

УДК 539.16

Ионизирующие излучения в нашей жизни



С. В. Семенов,
кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой естественнонаучных
и общетехнических дисциплин МИЭЭ, Москва

Ключевые слова: ионизирующие излучения, ядерные превращения, радионуклиды, дозиметрия.

Продолжение.
Начало см. в № 2, 2009 г.

Действие радиации на организм человека

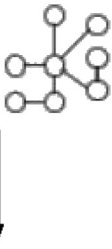
В зависимости от способа взаимодействия со средой различают непосредственно ионизирующие и косвенно ионизирующие излучения. Непосредственно ионизирующими являются излучения заряженных частиц (альфа-частицы, электроны, протоны и др.), имеющих кинетическую энергию, достаточную для

ионизации атомов и молекул среды (табл. 2). Косвенные ИИ (рентгеновское, γ -излучение, нейтронное излучение) сами ионизации не вызывают. При попадании в среду они взаимодействуют с атомным ядром или электронами его оболочки, передают им свою энергию и при этом могут создавать непосредственно ИИ и (или) вызывать ядерные превращения. Образовавшиеся вторичные электроны или другие заряженные частицы, а также так называемые ядра отдачи и производят ионизацию вещества среды. Остановимся на этом вопросе более подробно [6].

Таблица 2

Воздействие ионизирующего излучения на человека

Воздействие ионизирующего излучения на ткани человека	
	Заряженные частицы. Проникающие в ткани организма α- и β-частицы теряют энергию вследствие электрических взаимодействий с электронами тех атомов, близ которых они проходят. (γ-излучение и рентгеновские лучи передают свою энергию веществу несколькими способами, которые в конечном счете также приводят к электрическим взаимодействиям.)
	Электрические взаимодействия. За время порядка десяти триллионных секунды после того, как проникающее излучение достигнет соответствующего атома в ткани организма, от этого атома отрывается электрон. Последний заряжен отрицательно, поэтому остальная часть исходно нейтрального атома становится положительно заряженной. Этот процесс называется ионизацией. Оторвавшийся электрон может далее ионизировать другие атомы.

Воздействие ионизирующего излучения на ткани человека	
	Физико-химические изменения. И свободный электрон, и ионизированный атом обычно не могут долго пребывать в таком состоянии и в течение следующих десяти миллиардных долей секунды участвуют в сложной цепи реакций, в результате которых образуются новые молекулы, включая и такие чрезвычайно реакционноспособные, как «свободные радикалы».
	Химические изменения. В течение следующих миллионных долей секунды образовавшиеся свободные радикалы реагируют как друг с другом, так и с другими молекулами и через цепочку реакций, еще не изученных до конца, могут вызвать химическую модификацию важных в биологическом отношении молекул, необходимых для нормального функционирования клетки.
	Биологические эффекты. Биохимические изменения могут произойти как через несколько секунд, так и чрез десятилетия после облучения и явиться причиной немедленной гибели клеток или таких изменений в них, которые могут привести к раку.

Когда облучение превышает некоторый порог, возникает лучевая болезнь. Различают хроническую и острую (при однократном массивном воздействии) формы этой болезни. Острую лучевую болезнь по

тяжести подразделяют на четыре степени, начиная от дозы 1–2 Зв (100–200 бэр, 1-я степень) до дозы более 6 Зв (600 бэр, 4-я степень). Четвертая степень может закончиться летальным исходом (табл. 3).

Таблица 3

**Биологические нарушения при однократном (до 4-х суток)
облучении всего тела человека**

Доза облучения, (бэр)	Степень лучевой болезни	Начало проявления первичной реакции	Характер первичной реакции	Последствия облучения
До 25 25 – 50 50 – 100	Видимых нарушений нет. Возможны изменения в крови. Изменения в крови, трудоспособность нарушена			
100 – 200	Лёгкая (1)	Через 2–3 ч	Проявляется в виде несильной тошноты, слабости.	Выздоровление (относительное) наступает в 100 % случаев без госпитального лечения
200 – 400	Средняя (2)	Через 1–2 ч Длится 1 сутки	Проявляется в виде неоднократной рвоты, слабости, недомогания и незначительного повышения температуры тела. Скрытый период (период мнимого благополучия) длится 3–4 недели. Требуется госпитальное лечение.	Выздоровление у 100% пострадавших при условии своевременного лечения
400 – 600	Тяжёлая (3)	Через 20–40 мин	Проявляется в виде многократной рвоты, значительного недомогания, повышения температуры тела до 38 °С. Такое состояние продолжается до двух суток. Скрытый период длится 10–20 суток. С первых дней наблюдается поражение слизистой рта, гипермия тела — приток крови к различным частям тела и слабый ее отток, рвота, сильное расстройство желудка, эритема кожи.	Выздоровление у 50–80% пострадавших при условии спец. лечения

Окончание табл. 3

Доза облучения, (бэр)	Степень лучевой болезни	Начало проявления первичной реакции	Характер первичной реакции	Последствия облучения
Более 600	Крайне тяжёлая (4)	Через 20-30 мин	Проявляется со всеми признаками 3-й степени, но добавляется жидкий стул и температура тела повышается до 38–39 °С. Такое состояние длится 3–4 суток, затем наступает период мнимого благополучия, который длится 3–4 суток.	Выздоровление у 30–50% пострадавших при условии спец. лечения
600-1000	Переходная форма (исход непредсказуем)			
Более 1000	Встречается крайне редко (100%-ный смертельный исход)			
Выше 8000	Церебральная форма острой лучевой болезни. Смертельный исход при этом может произойти даже в ходе самого облучения или через несколько минут (или часов) после воздействия — так называемая «смерть под лучом».			

Дозы, получаемые в обычных условиях, ничтожны по сравнению с указанными. Мощность эквивалентной дозы, создаваемой естественным излучением, колеблется от 0,05 до 0,2 мкЗв/ч, т.е. в переводе на излучение (а именно об этом излучении чаще всего говорят в СМИ, сообщая радиационную обстановку) «нормальный» естественный фон составляет 5–20 мкР/ч. За год, таким образом, получаем от 0,44 до 1,75 мЗв/год (44–175 мбэр/год).

При медицинских диагностических процедурах – рентгеновских снимках и т.п. – человек получает еще примерно 1,4 мЗв/год.

Поскольку в кирпиче и бетоне в небольших дозах присутствуют радиоактивные элементы, доза возрастает еще на 1,5 мЗв/год. Наконец, из-за выбросов современных тепловых электростанций, работающих на угле, и при полетах на самолете человек получает до 4 мЗв/год. Итого существующий фон может достигать 10 мЗв/год, но в среднем не превышает 5 мЗв/год (0,5 бэр/год).

Такие дозы совершенно безвредны для человека. Для персонала, работающего с источниками ионизирующих излучений, установлена предельно допустимая доза 50 мЗв/год (5 бэр/год), т.е. 28 мкЗв/ч при 36-часовой рабочей неделе. Согласно гигиеническим нормативам НРБ-96 (1996 г.) допустимые уровни мощности дозы при внешнем облучении всего тела от техногенных источников для помещения постоянного пребывания лиц из персонала – 10 мкГр/ч, для жилых помещений и территории, где постоянно находятся лица из населения, – 0,1 мкГр/ч (0,1 мкЗв/ч; 10 мкР/ч; 0,01 мбэр/ч).

Природные источники дают суммарную годовую дозу примерно 200 мбэр (космос – до 30 мбэр, почва – до 38 мбэр, радиоактивные элементы в тканях человека – до 37 мбэр, газ радон – до 80 мбэр и другие источники).

Искусственные источники добавляют ежегодную эквивалентную дозу облучения примерно в 150–

200 мбэр (медицинские приборы и исследования – 100–150 мбэр, просмотр телевизора – 1–3 мбэр, ТЭЦ на угле – до 6 мбэр, последствия испытаний ядерного оружия – до 3 мбэр и другие источники).

Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) предельно допустимая (безопасная) эквивалентная доза облучения для жителя планеты определена в 35 бэр, при условии её равномерного накопления в течение 70 лет жизни.

В России на основе рекомендаций Международной комиссии по радиационной защите применяется метод защиты населения нормированием. Разработанные нормы радиационной безопасности учитывают три категории облучаемых лиц:

А – персонал, т.е. лица, постоянно или временно работающие с источниками ионизирующего излучения;

Б – ограниченная часть населения, т.е. лица, непосредственно не занятые на работе с источниками ионизирующих излучений, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могущие подвергаться воздействию ионизирующих излучений;

В – всё население.

Для категорий **А** и **Б**, с учётом радиочувствительности разных тканей и органов человека, разработаны предельно допустимые дозы облучения (табл. 4). Предельно допустимая доза – это наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которая при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Каждый житель Земли (категория **В**) на протяжении всей своей жизни ежегодно облучается дозой в среднем 250–400 мбэр. Полученная доза складывается из природных и искусственных источников ионизирующего излучения.

Таблица 4

Предельно допустимые дозы облучения для лиц, могущих подвергаться воздействию ионизирующих излучений

Дозовые пределы		
Группа и название критических органов человека	Предельно допустимая доза для категории А за год, бэр	Предел дозы для категории Б за год, бэр
I. Всё тело, красный костный мозг	5	0,5
II. Мышцы, щитовидная железа, печень, жировая ткань, лёгкие, селезёнка, хрусталик глаза, желудочно-кишечный тракт	15	1,5
III. Кожный покров, кисти, костная ткань, предплечья, стопы, лодыжки	30	3,0

В 1996 году был принят Федеральный закон «О радиационной безопасности» [7], в котором устанавливаются следующие допустимые пределы доз облучения на территории Российской Федерации в результате использования источников ионизирующего излучения:

- для населения средняя годовая эффективная доза равна 0,001 Зв (0,1 бэр) или эффективная доза за период жизни (70 лет) — 0,07 Зв (70 бэр); в отдельные годы допустимы большие значения эффективной дозы при условии, что средняя годовая эффективная доза, исчисленная за 5 последовательных лет, не превышает 0,001 Зв (0,1 бэр);

- для работников (атомная энергетика) средняя годовая эффективная доза равна 0,02 Зв (2 бэр) или эффективная доза за период трудовой деятельности (50 лет) — 1 Зв (1 бэр); допустимо облучение в годовой эффективной дозе до 0,05 Зв (5 бэр) при условии, что средняя годовая эффективная доза, исчисленная за 5 последовательных лет, не превысит 0,02 Зв (2 бэр).

Регламентируемые значения основных пределов доз облучения не включают в себя доз облучения, создаваемых естественным и техногенно измененным радиационным фоном, а также получаемых гражданами (пациентами) при проведении медицинских и рентгеновских процедур и лечения.

Указанные пределы доз облучения являются исходными при установлении допустимых уровней облучения организма человека и отдельных его органов (эти НРБ-99 стали применяться с 1.01.2000).

Кроме нормированных доз облучения существуют допустимые дозы, используемые в экстремальных ситуациях. Это такие дозы, которые не приводят к снижению работоспособности коллектива и используются в военное время, в условиях ликвидации последствий аварий на АЭС, ядерных реакторах и т. д. В этих случаях могут иметь место однократные (в течение 1–4 суток) и многократные дозы облучения. Однократная доза облучения составляет 50 бэр. Многократная доза облучения в течение 1–30 суток составляет 100 бэр, в течение 3-х месяцев — 200 бэр и в течение года — 300 бэр.

Дозы облучения, которые могут получить люди в экстремальных условиях, определяются руководством предприятия или правительством, если речь идет об авариях катастрофического характера. Основное правило, которым следует руководствоваться при установлении допустимой дозы облучения $D_{обл}$ или $D_{доп}$, состоит в том, что любая доза облучения и любой вид облучения вредны для человека.

При оценке суммарной дозы облучения учитывается способность организма человека выводить большую часть радиоактивных веществ (РВ), которые составляют 90 % общей дозы облучения — обратимая часть радиационного поражения или обратимая доза. Из обратимой дозы РВ половина радионуклидов выводится примерно через 28–30 суток, а остальные — примерно через 3 месяца со скоростью 2,5 % радионуклидов в сутки.

Хроническая лучевая болезнь (ХЛБ)

ХЛБ развивается в результате продолжительного облучения организма в малых дозах — мощности

дозы 0,1–0,5 бэр/сутки после накопления суммарных доз около 100 бэр [9]. Своеобразие ХЛБ состоит в том, что в активно размножающихся тканях благодаря интенсивным процессам клеточного обновления длительное время сохраняется возможность структурного восстановления целостности ткани. В то же время такие радиоустойчивые системы, как нервная, сердечно-сосудистая, эндокринная отвечают на хроническое лучевое воздействие сложным комплексом функциональных реакций.

Лейкоз. Одно из наиболее распространенных системных заболеваний крови. Как своеобразный злокачественный гиперпластически-опухолевый процесс лейкоз характеризуется:

- а) гиперплазией — патологическим, безудержным разрастанием кроветворной ткани;

- б) метаплазией — развитием патологических, не свойственных данному органу, очагов кроветворения как в самой кроветворной системе (костный мозг, селезенка, лимфатические узлы), так и вне ее (всюду, где имеется мезенхимная ткань);

- в) клеточной анаплазией — омоложением и утратой родоначальными кроветворными клетками способности к дифференцированию в зрелые кровяные элементы.

В настоящее время принято деление лейкозов на острые и хронические. Это деление основано, главным образом, на гематологических, морфологических признаках. Основной формой острого лейкоза является гемоцитобластоз, хронического — миелолейкоз хронический, лимфолейкоз хронический.

К острым лейкозам относятся те формы, при которых дифференциация кроветворных элементов обрывается в ранней стадии развития, в связи с чем создается картина «лейкемического зияния», т.е. отмечается наличие в крови недифференцированных клеток при отсутствии промежуточных форм развития белых клеток и незначительном содержании зрелых лейкоцитов. В связи с прекращением нормального кроветворения возникает тяжелая, быстро прогрессирующая анемия. Клинические варианты острого лейкоза: геморрагический, язвенно-некротический, анемический, типичный. При геморрагическом варианте болезнь характеризуется внезапным появлением кровоизлияний в кожу и слизистые оболочки и кровотечениями из носа, десен, желудочно-кишечного тракта, почек, матки. Язвенно-некротический вариант начинается с дифтерической ангины, принимающей в дальнейшем некротический характер с распространением некротического процесса за пределы миндалин на полость рта и глотки. Анемический вариант клинически протекает подостро с картиной быстроразвивающейся и стойкой анемии. Типичный вариант характеризуется наличием всех симптомов, свойственных острому лейкозу: анемии, некрозов, геморрагий, увеличением селезенки, печени и лимфатических узлов. В некоторых случаях острый лейкоз протекает с опухолевидными разрастаниями лимфатических узлов (сарколейкоз). В крови преобладают наименее дифференцированные клетки, количество лейкоцитов варьируется в больших пределах — от резкой лейкопении (малое количество лейкоцитов) до сотен тысяч лейкоцитов в 1 мл крови. В течение болезни различают продромальный, или начальный период,

продолжающийся 2-3 недели, иногда несколько месяцев; период выраженных явлений длительностью от нескольких недель до нескольких месяцев; конечный период, характеризующийся резким, иногда скачкообразным усилением всех симптомов с повышением температуры за счет самого лейкоемического процесса и сопутствующих некротических явлений, продолжительностью 1-2 недели, редко больше. В некоторых случаях, протекающих с лейкопенией, болезнь отличается подострым затяжным течением длительностью до 1-2 лет. Смерть наступает при явлениях резчайшей анемии и кровоточивости. У 15-20% больных непосредственной причиной смерти является кровоизлияние в мозг.

Лимфолейкоз – хроническое генерализованное заболевание, характеризующееся гиперпластически-опухолевыми разрастаниями лимфатической ткани преимущественно в кроветворной системе – лимфатических узлах, селезенке, печени, костном мозгу, а также в коже в виде характерных инфильтратов – лимфом. В начале болезни отмечается увеличение преимущественно какой-либо одной группы лимфатических узлов; в дальнейшем увеличение лимфатических узлов приобретает генерализованный характер. Лимфатические узлы мягкие, тестоватые, безболезненные, не спаяны с кожей, не изъязвляются. Количество лейкоцитов в периферической крови колеблется от нормальных цифр до сотен тысяч. В начальной стадии болезни содержание гемоглобина и количество эритроцитов приближаются к норме. В более поздних стадиях и при лимфатической метаплазии костного мозга развивается тяжелая «метапластическая» анемия. Колоссальное новообразование и распад лимфоцитов нередко сопровождаются лихорадкой и исхуданием. Наблюдаются осложнения в связи с давлением на другие органы – затруднение глотания при гиперплазии миндалин, непроходимость кишечника при лимфомах брюшной полости. Средняя продолжительность жизни больных хроническим лейкозом составляет от 3 до 5 лет. Исключение составляют те больные, у которых отсутствует лимфоидная метаплазия костного мозга; у них длительность жизни достигает 10-15 лет.

Морфологическим субстратом *хронического миелолейкоза* является гиперплазия костномозговых гранулоцитарных клеточных форм наряду с лейкоемической инфильтрацией миелоидными клетками селезенки, печени, лимфатических узлов и всей системы активной мезенхимы. В отличие от острого лейкоза дифференциация зрелых клеток крови – лейкоцитов, эритроцитов, тромбоцитов – в известной мере сохранена. Ранними симптомами болезни являются прогрессирующая общая слабость, утомляемость, чувство тяжести в левом подреберье, боли в костях. Затем наблюдается исхудание, повышение температуры, кровотечения из десен, носа. Нередко начальными симптомами болезни являются невралгии, вызываемые сдавлением нервных стволов лейкоемическими инфильтратами. Также наблюдается прогрессирующее увеличение селезенки. В связи с разрастанием лейкоемических элементов по ходу нервов и сосудов возникают болевые симптомы, кровоизлияния, тромбозы, инфаркты различных органов. Средняя продолжительность жизни больных

составляет 3-5 лет, но известны случаи продолжительного течения болезни – 10-15 лет.

Болезнь Ходжкина – системный гиперпластически-опухолевый процесс, выражающийся в разрастании лимфоретикулярных пролифератов в лимфатических узлах, селезенке и других органов. Встречаются участки некроза и рубцовой грануляционной ткани, развивающейся реактивно из ретикулярных клеток стромы лимфатических узлов, селезенки и других органов. В зависимости от локализации различают кожный лимфогранулематоз, принимающий характер грибовидных разрастаний; лимфогранулематоз лимфатических узлов – шейных, подмышечных, паховых, забрюшинных; лимфогранулематоз селезенки, костного мозга, костей, желудка, кишечника, легких. Увеличенные лимфатические узлы имеют плотную консистенцию, спаяны между собой в пакеты, неболезненны и малоподвижны. Селезенка и печень обычно увеличены, плотны. Весьма характерными симптомами являются кожный зуд, сильный пот и непродуктивный кашель, часто волнообразная, лихорадка, продолжающиеся в течение многих месяцев и даже нескольких лет. Картина крови характеризуется либо лейкопенией, либо увеличением числа лейкоцитов с соответствующим омоложением. Больные живут 10-15 лет и больше.

Рак щитовидной железы. Это наиболее часто встречающаяся злокачественная опухоль щитовидной железы. Развивается из узлового зоба и протекает без нарушения функции щитовидной железы. Ранние стадии ракового перерождения узла трудно поддаются диагностике, так как протекают бессимптомно. При дальнейшем росте опухоли узел становится плотным, малоподвижным вследствие прорастания в окружающие ткани. Пальпация опухоли вызывает болезненность. При сдавлении растущей опухолью органов шеи или прорастании в них развиваются расстройства дыхания, потеря голоса, отеки лица и шеи. Метастазирование рака щитовидной железы происходит в шейные лимфатические узлы, легкие, кости, печень, другие органы. При наличии опухоли, подозрительной на злокачественную, необходимо удаление всей соответствующей доли и перешейка щитовидной железы. При метастазах и неоперабельном раке щитовидной железы применяют лучевую терапию.

Защита от ионизирующих излучений

Радиационная безопасность — это совокупность способов защиты от радиоактивного излучения (радиации). Хотя радиацией (от лат. *radiatio* – излучение) является любое излучение, в быту под этим словом обычно понимают ионизирующее излучение.

Ниже предлагаются рекомендации общего характера по защите от ионизирующего излучения разного типа.

От α-лучей можно защититься путём:

- увеличения расстояния до источника ИИ, так как α-частицы имеют небольшой пробег (8-9 см в воздухе;
- использования спецодежды и спецобуви, так как проникающая способность α-частиц невысока;
- исключения попадания источников α-частиц с пищей, водой, воздухом и через слизистые оболочки,

т.е. применение противогазов, масок, резиновых перчаток, очков и т.п.

В качестве защиты от β -излучения используют:

– ограждения (экраны), с учётом того, что лист алюминия (плексигласа, стекла) толщиной несколько миллиметров полностью поглощает поток β -частиц;

– методы и способы, исключающие попадание источников β -излучения внутрь организма.

Защиту от рентгеновского излучения и гамма-излучения необходимо организовывать с учётом того, что эти виды излучения отличаются большой проникающей способностью. Наиболее эффективны следующие мероприятия (как правило, используемые в комплексе):

– увеличение расстояния до источника излучения;

– сокращение времени пребывания в опасной зоне;

– экранирование источника излучения материалами с большой плотностью (свинец, железо, бетон, вольфрам, сталь, чугун и др.);

– использование защитных сооружений (противорадиационных укрытий, подвалов и т.п.) для населения;

– использование индивидуальных средств защиты органов дыхания, кожных покровов и слизистых оболочек;

– дозиметрический контроль внешней среды и продуктов питания.

Радикация по самой своей природе вредна для жизни. Малые дозы облучения могут «запустить» не до конца еще изученную цепь событий, приводящих к раку или генетическим повреждениям. При больших дозах радиация может разрушать клетки, повреждать ткани органов и явиться причиной скорой гибели организма.

Следует учитывать также, что одни части тела (органы, ткани) более чувствительны к ИИ, чем другие (табл. 5). Например, при одинаковой эквивалентной дозе облучения возникновение рака в легких

более вероятно, чем в щитовидной железе, а облучение половых желез особенно опасно из-за риска генетических повреждений. Поэтому дозы облучения органов и тканей также следует учитывать с разными коэффициентами. Умножив эквивалентные дозы на соответствующие коэффициенты и просуммировав по всем органам и тканям, получим эффективную эквивалентную дозу или эффективную дозу.

В случае военных действий или аварийной ситуации на ядерном объекте следует использовать различного рода защитные сооружения. При этом следует учитывать, что мощность экспозиционной дозы ионизирующего излучения снижается в соответствии с величиной коэффициента ослабления ($K_{осл}$). Некоторые величины $K_{осл}$ приведены в табл. 6.

Для населения страны в случае объявления радиационной опасности существуют следующие рекомендации.

УКРЫТЬСЯ В ЖИЛЫХ ДОМАХ. Важно знать, что стены деревянного дома ослабляют ионизирующее излучение в 2 раза, а кирпичного – в 10 раз. Погреба и подвалы домов ослабляют дозу излучения от 7 до 100 и более раз (табл. 6).

ПРИНЯТЬ МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПРОНИКНОВЕНИЯ В КВАРТИРУ (ДОМ) РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ С ВОЗДУХОМ: закрыть форточки, уплотнить рамы и дверные проёмы.

СДЕЛАТЬ ЗАПАС ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ: набрать воду в закрытые ёмкости, подготовить простейшие средства санитарного назначения (например, мыльные растворы для обработки рук), перекрыть краны.

ПРОВЕСТИ ЭКСТРЕННУЮ ЙОДНУЮ ПРОФИЛАКТИКУ (как можно раньше, но только после специального оповещения!). Йодная профилактика заключается в приёме препаратов стабильного йода: йодистого калия или водно-спиртового раствора йода. При этом достигается 100%-ная степень защиты от накопления радиоактивного йода в щитовидной железе.

Таблица 5

Коэффициенты восприятия ИИ различными органами

Ткани и органы	Коэффициенты
Гонады (половые железы)	0,20
Костный мозг (красный)	0,12
Толстый кишечник (прямая, сигмовидная, нисходящая часть ободочной кишки)	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Грудная железа	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Клетки костных поверхностей	0,01
Остальное (надпочечники, головной мозг, верхний отдел толстого кишечника (слепая кишка, восходящая и поперечная часть ободочной кишки), тонкий кишечник, почки, мышечная ткань, поджелудочная железа, селезенка, вилочковая железа и матка)	0,05

Водно-спиртовой раствор йода следует принимать после еды 3 раза в день в течение 7 суток:

- детям до 2 лет – по 1-2 капли 5%-ной настойки на 100 мл молока или питательной смеси;
- детям старше 2 лет и взрослым – по 3-5 капель на стакан молока или воды.

Наносить на поверхность кистей рук настойку йода в виде сетки 1 раз в день в течение 7 суток.

Как готовиться к возможной эвакуации?

Подготовить документы и деньги, предметы, первой необходимости, упаковать лекарства, минимум белья и одежды. Собрать запас консервированных продуктов. Все вещи следует упаковать в полиэтиленовые мешки.

Постараться выполнить следующие правила:

- принимать консервированные продукты;
- не пить воду из открытых источников;
- избегать длительных передвижений по загрязненной территории, особенно по пыльной дороге или траве, не ходить в лес, не купаться;

Обезопасить себя и своих близких от этой опасности очень просто. При покупке молока, овощей, фруктов, зелени, да и любых других продуктов совсем не лишним будет включить дозиметр и поднести его к покупаемой продукции. Радиации не видно, но прибор мгновенно определит наличие радиоактивного загрязнения. Такова наша жизнь в третьем тысячелетии – дозиметр становится атрибутом повседневной жизни, как носовой платок, зубная щетка, мыло. Но для того, чтобы пользоваться дозиметром, необходимо иметь элементарные сведения о единицах измерения радиации. Повреждения, вызываемые большими дозами облучения, обыкновенно проявляются в течение нескольких часов или дней. Раковые заболевания, однако, проявляются спустя много лет после облучения, как правило, не ранее чем через одно-два десятилетия. А врожденные пороки развития и другие наследственные болезни, вызываемые повреждением генетического аппарата, по определению проявляются лишь в следующем или последующих поколениях: это дети, внуки и более отдаленные потомки индивидуума, подвергнувшегося облучению.

Таблица 6

Средние значения коэффициента ослабления дозы радиации

Наименование укрытий и транспортных средств или условия расположения (действия) войск (населения)	$K_{осл}$
Открытое расположение на местности	1
Заражённые траншеи, канавы, окопы, щели	3
Вновь отрытые траншеи, канавы, окопы, щели	20
Перекрытые траншеи, канавы, окопы и т.п.	50
ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА	
Железнодорожные платформы	1,5
Автомобили, автобусы и крытые вагоны	2
Пассажирские вагоны	3
Бронетранспортёры	4
Танки	10
ПРОМЫШЛЕННЫЕ И АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ЗДАНИЯ	
Производственные одноэтажные здания (цехи)	7
Производственные и административные трёхэтажные здания	6
ЖИЛЫЕ КАМЕННЫЕ ДОМА	
Одноэтажные (подвал)	10/40
Двухэтажные (подвал)	15/100
Трёхэтажные (подвал)	20/400
Пятиэтажные (подвал)	27/40
ЖИЛЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ ДОМА	
Одноэтажные (подвал)	2/7
Двухэтажные (подвал)	8/12
В СРЕДНЕМ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ	
Городского	8
Сельского	4

– входя в помещение с улицы, снимать обувь и верхнюю одежду.

В случае передвижения по открытой местности используйте подручные средства защиты: органов дыхания – прикрыть рот и нос смоченными водой марлевой повязкой, носовым платком, полотенцем или любой частью одежды; кожи и волосяного покрова – прикрыть любыми предметами одежды, головными уборами, косынками, накидками, перчатками.

Методы измерения ионизирующих излучений

Несколько слов о регистрации и дозиметрии ионизирующего излучения. Существуют различные методы регистрации и дозиметрии. Всего их более двух десятков. Назовем наиболее распространенные: *ионизационный метод* (связанный с прохождением ионизирующего излучения в газах), *полупроводниковый* (в котором газ заменен твердым телом), *сцинтиляцион-*

ный, люминесцентный, фотографический. Эти методы положены в основу работы дозиметров.

Ионизационный метод. Ионизационный метод дозиметрии основан на измерении ионизации в газе, заполняющем регистрирующий прибор. Ионизация газа вызывается электронами, освобождающимися под воздействием γ - или рентгеновского излучения. В камере находятся два измерительных электрода, на которые подано напряжение. Образовавшиеся ионы достигают электродов, и возникает ток, который регистрируется прибором. Чем больше энергия излучения, тем больше ионов оно создает и тем больший ток создается на электродах. В зависимости от величины тока судят об энергии ионизирующего излучения.

Среди газонаполненных датчиков ионизирующего излучения можно отметить ионизационные камеры, камеры деления, пропорциональные счетчики и счетчики Гейгера-Мюллера. Последние относительно просты, наиболее дешевы, не критичны к условиям работы, что и обусловило их широкое применение в профессиональной дозиметрической аппаратуре, предназначенной для обнаружения и оценки β - и γ -излучения.

Когда датчиком служит счетчик Гейгера-Мюллера, любая вызывающая ионизацию частица, попадающая в чувствительный объем счетчика, становится причиной самостоятельного разряда. Именно попадающая в чувствительный объем! Поэтому не регистрируются α -частицы, так как они туда не могут проникнуть. Даже при регистрации β -частиц необходимо приблизить детектор к объекту, чтобы убедиться в отсутствии излучения, так как в воздухе энергия этих частиц может быть ослаблена, они могут не преодолеть корпус прибора, не попадут в чувствительный элемент и не будут обнаружены.

В приборах КВАРТЕКС РД8901 (QUARTEX RD8901) и РАДЭКС РД1503 (RADEX RD1503) фирма «КВАРТА – РАД» применяет счетчики Гейгера-Мюллера СБМ-20, используемые в профессиональных дозиметрах. В единицах мкР/ч оценивается мощность дозы с помощью детектора-индикатора радиоактивности КВАРТЕКС РД8901 (QUARTEX RD8901). Более современный РАДЭКС РД1503 (RADEX RD1503) позволяет выбирать единицы измерения, устанавливать уровень излучения для включения звуковой сигнализации и регулировать её громкость. Оба этих прибора служат для оценки мощности дозы

гамма-излучения и β -частиц. Для определения концентрации радона путём регистрации α -частиц в воздухе помещений фирма «КВАРТА – РАД» производит прибор КВАРТЕКС РД5400 (QUARTEX RD5400). Эти приборы своевременно предупредят о невидимой опасности, охраняя ваше здоровье.

Фотографический метод. Фотоэмульсия представляет собой совокупность мелких кристаллов бромистого серебра, взвешенных в слое желатина. Прохождение ионизирующего излучения через фотоэмульсию делает затронутые им кристаллы способными к проявлению. Метод фотодозиметрии ионизирующего излучения основан на том, что степень почернения дозиметрической фотопленки после облучения пропорциональна дозе излучения, прошедшего через эмульсию. Сравнивая почернение пленки, которую носит человек, с контрольной, находят дозу излучения, воздействовавшего на человека.

Сцинтилляционный метод. Сцинтилляционный метод дозиметрии рентгеновского и γ -излучений основан на регистрации вспышек света, возникающих в сцинтилляторе под действием излучения. Сцинтиллятор – это специальное вещество (кристалл, пластмасса или даже газ), преобразующее энергию излучения в световые вспышки. Вспышки регистрируются фотоэлектронным умножителем, на выходе которого появляется ток. Этот ток измеряется, и по нему судят об излучении.

Люминесцентный метод. Некоторые люминесцирующие вещества могут накапливать часть энергии попадающего на них излучения, а затем после дополнительного воздействия, например нагрева, выдавать ее в виде свечения. Это свечение измеряется специальным прибором, и по интенсивности света оценивают дозу ионизирующего излучения, прошедшего через данное вещество.

Средства измерения ионизирующих излучений

Промышленностью выпускаются дозиметрические приборы, способные регистрировать как радиоактивность (радиометры и спектрометры), так и дозу (дозиметры) и мощность дозы (рентгенметр) [8]. Большинство приборов объединяют в себе сразу две функции, например радиометр + рентгенметр или дозиметр + рентгенметр.

1. Радиометр. Прибор, предназначенный для измерения радиометрических физических величин – плотности потока частиц или фотонов, объемной, удельной активности радионуклидов в аэрозолях, газах, жидкостях. Результат измерений показан в кюри или его производных мКи, мкКи.

2. Спектрометр. Прибор, предназначенный для измерения энергии частиц или фотонов, испускаемых радиоактивными веществами.

3. Измеритель дозы. Прибор, предназначенный для измерения дозы: экспозиционной, поглощенной в воздухе, воде, ткани; эквивалентной, амбиентной, направленной, индивидуальной в воздухе.

4. Измеритель мощности дозы. Прибор, предназначенный для измерения мощности дозы.

5. Дозиметр. Прибор, объединяющий функции измерителя дозы и мощности дозы.

6. Дозиметр индивидуальный. Измеритель дозы или дозиметр, носимый на туловище или на конечности тела человека, предназначенный для измерения индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$, $H_p(3)$, $H_p(0,07)$, получаемой человеком.

7. Монитор ионизирующего излучения. Средство измерений, предназначенное для контроля изменения радиационных параметров окружающей среды и техногенных источников излучений.

8. Индикатор ионизирующего излучения. Устройство, не являющееся средством измерения, отображающее изменение какого-либо радиационного параметра контролируемого технического процесса или объекта посредством светового или звукового сигнала или аналоговой индикации в форме, удобной для непосредственного восприятия человеком.

Электромагнитные излучения и ПК

Видеодисплеи персональных компьютеров (ВДПК) используют в процессе повседневной деятельности миллионы служащих во всем мире. Компьютеризация в нашей стране принимает широкий размах, и многие сотни тысяч людей проводят большую часть рабочего дня перед экраном дисплея. Наряду с признанием несомненной пользы применение компьютерной техники вызывает у пользователей ПК беспокойство за свое здоровье. Имеются статистические данные, согласно которым лица, работающие с ЭВМ, более беспокойны, подозрительны, чаще избегают общения, а также недоверчивы, раздражительны, склонны к повышенной самооценке, высокомерны, фиксируют внимание на неудачах.

Дисплеи персональных компьютеров, выполненные на электронно-лучевых трубках (ЭЛТ), являются потенциальными источниками *мягкого рентгеновского, ультрафиолетового (УФ), инфракрасного (ИК), видимого, радиочастотного, сверх- и низкочастотного ЭМИ*. Сотрудники Центра электромагнитной безопасности провели независимое исследование ряда компьютеров, наиболее распространенных на нашем рынке, и установили, что «уровень электромагнитных полей в зоне размещения пользователя превышает биологически опасный уровень».

Недооценка особенностей работы с дисплеями, помимо снижения надежности и эффективности работы с ними, приводит к существенным проблемам со здоровьем. Рекомендуется, например, чтобы экран дисплея находился от глаз пользователя на расстоянии не ближе, чем 50–70 см.

Режимы труда и отдыха при работе с ПЭВМ зависят от категории трудовой деятельности. Все работы с ПЭВМ делятся на три категории.

1. Эпизодическое считывание и ввод информации не более 2 часов за 8-часовую рабочую смену.
2. Считывание информации или творческая работа не более 4 часов за 8-часовую смену.
3. Считывание информации или творческая работа более 4 часов за 8-часовую смену.

Продолжительность непрерывной работы с ПЭВМ не должна превышать 2 часов. Если в помещении эксплуатируется более одного компьютера, то следует учесть, что на пользователя одного компьютера могут воздействовать излучения от других ПЭВМ, в первую очередь со стороны боковых, а также и задней стенки монитора. Учитывая, что от излучения со стороны экрана монитора можно защититься применением специальных фильтров, необходимо, чтобы пользователь размещался от боковых и задних стенок других дисплеев на расстоянии не менее 1 метра. На мониторы рекомендуется устанавливать защитные фильтры класса полной защиты (Total shield), которые обеспечивают практически полную защиту от вредных воздействий монитора в электромагнитном спектре и позволяют уменьшить блик от электронно-лучевой трубки, а также повысить читаемость символов. Западная промышленность уже реагирует на повышающийся спрос к бытовым приборам и персональным компьютерам, чье излучение не угрожает жизни и здоровью людей, рискнувших облегчить себе жизнь с их помощью.

Так в США многие фирмы выпускают безопасные приборы, начиная от утюгов с бифилярной намоткой и кончая неизлучаемыми компьютерами. В нашей стране существует Центр электромагнитной безопасности, где разрабатываются всевозможные средства защиты от электромагнитных излучений: специальная защитная одежда, ткани и прочие защитные материалы, которые могут обезопасить любой прибор. Но до внедрения подобных разработок в широкое и повседневное их использование пока далеко. Так что каждый пользователь должен позаботиться о средствах своей индивидуальной защиты сам, и чем скорее, тем лучше.

Последствия регулярной работы с компьютером без применения защитных средств:

- заболевания органов зрения (60% пользователей);
- болезни сердечно-сосудистой системы (60%);
- заболевания желудочно-кишечного тракта (40%);
- кожные заболевания (10%);
- различные опухоли.

Особенно опасно электромагнитное излучение компьютера для детей и беременных женщин. Установлено, что у беременных женщин, работающих на компьютерах с дисплеями на электронно-лучевых трубках, с 90 %-ной вероятностью в 1,5 раза чаще случаются выкидыши и в 2,5 раза чаще появляются на свет дети с врожденными пороками.

Крупнейшими источниками электромагнитных излучений являются радио- и телевизионные средства связи и обработки информации, радиолокационные и навигационные средства, лазерные системы, воздушные линии электропередач. Серьезного внимания заслуживают вопросы гигиенической оценки уровней ЭМИ, которым подвергаются лица, работающие в зоне действия излучений, но не связанные с обслуживанием радиотехнических устройств. По данным американского Агенства по охране окружающей среды, около 1% человеческой популяции подвергаются воздействию ЭМИ интенсивностью более 1 мкВт/см². При этом наибольшие значения интенсивности были зафиксированы в высотных зданиях, особенно на уровнях, соответствующих уровням размещения антенных систем.

Самые опасные поля – это поля СВЧ-диапазона. Сантиметровые и миллиметровые волны действуют на кожу. А дециметровые, проникая на глубину 10–15 см, уже напрямую бьют по внутренним органам. К сожалению, вредное воздействие ЭМИ связано не только с источниками широкомасштабного излучения. Известно, что магнитное поле возникает вокруг любого предмета, работающего на электрическом поле. А это практически любой прибор, сопровождающий нас в быту (даже электрические часы). Как утверждают сотрудники НПО «Взлет», «замеры напряженности магнитных полей от бытовых электроприборов показали, что их кратковременное воздействие может оказаться даже более сильным, чем долговременное пребывание человека рядом с линией электропередач. Если отечественные нормы допустимых значений напряженности магнитного поля для населения от воздействия ЛЭП составляют

1000 мГс, то бытовые электроприборы существенно превосходят эту величину» (табл. 7).

Таблица 7
Уровень индукции магнитного поля на различных расстояниях от прибора до человека, мГс (1 Гс (гаусс) равен 10^{-4} Тл (тесла))

Прибор	3 см	30 см	10 см
Фен	60–20000	1–70	0,1–3
Электробритва	150–15000	1–90	0,4–3
Телевизор	25–560	0,4–20	0,1–2

Таким образом, эти данные объясняют тот факт, что отдельные мужчины отказываются пользоваться электрическими бритвами, ссылаясь на головные боли. Подобные жалобы можно

услышать и от женщин, регулярно использующих фен для укладки волос. Исследователи США и Швеции установили факт возникновения опухолей у де-тей при воздействии на них магнитных полей частоты 60 Гц и напряженностью 2–3 мГс в течение нескольких дней или даже часов. Такие поля излучаются телевизором, персональной ЭВМ. Немалые неприятности происходят и с автомобильным транспортом. Большое значение проблема совместимости приобрела с быстрым развитием автотранспорта. Уже сегодня электромагнитное поле на 18–32 % территории городов формируется в результате автомобильного движения. Электромагнитные волны, возникающие при движении транспорта, создают помехи теле- и радиоприему, а также могут оказывать вредное воздействие на организм человека. Некоторые допустимые уровни ЭМП приведены в табл. 8.

Таблица 8
Предельно допустимые уровни ЭМП при круглосуточном непрерывном излучении

Метрическое подразделение диапазона	Длины волн	Частоты	Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля Е, В/м, или плотность потока энергии ЭМП, Вт/с ²
Километровые волны	10–1 км	Низкие частоты 30–330 кГц	25 В/м
Гектометровые волны	1–0,1 км	Средние частоты 0,3–3 МГц	15 В/м
Декаметровые волны	100–10 м	Высокие частоты 3–30 МГц	10 В/м
Метровые волны	10–1 м	Очень высокие частоты 30–300 МГц	3 В/м
Дециметровые волны	1–0,1 м	Ультравысокие волны 300–3000 МГц	0,1 Вт/м ² или 10 мкВт/см ²
Сантиметровые волны	10–1 см	Сверхвысокие частоты 3–30 ГГц	0,1 Вт/м ² или 10 мкВт/см ²

Литература

1. Трофимова Т. И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2004.
2. Козлов В. Ф. Справочник по радиационной безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
3. Моисеев А. А., Иванов В. И. Краткий справочник по радиационной защите и дозиметрии. – М.: Атомиздат, 1964.
4. Радиация. Дозы, эффекты, риск/ Пер. с англ. Ю. А. Банникова. – М.: Мир, 1988.
5. Патологическая физиология. / Под ред. А. Д. Адо и Л. М. Ишимовой. – М.: Медицина, 1980.
6. Небесполезные знания [Электронный ресурс]. Д-р ф-м.наук, профессор МИФИ Н. М. Гаврилов / Адрес в сети Интернет: <http://ecoflash.narod.ru/57.htm>.
7. Федеральный закон Российской Федерации «О радиационной безопасности населения» [Электронный ресурс] / Адрес в сети Интернет: http://www.scanmet.ru/normativ/fz/FZ_RB.html.
8. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. РМГ – 78-2005. Государственная система обеспечения единства измерений. Излучения ионизирующие и их измерения. Термины и определения [Электронный ресурс] / Адрес в сети Интернет: http://www.complexdoc.ru/ntdtext/543545#_Toc161733391
9. Краткая медицинская энциклопедия. – М.: СЭ. 2-е изд.