие на ткани живого организма.

Альфа-излучение, которое представляет собой поток тяжёлых частиц, состоящих из нейтронов и протонов, задерживается, например, листом бумаги и практически не способно проникнуть через наружный слой кожи, образованный отмершими клетками. Поэтому оно не представляет опасности до тех пор, пока радиоактивные вещества, испускающие альфа-частицы, не попадут внутрь организма через открытую рану, с пищей или с вдыхаемым воздухом; тогда они становятся чрезвычайно опасными.

Бета-излучение обладает большей проникающей способностью: оно проходит в ткани организма на глубину один - два сантиметра.

Проникающая способность **гамма-излучения**, которое распространяется со скоростью света, очень велика: его может задержать лишь толстая свинцовая или бетонная плита.

Повреждений, вызванных в живом организме излучением, будет тем больше, чем больше энергии оно передаст тканям.

§2 Дозы ионизирующего излучения, единицы измерения

Количество переданной организму энергии называется **дозой облучения**. Дозу облучения организм может получить от любого радионуклида или их смеси независимо от того, находятся ли они вне организма или внутри его (в результате попадания с пищей, водой или воздухом). Дозу можно рассчитывать по-разному, с учётом того, каков размер облучённого участка и где он расположен, один ли человек

подвергся облучению или группа людей и в течение какого времени это происходило (смотри приложения 3,4).

Беккерель (Бк) – единица активности нуклида в радиоактивном источнике (в системе СИ). Один беккерель соответствует одному распаду в секунду для любого радионуклида.

Внесистемная единица активности нуклида – кюри (Ки). $1\text{Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

Один рентген = $1\text{Р} = 2,56 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг

Дозы радиоактивного облучения	Определение	Единицы измерения (СИ)	Внесистемные единицы измерения
Поглощённая доза	Энергия ионизирующего излучения, поглощённая облучаемым телом (тканями организма), в пересчёте на единицу массы	Грэй (Гр) 1Гр = 1Жд/кг	1рад = 0,01 Гр
Эквивалентная доза	Поглощённая доза, умноженная на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организмов. (Альфа-излучение в 20 раз опаснее других видов излучения)	Зиверт (Зв)	1бэр = 0,01 Зв
Эффективная эквивалентная доза (отражает	Эквивалентная доза, умноженная на коэффициент, учитывающий разную чувствительность различных	Зиверт (Зв)	

<p>суммарный эффект облучения для организма)</p>	<p>тканей к облучению. Коэффициенты радиационного риска:</p> <ul style="list-style-type: none"> • красный костный мозг - 0,12 • костная ткань – 0,03 • щитовидная железа – 0,03 • молочная железа – 0,15 • лёгкие – 0,12 • яичники или семенники – 0,25 • другие ткани- 0,3 • весь организм в целом - 1 		
<p>Коллективная эффективная эквивалентная доза</p>	<p>Эффективная эквивалентная доза, полученная группой людей от какого-либо источника радиации</p>	<p>Человеко-зиверт (чел-Зв)</p>	
<p>Полная коллективная эффективная эквивалентная доза</p>	<p>Коллективная эффективная эквивалентная доза, которую получают поколения людей от какого-либо источника за всё время его дальнейшего существования</p>		

Для определения дозы облучения необходимо учесть также коэффициент качества излучения для некоторых видов излучения:

Вид излучения	Коэффициент качества излучения
Рентгеновское и гамма-излучение	1
Электроны, позитроны, бета-излучение	1
Нейтроны с энергией 0,1 – 10МэВ	10
Протоны с энергией 10МэВ	10
Альфа-излучение с энергией 10МэВ	20

Глава II. ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Теперь, имея представление о радиационном облучении, необходимо выяснить, в каких ситуациях мы наиболее подвержены этому воздействию.

Существует два способа облучения: если радиоактивные вещества находятся вне организма и облучают его снаружи, то речь идет о внешнем облучении. Другой способ облучения – при попадании радионуклидов внутрь организма с воздухом, пищей и водой – называют внутренним.

Источники радиоактивного излучения весьма разнообразны, но их можно объединить в две большие группы: естественные и искусственные (техногенные - созданные человеком). Причем основная доля облучения (более 75% годовой эффективной эквивалентной дозы) приходится на естественный фон.

§1 Естественные источники радиации

Естественные радионуклиды делятся на четыре группы: долгоживущие (уран-238, уран-235, торий-232); короткоживущие (радий, радон); долгоживущие одиночные, не образующие семейств (калий-40); радионуклиды, возникающие в результате взаимодействия космических частиц с атомными ядрами вещества Земли (углерод-14).

Разные виды излучения попадают на поверхность Земли либо из космоса, либо поступают от радиоактивных веществ, находящихся в земной коре, причем земные источники ответственны в среднем за 5/6 годовой эффективной эквивалентной доз, получаемой населением, в основном вследствие внутреннего облучения.

Уровни радиационного излучения неодинаковы для различных областей. Так, Северный и Южный полюсы более, чем экваториальная зона, подвержены воздействию космических лучей из-за наличия у Земли магнитного поля, отклоняющего заряженные радиоактивные частицы.

Кроме того, чем больше удаление от земной поверхности, тем интенсивнее космическое излучение.

Иными словами, проживая в горных районах и постоянно пользуясь воздушным транспортом, мы подвергаемся дополнительному риску облучения. Люди, живущие выше 2000м над уровнем моря, получают в среднем из-за космических лучей эффективную эквивалентную дозу в несколько раз большую, чем те, кто живет на уровне моря. При подъеме с высоты 4000м (максимальная высота проживания людей) до 12000м (максимальная высота полета пассажирского авиатранспорта) уровень облучения возрастает в 25 раз. Примерная доза за рейс Нью-Йорк – Париж по данным НКДАР ООН в 1985 году составляла 50 микрозивертов за 7,5 часов полета.

Всего за счет использования воздушного транспорта население Земли получает в год эффективную эквивалентную дозу около 2000 чел-Зв.

Уровни земной радиации также распределяются неравномерно по поверхности Земли и зависят от состава и концентрации радиоактивных веществ в земной коре. Так называемые аномальные радиационные поля природного происхождения образуются в случае обогащения некоторых типов горных пород ураном, торием, на месторождениях радиоактивных элементов в различных породах, при проникновении урана, радия, радона в поверхностные и подземные воды, геологическую среду.

По данным исследований, проведенных во Франции, Германии, Италии, Японии и США, около 95% населения этих стран проживает в районах, где мощность дозы облучения колеблется в среднем от 0,3 до 0,6 миллизиверта в год. Эти данные можно принять за средние по миру, поскольку природные условия в вышеперечисленных странах различны.

Есть, однако, несколько “горячих точек”, где уровень радиации намного выше. К ним относятся несколько районов в Бразилии: окрестности города Посус-ди-Калдас и пляжи близ Гуарапари, города с

населением 12000 человек, куда ежегодно приезжают отдыхать примерно 30000 курортников, где уровень радиации достигает 250 и 175 миллизивертов в год соответственно. Это превышает средние показатели в 500-800 раз. Здесь, а также в другой части света, на юго-западном побережье Индии, подобное явление обусловлено повышенным содержанием тория в песках. Вышеперечисленные территории в Бразилии и Индии являются наиболее изученными в данном аспекте, но существует множество других мест с высоким уровнем радиации, например во Франции, Нигерии, на Мадагаскаре.

По территории России зоны повышенной радиоактивности также распределены неравномерно и известны как в европейской части страны, так и в Зауралье, на Полярном Урале, в Западной Сибири, Прибайкалье, на Дальнем Востоке, Камчатке, Северо-востоке. Город Лесосибирск Красноярского края относится к числу зон повышенной радиоактивности.

Среди естественных радионуклидов наибольший вклад (более 50%) в суммарную дозу облучения несет радон и его дочерние продукты распада (в т.ч. радий). Опасность радона заключается в его широком распространении, высокой проникающей способности и миграционной подвижности (активности), распаде с образованием радия и других высокоактивных радионуклидов. Период полураспада радона сравнительно невелик и составляет 3,823 суток. Радон трудно идентифицировать без использования специальных приборов, так как он не имеет цвета или запаха.

Одним из важнейших аспектов радоновой проблемы является внутреннее облучение радоном: образующиеся при его распаде продукты в виде мельчайших частиц проникают в органы дыхания, и их существование в организме сопровождается альфа-излучением. К сожалению, наиболее уязвимы для радона самые важные клетки - половые, кроветворные и иммунные. Частицы ионизирующей радиации повреждают наследственный код и, притаившись, никак себя не проявляют, до тех пор, пока «больной»

клетке не настанет время делиться или создавать новый организм - ребенка. Тогда речь может идти о мутации клеток, приводящей к сбоям в жизнедеятельности человека.

В дом радон может попасть разными путями: из недр Земли; из стен и фундамента зданий, т.к. строительные материалы (цемент, щебень, кирпич, шлакоблоки) в разной степени, в зависимости от качества, содержат дозу радиоактивных элементов; вместе с водопроводной водой и природным газом. Так как этот газ тяжелее воздуха, он оседает и концентрируется в нижних этажах и подвалах.

Самый значимый путь накопления радона в помещениях связан с выделением радона из почвы, на которой стоит здание. Большую опасность представляет поступление радона с водяными парами при пользовании душем, ванной, парной. Он содержится и в природном газе, и поэтому на кухне необходимо устанавливать вытяжку, чтобы предотвратить накопление и распространение радона.

В 1995 году в нашей стране принят федеральный закон «О радиационной безопасности населения» и действуют специальные нормы радиационной безопасности. По нему следует, что при проектировании здания среднегодовая активность изотопов радона в воздухе не должна превышать 100 бк/куб.м (беккерелей на метр кубический). В жилых квартирах не более 200 бк/куб.м, иначе встает вопрос о проведении защитных мероприятий, а если значение достигает 400 бк – здание должно быть снесено или перепрофилировано.

Сейчас многие люди приобретают личные дозиметры, чтобы измерить общий фон радиации в квартире. Но для измерения уровня радона он бесполезен, тут необходимо вызывать специалистов с радиометром радона. Если вы хотите самостоятельно обезопасить свое жилище от вредного газа, вам следует заделать щели в стенах и полах, поклеить обои, загерметизировать подвальные помещения и просто чаще проветривать

комнаты в вашем доме. Замечено, что концентрация радона в непроветриваемом помещении в 8 раз больше.

Одним из важнейших аспектов радоновой проблемы является внутреннее облучение радоном: образующиеся при его распаде продукты в виде мельчайших частиц проникают в органы дыхания, и их существование в организме сопровождается альфа-излучением.

И в России, и на западе радоновой проблеме уделяется много внимания, так как в результате проведенных исследований выяснилось, что в большинстве случаев содержание радона в воздухе в помещениях и в водопроводной воде превышает ПДК. Так, наибольшая концентрация радона и продуктов его распада, зафиксированная в нашей стране, соответствует дозе облучения 3000-4000 бэр в год, что превышает ПДК на два-три порядка. Полученная в последние десятилетия информация показывает, что в Российской Федерации радон широко распространен также в приземном слое атмосферы, подпочвенном воздухе и подземных водах.

В России проблема радона еще слабо изучена, но достоверно известно, что в некоторых регионах его концентрация особенно высока. К их числу относятся так называемое радоновое “пятно”, охватывающее Онежское, Ладожское озера и Финский залив, широкая зона, простирающаяся от Среднего Урала к западу, южная часть Западного Приуралья, Полярный Урал, Енисейский кряж, Западное Прибайкалье, Амурская область, север Хабаровского края, Полуостров Чукотка.

§2 Источники радиации, созданные человеком (техногенные)

Искусственные источники радиационного облучения существенно отличаются от естественных не только происхождением. Сильно различаются индивидуальные дозы, полученные разными людьми от искусственных радионуклидов. В большинстве случаев эти дозы невелики, но иногда облучение за счет техногенных источников гораздо более

интенсивно, чем за счет естественных. Загрязнение от искусственных источников радиационного излучения (кроме радиоактивных осадков в результате ядерных взрывов) легче контролировать, чем природно-обусловленное загрязнение.

Энергия атома используется человеком в различных целях: в медицине, для производства энергии и обнаружения пожаров, для изготовления светящихся циферблатов часов, для поиска полезных ископаемых и, наконец, для создания атомного оружия.

Основной вклад в загрязнение от искусственных источников вносят различные медицинские процедуры и методы лечения, связанные с применением радиоактивности. Основной прибор, без которого не может обойтись ни одна крупная клиника – рентгеновский аппарат, но существует множество других методов диагностики и лечения, связанных с использованием радиоизотопов.

Приведём данные диагностических исследований, проводимых в Центральной городской больнице города Лесосибирска в 2006-2009г.г.

Рентген

Область обследования	Среднее число обследуемых в год	Доза облучения
Череп	6 590 чел.	0,17мЗв
Шейный отдел	7 860 чел.	0,22мЗв
Грудная клетка	10 550 чел.	0,26мЗв - взрослые 0,1мЗв - дети
Плечо, бедро	11 350 чел.	0,1мЗв
Поясничный отдел	8 320 чел.	1,7мЗв
Таз	9 600 чел.	1,5мЗв

Кисти, стопы, коленные суставы	11 650 чел.	0,01мЗв
--------------------------------	-------------	---------

Флюорография

Число обследуемых в городе Лесосибирске в среднем за год –
24 152чел.

Доза: 0,005мЗв/чел.

НКДАР ООН в конце 20-го века принял за общую оценку годовой коллективной эффективной эквивалентной дозы от рентгенологических обследований значение 1000 чел-Зв на 1 млн. жителей. Таким образом, в городе Лесосибирске коллективная эффективная эквивалентная доза от рентгенологических и флюорографических обследований граждан не превосходит безопасные нормы. Но индивидуальные дозы могут быть значительно выше. Таким образом, использование явления радиоактивности в медицине остается, чуть ли не единственным техногенным источником облучения.

В принципе облучение в медицине не столь опасно, если им не злоупотреблять. Но, к сожалению, часто к пациенту применяются неоправданно большие дозы. Среди методов, способствующих снижению риска, - уменьшение площади рентгеновского пучка, его фильтрация, убирающая лишнее излучение, правильная экранировка и самое банальное, а именно исправность оборудования и грамотная его эксплуатация.

Подсчитано также, что коллективная эффективная эквивалентная доза от облучения в медицинских целях в целом (включая использование лучевой терапии для лечения рака) для всего населения Земли равна примерно 1 600 000 чел-Зв в год.

Следующий источник облучения, созданный руками человека – радиоактивные осадки, выпавшие в результате испытания ядерного

оружия в атмосфере, и, несмотря на то, что основная часть взрывов была произведена еще в 1950-60е годы, их последствия мы испытываем на себе и сейчас.

В результате взрыва часть радиоактивных веществ выпадает неподалеку от полигона, часть задерживается в тропосфере и затем в течение месяца перемещается ветром на большие расстояния, постепенно оседая на землю, при этом оставаясь примерно на одной и той же широте. Однако большая доля радиоактивного материала выбрасывается в стратосферу и остается там более продолжительное время, также рассеиваясь по земной поверхности.

Радиоактивные осадки содержат большое количество различных радионуклидов, но из них наибольшую роль играют цирконий-95, цезий-137, стронций-90 и углерод-14, периоды полураспада которых составляют соответственно 64 суток, 30 лет (цезий и стронций) и 5730 лет.

По данным НКДАР, ожидаемая суммарная коллективная эффективная эквивалентная доза от всех ядерных взрывов, произведенных к 1985 году, составляла 30 000 000 чел-Зв. К 1980 году население Земли получило лишь 12% этой дозы, а остальную часть получает до сих пор, и будет получать еще миллионы лет.

Один из наиболее обсуждаемых сегодня источников радиационного излучения является атомная энергетика. На самом деле, при нормальной работе ядерных установок ущерб от них незначительный. Дело в том, что процесс производства энергии из ядерного топлива сложен и проходит в несколько стадий.

Ядерный топливный цикл начинается с добычи и обогащения урановой руды, затем производится само ядерное топливо, а после отработки топлива на АЭС иногда возможно вторичное его использование через извлечение из него урана и плутония. Завершающей стадией цикла является, как правило, захоронение радиоактивных отходов.

На каждом этапе происходит выделение в окружающую среду радиоактивных веществ, причем их объем может сильно варьироваться в зависимости от конструкции реактора и других условий. Кроме того, серьезной проблемой является захоронение радиоактивных отходов, которые еще на протяжении тысяч и миллионов лет будут продолжать служить источником загрязнения.

Дозы облучения различаются в зависимости от времени и расстояния. Чем дальше от станции живет человек, тем меньшую дозу он получает.

Из продуктов деятельности АЭС наибольшую опасность представляет тритий. Благодаря своей способности хорошо растворяться в воде и интенсивно испаряться тритий накапливается в использованной в процессе производства энергии воде и затем поступает в водоем-охладитель, а соответственно в близлежащие бессточные водоемы, подземные воды, приземной слой атмосферы. Период его полураспада равен 3,82 суток. Распад его сопровождается альфа-излучением. Повышенные концентрации этого радиоизотопа зафиксированы в природных средах многих АЭС.

До сих пор речь шла о нормальной работе атомных электростанций, но на примере Чернобыльской трагедии мы можем сделать вывод о чрезвычайно большой потенциальной опасности атомной энергетики: любой минимальный сбой на АЭС, особенно крупной, может оказать непоправимое воздействие на всю экосистему Земли.

Масштабы Чернобыльской аварии не могли не вызвать оживленного интереса со стороны общественности. Но мало кто догадывается о количестве мелких неполадок в работе АЭС в разных странах мира.

Так, в статье М. Пронина, подготовленной по материалам отечественной и зарубежной печати в 1992 году, содержатся следующие данные:

“...С 1971 по 1984 гг. На атомных станциях ФРГ произошла 151 авария. В Японии на 37 действующих АЭС с 1981 по 1985 гг. зарегистрировано 390 аварий, 69% которых сопровождались утечкой радиоактивных веществ.... В 1985г. в США зафиксировано 3 000 неисправностей в системах и 764 временные остановки АЭС...”

Осталось указать несколько искусственных источников радиационного загрязнения, с которыми каждый из нас сталкивается повседневно.

Это, прежде всего, строительные материалы, отличающиеся повышенной радиоактивностью. Среди таких материалов – некоторые разновидности гранитов, пемзы и бетона, при производстве которого использовались глинозем, фосфогипс и кальциево-силикатный шлак. Известны случаи, когда стройматериалы производились из отходов ядерной энергетики, что противоречит всем нормам. К излучению, исходящему от самой постройки, добавляется естественное излучение земного происхождения. Самый простой и доступный способ хотя бы частично защититься от облучения дома или на работе – чаще проветривать помещение.

Повышенная ураноносность некоторых углей может приводить к значительным выбросам в атмосферу урана и других радионуклидов в результате сжигания топлива на ТЭЦ, в котельных, при работе автотранспорта.

Существует огромное количество общеупотребительных предметов, являющихся источником облучения. Это, прежде всего, часы со светящимся циферблатом, которые дают годовую ожидаемую эффективную эквивалентную дозу, в 4 раза превышающую ту, что обусловлена утечками на АЭС, а именно 2 000 чел-Зв. Равносильную дозу получают работники предприятий атомной промышленности и экипажи авиалайнеров.

При изготовлении таких часов используют радий. Наибольшему риску при этом подвергается, прежде всего, владелец часов.

Радиоактивные изотопы используются также в других светящихся устройствах: указателях входа-выхода, в компасах, телефонных дисках, прицелах, в дросселях флуоресцентных светильников и других электроприборах и т.д.

При производстве детекторов дыма принцип их действия часто основан на использовании α -излучения. При изготовлении особо тонких оптических линз применяется торий, а для придания искусственного блеска зубам используют уран. Очень незначительны дозы облучения от цветных телевизоров и рентгеновских аппаратов для проверки багажа пассажиров в аэропортах.

Глава III. ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ЧЕЛОВЕКА

Исследования биологического действия ионизирующего излучения были начаты сразу после открытия рентгеновского излучения и радиоактивности. В 1896 русский физиолог И. Р. Тарханов показал, что рентгеновское излучение, проходя через живые организмы, нарушает их жизнедеятельность. Особенно интенсивно стали развиваться исследования с началом применения атомного оружия (1945), а затем и мирного использования атомной энергии.

§1 Биологическое действие ионизирующего излучения

Биологическое действие ионизирующих излучений состоит в изменениях, вызываемых коротковолновыми электромагнитными волнами (рентгеновским излучением и гамма-излучением) или потоками заряженных частиц (альфа-частиц, бета - излучения, протонов) и нейтронов жизнедеятельности и структуры живых организмов.

Летальные дозы

Дозы облучения	Последствия полученной дозы облучения
Больше 300Гр	«Смерть под лучом»
100 Гр	Смерть наступает через несколько часов или дней вследствие повреждения центральной нервной системы
10 – 50 Гр	Смерть наступает через одну - две недели вследствие внутренних кровоизлияний (главным образом в желудочно-кишечном тракте)
3 -5 Гр	50% облучённых умирает в течение одного - двух месяцев вследствие поражения клеток костного мозга

Для биологического действия ионизирующих излучений характерен ряд общих закономерностей:

1. Глубокие нарушения жизнедеятельности вызываются ничтожно малыми количествами поглощаемой энергии. Так, энергия, поглощённая телом млекопитающего животного или человека при облучении смертельной дозой, при превращении в тепловую привела бы к нагреву

тела всего на 0,001°C. Попытка объяснить «несоответствие» количества энергии результатам воздействия привела к созданию теории мишени, согласно которой лучевое повреждение развивается при попадании энергии в особенно радиочувствительную часть клетки — «мишень».

2. Биологическое действие ионизирующих излучений не ограничивается подвергнутым облучению организмом, но может распространяться и на последующие поколения, что объясняется действием на наследственный аппарат организма. Именно эта особенность очень остро ставит перед человечеством вопросы изучения биологического действия ионизирующих излучений и защиты организма от излучений.

3. Для биологического действия ионизирующих излучений характерен скрытый (латентный) период, т. е. развитие лучевого поражения, наблюдается не сразу. Продолжительность латентного периода может варьировать от нескольких мин до десятков лет в зависимости от дозы облучения, радиочувствительности организма и времени, в течение которого была получена данная доза. Так, при облучении в очень больших дозах (десятки тыс. рад) можно вызвать «смерть под лучом», длительное же облучение в малых дозах ведёт к изменению состояния нервной и других систем, к возникновению опухолей спустя годы после облучения.

Радиочувствительность некоторых видов организмов и растений

Вид организма или растения	Летальная доза рентгеновского облучения (в рентгенах), полученная в течение 30 суток
Морские свинки	250
Собаки	335
Обезьяны	600
Мыши	550-650
Караси	1800
Змеи	8000-20000

Дрожжи	30000
Амёбы	100000
Инфузории	300000
Семена лилии	2000
Семена капусты	64000

Факторы, влияющие на радиочувствительность организмов:

- 1) возраст,
- 2) физиологическое состояние,
- 3) интенсивность обменных процессов организма,
- 4) условия облучения,
- 5) мощность, ритм и характер облучения (однократное, многократное, прерывистое, хроническое, внешнее, общее или частичное, внутреннее),
- 6) дозы облучения и физические особенности излучения, определяющие глубину проникновения энергии в организм (рентгеновское и гамма-излучение проникает на большую глубину, альфа-частицы до 40 мкм, бета-частицы — на несколько мм), плотность вызываемой излучением ионизации (под влиянием альфа-частиц она больше, чем при действии других видов излучения).

Если источником излучения служат попавшие в организм радиоактивные изотопы, то огромное значение для биологического действия излучения, испускаемого этими изотопами, имеет их химическая характеристика, определяющая участие изотопа в обмене веществ, концентрацию в том или ином органе, а, следовательно, и характер облучения организма.

§2 Пути поступления радионуклидов организм

Радиоактивные вещества могут проникать в организм через легкие при вдыхании загрязненного воздуха через пищеварительный тракт с едой

и водой, содержащими радиоактивные вещества; через неповрежденную кожу, слизистые оболочки и раны.

Степень проникновения радиоактивного аэрозоля и задержка его в легких зависят от заряда частиц и их размеров. Газообразные радиоактивные вещества очень быстро всасываются с поверхности легких в кровь и разносятся по всему организму. Частицы диаметром менее 0,5 мкм легко проникают в легкие и также легко покидают их, не задерживаясь в них. Частицы размером от 0,5 до 1 мкм задерживаются в легких на 90%, пылинки размером более 5 мкм фиксируются до 20%. Более крупные частицы оседают в верхних дыхательных путях, отхаркиваются и затем заглатываются, поступая в желудок.

Задержавшиеся в легких радиоактивные частицы быстро всасываются в кровь, могут оставаться там, в результате чего в легочной ткани может создаваться большая радиоактивность на длительное время. Различия скорости всасывания определяются иногда валентностью радиоактивных изотопов.

§3 Механизм влияния ионизирующего излучения на клетку

Первичное действие радиации любого вида на любой биологический объект начинается с поглощения энергии излучения, что сопровождается возбуждением молекул и их ионизацией. При ионизации молекул воды (косвенное действие излучения) в присутствии кислорода возникают активные радикалы (ОН - и др.), гидратированные электроны, а также молекулы перекиси водорода, включающиеся затем в цепь химических реакций в клетке. При ионизации органических молекул (прямое действие излучения) возникают свободные радикалы, которые, включаясь в протекающие в организме химические реакции, нарушают течение обмена веществ и, вызывая появление несвойственных организму соединений, нарушают процессы жизнедеятельности. При облучении в дозе 1000 р в клетке средней величины (10^{-9} г) возникает около 1 млн. таких радикалов,

каждый из которых в присутствии кислорода воздуха может дать начало цепным реакциям окисления, во много раз увеличивающим количество измененных молекул в клетке и вызывающим дальнейшее изменение надмолекулярных (субмикроскопических) структур.

Выяснение большой роли свободного кислорода в цепных реакциях, ведущих к лучевому поражению, так называемого кислородного эффекта, способствовало разработке ряда эффективных радиозащитных веществ, вызывающих искусственную гипоксию в тканях организма. Физические и физико-химические процессы, происходящие в клетке в результате поглощения ионизирующего излучения, занимают доли сек.

Последующие биохимические процессы лучевого повреждения развиваются медленнее. Образовавшиеся активные радикалы нарушают нормальные ферментативные процессы в клетке, что ведёт к уменьшению количества богатых энергией (макроэргических) соединений. Особенно чувствителен к облучению синтез дезоксирибонуклеиновых кислот (ДНК) в интенсивно делящихся клетках. Таким образом, в результате цепных реакций, возникающих при поглощении энергии излучения, изменяются многие компоненты клетки, в том числе макромолекулы (ДНК, ферменты и др.) и сравнительно малые молекулы (аденозинтрифосфорная кислота, коферменты и др.). Это приводит к нарушению ферментативных реакций, физиологических процессов и клеточных структур.

Воздействие ионизирующего излучения вызывает повреждение клеток. Наиболее важно нарушение клеточного деления — митоза: при облучении в сравнительно малых дозах наблюдается временная остановка митоза, большие дозы могут вызвать полное прекращение деления или гибель клеток. Нарушение нормального хода митоза сопровождается хромосомными перестройками, возникновением мутаций, ведущими к сдвигам в генетическом аппарате клетки, а, следовательно, к изменению последующих клеточных поколений (цитогенетический эффект.) При облучении половых клеток многоклеточных организмов нарушение

генетического аппарата ведёт к изменению наследственных свойств развивающихся из них организмов.

При облучении в больших дозах происходит набухание и пикноз ядра (уплотнение хроматина), затем структура ядра исчезает. В цитоплазме при облучении в дозах 10 000—20 000 р наблюдаются изменение вязкости, набухание протоплазматических структур, образование вакуолей, повышение проницаемости. Всё это резко нарушает жизнедеятельность клетки.

Сравнительное изучение радиочувствительности ядра и цитоплазмы показало, что в большинстве случаев чувствительно к облучению ядро.

Многочисленные данные показывают, что клетки наиболее радиочувствительны в период деления и дифференцировки: при облучении поражаются, прежде всего, растущие ткани. Это делает облучение наиболее опасным для детей и беременных женщин. На этом же основана и радиотерапия опухолей — растущая ткань опухоли погибает при облучении в дозах, которые меньше повреждают окружающие нормальные ткани.

Возникающие в облучаемых клетках изменения ведут к нарушениям в тканях, органах и жизнедеятельности всего организма. Особенно выражена реакция тканей, в которых отдельные клетки живут сравнительно недолго. Это слизистая оболочка желудка и кишечника, которая после облучения воспаляется, покрывается язвами, что ведёт к нарушению пищеварения и всасывания, а затем к истощению организма, отравлению его продуктами распада клеток (токсемия) и проникновению бактерий, живущих в кишечнике, в кровь (бактериемия).

Сильно повреждается кроветворная система, что ведёт к резкому уменьшению числа лейкоцитов в периферической крови и к снижению её защитных свойств. Одновременно падает и выработка антител, что ещё больше ослабляет защитные силы организма. (Уменьшение способности облученного организма вырабатывать антитела и тем самым

противостоять внедрению чужеродного белка используется при пересадке органов и тканей — перед операцией пациента облучают.) Уменьшается и количество эритроцитов, с чем связано нарушение дыхательной функции крови. Б. д. и. и. обуславливает нарушение половой функции и образования половых клеток вплоть до полного бесплодия (стерильности) облученных организмов.

Важную роль в развитии лучевого поражения животных и человека играет нервная система. Так, у кроликов смертельный исход при облучении в дозе 1000 р часто определяется нарушениями в центральной нервной системе, вызывающими остановку сердечной деятельности и паралич дыхания. Исследования биоэлектрических потенциалов мозга облученных животных и людей, подвергающихся лучевой терапии, показали, что нервная система раньше других систем организма реагирует на радиационное воздействие. Большую роль в развитии лучевой болезни играют и нарушения деятельности желёз внутренней секреции.

Для биологического действия ионизирующего излучения характерно последствие, которое может быть очень длительным, т.к. по окончании облучения цепь биохимических и физиологических реакций, начавшихся с поглощения энергии излучения, продолжается долгое время. К отдалённым последствиям облучения относятся изменения крови (уменьшение числа лейкоцитов и эритроцитов), нефросклероз, циррозы печени, изменения мышечных оболочек сосудов, раннее старение, появление опухолей. Эти процессы связаны с нарушением обмена веществ и нейроэндокринной системы, а также повреждением генетического аппарата клеток тела (соматические мутации).

Лучевое повреждение организма сопровождается одновременно текущим процессом восстановления, который связан с нормализацией обмена веществ и регенерацией клеток. Поэтому облучение дробное или с малой мощностью доз вызывает меньшее повреждение, чем массивное воздействие. Изучение процессов восстановления важно для поисков

радиозащитных веществ, а также средств и методов защиты организма от излучений. В небольших дозах все обитатели Земли постоянно подвержены действию ионизирующего излучения — космических лучей и радиоактивных изотопов, входящих в состав самих организмов и окружающей среды.

Проблема радиоактивного загрязнения биосферы делает изучение биологического действия ионизирующего излучения и поиски защитных средств всё более важными.

§4 Оценка максимальной угрозы

Исследование: опасность предполагаемая и реальная

В исследовании принимали участие следующие группы людей: 30 учащихся выпускного класса, 30 родителей выпускников, 30 учащихся основной школы.

Статистические данные	Предполагаемая опасность с точки зрения учащихся 11-х классов	Предполагаемая опасность с точки зрения родителей учащихся 11-х классов	Предполагаемая опасность с точки зрения учащихся основной школы
1 А. Курение	1 Т. Употребление наркотиков	1 Т Употребление наркотиков	1 Т. Употребление наркотиков
2 Б. Употребление спиртных напитков	2 Б. Употребление спиртных напитков	2 Б. Употребление спиртных напитков	2 Т. Ручное огнестрельное оружие
3 В. Автомобили	3 А. Курение	3 В. Автомобили	3 А. Курение
4 Т. Употребление наркотиков	4 Е. Мотоциклы	4 А. Курение	4 Б. Употребление спиртных напитков
5 М. Не проветриваемые помещения	5 Т. Ручное огнестрельное оружие	5 Е. Мотоциклы	5 Е. Электричество
6 Е. Электричество	6 Э. Пестициды	6 Ф. Атомная	6 К. Хирургическое

		энергетика	вмешательство
7 Е. Мотоциклы	7 Ф. Атомная энергетика	7 Т. Ручное огнестрельное оружие	7 Э. Пестициды
8 Ж. Плавание	8 И. Рентгеновское облучение	8.Р. Тушение пожаров	8 Р. Тушение пожаров
9 И. Рентгеновское облучение	9 К. Хирургическое вмешательство	9 Е. Электричество	9 Е. Мотоциклы
10 К. Хирургическое вмешательство	10 В. Автомобили	10 М. Авиация общего назначения	10 В. Автомобили
11 К. Железные дороги	11 У. Антибиотики	11.К. Хирургическое вмешательство	11 Л. Авиация общего назначения
12 Л. Авиация общего назначения	12 Л. Авиация общего назначения	12 И Рентгеновское облучение	12 У. Антибиотики
13 Н. Велосипеды	13 Е. Электричество	13 Х Альпинизм	13 Ч. Национальный футбол
14 О. Охота	14 О. Охота	14.П.Бытовые травмы	14 О. Охота
15 П. Бытовые травмы	15 К. Железные дороги	15. С. Работа в милиции	15 М. Не проветриваемые помещения
16 Р. Тушение пожаров	16 Р. Тушение пожаров	16.Э.Пестициды	16 Ж. Плавание
17 С. Работа в милиции	17 Щ. Прививки	17.К.Железные дороги	17 Ф. Атомная энергетика
18 Т. Ручное огнестрельное оружие	18 Х. Альпинизм	18 У. Антибиотики	18 П. Бытовые травмы
19 У. Антибиотики	19 Бытовые травмы	19.Н.Велосипеды	19 С. Работа в милиции
20 Ф. Атомная энергетика	20 С. Работа в милиции	20. О. Охота	20 И. Рентгеновское облучение
21 Х. Альпинизм	21Щ. Сельхозтехника	21. Ж.Плавание	21 К. Железные дороги
22 Ц. Сельхозтехника	22 М Непроветриваемые помещения	22.Ш. Лыжи	22 Х. Альпинизм
23 Ч. Национальный футбол	23 Ж. Плавание	23. Щ. Прививки	23 Ц.

			Сельхозтехника
24 Ш. Лыжи	24 Н. Велосипеды	24. С. Сельхозтехника	24 Н. Велосипеды
25 Щ. Прививки	25 Ш. Лыжи	25.Ч. Национальный футбол	25 Ш. Лыжи
26 Э. Пестициды	26 Ч. Национальный футбол	26.М. Не проветриваемые помещения	26 Щ. Прививки

Наибольшие факторы риска (реальная угроза)

Наименьшие факторы риска (мнимая угроза)

Совпадение позиций

§5 Рекомендации. Выводы

Выводы:

1. В данной работе мы рассмотрели биологическое действие рентгеновского и ядерных излучений на организм.

2. Мы выяснили, что биологическое действие обусловлено ионизацией и возбуждением атомов и молекул биологической среды.

3. Радиоактивные излучения не воспринимаются органами чувств. Эти излучения могут быть обнаружены при помощи приборов и приспособлений, работа которых основана на физико-химических эффектах, возникающих при взаимодействии излучения с веществом.

4. Радиоактивные изотопы любого химического элемента периодической системы Д.И. Менделеева при попадании в организм участвуют в обмене веществ точно так же, как стабильные изотопы данного элемента.

5. В результате взаимодействия излучений с биологической средой живому организму передается определенная величина энергий. Действие ионизирующего излучения находится в прямой зависимости от количества поглощенной энергии.

6. Радиоактивные вещества могут проникать в организм человека через легкие при вдыхании загрязненного воздуха, через пищеварительный

тракт с едой и водой, содержащими радиоактивные вещества; через неповрежденную кожу, слизистые оболочки и раны.

7. Наибольшей опасности человек подвергается вдыхая радон и проходя медицинские исследования с использованием рентгеновского излучения.

Рекомендации:

1. Отказаться от использования в быту приборов, опасных из-за применения в них радионуклидов: часы со светящимся циферблатом, компасы, телефонные диски, дроссели флуоресцентных светильников и других электроприборов (указатели входа-выхода, прицелы).

2. Отказаться от использования в строительстве жилых домов некоторых разновидностей гранитов, пемзы и бетона, при производстве которых использовались глинозем, фосфогипс и кальциево-силикатный шлак

3. Самый простой и доступный способ хотя бы частично защититься от облучения дома или на работе – чаще проветривать помещение.

4. НЕ носить очки с особо тонкими оптическими линзами, при изготовлении которых применяется торий.

5. Для придания искусственного блеска зубам отказаться от применения композитных материалов, в которых содержится уран.

6. Находиться на безопасном расстоянии от источников излучений.

III. Заключение

Во введении указывался тот факт, что одним из серьезнейших упущений сегодня является отсутствие объективной информации. Тем не менее, уже проделана огромная работа по оценке радиационного загрязнения, и результаты исследований время от времени публикуются как в специальной литературе, так и в прессе. Но для понимания проблемы необходимо располагать не обрывочными данными, а ясно представлять целостную картину.

А она такова:

1. Мы не имеем права и возможности уничтожить основной источник радиационного излучения, а именно природу, а также не можем и не должны отказываться от тех преимуществ, которые нам дает наше знание законов природы и умение ими воспользоваться.

2. Человек - кузнец своего счастья, и поэтому, если он хочет жить и выживать, то он должен научиться безопасно, использовать этого “джина из бутылки” под названием радиация. Человек еще молод для осознания дара, данного природой ему. Если он научится управлять им без вреда для себя и всего окружающего мира, то он достигнет небывалого рассвета цивилизации.

3. Нам необходимо учитывать в повседневной жизни влияние радиации и остаться в живых, сохранив накопленные знания для следующих поколений.

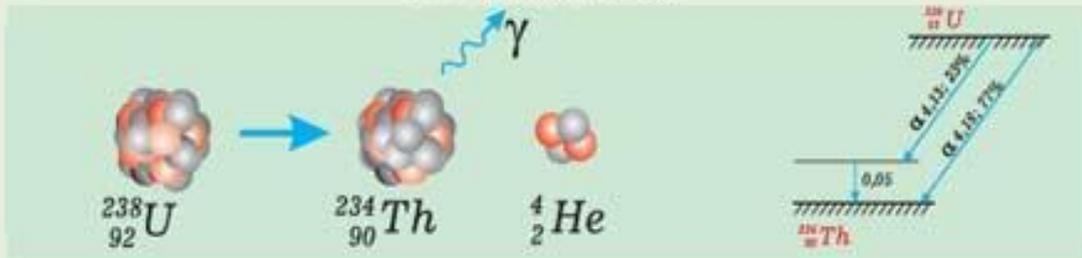
IV. Библиография

1. Лисичкин В.А., Шелепин Л.А., Боев Б.В. Закат цивилизации или движение к ноосфере (экология с разных сторон). М.; “ИЦ-Гарант”, 1997. 352 с.
2. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде/Пер. с англ. В 3 т. Т.1. М., 1993; Т.2. М., 1994.
3. Небел Б. Наука об окружающей среде: Как устроен мир. В 2 т./Пер. с англ. Т. 2. М., 1993.
4. Пронин М. Бойтесь! Химия и жизнь. 1992. №4. С.58.
5. Пономарёв Л.И. Под знаком кванта – М.: Наука, 1989 – 368с.
6. Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать?: Учебное пособие/Под ред. проф. В.И. Данилова-Данильяна. М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. 332 с.
7. Экология, охрана природы и экологическая безопасность: Учебное пособие./Под ред. проф. В.И.Данилова-Данильяна. В 2 кн. Кн. 1. М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. – 424 с.
8. Т.Х.Маргулова “Атомная энергетика сегодня и завтра” Москва: Высшая школа, 1996г.
9. Радиация. Дозы, эффекты, риск: Пер. с англ. Ю.А. Банникова. – М.: Мир, 1988.-79с.
10. <http://www.edu.delfa.net/CONSP/Atomal%207.htm>

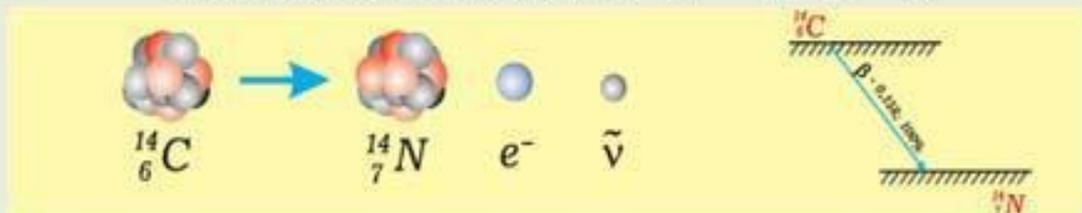
V. Приложения

1 РАДИОАКТИВНОСТЬ

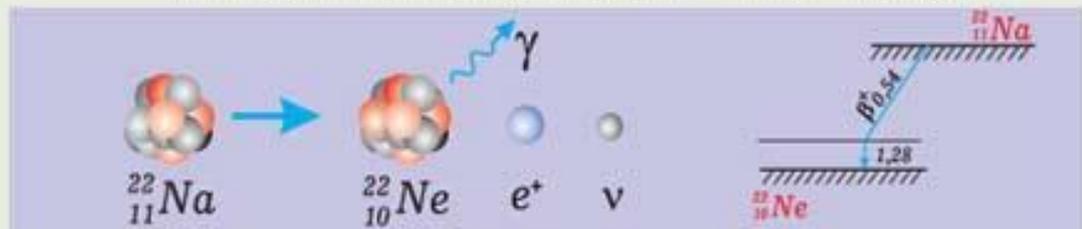
Альфа-распад



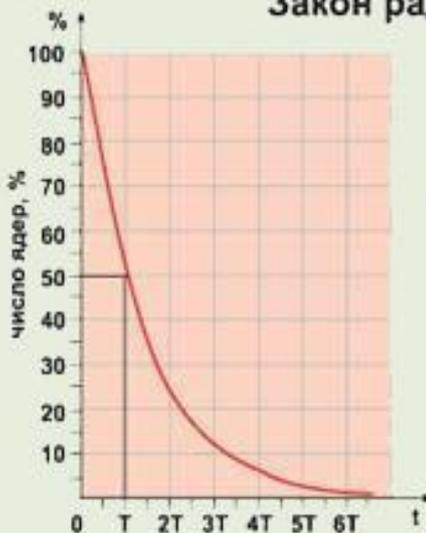
Электронный бета-распад ($n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$)



Позитронный бета-распад ($p \rightarrow n + e^+ + \nu$)



Закон радиоактивного распада



$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

N_0 и N - количества радиоактивных ядер в моменты времени 0 и t , T - период полураспада.

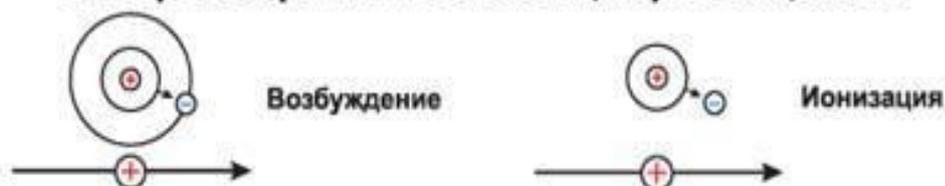
Активность

$$A = \lambda \cdot N, \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T},$$

где A - скорость распада, λ - постоянная распада.
Единица активности - 1 беккерель = 1 распад/с

2 СВОЙСТВА ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Основные процессы, сопровождающие прохождение быстрых заряженных частиц через вещество



Длина пробега альфа-частиц и бета-частиц в воздухе и воде

Энергия частиц	0,5 МэВ	5 МэВ
Воздух	α → 0,3 см	α → 3,5 см
	β → 2,5 м	β → 25 м
Вода	α → 0,004 мм	α → 0,045 мм
	β → 2,6 мм	β → 26 мм

Основные процессы, сопровождающие прохождение рентгеновского и гамма-излучения через вещество



Поглощение гамма-излучения в веществе

Энергия гамма-квантов	Толщина слоя вещества, ослабляющего поток гамма излучения в десять раз		
	Вода	Бетон	Свинец
0,5 МэВ	24 см	12 см	1,3 см
1,0 МэВ	33 см	16 см	2,9 см
5,0 МэВ	76 см	36 см	4,7 см

3 ДОЗИМЕТРИЯ

Единицы СИ доз ионизирующего излучения

Наименование величины	Единицы		
	Наименование	Обозначение	Определение
Экспозиционная доза облучения	кулон на килограмм	Кл/кг	Кулон на килограмм равен экспозиционной дозе рентгеновского и гамма-излучений, при которой сопряженная корпускулярная эмиссия в сухом атмосферном воздухе массой 1 кг производит ионы, несущие электрический заряд каждого знака, равный 1 Кл
Мощность экспозиционной дозы	ампер на килограмм	А/кг	Ампер на килограмм равен мощности экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений, при котором за время 1 с сухому атмосферному воздуху передается экспозиционная доза излучения 1 Кл/кг
Поглощенная доза излучения	грэй	Гр	Грэй равен поглощенной дозе излучения, при которой облученному веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж
Мощность поглощенной дозы излучения	грэй в секунду	Гр/с	Грэй в секунду равен мощности поглощенной дозы излучения, при которой за время 1 с облученным веществом поглощается доза излучения 1 Гр
Эквивалентная доза излучения	зиверт	Зв	Зиверт равен эквивалентной дозе излучения, при которой поглощенная доза равна 1 Гр и коэффициент К качества излучения равен единице
Мощность эквивалентной дозы излучения	зиверт в секунду	Зв/с	Зиверт в секунду равен мощности эквивалентной дозы излучения, при которой за время 1 с облучаемым веществом поглощается эквивалентная доза излучения 1 Зв

Коэффициент К качества излучения для некоторых видов излучения		Связь единиц дозы излучения СИ с внесистемными единицами	
Рентгеновское и гамма-излучения	1	1 рентген = 1Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг	
Электроны, позитроны, β -излучение	1	Биологический эквивалент рентгена (бэр)	
Нейтроны с энергией $\leq 0,1-10$ МэВ	10	1 бэр = 0,01 Зв	
Протоны с энергией ≤ 10 МэВ	10	Экспозиционной дозе 1 Р рентгеновского и гамма-излучения соответствует эквивалентная доза $\approx 0,01$ Зв (1 Зв ≈ 100 Р)	
α -излучение с энергией 10 МэВ	20		

4 ДОПУСТИМЫЕ И ОПАСНЫЕ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ

Естественные источники радиации



Предельно допустимые эквивалентные дозы облучения

Для профессионалов	за год	→ 50 мЗв (5 бэр)
Для ограниченной части населения	за год	→ 5 мЗв (0,5 бэр)
	за 70 лет	→ 350 мЗв (35 бэр)

Предельно допустимая мощность экспозиционной дозы

Для профессионалов (1700 рабочих часов в год): 30 мкЗв/час (3 мбэр/час)*

* Мощности экспозиционной дозы 3 мбэр/час для рентгеновского и гамма-излучения соответствует экспозиционная доза 3 мР/час

Опасные дозы однократного общего облучения

Гибель отдельных клеток крови и половых клеток:	0,1-0,5 Зв (10-50 бэр)
Нарушения в работе кроветворной системы:	0,5-1,0 Зв (50-100 бэр)
Острая лучевая болезнь (≈50% смертельных исходов):	3-5 Зв (300-500 бэр)

Приложение 5

Анкета, предложенная детям и родителям в качестве опроса

Укажите с вашей точки зрения факторы,
угрожающие здоровью и жизни людей

(26 возможных источников,
приводящих к преждевременной гибели людей,
расположить в порядке убывания
их опасности для человека)

- А. Курение
- Б. Употребление спиртных напитков
- В. Автомобили
- Г. Ручное огнестрельное оружие
- Д. Электричество
- Е. Мотоциклы
- Ж. Плавание
- З. Хирургическое вмешательство
- И. Рентгеновское облучение
- К. Железные дороги
- Л. Авиация общего назначения
- М. Не проветриваемые помещения
- Н. Велосипеды
- О. Охота
- П. Бытовые травмы
- Р. Тушение пожаров
- С. Работа в милиции
- Т. Употребление наркотиков
- У. Антибиотики
- Ф. Атомная энергетика
- Х. Альпинизм
- Ц. Сельхозтехника
- Ч. Национальный футбол
- Ш. Лыжи
- Щ. Прививки
- Э. Пестициды

Другие (указать)

Спасибо!