ОЗЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

*Кафедра ХиХТ*

РЕФЕРАТ

по курсу «Экологический мониторинг»

Тема: «Малые дозы ионизирующего излучения

и их воздействие на организм человека»

Студенты: Чибичик П.А.

Харлов Н.В.

Группа: 1 МЭК 46Д

Преподаватель: Кононов Н.А.

г. Озерск

2000

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ………………………………………………………………………… 3

**Глава 1.** **Статистический анализ влияния инкорпорированных радионуклидов на иммунный статус у профессионалов ……………………….. 17**

**Глава 2.** **Клинические аспекты действия малых доз ионизирующего излучения на человека …………………………………………………………. 21**

Глава 3. Воздействие различных видов излучения малых мощностей на человека ………………………………………………………………………... 26

Глава 4. Течение и исходы беременности у женщин, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС ……………………………… 31

Приложение …………………………………………………………………… 38

Литература …………………………………………………………………….. 42

ВВЕДЕНИЕ

Явление радиоактивности было открыто около ста лет назад Пьером Кюри и Марией Склодовской-Кюри. Именно это открытие положило начало бурному развитию новых направлений в химии и физике, которые, в свою очередь, стали фундаментом для создания атомно-промышленного комплекса.

Первые предприятия атомной промышленности были направлены на создание атомной бомбы, что и было впервые сделано в США. В боевых целях ядерное оружие было применено 6 и 9 августа 1945 года, когда американцами были взорваны две атомные бомбы над японскими городами Хиросима и Нагасаки. Первым предприятием атомной промышленности, созданным в СССР, стало производственное объединение «Маяк», предназначенное для получения делящихся ядерных материалов. Первые предприятия ядерного комплекса формировались в условиях «гонки вооружения», к тому же эффекты воздействия радиации на организм человека и окружающую среду были мало изучены, что и привело к необдуманному сбросу отходов, крупномасштабному загрязнению окружающей среды и росту числа заболеваний у работников атомной промышленности и населения, проживающего в зоне радиоактивного загрязнения, вследствие неверного нормирования доз облучения.

В настоящее время атомно-промышленный комплекс представляет собой разветвленную сеть предприятий с различными целями и задачами. В него входят предприятия военно-промышленного комплекса, АЭС, научно-исследовательские центры и институты.

За последние десятилетия произошла переоценка эффектов влияния атомной радиации на человека и окружающую среду. Был введен запрет на испытания и распространение ядерного оружия, а также подписано несколько договоров о сокращении ядерного вооружения. 29 июля 1957 года была учреждена МАГАТЭ – автономная межправительственная организация по вопросам мирного использования ядерной энергии. Целью ее создания стал контроль за деятельностью стран с развитой атомной промышленностью в соответствии с целями и принципами ООН, направленными на укрепление мира и поощрение международного сотрудничества. Международные организации, работающие в сфере изучения влияния радиации на человека и ОС, периодически пересматривали степень ее опасности в сторону повышения. С 30-ых годов этот уровень возрос в тысячу раз. Международная комиссия радиационной защиты официально признала концепцию беспорогового действия радиации на здоровье человека.

В настоящее время существует 2 мнения относительно дальнейшего развития атомной промышленности:

1. Атом – безусловное благо. Наиболее приоритетным путем развития энергетики является создание большого числа АЭС. На здоровье человека влияют исключительно большие дозы; атом настолько полезен, что следует облучать даже продукты питания для более длительного хранения.
2. Атом не может быть благом для человечества из-за неисключенной вероятности атомно-техногенных глобальных катастроф, его пагубного влияния на ОС и здоровье человека, вплоть до смертельного исхода.

#### Ионизирующее излучение и радиоактивность

*Ионизирующее излучение* – поток заряженных или нейтральных частиц и квантов электромагнитного излучения, прохождение которых через вещество приводит к ионизации и возбуждению атомов или молекул среды.

Все ионизирующие излучения по своей природе делятся на фотонные и корпускулярные. К фотонному ионизирующему излучению относятся гамма-излучение, возникающее при изменении энергетического состояния атомных ядер или аннигиляции частиц, тормозное излучение, возникающее при уменьшении кинетической энергии заряженных частиц, характеристическое излучение с дискретным энергетическим спектром, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома и рентгеновское излучение, состоящее из тормозного и/или характеристического излучений. К корпускулярному ионизирующему излучению относят альфа-излучение, электронное, протонное, нейтронное и мезонное излучения. Корпускулярное излучение, состоящее из потока заряженных частиц (альфа-, бета-частиц, протонов, электронов), кинетическая энергия которых достаточна для ионизации атомов при столкновении, относится к классу непосредственно ионизирующего излучения. Нейтроны и другие элементарные частицы непосредственно не производят ионизацию, но в процессе взаимодействия со средой высвобождают заряженные частицы (электроны, протоны), способные ионизировать атомы и молекулы среды, через которую проходят. Соответственно, корпускулярное излучение, состоящее из потока незаряженных частиц, называют косвенно ионизирующим излучением.

Источником ионизирующего излучения называют объект, содержащий радиоактивный материал, или техническое устройство, испускающее или способное (при определенных условиях) испускать ионизирующее излучение.

**Классификация источников излучения.** Современные ядерно-технические установки обычно представляют собой сложные источники излучений. Например, источниками излучений действующего ядерного реактора, кроме активной зоны, являются система охлаждения, конструкционные материалы, оборудование и др. Поле излучения таких реальных сложных источников обычно представляется как суперпозиция полей излучения отдельных, более элементарных источников.

Любой источник излучения характеризуется:

1. Видом излучения – основное внимание уделяется наиболее часто встречающимся на практике источникам γ-излучения, нейтронов, α-, β+-, β--частиц.
2. Геометрией источника (формой и размерами) – геометрически источники могут быть точечными и протяженными. Протяженные источники представляют суперпозицию точечных источников и могут быть линейными, поверхностными или объемными с ограниченными, полубесконечными или бесконечными размерами. Физически точечным можно считать такой источник, максимальные размеры которого много меньше расстояния до точки детектирования и длины свободного пробега в материале источника (ослаблением излучения в источнике можно пренебречь). Поверхностные источники имеют толщину много меньшую, чем расстояние до точки детектирования и длина свободного пробега в материале источника. В объемном источнике излучатели распределены в трехмерной области пространства.
3. Мощностью и ее распределением по источнику – источники излучения наиболее часто распределяются по протяженному излучателю равномерно, экспоненциально, линейно или по косинусоидальному закону.
4. Энергетическим составом – энергетический спектр источников может быть моноэнергетическим (испускаются частицы одной фиксированной энергии), дискретным (испускаются моноэнергетические частицы нескольких энергий) или непрерывным (испускаются частицы разных энергий в пределах некоторого энергетического диапазона).
5. Угловым распределением излучения – среди многообразия угловых распределений излучений источников для решения большинства практических задач достаточно рассматривать следующие: изотропное, косинусоидальное, мононаправленное. Иногда встречаются угловые распределения, которые можно записать в виде комбинаций изотропных и косинусоидальных угловых распределений излучений.

(На практике источники встречаются в неограниченном многообразии указанных характеристик.)

Гамма-лучи, альфа- и бета-частицы обладают различной проникающей способностью. Пробег альфа-частицы в воздухе не превышает нескольких сантиметров; бета-частицы могут пройти в воздухе несколько метров, а гамма-кванты – десятки, сотни метров. При внешнем облучении человека альфа-частицы полностью задерживаются поверхностным слоем кожи; бета-частицы не могут проникнуть в глубь человеческого организма больше, чем на несколько миллиметров; гамма-кванты способны вызвать облучение всего тела.

Под *радиоактивностью* понимается самопроизвольное превращение неустойчивого нуклида в другой нуклид, сопровождающееся испусканием ионизирующего излучения.

Количество радиоактивного вещества измеряется единицами массы и активностью, которая равна числу ядерных превращений (распадов) в единицу времени. Единицей активности в СИ служит распад в секунду: 1Бк=1расп/с. Наиболее употребительной внесистемной международной единицей является кюри: 1Ки=3,7 1010 Бк, что соответствует активности 1г радия.

Также применяются:

1. Доли кюри: 1милликюри=0,001кюри;

1микрокюри=0,000001кюри.

1. Резерфорд: 1резерфорд – такое количество радиоактивного вещества, в котором происходит 106 распадов в 1с.
2. Рентген: 1рентген – такое количество гамма-излучения (или рентгеновского излучения), которое вызывает образование 2,082 109 пар ионов в 1см3 воздуха (условия нормальные), или то количество излучения, которое вызывает выделение энергии 0,109эрг/см3 воздуха.

#### Доза: понятие, виды, единицы измерения

Влияние ионизирующего излучения на вещество характеризуется поглощенной дозой – количеством энергии, переданным единице массы вещества. В системе СИ единицей поглощенной дозы служит грей (Гр) – доза, при которой 1кг вещества передается энергия 1Дж. Иногда используют внесистемную единицу – рад: 1рад=100эрг/г=10-2Гр. Поглощенная доза ионизирующего излучения является основной физической величиной, определяющей степень радиационного воздействия, т.е. мерой ожидаемых последствий облучения объектов живой и неживой природы. Поглощенная доза характеризует не само излучение, а его воздействие на среду.

Однако, для изучения влияния радиации на живые организмы этих единиц недостаточно, поскольку такое влияние зависит не только от плотности поглощенной энергии, но и от ее распределения в пространстве, точнее – от энергии, переданной частицами на единице длины их пробега. Для альфа-частиц, например, она в 20 раз выше, чем для гамма-квантов, и поэтому, при одинаковой поглощенной дозе облучение этими частицами примерно в 20 раз опаснее гамма-облучения. Чтобы учесть это, вводится понятие эквивалентной дозы, равной произведению поглощенной дозы на коэффициент качества k, который характеризует действие данного вида радиации на живые организмы. Коэффициент качества показывает, во сколько раз ожидаемый биологический эффект больше, чем для излучения с ЛПЭ=3,5кэВ на 1мкм пути в воде. (ЛПЭ (линейная передача энергии) вдоль пути пробега ионизирующей частицы характеризует потерю энергии заряженных частиц на единицу пути вследствие ионизации и возбуждения.) Единица эквивалентной дозы в системе СИ – зиверт (Зв). Внесистемная единица: бэр – биологический эквивалент рентгена; 1Зв=100бэр.

Характерные значения дозы облучения:

**1,0мбэр** – одна тысячная доля бэр;

**2,5бэр** – доза космического облучения пассажира гражданского самолета, которую он получает за время перелета в одну сторону от Москвы до Новосибирска;

**10мбэр** – одно медицинское обследование грудной клетки с использованием современного флюорографического оборудования;

**10—40мбэр** – средняя доза, полученная среднестатистическим жителем, проживающем в зоне влияния ПО «Маяк» от всех факторов внешнего и внутреннего техногенного облучения за 1995 год.

**30мбэр** – среднегодовая доза облучения, обусловленная космическим излучением на равнинной части территории России;

**60-80мбэр** – среднегодовая доза облучения, обусловленная космическим излучением для людей, живущих в горной местности;

**80мбэр** – средняя годовая доза для граждан США от искусственных источников радиоактивного излучения;

**160мбэр** – средняя годовая доза, получаемая экипажами гражданских самолетов от космического излучения;

**300мбэр** – средняя годовая доза населения от всех источников естественного радиоактивного облучения;

**500мбэр** – предельно допустимая годовая доза облучения для ограниченной части населения;

**5000мбэр** – предельно допустимая годовая доза облучения для персонала работников атомной промышленности.

**Естественная радиоактивность**

Биосфера Земли постоянно подвергается действию ионизирующего излучения, в том числе космического, альфа-, бета- и гамма-излучения многочисленных радионуклидов, рассеянных в земных породах, воде подземных источников, рек, морей и океанов, в воздухе, а также входящих в состав живых организмов. Совокупность этих видов ионизирующего излучения получила название природного или естественного радиоактивного фона.

**Космическое излучение**

Космическое излучение (космические лучи) было открыто в 1912г. австрийским физиком В. Гессом, установившим, что ионизация воздуха на большой высоте превышает таковую на уровне моря. Он предположил, что причиной этого являются лучи внеземного происхождения. Космическое излучение представляет собой поток элементарных частиц очень высокой энергии (1010-1020эВ и выше), попадающих на Землю из мирового пространства. В атмосфере Земли эти частицы (первичное космическое излучение – ПКИ), взаимодействуя с ядрами ее атомов, в столкновениях с ними теряют свою большую энергию, и порождают новую группу элементарных частиц, также обладающих высокой энергией и скоростью (вторичное космическое излучение - ВКИ).

ПКИ в основном состоит из быстрых протонов, альфа-частиц и небольшого количества ядер углерода, азота, кислорода и более тяжелых ядер. За пределами земной атмосферы в его состав входят также электроны, нейтроны, и, возможно, гамма-лучи. Значительная часть этих частиц задерживается атмосферой и не достигает земной поверхности. Высокоэнергетичные частицы ПКИ, проникая в верхние слои атмосферы, воздействуют на ядра атомов составляющих ее элементов, вызывая ядерные реакции с образованием таких радионуклидов как тритий, бериллий-7,10, натрий –22,23. При этих реакциях возникают высокоэнергетичные протоны, пионы и каоны, в свою очередь вызывающие ядерные реакции. Нейтроны, теряя свою энергию, частично захватываются атомами азота воздуха, образуя радиоактивный изотоп углерод-14. Потоки этих частиц образуют так называемые космические ливни, составляющие вторичное космическое излучение, проникающее уже в нижние слои атмосферы и облучающее биосферу.

ВКИ состоит из «мягкой» (позитроны, фотоны) и «жесткой» (μ-мезоны) компонент. Мощность ВКИ у земной поверхности неравномерна: чем выше она расположена над уровнем моря, тем меньше слой экранирующей атмосферы и, соответственно, выше мощность ВКИ. Это явление получило название барометрического эффекта.

**Космогенные радионуклиды**

Небольшой вклад в облучение биосферы вносят космогенные радионуклиды – тритий, углерод-14, бериллий-7 и натрий-22. Тритий превращается в тритированную воду, с осадками выпадает на земную поверхность и участвует в круговороте воды. Концентрация трития в тканях живых организмов – в среднем 0,4Бк/кг. Углерод-14 окисляется и через фотосинтез вместе с обычным углекислым газом вовлекается в биотический круговорот. Средняя концентрация углерода-14 в тканях растений и животных составляет 27Бк/кг. Бериллий-7 поступает с дождевой водой в растения, с зелеными овощами – в организм животных и человека в количестве 50Бк/год.

**Земная радиация**

Основные радиоактивные изотопы, встречающиеся в горных породах, -калий-40, рубидий-87 и члены двух радиоактивных семейств берут начало соответственно от урана-238 и тория-232 – долгоживущих изотопов, входящих в состав Земли с момента ее возникновения.

Калий-40 (1,3 млн. лет) – долгоживущий радионуклид; усваивается любым организмом без изменения изотопного состава. Его средняя концентрация в различных органах и тканях человека 20-120Бк/кг. Как правило, он является основным естественным бета - излучателем, содержащимся в теле любого представителя флоры и фауны.

Рубидий-87 (61 млрд. лет) – радионуклид с мягким бета - излучением (с энергией 0,275МэВ); распространен в окружающей среде в микроколичествах.

Торий-232 (14 млрд. лет) является альфа – излучателем (с энергией 3,95-4,05МэВ), однако в зонах его распространения естественный радиоактивный фон повышается за счет электронов (с энергией 0,2 – 2,6 МэВ), испускаемых дочерними продуктами распада.

*Радиобиология* – комплексная научная дисциплина, изучающая действие ионизирующего излучения на биологические системы разных уровней организации. Объектами радиобиологических исследований являются макромолекулы, вирусы, простейшие, клеточные, тканевые и органные культуры, многоклеточные растительные и животные организмы, человек.

#### Радиочувствительность

Известно, что дозы излучения, приводящие к заболеванию или смерти различных организмов, различны. Т.е. можно сказать, что каждому биологическому виду свойственна своя мера чувствительности к действию ионизирующей радиации, своя радиочувствительность. Примером крайне низкой радиочувствительности служат бактерии, обнаруженные в канале ядерного реактора. В этих условиях бактерии не только не погибали, но и размножались.

В качестве интегрального критерия радиочувствительности наиболее часто используют величину ЛД50 (летальная доза) – доза, облучение в которой вызывает 50%-ную гибель биообъектов. Величины ЛД50 в природе различаются довольно значительно даже в пределах одного вида. Кроме того, даже в одном организме различные ткани и клетки значительно различаются по радиочувствительности, и наряду с чувствительными (костный мозг, лимфоидная ткань, эпителий слизистой тонкого кишечника) имеются относительно устойчивые ткани (мышечная, нервная, костная). Величина радиочувствительности подчиняется следующему закону: *чувствительность клеток к излучению прямо зависит от их способности к размножению в данный момент времени*.

Ядро клетки более радиочувствительно по сравнению с цитоплазмой. Прямые доказательства этого факта были получены в опытах с прицельным облучением ядра. Оказалось, что попадание уже одной α-частицы в ядро оплодотворенного яйца насекомого вызывает гибель зародыша, тогда как при прохождении частиц через цитоплазму для достижения такого же эффекта необходимо 15млн α-частиц. В опытах на амебах с помощью микрохирургического метода было показано, что пересадка ядер клеток, облученных в дозе 15000рад, в необлученные клетки вызывает такой же эффект (5%-ю выживаемость). Если же облучению подвергали цитоплазму даже в дозе 25000рад, после чего в нее трансплантировали необлученное ядро, то эффекта не наблюдалось: все 100% амеб делились и давали жизнеспособное потомство.

Внутриядерной структурой, ответственной за жизнеспособность клетки, является ДНК. Известно, что ДНК, уложенная в ядрах, представляет собой вещество наследственности, в ее цепях записана огромная по объему генетическая информация. Облучение вызывает различные повреждения ДНК и ее комплексов. К их числу относятся разрывы молекул ДНК, сшивки ДНК-ДНК, ДНК-белок, потеря оснований, изменение состава оснований. Разрывы цепей ДНК являются основной причиной гибели делящихся клеток. В клетке существует система репарации наследственного материала, которая исправляет часть разрывов ДНК, удаляет измененные участки генетического текста, однако не всегда полностью «излечивает молекулу ДНК».

Критерием для изучения зависимости доза – эффект служит выживаемость клетки или организма. Зависимость выживания клеток описывается следующим уравнением:



*N* – число выживших клеток, *D* – любая доза облучения, *D0* – доза, при которой доля живых клеток уменьшается в *е* раз. Т.о. можно сделать вывод, что с увеличением дозы излучения увеличивается не только (и не столько) степень поражения всех облученных клеток, сколько доля пораженных, т.е. погибших клеток.

#### Генетический аспект облучения

Мутации – внезапные естественные или вызванные искусственно наследуемые изменения генетического материала, приводящие к изменению тех или иных признаков организма.

Классификация мутаций:

Условно мутации делят на *спонтанные*, возникающие под влиянием природных факторов внешней среды или в результате биохимических изменений в самом организме, и *индуцированные*, возникающие под влиянием специального воздействия мутагенных факторов, например, ионизирующего излучения химических веществ, в том числе и лекарственных препаратов, пищевых консервантов, пестицидов и т.п. Мутации могут быть *прямыми*, если их проявление приводит к отклонению от признаков так называемого дикого типа (наиболее распространенного в природе) и *обратными* (реверсии), если они приводят к восстановлению дикого типа. Мутации в половых клетках – генеративные – передаются следующим поколениям; мутации в любых других клетках организма – соматические – наследуются только дочерними клетками, образовавшимися путем митоза, т.е. оказывают воздействие лишь на тот организм, в котором возникли. Ядерные мутации затрагивают хромосомы ядра, цитоплазматические – генетический материал, заключенный в цитоплазматических органоидах клетки – митохондриях, пластидах. В зависимости от характера изменений в генетическом материале различают точечные мутации, геномные мутации и хромосомные аберрации (перестройки). Точечные мутации (относящиеся к определенному генному участку) представляют собой результат изменения последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК, являющейся носителем генетической информации.

Точечные мутации связаны с добавлением (дупликации, вставки), выпадением (делеции) или перестановкой (инверсии) оснований в ДНК. Хромосомные аберрации являются более крупными изменениями структуры хромосом, часто видимыми в световой микроскоп. Геномные мутации связаны с изменением числа хромосом в клетке, кратным одинарному набору хромосом, а также увеличением или уменьшением числа отдельных хромосом.

#### Наиболее характерные виды поражений организма

**при радиационном облучении**

Радиоактивные вещества могут воздействовать на организм человека внешне и внутренне. Внешнее облучение характеризуется воздействием ионизирующего излучения извне и обусловлено различной проникающей способностью частиц. Внутреннее облучение связано с попаданием радиоактивного вещества внутрь человеческого организма с пищей (пероральный путь поступления), с вдыхаемым воздухом (ингаляционный путь) или через открытую рану (непосредственно в кровь).

Воздействие радиоактивного излучения на организм человека зависит от многих факторов и определяется:

1. Скоростью радиоактивного распада радионуклида;
2. Скоростью выведения РВ из организма;
3. Типом радиоактивного излучения;
4. Особенностями накопления РВ в тех или иных внутренних органах человека.

Острые последствия проявляются в первые несколько дней (недель) после облучения. Отдаленные последствия – последствия, которые развиваются не сразу после облучения, а спустя некоторое время.

### Острая лучевая болезнь (ОЛБ)

Острая лучевая болезнь возникает после тотального однократного внешнего равномерного облучения. Между величиной поглощенной дозы в организме и средней продолжительностью жизни существует строгая зависимость.

Было обнаружено, что зависимость времени наступления гибели самых разнообразных объектов от дозы носит ступенчатый характер. Соответствующая кривая для человека, описывающая зависимость средней продолжительности жизни от дозы излучения, состоит из 3-х участков. Начальный участок охватывает диапазон доз от 200 до 800рад, когда средняя продолжительность жизни не превышает 40 суток. На первый план при этих дозах выступает нарушение кроветворения. При дозах до 3000рад (продолжительность жизни около 8 суток) ведущим становится поражение кишечника, а при еще больших дозах (продолжительность жизни 2 суток и менее) смерть наступает от повреждения центральной нервной системы.

Категории:

1. Если доза облучения основной массы тела достигает 500-1000рад и более, то выживание невозможно, несмотря на медицинский уход и терапию (в Чернобыле - 19 погиб./1 жив.).
2. При дозах 200-500рад выживание возможно, но необходимо своевременное и квалифицированное лечение (в Чернобыле - 7погиб./14 жив.).
3. При дозах 100-200рад выживание вполне вероятно без специального решение, т.к. поражение не столь сильное, чтобы вызвать существенное угнетение костного мозга (в Чернобыле – 1 погиб./31 жив.).
4. При дозах менее 100рад выживание несомненно, а клиническая симптоматика не требует медицинского вмешательства (40 чел. в Чернобыле).

Дробление дозы снижает эффект облучения.

В таблице 1 Приложения показана зависимость степени тяжести ОЛБ от дозы облучения в Гр.

**Таблица 1.** Степень тяжести ОЛБ от дозы облучения.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Формы** | **Доза, Гр** | **Степень тяжести** | **Фаза** | | | | | | | |
| Первичная реакция | | | латентная | Разгар болезни | | Раннее восстановление (до 2-3 месяцев) | |
| Число заболевших, % | Время проявления (после облучения) | длительность | | | |  | |
| Степень восстановления | Число выздоровевших, % |
| Костно-мозговая | 1-2 | легкая | 30 | 2-3ч | <1сут | 4-5 недель | | 5-7 недель | полное | Как правило, 100% (без лечения) |
| 2-4 | средняя | 70-80 | 1-2ч | 1 сут | 3-4 недель | | 4-5 недель | частичное | Возможно 100% (при лечении) |
| 4-6 | тяжелая | 100 | 20-40 мин | 2 сут | 1,5-3 недель | | 2-4 недель | слабое | Возможно 50-80 % (при специальном лечении) |
| 6-10 | переходная | 100 | 10-30 мин | 3 сут | Выражена слабо | | 8-12 сут | - | Возможно 30-50 % (при раннем специальном лечении) |
| Кишечная | 10-50 | Крайне тяжелая | 100 | 10-20 мин | Быстрый переход в фазу разгара болезни | | | 7-10 сут | Абсолютно летальный исход | |
| Сосудистая | 50-100 | 100 | 10 мин | 4-7 сут |
| Нервно-церебральная | >100 | 100 | Менее 10 мин | 1-3 сут |

**Хроническая лучевая болезнь (ХЛБ)**

ХЛБ развивается в результате продолжительного облучения организма в малых дозах – мощности дозы 0,1-0,5рад/сутки после накопления суммарных доз около 100рад. 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 лучевой 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[[1]](#footnote-1) 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 быстро развивающейся 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 1мл крови. В течении 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 лейкемического 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 изъявляются. 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 лейкемической 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 лейкемическими инфильтратами. Также наблюдается прогрессирующее увеличение селезенки. В связи с разрастанием лейкемических 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, не болезненны и малоподвижны. Селезенка и печень обычно увеличены, плотны. Весьма характерными симптомами являются кожный зуд, сильный пот и неправильная, 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[[2]](#footnote-2) 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 сдавливании 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.

#### Средства индивидуальной защиты от ионизирующего излучения

Защита от ионизирующего излучения основывается на четырех принципах: количество, время, расстояние, экранирование.

Защита количеством обеспечивается минимальным использованием радиоактивных веществ и других источников ионизирующего излучения. Этот принцип имеет ограниченное применение из-за жестких требований большинства технологических процессов.

Защита временем обуславливается теми же закономерностями. Максимально сократив продолжительность работы с источником ионизирующего излучения, можно значительно уменьшить получаемую дозу.

Защита расстоянием основывается на том, что доза ионизирующего излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния до источника излучения.

Большое значение, особенно при использовании закрытых источников излучения, имеет экранирование, в том числе с применением средств индивидуальной защиты (просвинцованные фартуки, перчатки, щитки и др.) [10, 13, 26].

**ГЛАВА 1**

**Статистический анализ влияния инкорпорированных радионуклидов на иммунный статус у профессионалов**

Исследование влияния малых доз радиоактивного излучения на здоровье человека продолжает оставаться актуальной задачей вследствие расширения площадей территорий загрязненных радионуклидами [15] . Увеличение количества лиц подвергающихся воздействию малых доз радиации вследствие техногенных факторов требуют исследования зависимостей типа "доза - эффект" в первую очередь именно на таком контингенте [20, 21]. При больших разовых дозах достаточно быстро возникают непосредственные, нестохастические эффекты облучения: острая лучевая болезнь, нарушения кроветворения и т.д. [9,17, 23]. С увеличением дозы возрастает и степень проявления этих нарушений. Эффекты же обусловленные влиянием малых доз проявляются в отдаленные после облучения сроки. Такие эффекты принято называть стохастическими, вероятностными [11]. Стохастическая связь "доза - эффект" означает: чем больше доза облучения, тем больше вероятность или риск появления данного эффекта у облученного человека. Уровень изученности подобных стохастических эффектов значительно ниже по ряду причин. Во-первых, стохастические эффекты проявляют себя не сразу после облучения, а спустя длительный период. Кроме того, сами эффекты проявляются на фоне многочисленных других причин, мешающее действие которых необходимо элиминировать. Наконец сам вероятностный характер последствий излучений в малых дозах требует достаточно грамотного применения аппарата теории вероятностей и математической статистики.

Достаточно большой контингент подверженных хроническому воздействию малых доз в дополнение к этому подвергается и инкорпорированию радионуклидами. К такой категории в первую очередь относится персонал ядерных объектов и население территорий загрязненных радионуклидами. В работе [18] показано, что у работников производственного объединения "Маяк" даже малая степень инкорпорированного плутония вызывает достоверные изменения состояния лимфоцитов крови. Был выполнен статистический анализ влияния уровня инкорпорирования радионуклидов на иммунный статус у работников Сибирского химического комбината (г.Северск). Анализ данных проводился с использованием статистических пакетов SAS 6.04, STATISTICA 5.0 и SPSS 6.0. Выборка состояла из 219 лиц мужского пола и 109 лиц женского пола в возрасте от 23 до 62 лет. Средний возраст и стаж составляли соответственно 45 и 21 год. Уровень инкорпорирования радионуклидов отдельным работником выражался показанием счетчика излучения человека (СИЧ) в нанокюри. Иммунный статус работника был представлен 17 основными иммунологическим показателями, в частности, такими как содержание лейкоцитов, лимфоцитов, фагоцитов, Т-лимфоцитов, Т-хелперов, Т-супрессоров, а также содержание иммуноглобулинов М, G и А и ряд других показателей. Учитывали также такие клинические показатели, как аутоиммунный синдром, инфекционный синдром, аллергический синдром, кожно-аллергические проявления, микозы, вегетососудистая дистония, суставной синдром и ряд других хронических заболеваний. Общая доля пропущенных наблюдений составила не более 0,0005 . В исследовании использовались следующие методы статистического анализа: дисперсионный, корреляционный, регрессионный, кластерный, дискриминантный и факторный, а также анализ таблиц сопряженности. Уровень доверительной вероятности был задан равным 95% , т.о. нулевые гипотезы отвергались в том случае, когда достигнутый уровень значимости Р используемого статистического критерия принимал значения менее 5% .

Исследуемая выборка группировалась по следующим показателям:

- по уровню инкорпорирования радионуклидов: 0-32 нКи; 32-60 нКи; 60 и более нКи;

- стажевые группы: до 5 лет; 5-10 лет; 10-20 лет; 20 и более лет;

- возрастные группы: до 40 лет; 40-50 лет; 50 и более лет;

- синдромальные группы: нет синдромов; 1-2 синдрома; 3 и более синдрома.

Сравнение мужской и женской групп работников показало достоверное различие по уровню инкорпорирования радионуклидов. Среднее значение показаний СИЧ составляло в мужской группе работников 26 нКи против 6,8 нКи в женской группе. Можно предположить, что такие различия были обусловлены профессиональными различиями этих групп.

Ранее большинство авторов исследований считали, что малые дозы радиации могут провоцировать в основном раковые заболевания и заболевания крови. Однако работы последних лет показали, что последствия малых доз излучения и инкорпорирования радионуклидов имеют более сложные клинические проявления. Так в работе [18] отмечается: "Статистически значимое увеличение числа хромосомных аберраций в лимфоцитах обнаружено уже у тех работников, в чьем организме плутоний-239, по данным естественной экскрекции, не был обнаружен (уровень чувствительности метода). С нарастанием количества депонированного радионуклида отмечено увеличение количества аберраций хромосомного типа как стабильных, как и нестабильных, включая дицентрики". В свою очередь ряд авторов высказывает гипотезу о том, что генетические последствия малых доз облучения на клеточном уровне могут в дальнейшем приводить к разнообразным заболеваниям. В работе [14] делается вывод о том, что "Длительный экологический прессинг на популяцию неизбежно приводит к деформации и области нормы в пространстве параметров, при этом малые воздействия (дозы) не всегда означают слабый эффект. ... Радиация (и другие факторы среды обитания) комплексно воздействуют на живую систему, что требует комплексного (системного) анализа результатов воздействия. ... Через обратные связи осуществляется опосредованное влияние натрадиционно "нерадиационные" заболевания". В этой же статье автор приводит данные анализа динамики заболеваемости на загрязненных радионуклидами территориях Тульской области, которые подтверждают его точку зрения. Сравнение двух выборок из женской группы работников в возрастной группе более 50 лет, показало, что у лиц страдающих остеохондрозом, средний уровень активности излучения по СИЧ статистически значимо выше, чем в группе без остеохондроза: 19,17 против 5,6 нКи. В работе [22] экспериментально было показано, что при попадании плутония внутрь организма животных " ... наибольшие дозы обнаруживаются в бедре и позвонках, и значительно меньше - в мягких тканях". Это видимо и служит объяснением того факта, почему достоверные различия уровня показаний СИЧ были обнаружены и для больных остеохондрозом. Аналогичные статистически значимые различия наблюдались в женской группе и для таких синдромов, как вегето-сосудистая дистония (во всех трех возрастных подгруппах) и кожно-аллергические проявления. Для мужчин наблюдались статистически значимые различия средних показаний СИЧ при сравнении групп больных и здоровых. Так для возрастной группы 41-50 лет у мужчин с аутоиммунным синдромом средний уровень показаний СИЧ составлял 46,46 нКи против 22,8 нКи у здоровых (Р=0,003). У мужчин с возрастом более 50 лет средний уровень показаний СИЧ был равен 133 нКи для группы с аутоиммунным синдромом и 19 нКи у здоровых (Р=0,0003). Подобные же статистически значимые различия наблюдались у мужчин для следующих синдромов: длительная субфебрильная температура, остеохондроз, кожно-аллергические проявления и инфекционный синдром. Аналогичные достоверные различия наблюдались не только в отдельных возрастных подгруппах, но и в отдельных стажевых подгруппах. Однако наиболее сильно влияние уровня инкорпорирования радионуклидов на состояние здоровья работников проявилось при сравнении групп с разным количеством синдромов. Так для группы с 1-2 синдромами среднее значение показаний СИЧ составляло 15,4 нКи. Для группы с 3-4 синдромами - уже 30,8 нКи. А для группы с 5 и более синдромами среднее значение показаний СИЧ достигало уже 108,7 нКи (Р = 0,0001 при сравнении всех трех групп). Подобная же динамика была характерна и для отдельных половых подгрупп. Отмечено, что для мужской группы достоверные различия активности излучения по СИЧ для различных синдромов наблюдались примерно в три раза чаще, нежели для женской группы. Такое различие объясняется тем, что для мужской группы средний уровень показаний СИЧ также достоверно выше, чем для женской: 26 нКи против 6,8 нКи.

Поведены исследования по взаимосвязи между наличием ряда синдромов и таким показателем, как скорость, интенсивность инкорпорирования радионуклидов. Данный показатель представлял собой отношение показаний СИЧ к стажу работника. Такое построение этого показателя опиралось на наличие положительной корреляции между стажем и уровнем показаний СИЧ, что позволяет говорить о доминирующей роли производственной деятельности в процессе инкорпорирования радионуклидов. Для ряда синдромов наблюдались статистически значимые различия не только показаний СИЧ, но и интенсивности инкорпорирования. Так в мужской подгруппе у лиц, страдающих инфекционным синдромом среднее значение такой интенсивности равно 1,5 нКи/год стажа, а для здоровых лиц - 0,8 нКи/год стажа (Р=0,002). Подобное же различие и для аутоиммунного синдрома: есть синдром - среднее значение равно 3,0 нКи/год стажа; нет синдрома - среднее значение равно 0,9 нКи/год стажа. У мужчин с длительной субфебрильной температурой среднее значение такой интенсивности равно 6,8 нКи/год стажа против 1,0 нКи/год стажа (Р=0,0001). Сравнение мужских групп с разным количеством синдромов обнаруживает следующие статистически значимые различия в интенсивности инкорпорирования радионуклидов: нет синдромов - 0,87; 1-2 синдрома - 0,92; 3 и более синдромов - 1,84 нКи/год стажа. Для женских подгрупп обнаруживается аналогичная динамика: 0,53; 0,57 и 1,55 нКи/год стажа.

На наличие достаточно определенной взаимосвязи между уровнем инкорпорирования радионуклидов и системой иммунитета указывают и результаты кластерного и дискриминантного анализов. Так с помощью кластерного анализа, в котором были использованы только иммунологические показатели, были выявлены три кластера. Эти три группы работников статистически значимо отличались по средним значениям иммунологических показателей. До начала кластерного анализа все показатели были предварительно стандартизованы к нулевому среднему и единичной дисперсии. Такое нормирование исключало эффект размерности разных по масштабу иммунологических показателей. Качество кластеризации проверяли с помощью дискриминантного анализа. Процедура переклассификации с помощью полученных дискриминантных функций показала следующие результаты. В первый кластер были отнесены на основании значений иммунологических показателей все 100% наблюдений, во второй кластер - 71% и в третий кластер также все 100% наблюдений. Такие результаты говорят о достаточно высокой локализованности первого и третьего кластеров. Для идентификации взаимосвязи выделенных кластеров и уровня инкорпорирования радионуклидов нами был выполнен анализ таблиц сопряженности. Для признаков "Группа по активности СИЧ" и "Номер кластера" этот анализ показал наличие достоверной связи при достигнутом уровне значимости равном 0,003.

Приведенные результаты статистического анализа позволяют положительно оценить предложения о целесообразности сплошного СИЧ-обследования жителей территорий загрязненных радионуклидами.

**Выводы**

1. Установлено статистически значимое увеличение средних значений активности излучения по СИЧ у групп работников СХК страдающих рядом синдромов, по сравнению с лицами, у которых данные синдромы отсутствуют.

2. Увеличение количества синдромов сопровождается статистически значимым увеличением средних значений активности излучения по СИЧ.

3. Для ряда синдромов наблюдается значимая взаимосвязь не только с активностью излучения по СИЧ, но и с отношением показаний СИЧ к стажу работы.

1. Наблюдаются статистически значимые корреляции между характеристиками иммунитета и активностью излучения по СИЧ.

**ГЛАВА 2**

**Клинические аспекты действия малых доз ионизирующего излучения на человека**

Нарушение здоровья тесно связано с ростом числа общесоматических заболеваний. Пусть здоровье – это состояние организма, которое можно охарактеризовать соответствующими уровнями физических и умственных способностей, а также возможностями приспособления к меняющимся условиям работы и жизни. В этом случае в понятие «нарушение здоровья» входит снижение функциональных способностей организма. Для оценки нарушения здоровья, а вместе с этим и для прогноза роста заболеваний, применяют критерии изменения гематологических, биохимических и морфологических параметров организма, которые имеют количественные лабораторные оценки, и эти изменения могут быть результатом неблагоприятного воздействия факторов на различные физиологические системы.

Рассмотрим клинические проявления, которые возникают у практически здорового человека при действии малых доз ионизирующего излучения на примере медицинских и дозиметрических исследований заболеваемости ликвидаторов аварии на ЧАЭС по данным Российского государственного медико-дозиметрического регистра.

**Таблица 2.** Показатели заболеваемости на 100 тыс. человек в 1993 году по основным классам болезней среди ликвидаторов различных дозовых групп и населения России в целом

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| <TBODY>**Класс болезней** | **Население России** | **Ликвидаторы** | | |
| **0 - 5 сГр** | **5 - 20 сГр** | **Более 20 сГр** |
| Болезни эндокринной системы | 327 | 5170 | 6120\* | 6075\* |
| Болезни крови и кроветворных органов | 94 | 213 | 354\* | 450\* |
| Психические расстройства | 599 | 5178 | 5490 | 5472 |
| Болезни органов кровообращения | 1472 | 5287 | 6090\* | 6648\*\* |
| Болезни органов пищеварения | 2535 | 9106 | 9743 | 9515 </TBODY> |

Примечания:  
\* - показатели, достоверно отличающиеся от соответствующих показателей в дозовой группе 0 - 5 сГр;  
\*\* - те же различия с дозовой группой 5 - 20 сГр.

В таблице представлены показатели заболеваемости на 100 тыс. человек в 1993 г. по основным классам болезней среди ликвидаторов различных дозовых групп и населения России в целом. Из данных таблицы видно, что показатели заболеваемости среди ликвидаторов превышают таковые для населения России. Рост заболеваемости (сумма заболеваний по классам болезней) по группам ликвидаторов составляет соответственно 20; 22,8 и 23,2 %. Эффективная доза Dэф рассчитывалась из предположения, что ликвидаторы на ЧАЭС подвергались равномерному облучению в течение трех - шести месяцев. Мы считаем, что столь высокий рост заболеваний объясняется тем, что уровень, полнота и качество диспансеризации ликвидаторов значительно отличаются от общероссийской практики. Поэтому группу, получившую дозу 0 - 5 сГр (Dэф ≤ 2 сГр), мы принимаем в качестве контрольной группы сравнения. Из данных таблицы следует, что во второй и третьей группе имеет место достоверный рост заболеваний примерно на 3 %. Этим группам с дозой облучения 20 - 35 сГр Dэф соответствует 7 - 11 сГр, то есть у части лиц она несколько превышала условный порог (Dэф=8 сГр). Нарушение здоровья есть нестохастический эффект. При достижении пороговой дозы он выявляется у части лиц (до 5 %). На этом основании мы принимаем Dэф=8 сГр за порог нарушения здоровья.  
  Имеющиеся в литературе клинические данные об изменениях в основных регуляторных системах организма при действии ионизирующего излучения в дозах, не вызывающих острую или хроническую лучевую болезнь, указывают на то, что функциональные изменения деятельности основных физиологических систем чаще всего носят полисиндромный характер. Это проявляется в первичных функциональных отклонениях на уровне многих физиологических систем организма, развитию донозологических состояний, переходящих с ростом дозы к клинической патологии. Как показывает анализ заболеваемости ликвидаторов аварии на ЧАЭС, при дозах более 5 сГр через четыре года имеет место достоверный рост заболеваний по следующим классам болезней: болезни нервной системы, психические расстройства, болезни крови и кроветворных органов, болезни органов пищеварения. По другим классам болезней различия в показателях заболеваемости не выявлены.  
  Рассмотрим данные о состоянии различных систем организма у лиц, подвергшихся облучению в малых дозах, и на этой основе попытаемся установить, к каким клиническим последствиям приводит облучение в установленных выше диапазонах дозы.  
  В структуре неврологической заболеваемости особое место занимает синдром вегетативной дистонии. Стойкие и выраженные нарушений вегетативной регуляции выявлены при дозе внешнего облучения выше 25 - 50 сГр. Психологические и психосоциальные скрининговые исследования больших контингентов пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС выявили универсальную реакцию в виде повышения тревожности как устойчивой личностной черты, характерной для состояния стресса со всеми его тремя компонентами: соматическим, эмоционально-волевым, поведенческим. При этом отмечается ускорение перехода психофизиологических расстройств в стойкие психосоматические у 30 % обследованных. Анализ клинических данных обследованных лиц с установленными дозовыми нагрузками показывает, что при облучении в диапазоне дозы от 5 - 15 сГр до 25 - 50 сГр психофизиологические и психологические изменения можно рассматривать как функциональный или рефлекторный ответ нервной системы в виде неспецифической ориентировочной реакции при восприятии облучения как раздражителя. При больших дозовых нагрузках (от 60 до 100 - 200 сГр) физиологическая реакция трансформируется в реакцию повреждения. Наблюдаемую реакцию нервной системы на ионизирующее излучение можно оценить как дизрегуляторный синдром, который в свою очередь модифицирует клиническое течение ранее существовавшей патологии, способствует более торпидному ее течению и снижает в ряде случае эффективность терапии.  
  Гематологический мониторинг показывает, что признаки функциональной дезорганизации в системе гомеостаза и морфофункциональных свойств клеток крови выявляются при воздействии ионизирующего излучения в дозе порядка 5 - 30 сГр. Такого рода изменения по отношению к контрольной группе находятся в пределах физиологических колебаний и нормализуются в течение шести месяцев. При исследовании периферической крови лиц, работавших в 30 км зоне ЧАЭС, в 11 % случаев выявлена преходящая и стойкая лейкопения при поглощенной дозе порядка 36 - 72 сГр. Изучение состояния здоровья этих лиц позволяет выделить их в группу риска развития гематологических заболеваний. Изучение особенностей течения острой лучевой болезни пострадавших с относительно равномерным облучением показало, что при дозе около 1 Гр постлучевая динамика клеток крови выражена минимально. Острая лучевая болезнь (ОЛБ) первой степени тяжести (доза облучения 1 - 2 Гр) характеризовалась только клинико-лабораторными находками и умеренными астеническими последствиями. Однако необходимо отметить, что при ретроспективном анализе гематологических показателей (по факту волнообразного снижения нейтрофилов и тромбоцитов) выявлена группа пострадавших с зарегистрированной дозой 50 - 75 сГр. Однако избыточная заболеваемость болезнями крови и кроветворных органов у профессионалов - ликвидаторов аварии на ЧАЭС не была выявлена.  
  Результаты многолетнего изучения иммунитета у населения Южного Урала, подвергшегося облучению в дозе 10 - 85 сГр (средние значения), указывают на изменения в иммунной системе. Через два - четыре года наблюдалось угнетение фагоцитарной активности нейтрофилов крови, снижение содержания лизоцима в слюне, незначительное нарушение продукции антител. Через пять-шесть лет изменения показателей факторов естественного иммунитета были менее выраженными. Однако при функциональных нагрузочных пробах выявилось снижение резервной возможности иммунной системы, которое сохранялось в течение 20 лет.  
  Сопоставляя лабораторные показатели и клинические проявления, можно применить разработанные дозовые критерии для оценки изменений интегрального показателя - нарушения здоровья, то есть для прогноза возникновения ряда общесоматических заболеваний при действии ионизирующего излучения в малых дозах.  
  На практике достаточно сложно определить порог вредного действия, так как трудно провести различия между физиологическими колебаниями, физиологическими процессами адаптации и патологическими процессами. Так наряду с клинико-эпидемиологическими данными, указывающими на рост общесоматических заболеваний при действии малых доз, имеют место исследования, по данным которых рост заболеваемости не был выявлен. В частности, данные за 1979 - 1988 гг. о влиянии радиационного фактора риска на распространенность ишемических и геморрагических инсультов в зоне предприятий атомной промышленности и работников предприятия, которые подвергались воздействию внешнего гамма-облучения со средней суммарной дозой 62 - 81 сГр за 16,9 - 23,5 лет указывают, что эти показатели не превышают таковые по другим регионам страны. По расчетным оценкам Dэф для профессиональных работников составляла 9,5 - 11,5 сГр. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности (ВУТ) при неврологических проявлениях остеохондроза не превышала таковую среди лиц контрольной группы других производств, не имеющих контактов с ионизирующим излучением. Данные по персоналу атомных реакторов, облучавшемуся в большой дозе (годовая доза составляла 100 сГр и более, 266 сГр за 5 лет; частота заболеваемости хронической лучевой болезни 0,5 % в год), указывают на то, что после прекращения контакта с радиационным фактором показатели морфологического состава периферической крови восстанавливались до исходного уровня в течение 5 - 10 лет.

Анализируя данные, приведенные выше, можно предложить следующие дозовые критерии для ранжирования состояния организма по гематологическим, иммунологическим и биохимическим показателям. Уровень воздействия с эффективной дозой, равной 2 - 8 сГр, характеризуется изменениями, не указывающими на нарушение здоровья. Можно считать, что вклад радиационного фактора в рост общесоматических заболеваний в данном диапазоне дозы практически не значим. Уровень воздействия с эффективной дозой, равной 8 - 30 сГр, характеризуется изменениями показателей перечисленных систем, которые значимо отличаются от контроля или от исходных значений, выявляются общепринятыми лабораторными методами исследования, но лежат в пределах физиологической нормы. В этих условиях воздействия активно работают компенсаторные механизмы. При этом имеют место скрытые нарушения, выявляемые, в частности, при помощи функциональных и экстремальных нагрузок. Такой сдвиг может быть неблагоприятным. Таким образом, эффективная доза, равная 8 сГр, является пороговой, начиная с которой могут иметь место случаи, указывающие на нарушение здоровья. При дополнительном воздействии других неблагоприятных факторов существует вероятность роста общесоматических заболеваний. Радиационный фактор выступает лишь как одно из условий этого роста. Уровень воздействия с эффективной дозой, равной 30 - 60 сГр, характеризуется изменениями в кроветворной, иммунной и нейроэндокринной системах, которые достоверно (р < < 0,05) отличаются от контроля, более стойко сохраняются и (или) выходят за пределы физиологических колебаний. Перечисленные признаки характеризуют этот уровень как перенапряжение механизмов адаптации или недостаточность адаптации. Такой результат воздействия является по общепринятому мнению неприемлемым. Таким образом, эффективная доза, равная 30 сГр, является пороговой, начиная с которой радиационный фактор выступает как причина развития и роста общесоматических заболеваний.

Особый интерес представляет вопрос о длительной потере трудоспособности в результате общесоматических заболеваний при радиационном воздействии на человека. На основе предложенных данных можно сделать следующий вывод. Предположим, что длительная потеря трудоспособности может наступить только при возникновении устойчивой совокупности ряда симптомов - синдрома. Из приведенных данных следует, что такая ситуация может возникнуть при эффективной дозе, превышающей 30 сГр. Отсюда следует, что при облучении (однократно и кратковременно) практически здорового трудоспособного человека ионизирующим излучением в дозе менее 30 сГр опасность длительной потери трудоспособности отсутствует. При хроническом воздействии в течение года такой вывод справедлив для дозы менее 1 Гр.

**ГЛАВА 3**

**Воздействие различных видов излучения малых мощностей на человека**

Радиация, электромагнитные поля СВЧ и КВЧ диапазонов, ультразвук и экраны дисплеев, имеющие широкий спектр излучений – все эти факторы широко представлены в нашей повседневной жизни. Это телевизоры, компьютеры, печи СВЧ, сотовые телефоны, различные ультразвуковые устройства и т.д., а также проживание вблизи линий высоковольтной передачи, теле - и ретрансляционных башен, объектов использующих радиационные материалы.

На протяжении последних почти двадцати лет небольшая группа сотрудников Института проблем управления РАН занимается созданием методов обработки медицинской информации. В частности созданием объективных методов диагностики и управления лечением ряда неврологических заболеваний. Разрабатываемые методы базируются на обработке электрических потенциалов мышц человека. Запись электрических потенциалов называется электромиограммой (ЭМГ).

Исследование физиологического и патологического тремора человека позволили разработать новый метод компьютерной обработки ЭМГ. Метод основан на спектрально-статистическом анализе кривых электрической активности мышц.

При проведение различных экспериментальных исследований параллельно с подопытной группой экспериментатор всегда использует контрольную группу. Обычно это субъекты, которые не несут в себе те или иные заболевания (если речь идет об исследованиях различных заболеваний) или не подвергаются тем или иным воздействиям в отличие от подопытной группы. В качестве контрольной группы часто выступали сотрудники Института проблем управления РАН. Для многих из них накапливались данные на протяжении более десятка лет. Эти исследования показали, что усредненные спектры человека сохраняются неизменными на протяжении этого времени.

Эти спектры отражают физиологический тремор человека в норме. Усредненный спектр одного из испытуемых показан на рис.1. Предварительный анализ результатов обследования группы здоровых испытуемых (около 100 человек) позволил определить среднестатистические значения спектральных параметров нормы.

Проводя очередные экспериментальные исследования в сентябре 1986 с участием контрольной группы, состоящей из наших сотрудников, мы столкнулись с резким изменением их спектральных характеристик. Все, ранее стабильные на протяжении нескольких лет, показатели контрольной группы изменились. На рис.2 показано как изменился усредненный спектр одного из участников контрольной группы.

Поиски причин изменения ранее стабильных характеристик нормы привели к мысли о влиянии Чернобыльской катастрофы на жителей Москвы. Было решено провести исследования людей, непосредственно попавших в зону Чернобыльской аварии. Просмотр характеристик этой группы, позволил бы определить, реагирует ли ЦНС человека на радиационные воздействия малых доз.

В декабре 1986- январе 1987 года проведено обследование группы людей (34 человека), попавших в аварию на Чернобыльской АЭС и участвовавших в ее ликвидации в период апрель - август 1986 года. Исследования проводились на базе отделения радиационной неврологии Института биофизики МЗ СССР. Больные находились на лечении в клинике. Среди них 21 человек с диагнозом острая лучевая болезнь (ОЛБ) различной степени тяжести. Остальные 13 человек подверглись облучению в дозах, не приведших к возникновению ОЛБ. Дозы, полученные этими людьми, варьировались от 15 до 800 рентген. Возраст обследованных от 17 до 55 лет.

Обследование и анализ результатов позволили получить признак реакции ЦНС человека на радиационное облучение. Выявленный признак не коррелировал со стадией заболевания или полученной дозой. Напротив, чаще он был выявлен у лиц, не имеющих диагноз лучевая болезнь. Это можно объяснить, по сей видимости, тем, что люди, заболевшие лучевой болезнью, получили дозы, вызвавшие "глобальные изменения" в организме. Эти больные получали интенсивную терапию, перенесли несколько процедур переливания крови, все это могло "замазать" картину. Выявление же признака у людей, которые находились на профилактическом осмотре, т.к. не получили повышенных доз радиации, и по клинике не считались пораженными, заставил обратить внимание на людей, профессионально связанных с радиационными воздействиями и получивших нормативные для этой отрасли дозы. В 1988- 1990 годах для исследования влияния длительного воздействия малых мощностей облучения было проведено обследования персонала Калининской АЭС (84 человека) и Ленинградской АЭС (47 чел.).

В эти группы входили работники различных цехов (реакторного, турбинного, электро-, химического и ремонтного, а также отдел охраны труда и радиационной безопасности) в возрасте от 22 до 55 лет и стажем работы на АЭС от 2 до 30 лет. Для определения длительности периода сохранения признаков реакции на радиационное воздействие у людей, получивших малые и средние дозы облучения, в 1990г. проводилось обследование участников ликвидации аварии на ЧАЭС. Обследовано 24 мужчин в возрасте от 33 до 56 лет, получивших в период 1986 -1988 гг. дозы, не превышающие 30 рентген. Обследование проводилось в клинике кафедры военно-полевой терапии Военно-медицинской академии им. С.М.Кирова (г.Санкт-Петербург). В контрольную группу людей, профессионально не связанных с радиационным фактором, вошли:

1.Курсанты Военно-медицинской академии им.С.М.Кирова -20 чел.;

2.Студенты и преподаватели Санкт-Петербургского технического университета- 24чел.;

3.Сотрудники Института проблем управления РАН г.Москва -20 чел

4.Рабочие завода по обработке цветных металлов г.Москва - 44 чел.

Для всех исследуемых групп людей, получивших различные дозы радиационного облучения непосредственно после облучения или через несколько лет после него, а также находящихся в зоне длительного влияния малых мощностей радиации, было получено статистически достоверное различие значения параметра, определяющего реакцию человека на радиационное воздействие, от значений этого параметра для групп людей профессионально не связанных с этим фактором.

На диаграмме ( рис.3) показано в % число людей, имеющих признак реакции ЦНС на радиационное воздействие во всех исследуемых группах. Все контрольные группы слиты в одну группу "норма".

Наблюдение за контрольной группой "норма ИПУ", изменивших свои характеристики в 1986 году, на протяжении 1987-1993 годов показало, что уже в 1987 году характеристики некоторых испытуемых стали смещаться в сторону нормализации. Отметим, что до 1986 года группа "норма" имела 4% людей с признаком, соответствующим реакции на воздействие.

На диаграмме (рис.4) показано как менялся % людей в группе "норма", имеющих отклонения, по годам

*Таким образом, обследование ликвидаторов аварии на ЧАЭС через 3-4 года после облучения и наблюдение за "нормой" на протяжении 7 лет показало, что признак реакции человека на воздействие малых доз радиации сохраняется не менее года. Характеристики нормализуются в течение 2-4 лет после воздействия. По всей видимости, возникновение реакции человека на воздействие, а также время сохранения признака реакции зависит от индивидуальных особенностей организма человека.*

**Дисплей**

Люди, работающие на персональных компьютерах (ПК), часто жалуются на головные боли, повышенную утомляемость и ухудшение зрения. Но влияние ПК характеризуется не только этими симптомами. Экран дисплея ПК является источником широкого спектра излучения малой интенсивности. Проводились обследования людей, работающих на ПК от 2 до 6 лет по 3-6 часов в день (32 человека). *У 64% были обнаружены отклонения характеристик.*

**Экспериментальные исследования воздействия электромагнитных волн**

**СВЧ-диапазон.** В Исследованиях участвовала группа врачей-добровольцев, подвергавшихся специальному локальному облучению кистей рук электромагнитным полем СВЧ - диапазона (F=2450 МГц, W=50 мВт/см2). Работа проводилась совместно с Институтом гигиены труда и профзаболевания. Каждый испытуемый облучался 4 раза с промежутками в несколько дней. Длительность сеанса облучения 20 мин. До 1 сеанса и через 1 - 1,5 часа после каждого сеанса испытуемых обследовали по разработанной методике.

Анализ полученных данных показал, что после первого сеанса у всех испытуемых изменился характер спектров ОЭМГ. Причем изменения произошли не только в спектрах ОЭМГ мышц рук (облучались кисти рук), но и в спектрах ОЭМГ мышц ног.

Этот эффект сохранялся после последующих сеансов без изменения, что говорит о том, что даже локальное облучение электромагнитным полем СВЧ-диапазона вызывает общую реакцию организма. Эти же испытуемые проходили параллельно подробное клиническое обследование. *Никаких клинических проявлений эти обследования не выявили.* Через год выявленные нами признаки сохранились у всех испытуемых, а через 2 года у одного испытуемого признаки нормализовались, т.е. вернулись к фоновому значению, а у остальных испытуемых наблюдалась тенденция к нормализации.

**КВЧ-диапазон.** Исследования проводились совместно с Институтом высшей нервной деятельности (лабораторией электромагнитных воздействий) с участием 3 испытуемых, на которых осуществлялось воздействие и контрольной группы из 5 человек. Осуществлялось локальное воздействие на кисть руки электромагнитным полем ММ диапазона. Для воздействия использовался специальный КВЧ - излучатель, применяемым для физиотерапевтических процедур в медицине. Длина волны излучения 5,6 мм, мощность излучателя 10мВт/см2. Время воздействия 20 минут. Проводилось воздействие на правую руку (от 3 до 6 сеансов) и спустя 3-5 месяцев на левую руку (также до 6 сеансов). До начала сеанса воздействия и после сеанса регистрировалась электрическая активность мышц испытуемых. Сеансы проводились с двух - трехдневными перерывами. Для контрольной группы в 5 экспериментах регистрировалась электрическая активность мышц. Каждое обследование проводилось также с двух- трехдневным разрывом. Условия проведения эксперимента для всех испытуемых были одинаковы. Перед каждым сеансом проводилась запись исходного состояния испытуемого и запись после воздействия.

Изменения в спектрах подопытной группы были зафиксированы после второго сеанса воздействия. Причем эти изменения вначале фиксировались на стороне, контрлатеральной воздействию.

Исследование, проведенное через год после второй серии экспериментов, показало нормализацию спектров, т.е. возврат к первоначальному фону.

В контрольной группе никаких закономерных изменений выявлено не было.

*Таким образом, экспериментальное исследование реакции человека на воздействие электромагнитных полей КВЧ диапазона показало, что эта реакция наблюдается и первые ее признаки появляются на контрлатеральной стороне.*

**Ультразвук.** Воздействие ультразвука на организм человека исследовалось с участием врачей, работающих с ультразвуковой диагностической аппаратурой (15 человек). Стаж работы с УЗ аппаратурой у обследуемых лежал в диапазоне от 1 до 10 лет. У всех обследуемых были выявлены изменения спектрально - статистических характеристик по сравнению с нормой. При этом многие испытуемые жаловались на частые головные боли, усталость, вялость. *Клинические исследование данной группы не показали каких-либо характерных изменений*.

ВЫВОДЫ

Приведенные примеры, отвечают на вопрос, поставленный в заглавии. Центральная нервная система человека является тонко реагирующим датчиком на различные внешние воздействия. Эта система управляет не только мышцами человека, но и другими органами. Можно сделать предположение, что если ЦНС меняет свое состояние (под воздействием какого-либо фактора), то это может найти свое отражение и в нарушении работы любого органа. Если предположить, что выявленный нами признак реакции человека на воздействия различных физических факторов есть показатель изменений ЦНС, то это может найти свое отражение и в различного рода вегетативных нарушениях. В [25] показано, что Чернобыльская катастрофа привела к тенденции роста заболеваемости по всем основным классам болезни населения, проживающего на загрязненных территориях. Таким образом, если действие фактора малой интенсивности было не однократным, то можно предположить, что это отразиться на состоянии здоровья человека.

Разработанный метод компьютерной обработки сигналов электрической активности мышц может использоваться для:

1. определения реакции индивидуума на рассматриваемые в работе физические факторы воздействия;
2. мониторинга состояния населения, живущего в экологически неблагоприятных районах, а также людей профессионально связанных с различными ионизирующими и неионизирующими воздействиями.

Ранее выявление реакции позволит своевременно принять профилактические меры для уменьшения риска заболевания.

**ГЛАВА 4**

**Течение и исходы беременности у женщин, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС**

Особую тревогу вызывает здоровье беременных женщин и их потомства, от которого зависит будущее нации.

На пострадавших территориях Украины, где плотность радиоактивного загрязнения по 137Cs составила от 5 до 40 Ku/км2, возникли условия длительного воздействия малых доз ионизирующего излучения, влияние которого на организм беременной и плода до Чернобыльской катастрофы фактически не изучалось.

С первых дней аварии велось тщательное наблюдение за состоянием здоровья беременных женщин и их новорожденных из пострадавших районов. На первом этапе это были 533 беременные, эвакуированные из тридцатикилометровой зоны, в последующем – более 20 тыс. беременных женщин, постоянно проживающих в радиационно загрязненных районах Киевской (Иванков, Полесье), Житомирской (Овруч, Народичи) и Черниговской (Репки, Козелец, Черниговский район) областей.

Прежде всего, следует отметить значительное снижение числа родов по каждому из контролируемых районов по сравнению с доаварийным периодом (рис. 5). Преимущественное снижение числа родов отмечалось в 1987 г., причем в Полесском районе на 40,4%, Народичском – на 33,1%, Козелецком – на

30%. Это объясняется не только миграцией из них детородной части населения в то время, но и психологическим воздействием, приводящим к состоянию хронического стресса, недостаточной информированностью о радиационной обстановке и ее влиянии на организм человека, боязнью за здоровье будущего ребенка.

В течение первых 1,5 лет после аварии нами не было отмечено увеличения частоты осложнений беременности и родов, перинатальной смертности, регистрируемых аномалий развития, соматической заболеваемости беременных и заболеваемости новорожденных. Но со второй половины 1988 г. начался существенный рост таких осложнений беременности, как поздние гестозы, угроза прерывания, преждевременные роды, и к 1995 году частота их в 2–3 раза превысила доаварийный уровень (рис. 6). Это может быть связано с влиянием не только прямых последствий аварии, но и ряда других факторов, в том числе изменением условий быта, уклада жизни, нарушением характера питания, особенно в тех населенных пунктах пострадавших районов, где запрещено употребление местных продуктов.

Обращает на себя внимание и резкое (с 18,6 до 62%) увеличение за этот период частоты осложненных родов в пострадавших районах .

Особое беспокойство вызывает стойкая тенденция роста частоты маточных кровотечений, отмеченная в некоторых районах (Народичи, Полесье, Овруч) уже в первый год после аварии (рис. 7). Проведенные исследования концентрации гормонов фето-плацентарного комплекса выявили сдвиги, предрасполагающие к развитию геморрагических осложнений. Однако, это не единственный фактор. У данного контингента беременных обнаружены также значительные изменения во всех звеньях системы гемостаза, свидетельствующие о гиперкоагуляционной фазе хронического диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови.

За годы после аварии существенно вырос и уровень соматической заболеваемости беременных. Резко возросла частота железодефицитных анемий и к 1996 г. достигла почти десятикратного уровня по сравнению с доаварийным периодом (рис. 8).

Следует отметить, что рост частоты анемии беременных в последние годы характерен для всех областей Украины, однако темпы этого роста на контролируемых территориях значительно превышают средние по стране. Похоже, что это становится одной из основных проблем в пострадавших районах, поскольку анемия является важной причиной нарушений состояния плода и новорожденного, создает фон для развития акушерской и экстрагенитальной патологии.

Увеличилась заболеваемость острыми респираторными заболеваниями.

Произошло также закономерное и весьма существенное (в 2,5–3 раза) увеличение частоты пиелонефрита во время беременности, что, как и рост респираторных инфекций, может быть связано с угнетением системы иммунитета, особенно у женщин, проживающих во второй зоне радиационного контроля. Урогенитальная инфекция, в свою очередь, приводит к росту частоты инфекционно-воспалительной патологии послеродового периода, внутриутробного инфицирования плода и новорожденного.

Исследование микробиоценоза в системе мать–плод выявило еще один фактор, способствующий внутриутробному инфицированию и свидетельствующий о нарушении защитно-приспособительных механизмов,– у каждой четвертой женщины, проживающей во второй зоне (уровень загрязнения почвы от 15 до 40 Кu/км2), в родовых путях были выделены условнопатогенные бактерии семейства энтеробактерий. Видовой состав микроорганизмов, выделенных из крови сосудов пуповины, плаценты и околоплодных вод, был идентичен микрофлоре новорожденных и родовых путей матери. Это свидетельствует именно о внутриутробном, а не контаминационном (происходящем во время родового акта) инфицировании новорожденного.

Существенное значение в повышении уровня заболеваемости населения на контролируемых территориях имеют психологические или т.н. "стрессогенные" факторы. Их роль повышается во время беременности, когда женщина испытывает дополнительные психологические нагрузки и нередко находится в состоянии хронического психо-эмоционального стресса. Изучение стрессоустойчивости организма беременных показало, что в 87% случаев она была умеренной или низкой. Такие женщины предъявляют массу соматических жалоб, у них подавленное настроение, озабоченность, признаки слабости, вялости.

На этом фоне резко увеличилось число женщин с различными типами нейроциркуляторной астении, причем прогрессирующей во время беременности, принимающей в ряде случаев неблагоприятное течение с вегето-висцеральными кризами.

В пострадавших районах существенно нарушается состояние плода. В 35% случаев отмечается отставание темпов роста основных показателей биофизического профиля, что указывает на формирование синдрома задержки внутриутробного развития плода (гипотрофия). Это в 3 раза больше, чем в условно чистых (неконтролируемых) областях! А у беременных с низкой стрессоустойчивостью при высоком уровне стрессогенных нагрузок дети с синдромом задержки внутриутробного развития рождаются в 81,2% случаев.

Гипоксия плода в контролируемых районах также наблюдается в 2–3 раза чаще (в среднем 15,3 против 6,7%)., причем существует прямая зависимость частоты гипотрофии и гипоксического синдрома от степени загрязненности зоны по цезию.

Существенные нарушения обнаруживаются в плаценте, многообразные функции которой во многом определяют течение гестационного процесса и состояние плода. У 47,7% женщин при ультразвуковой плацентографии обнаружено преждевременное старение плаценты (очаги кальциноза, уменьшение ее размеров, структурные нарушения и др.), наступающее уже в 30–32 недели беременности. У 36,4% беременных отмечается маловодие, свидетельствующее о возможном развитии у новорожденных синдрома дыхательной недостаточности, удельный вес которого действительно вырос на контролируемых территориях.

Новорожденные дети, родившиеся у женщин, пострадавших в результате аварии, являются предметом особой тревоги и внимания. К сожалению, различные отклонения в состоянии здоровья у них наблюдаются в три раза чаще, чем в условно чистых регионах. Так, в зонах с уровнем загрязненности от 15 до 40 Ku/км2, более чем в 45% случаев наблюдаются различные нарушения процесса ранней неонатальной адаптации (неврологические расстройства, отечный, желтушный, геморрагический синдромы, нарушение становления дыхания, большая потеря массы тела и медленное ее восстановление).

В структуре заболеваемости новорожденных ведущее место занимают асфиксия(ее удельный вес вырос в 2,0 раза), синдром дыхательных расстройств(в 2,8 раза), что вполне объяснимо при наличии у беременных высокой частоты акушерских осложнений.

На контролируемых территориях участились случаи рождения очень маловесных и крупновесных детей. Последнее, вероятнее всего, объясняется неправильным характером питания с преобладанием углеводных продуктов. О некоторых причинах первого (анемия, снижение стрессоустойчивости, плацентарная недостаточность) уже сказано выше. Удалось выявить также определенную зависимость между уровнем накопления радионуклидов в плаценте и массой тела новорожденного.

В наиболее неблагоприятных по радиоактивному загрязнению районах (Народичи, Полесье, Иванков) в последние годы наметилась некоторая тенденция к повышению частоты врожденных пороков развития. Вероятность их возникновения в результате аварии на ЧАЭС была высказана учеными сразу после расшифровки спектра радионуклидного выброса. Однако тщательная экспертная оценка каждого случая врожденного порока развития при значительном снижении числа родов по всем контролируемым регионам не дает пока оснований говорить о возможном нарушении наследственного аппарата. Но не позволяет и успокаиваться, поскольку, если даже естественный фон радиации вызывает за год определенное число мутаций, то любое повышение этого фона неизбежно отразится на темпе возникновения таких мутаций. Значимость медико-генетических аспектов проблемы Чернобыля очевидна. Поэтому необходим генетический мониторинг беременных, проживающих на радиационно загрязненных территориях и испытывающих ежедневно воздействие ионизирующего излучения в дозах, превышающих естественный фон. Следует помнить также, что врожденные пороки развития могут быть вызваны совместным воздействием нескольких факторов, каждый из которых в отдельности не является причиной этих нарушений.

Смертность новорожденных от врожденных аномалий развития за эти годы не увеличилась. Перинатальная смертность (рис. 9) при некоторой стабильности в среднем по контролируемым территориям, остается высокой в районах Житомирской области, Иванковском и Полесском районах Киевской области (17,7, 27,0, 16,6%).

Результаты динамического наблюдения за состоянием здоровья беременных и новорожденных, а также результаты специальных исследований свидетельствуют, что в генезе акушерских и перинатальных осложнений большое значение имеют нарушения морфо-функциональных особенностей фето-плацентарного комплекса, значительные изменения иммунитета, гормонального баланса и метаболические расстройства.

Обнаружены характерные особенности иммунологического статуса, свидетельствующие об угнетении Т-клеточного иммунитета, снижении пролиферативной активности лейкоцитов и повышении активности лимфоцитов-супрессоров, угнетении гуморального иммунитета. Это ведет к тому, что в условиях пролонгированного влияния малых доз радиации существенным образом снижается антивирусная и противоопухолевая защита организма. В наибольшей мере страдает фагоцитарная активность.

При беременности, развивающейся на таком фоне, эти расстройства либо сохраняются либо усугубляются, приводя к угнетению или напряжению отдельных звеньев защитной системы организма, что может явиться одной из причин развития инфекционной патологии. Это определяет необходимость проведения неспецифической и иммунокорригирующей терапии во время беременности, в родах и в послеродовом периоде.

При изучении показателей системы иммунитета новорожденных выделена группа риска по развитию аутоиммунной патологии, причем численность этой группы продолжает увеличиваться. Наличие у новорожденных антител к наследственному материалу свидетельствует о нарушении иммунологической толерантности и может быть признаком развития в будущем аутоиммунной патологии, что требует самого пристального внимания и дальнейшего изучения.

Уже в первый год после аварии в Институте педиатрии, акушерства и гинекологии АМН Украины начали заниматься изучением функционального и гистоморфологического состояния фето-плацентарного комплекса, когда на фоне динамического определения в процессе беременности концентрации гормонов фето-плацентарной системы выборочно проводилась гистоморфология ткани плаценты. Интересно отметить, что скрининговые и более детальные обследования беременных женщин и их новорожденных в тот первый послеаварийный период не выявили каких-либо значительных отклонений в состоянии их здоровья. Однако в ткани плаценты уже тогда были обнаружены некоторые структурные изменения, а к концу 1989 – началу 1990 г. нами выявлены клинические и гормональные признаки формирования фето-плацентарной недостаточности в виде гормонального дисбаланса в системе эстрогены/прогестерон. Если в первой половине беременности наблюдается лишь некоторое напряжение функции фето-плацентарного комплекса, то во второй – имеется снижение эстрадиола и плацентарного лактогена, что свидетельствует о явном угнетении его функции и может быть причиной осложнений беременности и родов, задержки внутриутробного развития и других нарушений состояния плода.

Помимо нарушений гормональной функции фето-плацентарного комплекса, выявлены изменения, которые характеризовались как проявление плацентарной недостаточности в виде острого расстройства кровообращения (мелкие кровоизлияния на поверхности децидуальной оболочки, а также в межворсинчатом пространстве).

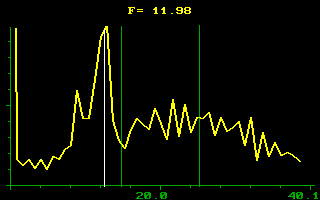
Структурные изменения плаценты, недостаточность ее васкуляризации, отсутствие тесного контакта между плодовыми и материнскими сосудами, дистрофические изменения и нарушение кровообращения, условий газообмена, питания усугубляют эффект непосредственного действия радиации на развитие плода и новорожденного, что отрицательно сказывается на сохранении генофонда Украины. Установлено, что в плаценте женщин, проживающих в зонах радиационного контроля, имеется существенное накопление радионуклидов 90Sr, 137Cs, 134Cs, 40К, причем отражающееся на общей массе плаценты. Отмечены значительные колебания удельной активности этих изотопов у беременных из одного и того же региона.

С учетом выявленных сдвигов в фето-плацентарной системе и системах антиоксидантной защиты, иммунитета, гемостаза, нейро-гуморальной регуляции гестационного процесса разработан специальный комплекс лечебно-профилактических мероприятий для беременных, проживающих в зонах радиоактивного загрязнения. Он включает продукты лечебного питания, адаптогены, антиоксиданты, декорпоранты и проводится обычно в 14–16, 22–24, 32–34 недели беременности.

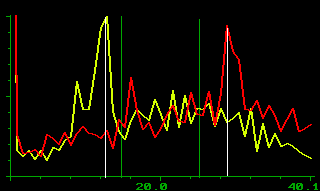
Результаты использования данного комплекса свидетельствуют о его эффективности.

Таким образом, 11-летние наблюдения свидетельствуют о значительных отклонениях в течение процесса беременности, родов, состоянии плода и новорожденного у женщин, постоянно проживающих на контролируемых территориях. Очевидна необходимость дальнейшего изучения особенностей влияния малых доз ионизирующего излучения на организм женщины репродуктивного возраста как вне, так и во время беременности. Свертывание научных программ этого направления недопустимо, т.к. упущенное сегодня может оказаться совершенно непоправимым завтра.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

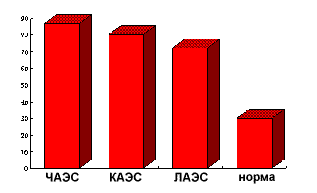
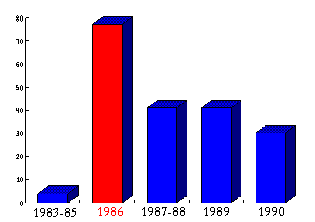


**Рис. 1.** Усредненный спектр одного из испытуемых



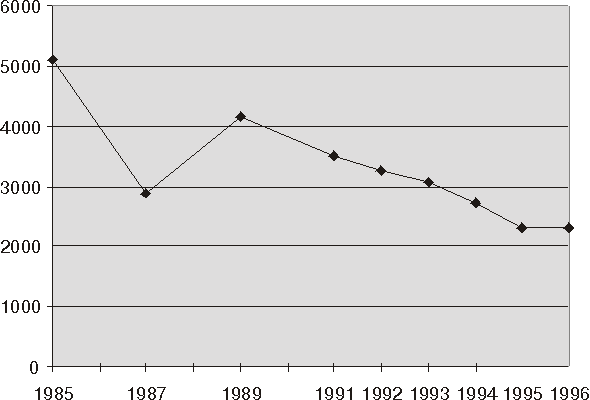
**Рис. 2.** Изменение усредненного спектра одного из участников контрольной группы

**Рис.3.** Число людей (%), имеющих признак реакции ЦНС на радиационное воздействие во всех исследуемых группах

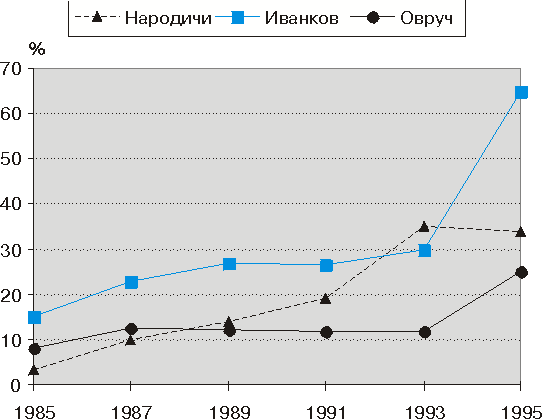


**Рис.4.** Изменение % людей в группе "норма", имеющих отклонения, по годам

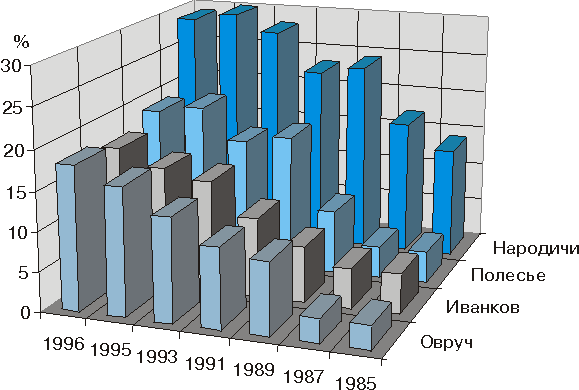
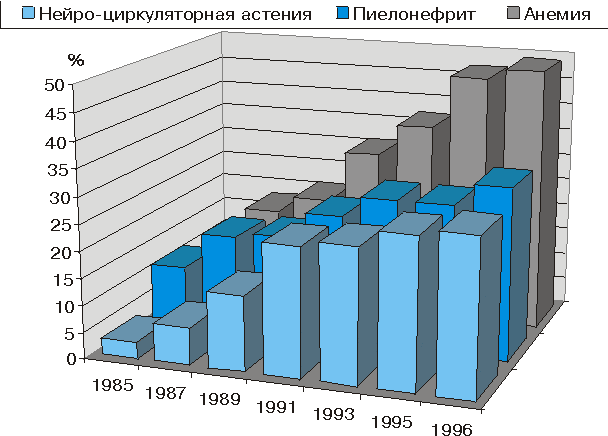
**Рис. 5. Динамика количества родов на контролируемых территориях**



**Рис. 6.** Частота гестозову беременных в контролируемых районах

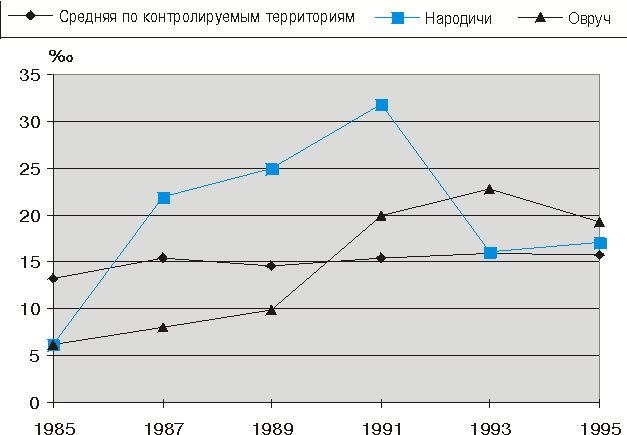


**Рис. 7.** Частота маточных кровотечений в родах у женщин контролируемых районах



**Рис. 8.** Заболеваемость беременных в контролируемых районах.

**Рис. 9.** Перинатальная смертность в контролируемых районах



#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аклеев А.В., Ава А., Акияма М. и др. Биологическая индикация хронического облучения в отдаленные сроки. // Библиотека журнала "Медицинская радиология и радиационная безопасность" - Хроническое радиационное воздействие: риск отдаленных эффектов. (Материалы 1-го международного симпозиума; г. Челябинск, 9-13 января 1995 года). М.: Изд-во ИЗДАТ, 1996, с. 7 - 19.
2. Андреева Е.А., Хуторская О.Е. Спектральный метод анализа электрической активности мышц. М.: Наука, 1987, 145с.
3. Андреева Е.А., Смирнова С.Н., Хуторская О.Е., Метод выявления ранних признаков облучения людей, подвергшихся воздействию электромагнитных полей СВЧ- диапазона. М.: Ин-т проблем управления 1987. 23с.
4. Андреева Е.А., Торубаров Ф.С., Хуторская О.Е., Смирнова С.Н.,Чесалин П.В.,Электромиографический метод выявления у людей ранних признаков реакции на радиационные воздействия. //Физиология человека. 1990. т 16.
5. Андреева Е.А., Смирнова С.Н., Хуторская О.Е. Электромиографический признак реакции человека на облучение неионизирующими (СВЧ-диапазона) и ионизирующими воздействиями. // Физическая медицина 1992. т2, N1-2 С 16-23
6. Ye.A.Andreeva, S.N.Smirnova and O.Ye Khutorskaya. "Electromyografphical feature of human reaction to irradiation by ionizing sources".J.Human Physiology 1993, N4
7. Ye. A.Andreeva and O.Ye Khutorskaya."Electromyografphical feature of human reaction on influence of non-ionizing and ionizing radiations" Abstract Tenth Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology, Charleston, South Carolina USA June 21-24 1994
8. Артамонова Н.О., Бусыгина Н.А., Губский В.И. Науковедческий анализ проблемы нарушений иммунного статуса человека под воздействием экстремальных факторов аварии на Чернобыльской АЭС. // Иммунология, 1993, вып. 2, с.58-60.
9. Бабешко В.Г., Чумак А.А., Базыка Д.А. Иммунологический мониторинг больных острой лучевой болезнью через 12-36 мес. после аварии на Чернобыльской АЭС. //Медицинская радиология. 1990, вып. 12, с.27-30.
10. Большая медицинская энциклопедия. Под редакцией В.В. Петровского, М: Советская энциклопедия, 1981.
11. Дозовые зависимости нестохастических эффектов, основные концепции и величины, используемые в МКРЗ (Международной комиссии по радиологической защите). // Публикации 42-42 МКРЗ. Москва, Энергоатомиздат, 1987.
12. Ильин Л.А., Крючков В.П., Осанов Д.П., Павлов Д.А. Уровни облучения участников ликвидации последствий Чернобыльской аварии в 1986-1987 г.г. и верификация дозиметрических данных. // Радиационная биология. Радиоэкология, 1995, вып.6, с.803-828.
13. Кисельгоф Е.И. Радиация и организм.
14. Конрадов А.А. Статистические подходы к анализу многомерных гетерогенных биологических систем. // Радиационная биология. Радиоэкология. 1994. вып. 6, с. 877 - 886.
15. Корогодин В.И., Кутлахмедов Ю.А. Проблема загрязненных радионуклидами больших территорий. // Медицинская радиология. 1993, вып. 8, с.5.
16. Low doses of ionizing radiation: direct estimates of cancer risk. J. The Lancet v344 pp1039-1043.
17. Оганесян Н.М., Огаджанян Э.Е. и др. Результаты наблюдения за участниками ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. // Медицинская радиология. 1991, вып. 10, с.33-36.
18. Окладникова Н.Д., Токарская З.Б., Мусаткова О.Б. Цитогенетический эффект длительного воздействия инкорпорированного плутония-239 и внешнего гамма-облучения у профессионалов (клиническое исследование). Радиационная биология. Радиоэкология, 1994, вып. 5, с.48 - 52.
19. Пелевина И.И. Адаптивная реакция лимфоцитов крови людей, подвергавшихся хроническому воздействию радиации в малых дозах. // Радиационная биология. Радиоэкология, 1994, вып.6, с.805-817.
20. Петров Р.В., Хаитов Р.М., Орадовская И.В. Иммунологический мониторинг больших групп населения страны. // Иммунология, 1992, вып.4, с.43.
21. Петров Р.В., Орадовская И.В., Пинегин Б.П. Программа долгосрочного иммунологического мониторинга за контингентом лиц, подвергающихся воздействию факторов радиационной аварии на Чернобыльской АЭС. // Медицинская радиология. 1991, вып. 1, с.39-42.
22. Сохранич А.Л., Любчанский Э.Р. Возрастные особенности формирования поглощенных доз у животных при парентеральном введении плутония. // Библиотека журнала "Медицинская радиология и радиационная безопасность" - Хроническое радиационное воздействие: риск отдаленных эффектов. (Материалы 1-го международного симпозиума; г. Челябинск, 9-13 января 1995 года). М.: Изд-во ИЗДАТ, 1996, с. 125 - 131.
23. Тельнов В.И., Вологодская И.А., Кабашева Н.Я. Влияние комплекса факторов на иммунный статус участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. // Медицинская радиология. 1993, вып. 2, с.8-12.
24. Хуторская О.Е. Экспериментальные исследования воздействия электромагнитных полей ММ диапазона на организм человека. Ж. ММ волны 4 1994
25. Чернобыльская катастрофа: причины и следствия (экспертное заключение). Часть вторая Минск 1993 137с.
26. Ядерная энциклопедия под редакцией А.А. Ярошинской, М: 1996.

1. Мезенхивная ткань – зародышевая соединительная ткань [↑](#footnote-ref-1)
2. Зоб – увеличение железы III степени и выше («толстая» шея); увеличенная щитовидная железа изменяет конфигурацию шеи или небольшое увеличение щитовидной железы при наличии узловых изменений [↑](#footnote-ref-2)