**Изучение радиоактивного излучения**

**Общие сведения**

Радиоактивное излучение бывает трех типов: альфа-, бета- и гамма-излучение.

*Альфа-излучение* отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает высокой ионизирующей и малой проникаю­щей способностью (например, поглощается слоем алюминия толщиной примерно 0,05 мм.). *Эта* поток ядер гелия.

*Бета-излучение* отклоняется электрическим и магнитным по­лями. Его ионизирующая способность значительно меньше (при­мерно на два порядка), а поглощающая, гораздо больше (по­глощается слоем алюминия толщиной примерно 2 мм), чем у альфа-частиц. Это поток электронов или позитронов. Коэффи­циент поглощения бета-излучения, которое сильно рассеивается в веществе, зависит не только от свойств вещества, но и от раз­меров и формы тела, на которое падает бета-излучение.

*Гамма-излучение* не отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает относительно слабой ионизирующей способ­ностью и очень большой проникающей способностью (напри­мер, проходит через слой свинца толщиной 5 см). При прохож­дении через кристаллическое вещество наблюдается дифракция гамма-излучения. Гамма-излучение — это коротковолновое элек­тромагнитное излучение с чрезвычайно малой длиной волны — меньше 10^-10 м. Многие радиоактивные процессы сопровожда­ются излучением гамма-квантов.

В начальный период исследования радиоактивного излуче­ния приходилось иметь дело с проникающим рентгеновским из­лучением, распространяющимся в воздухе. Поэтому в качестве количественной меры излучения многие годы применяли ре­зультат измерений ионизации воздуха вблизи рентгеновских трубок и аппаратов. Позднее пыла установлена *экспозиционная доза —* количественная характеристика ионизирующею излуче­ния. Единица экспозиционной дозы — *рентген* (Р), 1Р == 2'109 пар ионов в 1 см3 воздуха при атмосферном давлении. В прак­тической дозиметрии часто применяется *мощность экспозицион­ной дозы,* равная экспозиционной дозе в единицу времени.

Изучение последствий облучения живого организма привело к заключению, что радиобиологический 'эффект зависит не только от поглощенной дозы, т. е. энергии, переданной облученному веществу, но и от других факторов. При одной и той же погло­щенной дозе радиобиологический эффект тем выше, чем мощнее ионизация, создаваемая излучением. Для количественной оценки такого влияния вводится понятие *эквивалентной дозы.* Единица эквивалентной дозы — *зиверт* (Зв), названная в честь известного шведского радиобиолога Г.Р, Зиверта. Иногда используется другая единица эквивалентной дозы — *бэр* (13в =100бэр).

**Естественные источники радиоактивного излучения**

Основную часть облучения население Земли получает от естест­венных источников радиоактивного излучения. Большинство из них таковы, “по избежать облучения от них совершенно невоз­можно. На протяжении всей истории существования Земли раз­ные виды излучения падают на ее поверхность из космоса и по­ступают от радиоактивных веществ, находящихся в земной коре. Человек подвергается облучению двумя путями. Радиоактивные вещества могут находиться вне организма и облучать его снару­жи; в этом случае говорят о внешнем облучении. Или же они могут оказаться в воздухе, которым дышит человек, в пище или воде и попасть внутрь организма. Такой способ облучения на­зывают внутренним. Облучению от естественных источников радиации подвергается любой житель Земли, однако одни из них получают большие дозы, чем другие. Это зависит, в частно­сти, от того, где они живут. Уровень радиации в некоторых мес­тах земного шара, где залегают радиоактивные породы, оказывается значительно выше среднего, а в других местах - соответст­венно ниже.

Доза облучения зависит, кроме того, от условий жизни лю­дей. Применение некоторых строительных маршалов, исполь­зование газа для приготовления пищи, открытых угольных жаровень, герметизация помещений и даже полеты на самолетах — все эти сказывается на уровне облучения за счет естественных источников радиации. Земные источники радиации в сумме от­ветственны за большую часть облучения, которому подвергается человек за счет естественной радиации. В среднем они дают бо­лее 5/6 годовой эквивалентной дозы. получаемой населением в основном вследствие внутреннего облучения. Остальную часть вносят космические лучи, главным образом путем внешнего об­лучения. Рассмотрим вначале некоторые данные о внешнем облучении от источников космического происхождения.

Космические лучи. Естественный радиационный фон, созда­ваемый космическими лучами, дает чуть меньше половины внешнего облучения, получаемого населением от естественных источников радиации. Космические лучи в основном приходят к нам из глубин Вселенной, но некоторая их часть рождается на Солнце во время солнечных вспышек- Космические лучи могут достигать поверхности Земли или взаимодействовать с ее атмо­сферой, порождая вторичное излучение и приводя к образова­нию различных радионуклидов. Нет такого места на Земле, куда бы не падали невидимые космические лучи. Но одни участки земной поверхности более подвержены их действию, чем другие. Северный и Южный полюсы получают больше радиации, чем экваториальные области, из-за наличия у Земли магнитного но­ля, отклоняющего заряженные частицы, из которых в основном и состоят космические лучи.

Существеннее, однако, то, что уровень облучения растет с высотой, поскольку при этом над нами остается все меньше воздуха, играющего роль защитного экрана. Люди, живущие на уровне моря, получают в среднем из-за космических лучей эк­вивалентную дозу около 300 мкЗв/год; для людей же, живущих выше 2000м над уровнем моря, эта величина в несколько раз больше.

Еще более интенсивному, хотя и относительно непродолжи­тельному облучению, подвергаются экипажи и пассажиры само­летов. При подъеме с высоты 4000м (максимальная высота, на которой расположены поселения людей: деревни шерпов на склонах Эвереста) до 12 000м (максимальная высота полета трансконтинентальных авиалайнеров) уровень облучения за счет космических лучей возрастает примерно в 25 раз и продолжает расти при дальнейшем увеличении высоты до 20 000м (макси­мальная высота полета сверхзвуковых реактивных самолетов) и выше. При перелете из Нью-Йорка в Париж пассажир обычного турбореактивного самолета получает дозу около 50 мкЗв, а пас­сажир сверхзвукового самолета на 20% меньше, хотя подвергает­ся более интенсивному облучению. Это объясняется тем, что во втором случае перелет занимает гораздо меньше времени.

Земные радиоактивные источники излучения. Основные ра­диоактивные изотопы, встречающиеся в горных породах Земли — это калий-40, ру6идий-Я7 и изотопы двух радиоактивных се­мейств, берущих начало соответственно от урана-238 и тория-232 — долгоживущих изотопов, входящих в состав Земли с самого ее рождения. Разумеется, уровни земной радиации неодинаковы для разных мест земного шара и зависят от концентрации ра­дионуклидов в том или ином участке земной коры. В местах проживания основной массы населения они примерно одного порядка. Мощность эквивалентной дозы естественного радиоак­тивного фона на Земле составляет в среднем 1м3в/год, или око­ло 0,12мк3в/час. Для сравнения укажем, что просмотр одного хоккейного матча по телевизору дает дозу около 0,01мк3в.

Облучение в 5м3в за год (или 0,5—0,6 мкЗв/час) считается до­пустимым для населения (для персонала АЭС — в 10 раз больше), гак же, как и разовая доза 0,1—0,2 Зв при аварийном облучении.

При получении однократной дозы, начиная с 0,5 Зв, наблю­дается кратковременное изменение состава крови и нарушение работы желудочно-кишечного тракта. При дозе в 1 Зв и более развиваются симптомы лучевой болезни различной степени тя­жести- Доза в 4,5 38 является половинной летальной дозой, т. е. при ее получении погибает 50% облученных, а доза б Зв безус­ловно смертельна.

Согласно исследованиям, проведенным во Франции, ФРГ, Италии, Японии и США, примерно 95% населения этих стран живет в местах, где мощность дозы облучения в среднем состав­ляет от 0,3 до 0,6 мЗв/год. Некоторые П1уппы населения полу­чают значительно большие дозы облучения: около 3% получает в среднем 1 мЗв/год, а примерно 1,5% — более 1,4 мЗв/год.

Есть, однако, такие места, где уровни земной радиации на­много выше. Например, на небольшой возвышенности, расположенной в 200 км от Сан-Паулу в Бразилии, уровень радиации в ЯОО раз превосходна средний и достигает примерно 251 мЗв/год. По каким-то причинам возвышенность оказалась необитаемой. Лишь чуть меньшие уровни радиации были зарегистрированы на морском курорте Гуарапари с населением примерно 12000 человек, расположенном в 600км к востоку от этой возвышен­ности. Каждое лето Гуарапари становится местом отдыха при­мерно 30000 курортников. На отдельных участках его пляжей зарегистрирован уровень радиации 175 мЗв/год. Радиация на улицах города намного ниже — от 8 до 15 мЗв/год, ио все же значительно превышает средний уровень.

Сходная ситуация наблюдается в рыбацкой деревушке Меаипе, расположенной в 50 км к югу от Гуарапари. Оба населен­ных пункта стоят на песках, богатых торием.

В другой части земного шара на юго-западе Индии 70000 че­ловек живут на узкой прибрежной полосе длиной 55км, вдоль которой также тянутся пески, богатые торием. Исследования, охватившие 8513 человек из числа проживающих на этой терри­тории, показали, что данная группа лиц получает в среднем 3,8м3в/год на человека. Из них более 500 человек получают свыше 8,7м3в/год. Около шестидесяти человек получают годо­вую дозу, превышающую 17м3в/год, что существенно превыша­ет годовую дозу внешнего облучения от земных источников ра­диации.

Территории в Бразилии и Индии — наиболее хорошо изу­ченные “горячие точки” нашей планеты. Но в Иране, например в районе городка Рамсер, где бьют ключи, богатые радием, были зарегистрированы уровни радиации 400 мЗв/год. Известны и другие места на земном шаре с высоким уровнем радиации, на­пример во Франции, Нигерии, на Мадагаскаре.

Источники внутреннего облучения. В среднем примерно 2/3 эффективной эквивалентной дозы облучения, которую чело­век получает от естественных источников радиации, поступает от радиоактивных веществ, попавших в организм с пищей, во­дой и воздухом. Совсем небольшая часть этой дозы приходится на радиоактивные изотопы типа углерода-14 и трития, которые образуются под действием космических лучей- Все остальное поступает от источников земного происхождении. В среднем че­ловек получает около 180 мкЗв/год за счет калия-40, который усваивается организмом вместе с нерадиоактивными изотопами калия, необходимыми для жизнедеятельности организма.

Значительно большую дозу внутреннего облучения человек получает от нуклидов радиоактивного ряда урана-238 и в мень­шей степени — от радионуклидов ряда тория-232. Некоторые из них, например нуклиды свинца и полония, поступают в орга­низм с пищей. Они концентрируются в рыбе и моллюсках, по­этому люди. потребляющие мною рыбы и других даров моря. могут получить относительно высокие дозы облучения.

Десятки тысяч людей на Крайнем Севере питаются *а* основ­ном мясом северного оленя (карибу), в котором радиоактивные изотопы свинца я полония присутствуют в довольно высокой концентрации- Особенно велико содержание полония-210. Эти изотопы попадают в организм оленей зимой, когда они питают­ся лишайниками, в которых накапливаются оба изотопа. Дозы внутреннего облучения человека от полония-210 в этих случаях могут в 35 раз превышать средний уровень.

В другом земном полушарии люди, живущие в Западной Ав­стралии в местах с повышенной концентрацией урана, получают дозы облучения, в 75 раз превосходящие средний уровень, по­скольку едят мясо и требуху овец и кенгуру. Прежде чем по­пасть в организм человека, радиоактивные вещества, как и в рассмотренных выше случаях, проходят по сложным маршрутам в окружающей среде, и это приходится учитывать при оценке доз облучения, полученных от какого-либо источника.

Искусственные источники радиоактивного излучения. За по­следние несколько десятилетий человек создал сотни искусст­венных радионуклидов и научился использовать энергию атома в самых разных целях: в медицине, для создания атомного ору­жия, для производства энергии и обнаружения пожаров, для изготовления светящихся циферблатов часов и поиска полезных ископаемых. Все это приводит к увеличению дозы облучения Как отдельных людей, так и населения Земли в целом. Индиви­дуальные дозы, получаемые равными людьми от искусственных источников радиации, сильно различаются- В большинстве слу­чаев эти дозы весьма невелики, но иногда облучение за счет техногенных источников оказывается во много тысяч раз интен­сивнее, чем за счет естественных. Как правило, для техногенных источников радиации упомянутые различия выражены гораздо сильнее, чем для естественных. Кроме того, порождаемое им излучение обычно легче контролировать, хотя облучение, свя­занное с радиоактивными осадками от ядерных взрывов, почти так же невозможно контролировать, как и облучение, обуслов­ленное космическими лучами или земными источниками.

**Список литературы**

С. Х. Карпенков *Концепции современного естествознания*