

Самостоятельная работа по предмету:
“Безопасность жизни деятельности”
на тему: “Радиоактивность”

Работу выполнил студент 4-го курса
факультет: “Театральное искусство”
Тарасов С.

Содержание:

Введение

1. Что такое радиация?
2. Влияние радиации на человеческий организм.
3. Источники радиационного излучения:
 - а.) естественные,
 - б.) техногенные.

Заключение

Приложение: Основные термины и единицы измерения.

Введение

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.

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

Что такое радиация?

Радиация существовала всегда. Радиоактивные элементы входили в состав Земли с начала ее существования и продолжают присутствовать до настоящего времени. Однако само явление радиоактивности было открыто всего сто лет назад.

В 1896 году французский ученый Анри Беккерель случайно обнаружил, что после продолжительного соприкосновения с куском минерала, содержащего уран, на фотографических пластинках после проявки появились следы излучения. Позже этим явлением заинтересовались Мария Кюри (автор термина «радиоактивность») и ее муж Пьер Кюри. В 1898 году они обнаружили, что в результате излучения уран превращается в другие элементы, которые молодые ученые назвали полонием и радием. К сожалению люди, профессионально занимающиеся радиацией, подвергали свое здоровье, и даже жизнь опасности из-за частого контакта с радиоактивными веществами. Несмотря на это

исследования продолжались, и в результате человечество располагает весьма достоверными сведениями о процессе протекания реакций в радиоактивных массах, в значительной мере обусловленных особенностями строения и свойствами атома.

Известно, что в состав атома входят три типа элементов: отрицательно заряженные электроны движутся по орбитам вокруг ядра – плотно сцепленных положительно заряженных протонов и электрически нейтральных нейтронов. Химические элементы различают по количеству протонов. Одинаковое количество протонов и электронов обуславливает электрическую нейтральность атома. Количество нейтронов может варьироваться, и в зависимости от этого меняется стабильность изотопов.

Большинство нуклидов (ядра всех изотопов химических элементов) нестабильны и постоянно превращаются в другие нуклиды. Цепочка превращений сопровождается излучениями: в упрощенном виде, испускание ядром двух протонов и двух нейтронов (α -частицы) называют альфа-излучением, испускание электрона – бета-излучением, причем оба этих процесса происходят с выделением энергии. Иногда дополнительно происходит выброс чистой энергии, называемый гамма-излучением.

2. Влияние радиации на человеческий организм

Воздействие радиации на организм может быть различным, но почти всегда оно негативно. В малых дозах радиационное излучение может стать катализатором процессов, приводящих к раку или генетическим нарушениям, а в больших дозах часто приводит к полной или частичной гибели организма вследствие разрушения клеток тканей.

Сложность в отслеживании последовательности процессов, вызванных облучением, объясняется тем, что последствия облучения, особенно при небольших дозах, могут проявиться не сразу, и зачастую для развития болезни требуются годы или даже десятилетия. Кроме того, вследствие различной проникающей способности разных видов радиоактивных излучений они оказывают неодинаковое воздействие на организм: альфа-частицы наиболее опасны, однако для альфа-излучения даже лист бумаги является непреодолимой преградой; бета-излучение способно проходить в ткани организма на глубину один-два сантиметра; наиболее безобидное гамма-излучение характеризуется наибольшей проникающей способностью: его может задержать лишь толстая плита из материалов, имеющих высокий коэффициент поглощения, например, из бетона или свинца.

Также различается чувствительность отдельных органов к радиоактивному излучению. Поэтому, чтобы получить наиболее достоверную информацию о степени

риска, необходимо учитывать соответствующие коэффициенты чувствительности тканей при расчете эквивалентной дозы облучения:

- 0,03 – костная ткань
- 0,03 – щитовидная железа
- 0,12 – красный костный мозг
- 0,12 – легкие
- 0,15 – молочная железа
- 0,25 – яичники или семенники
- 0,30 – другие ткани
- 1,00 – организм в целом.

Вероятность повреждения тканей зависит от суммарной дозы и от величины дозировки, так как благодаря репарационным способностям большинство органов имеют возможность восстановиться после серии мелких доз.

Тем не менее, существуют дозы, при которых летальный исход практически неизбежен. Так, например, дозы порядка 100 Гр приводят к смерти через несколько дней или даже часов вследствие повреждения центральной нервной системы, от кровоизлияния в результате дозы облучения в 10-50 Гр смерть наступает через одну-две недели, а доза в 3-5 Гр грозит обернуться летальным исходом примерно половине облученных. Знания конкретной реакции организма на те или иные дозы необходимы для оценки последствий действия больших доз облучения при авариях ядерных установок и устройств или опасности облучения при длительном нахождении в районах повышенного радиационного излучения, как от естественных источников, так и в случае радиоактивного загрязнения.

Следует более подробно рассмотреть наиболее распространенные и серьезные повреждения, вызванные облучением, а именно рак и генетические нарушения.

В случае рака трудно оценить вероятность заболевания как следствия облучения. Любая, даже самая малая доза, может привести к необратимым последствиям, но это не предопределено. Тем не менее, установлено, что вероятность заболевания возрастает прямо пропорционально дозе облучения.

Среди наиболее распространенных раковых заболеваний, вызванных облучением, выделяются лейкозы. Оценка вероятности летального исхода при лейкозе более надежна, чем аналогичные оценки для других видов раковых заболеваний. Это можно объяснить тем, что лейкозы первыми проявляют себя, вызывая смерть в среднем через 10 лет после момента облучения. За лейкозами «по популярности» следуют: рак молочной железы, рак щитовидной железы и рак легких. Менее чувствительны желудок, печень, кишечник и другие органы и ткани.

Воздействие радиологического излучения резко усиливается другими неблагоприятными экологическими факторами (явление синергизма). Так, смертность от радиации у курильщиков заметно выше.

Что касается генетических последствий радиации, то они проявляются в виде хромосомных aberrаций (в том числе изменения числа или структуры хромосом) и генных мутаций. Генные мутации проявляются сразу в первом поколении (доминантные мутации) или только при условии, если у обоих родителей мутантным является один и тот же ген (рецессивные мутации), что является маловероятным.

Изучение генетических последствий облучения еще более затруднено, чем в случае рака. Неизвестно, каковы генетические повреждения при облучении, проявляться они могут на протяжении многих поколений, невозможно отличить их от тех, что вызваны другими причинами.

Приходится оценивать появление наследственных дефектов у человека по результатам экспериментов на животных.

При оценке риска НКДАР использует два подхода: при одном определяют непосредственный эффект данной дозы, при другом – дозу, при которой удваивается частота появления потомков с той или иной аномалией по сравнению с нормальными радиационными условиями.

Так, при первом подходе установлено, что доза в 1 Гр, полученная при низком радиационном фоне особями мужского пола (для женщин оценки менее определены), вызывает появление от 1000 до 2000 мутаций, приводящих к серьезным последствиям, и от 30 до 1000 хромосомных aberrаций на каждый миллион живых новорожденных.

При втором подходе получены следующие результаты: хроническое облучение при мощности дозы в 1 Гр на одно поколение приведет к появлению около 2000 серьезных генетических заболеваний на каждый миллион живых новорожденных среди детей тех, кто подвергся такому облучению.

Оценки эти ненадежны, но необходимы. Генетические последствия облучения выражаются такими количественными параметрами, как сокращение продолжительности жизни и периода нетрудоспособности, хотя при этом признается, что эти оценки не более чем первая грубая прикидка. Так, хроническое облучение населения с мощностью дозы в 1 Гр на поколение сокращает период трудоспособности на 50000 лет, а продолжительность жизни – также на 50000 лет на каждый миллион живых новорожденных среди детей первого облученного поколения; при постоянном облучении многих поколений выходят на следующие оценки: соответственно 340000 лет и 286000 лет.

3. Источники радиационного излучения

Теперь, имея представление о воздействии радиационного облучения на живые ткани, 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 (созданные человеком). Причем основная доля облучения (более 75% годовой эффективной эквивалентной дозы) приходится на естественный фон.

а.) 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 получало 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 современном привносе 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.

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. 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, Ладужское 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 («Экология,...», 263).

б.) техногенные источники радиации

Искусственные источники радиационного облучения существенно отличаются от естественных не только происхождением. Во-первых, 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. Во-вторых, для техногенных источников упомянутая переменчивость выражена гораздо сильнее, чем для естественных. Наконец, 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.

Неизвестно точное количество людей, подвергающихся подобным обследованиям и лечению, и дозы, получаемые ими, но можно утверждать, что для многих стран

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.

Из-за отсутствия более полных данных НКДАР ООН был вынужден принять за общую оценку годовой коллективной эффективной эквивалентной дозы, по крайней мере, от рентгенологических обследований в развитых странах на основе данных, представленных в комитет Польшей и Японией к 1985 году, значение 1000 чел-Зв на 1 млн. жителей. Скорее всего, для развивающихся стран эта величина окажется ниже, но индивидуальные дозы могут быть значительно выше. 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 энергетике: при любом минимальном сбое АЭС, особенно крупная, 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 1985 г. в США зафиксировано 3 000 неисправностей в системах и 764 временные остановки АЭС...» и т.д.

Кроме того, автор статьи указывает на актуальность, по крайней мере на 1992 год, проблемы намеренного разрушения предприятий ядерного топливного энергетического цикла, что связано с неблагоприятной политической обстановкой в ряде регионов. Остается надеяться на будущую сознательность тех, кто таким образом «копает под себя».

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 («Радиация...», 55). 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 альфа-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.

Заключение

Одним из серьезнейших упущений сегодня и во многом причиной всех бед человечества 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.

Мы не имеем права и возможности уничтожить то, что ни кому не принадлежит, одновременно являясь собственностью всего человечества, а именно нашу планету. Необходимо пользоваться всем тем, чем волею судьбы с любовью одаривает наша матушка-природа.

Мы не можем и не должны отказываться от тех преимуществ, которые нам дает атамана энергетика. Технический прогресс за последнее время шагнул далеко вперёд. Но использовать все блага цивилизации надо с умом.

Литература

1. Лисичкин В.А. Шелепин Л.А. Боев Б.В. Закат цивилизации или движение к ноосфере (экология с разных сторон). Москва. Гарант. 1997.
2. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде. Москва. Новый мир. 1994.
3. Небел Б. Наука об окружающей среде: Как устроен мир. Москва. Проспект. 1993.
4. Ревелль П. Ревелль Ч. Среда нашего обитания. Москва. Наука. 1995.
5. Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать?. Учебное пособие под ред. проф. В.И. Данилова-Данильяна. Москва. Изд-во МНЭПУ. 1997.
6. Экология, охрана природы и экологическая безопасность. Учебное пособие под ред. проф. В.И. Данилова-Данильяна. Москва. Изд-во МНЭПУ. 1997.

Приложение:

Основные термины и единицы измерения

Радиоактивный распад – весь процесс самопроизвольного распада нестабильного нуклида.

Радионуклид – нестабильный нуклид, способный к самопроизвольному распаду.

Период полураспада изотопа – время, за которое распадается в среднем половина всех радионуклидов данного типа в любом радиоактивном источнике.

Радиационная активность образца – число распадов в секунду в данном радиоактивном образце; единица измерения – *беккерель (Бк)*.

*Поглощенная доза** – энергия ионизирующего излучения, поглощенная облучаемым телом (тканями организма), в пересчете на единицу массы.

*Эквивалентная доза*** – поглощенная доза, умноженная на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организма.

*Эффективная эквивалентная доза**** – эквивалентная доза, умноженная на коэффициент, учитывающий разную чувствительность различных тканей к облучению.

*Коллективная эффективная эквивалентная доза***** – эффективная эквивалентная доза, полученная группой людей от какого-либо источника радиации.

Полная коллективная эффективная эквивалентная доза – коллективная эффективная эквивалентная доза, которую получают поколения людей от какого-либо источника за все время его дальнейшего существования.

* единица измерения в системе СИ – *грэй (Гр)*

** единица измерения в системе СИ – *зиверт (Зв)*

*** единица измерения в системе СИ – *зиверт (Зв)*

**** единица измерения в системе СИ – *человеко-зиверт (чел-Зв)*