

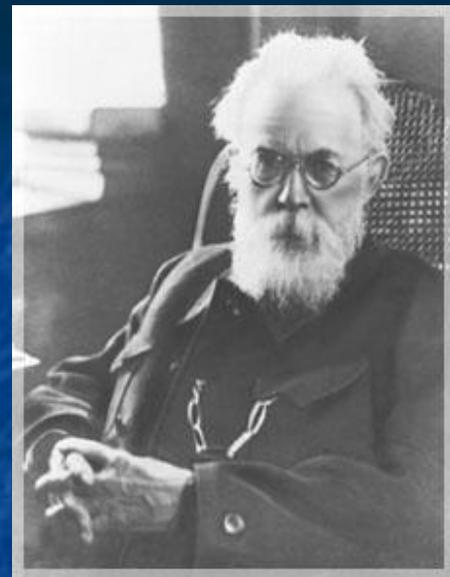
# **Радиационные аварии: последствия и защитные меры для человека и природной среды**

**Академик РАН  
Ильин Леонид Андреевич**

Санкт-Петербург 2008 год

«Мы подходим к великому перевороту в жизни человечества, с которым не сможет сравниться всё им раньше пережитое. Недалеко время, когда человек получит в свои руки атомную энергию – такой источник силы, который даст ему возможность строить свою жизнь как он захочет... Это может случиться в ближайшие годы, может случиться через столетие, но ясно, что это должно быть. Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить её на добро, а не самоуничтожение? Учёные не должны закрывать глаза на результаты своей деятельности».

В. И. Вернадский, 1922 г.



Это уникальное предвидение Владимира Ивановича Вернадского – великого русского учёного – мы вынесли в виде эпитафии к нашей лекции с необходимым календарным уточнением: минуло всего лишь 20 лет после научного прогноза академика В. И. Вернадского, когда 2 декабря 1942 года знаменитый итальянский физик Энрико Ферми на построенном под сводами трибун Чикагского стадиона атомном котле впервые в истории человечества осуществил управляемую цепную реакцию деления ядер урана-235.

Это эпохальное событие стало точкой отсчёта, начала практического использования внутриядерной энергии, что, к сожалению, изначально было реализовано в создании атомного оружия.



Хорошо известно, что дальнейшие события, связанные с атомным оружием, не только изменили ход мировой истории и геополитическую обстановку в мире, но и психологию человечества.

В контексте нашего сообщения весьма важно подчеркнуть, что атомная энергия оказалась в роли двуликого Януса современности – с одной стороны, - в качестве беспрецедентного оружия массового поражения людей и биосферы в целом, и с другой, мирной, стороны, как источник энергообеспечения человечества, как символ научно-технического прогресса и гаранта социально-экономического процветания общества.

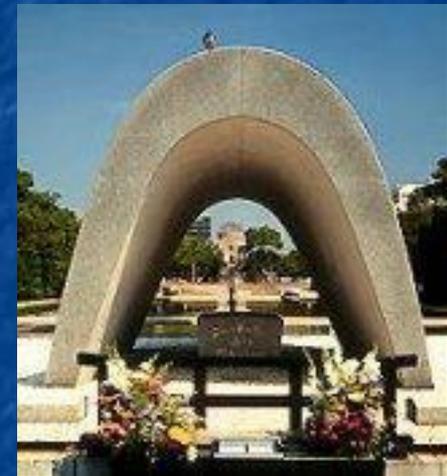


Трагедия Хиросимы и Нагасаки закономерно привела человечество, особенно в период холодной войны, к выводу о том, что библейский Армагеддон стал очевидной реальностью.



Действительно, сотни тысяч жертв от ударной волны и светового импульса атомного взрыва, и возникновение дотоле неизвестной болезни от **гамма-нейтронной радиации** – **лучевой болезни**, её последствия, приводящие в ряде случаев к раковым заболеваниям, и, как полагали, к генетическим болезням – не могли не сказаться на восприятии людьми всего того, что связано с атомной наукой и техникой.

Ранее, мало кому известные научные понятия, как «канцерогенез» или «генетические последствия», перекочевали в лексикон человечества в качестве как бы доказательных последствий неотвратимого действия радиации на население даже в условиях мирного использования атомной энергии и, в частности, атомных электростанций.



Как известно, весь элитарный научный потенциал наций, как на Западе, так и на Востоке был привлечён к разработке ядерного оружия. Параллельно, правда, с разной степенью интенсивности, были развёрнуты широкомасштабные работы по изучению биологического действия, в основном, поражающих уровней ионизирующих излучений на животный организм. В начале 70-х годов прошлого столетия научные приоритеты стали концентрироваться на фундаментальных исследованиях механизмов биологического действия так называемых малых доз ионизирующей радиации, возможные эффекты которых получили название стохастических (вероятностных) отдалённых последствий действия радиации. По определению НКДАР ООН – наиболее компетентного международного научного органа – к малым дозам относятся накопленные дозы до 200 мЗв и к низкоинтенсивному излучению – мощность доз менее  $1 \cdot 10^{-4}$  Гр/мин [1]. В этой области возникло множество очевидных, но подчас трудно преодолимых обстоятельств, связанных в основном с невозможностью достичь необходимой статистической надёжности массива получаемых экспериментальных и эпидемиологических данных для научного доказательства наличия либо отсутствия эффектов облучения в диапазоне малых доз.

Приведём лишь один пример. Для того, чтобы получить статистически значимую (с 90% вероятностью) зависимость доза-эффект в канцерогенезе необходимы следующие размеры выборки изучаемой популяции населения (см. табл. 1).

**Таблица 1**

**Размер выборки, необходимой для статистически значимого (с 90% вероятностью) определения зависимости доза-эффект в канцерогенезе**

Уровень доз, Зв	Размер выборки, чел.
1	1000
0,1	100.000
0,01	10.000.000

Если область реального проявления стохастических эффектов находится, как полагают некоторые учёные, в пределах значений накопленной дозы в диапазоне 0,2-0,5 Зв, а сейчас дискутируется опасность доз даже порядка 0,01 Зв, то используя данные таблицы 1 легко показать непреодолимые трудности осуществления эпидемиологических работ на популяции численностью в  $10^6$  и, тем более, в  $10^7$  человек. При этом, не считая, что в данном исследовании в качестве обязательного элемента требуется наличие примерно подобного по размерам контроля!

В 60-х годах прошлого столетия Международная Комиссия по радиологической защите (МКРЗ) в качестве базовой концепции биологического действия ионизирующих излучений на животный организм предложила исходить из рабочей гипотезы о прямой зависимости биологических эффектов от дозы излучения (так называемая «беспороговая» гипотеза). Эта гипотеза стала использоваться для оценки стохастических последствий облучения и разработки радиационных стандартов (регламентов) облучения человека.

Эта, подчеркиваем, всего лишь рабочая гипотеза многими учёными и тем более неспециалистами в дальнейшем стала трактоваться не как предположение, а как доказанный научный факт, как установленный постулат. Отсюда закономерно следовало, что в связи с отсутствием порога в действии излучения безопасных доз облучения человека в принципе не существует, поскольку из рабочей гипотезы следует, что даже сколь угодно малые дозы облучения, в том числе практически не отличающиеся от нулевого значения, вызывают (с различной степенью вероятности) патологические эффекты в организме. Из этого, казалось бы, на первый взгляд сугубо научного подхода, тем не менее, неотвратимо следовало безальтернативное требование устанавливать сугубо административными решениями уровни, так называемого, приемлемого риска для облучения различных популяций людей. Иными словами, из компетенции учёных этот вопрос был превращен в общественно значимую проблему. Таким образом, впервые в мировой практике регламентации вредных факторов воздействия на людей эта проблема была вынесена из области научной дисциплины – радиобиологии в сферу общественных, нравственных и социально-экономических отношений.

Актуализация этой проблемы приобретает особое значение не только для разработки и интерпретации радиологических прогнозов, но и для обоснования мер защиты населения, особенно при крупномасштабных радиационных авариях, когда в результате аварийных выбросов и сбросов происходит радиоактивное загрязнение значительных территорий вокруг аварийного объекта.

Следует напомнить, что применительно к проблемам защиты природной среды (биоты) от последствий радиоактивного загрязнения принципы радиационной защиты базируются на так называемой антропоцентрической концепции МКРЗ. Суть её сводится к следующему постулату: «Если радиационными стандартами (нормативами) обеспечена охрана здоровья человека, то в этих условиях защищена от вредного влияния облучения и биота».

Действительно, при крупномасштабных радиационных авариях, что впервые было установлено на ВУРС'е (1957 г.) и подтверждено после аварии на ЧАЭС, ареал, где наблюдаются видимые изменения радиационного геноза у природных и сельскохозяйственных сообществ растений и животных, всегда существенно меньше – до одного порядка величины – ареала площади той территории, где по аварийным радиологическим регламентам, в том числе в сельскохозяйственной продукции, вообще, запрещается проживание или деятельность людей.

Следует, однако, отметить, что в последние годы обсуждается и так называемая экоцентрическая концепция, цель которой сводится к обоснованию ряда приоритетов по защите биоты от техногенных (радиационных) воздействий, исходя из афористического принципа «человек может быть здоров только в чистой окружающей среде».

Не исключенная в будущем возможная интеграция антропоцентрической и экоцентрической концепций МКРЗ или смена их приоритетов приведёт к необходимости обоснования радиационных регламентов для биоты или, скорее всего, для её реперных представителей. Так или иначе, эта сложнейшая проблема потребует многочисленных исследований и научных обоснований.

**Вновь подчеркнём, что все изложенные выше проблемы имеют непосредственное и прямое отношение к обоснованию радиологических регламентов и к разработке критериев, которыми следует руководствоваться при осуществлении мероприятий по защите населения и природной среды при радиационных авариях.** Напомним, что в настоящее время основная радиологическая парадигма при радиационных авариях сводится к реализации двух задач: а) недопущению детерминированных (пороговых) эффектов облучения людей и б) максимальному ограничению стохастических отдалённых последствий облучения с учётом социальных и экономических возможностей для их осуществления.

Общая характеристика и детальное описание детерминированных эффектов – случаев острой лучевой болезни, местных лучевых поражений (МЛП) или их сочетания – возникавших в результате радиационных аварий на территории СССР и Российской Федерации за период с 1948 по 2007 год содержится в специальном Регистре ГНЦ – Института биофизики [2].

В таблице 2 демонстрируются данные о всех зарегистрированных аварийных событиях, которые сопровождались, а точнее, обусловили развитие острой лучевой болезни (ОЛБ) различной степени тяжести у пострадавших.

**Сведения о клинически значимых последствиях радиационных инцидентов на территории бывшего СССР и России (материалы Регистра ГНЦ - Института биофизики по состоянию на 01.01.2007 г.)**

Классификация инцидентов	Количество пострадавших с клинически значимыми последствиями		
	Всего :	В том числе с острой лучевой болезнью	В том числе погибших
Инциденты с радиоизотопными установками и источниками излучений	174	50	16
Инциденты на рентгеновских установках и ускорителях	45	-	-
Реакторные инциденты (без аварии на ЧАЭС 1986 г.)	82	73	13
Случаи МЛП на предприятиях ПО «Маяк» в период 1949-1956 гг.	168	-	-
Аварии на атомных подводных лодках	133	85	12
Другие инциденты	17	7	2
Итого: (без аварии на ЧАЭС 1986 г.)	619	215	43
Чернобыльская авария 1986 г.	134	134	28
<b>ВСЕГО:</b>	<b>753</b>	<b>349</b>	<b>71</b>

Как следует из таблицы 2, общее число больных острой лучевой болезнью, в том числе с сочетанными поражениями (ОЛБ+МЛП) за весь анализируемый более чем полувековой период составило 349 случаев. По видам радиационных аварий больные ОЛБ распределились следующим образом:

- около 39% (134 случая) – это пострадавшие (так называемые свидетели аварии) в результате катастрофы на ЧАЭС;

- почти 25% (85 случаев) – в результате радиационных аварий на атомных подводных лодках;

- 25% (83 случая) – в результате реакторных инцидентов и потери контроля над критичностью делящихся материалов;

- порядка 18% составили случаи ОЛБ в результате аварийных ситуаций с радиоизотопными установками, потерей источников излучения и в других инцидентах.

**В общей сложности из 349 случаев ОЛБ в результате переоблучения в дозах, несовместимых с жизнью, летальные исходы (71 случай) составили 20%. При этом около 40% всех погибших от ОЛБ и её сочетаний с МЛП были 28 свидетелей аварии на ЧАЭС.**

При анализе медицинских последствий трёх крупномасштабных аварий в бывшем СССР, обусловивших радиоактивное загрязнение больших территорий за пределами очага аварий, важно обратить внимание на следующее. За исключением случаев детерминированных поражений у свидетелей аварии ЧАЭС, находившихся в течение первых часов на промплощадке ЧАЭС, случаев ОЛБ и местных радиационных поражений не наблюдалось:

- а) у ликвидаторов (не путать со свидетелями аварии!) и населения после аварии на ЧАЭС;
- б) населения, проживавшего на берегах р. Теча;
- в) населения, оказавшегося в зоне Восточно-уральского следа (ВУРС).

Основными обстоятельствами и факторами защиты населения (особенно в связи с аварией на ЧАЭС) были: эвакуационные мероприятия (не путать с переселением людей!), соблюдение в подавляющем большинстве случаев аварийных регламентов облучения и реально сформировавшиеся уровни внешнего и внутреннего облучения на загрязнённых территориях, которые были ниже порогов индукции детерминированных эффектов облучения.

Последняя констатация подтверждается нашими оценками средних индивидуальных доз облучения населения и ликвидаторов в результате катастрофы на ЧАЭС и жителей в районах Южного Урала (см. табл. 3).

Таблица 3

## Средние индивидуальные и коллективные дозы облучения отдельных когорт населения вследствие радиационных аварий и испытаний ядерного оружия на территории бывшего СССР

Событие	Регионы, области	Численность населения, тыс. чел.	За период времени	Коллективная доза, чел. Зв·10 <sup>3</sup>	Средняя индивидуальная доза, мЗв
Уральские аварии	р. Теча	28,1	1950-1994	6,0**)	210
	Бурс	24,0	1957-1994	1,5*)	60
Чернобыль (население)	Районы жёсткого контроля (РЖК)	273,0	За 70 лет с 1986 г.	23,7***)	87
	Девять наиболее пострадавших областей, включая РЖК	15600,0	За 70 лет	192****)	12,3
Чернобыль (ликвидаторы)	Ликвидаторы 1986	117,3****)	За время работы	9,4	80 мГр
	Ликвидаторы 1987	109,6	За время работы	5,1	47 мГр
Ядерный взрыв 1949 г.	Алтайский край, три юго-западных района	200	1949-1992	28,4*)	142
	Угловский р-н	21,4	1949-1992	16,5*)	800

\*) 90% дозы сформировано за первый год.

\*\*) 90% дозы сформировано за 5-6 лет.

\*\*\*) Верхние границы оценок.

\*\*\*\*\*) Около 5% ликвидаторов подверглись облучению в дозах 0,25 Гр и выше.

Как видно, уровни общих накопленных доз, полученных в широком диапазоне мощностей доз колебались в пределах 210-12 мЗв, что существенно ниже порогов детерминированных эффектов (локальные дозы облучения щитовидной железы после аварии на ЧАЭС здесь не рассматриваются (см. ниже).

В то же время в порядке сопоставления в этой таблице приведены расчётные оценки дозовых нагрузок на население трёх юго-западных районов Алтайского края и, особенно, Угловского района после первого испытания ядерного устройства 29 августа 1949 г. на Семипалатинском полигоне.

Несмотря на то, что формально последствия испытания ядерного оружия не относятся к радиационным авариям, по нашему мнению, нет оснований исключать возможность возникновения случаев острой лучевой болезни у части жителей Угловского района Алтайского края, подвергшихся достаточно интенсивному воздействию радиоактивных осадков (по ходу движения облака взрыва).

Учитывая логнормальное распределение дозовых нагрузок, при котором диапазон колебаний достигает по крайней мере пятикратных значений, приведённые оценки средней индивидуальной дозы – 800 мЗв в определённой мере подтверждают наше априорное заключение.

Среди облучённой популяции населения, проживавшего в верховьях р. Теча, были зарегистрированы и описаны случаи так называемой хронической лучевой болезни (ХЛБ) – явно детерминированной лучевой патологии [3]. В процессе неоднократной верификации диагнозов ХЛБ было признано, что, по крайней мере, у 66 пациентов установленный диагноз является обоснованным.

В эту статистику входит около 2000 случаев хронической лучевой болезни среди профессиональных работников комбината «Маяк», которые в первые годы (1948-1956 гг.) освоения новых радиационно опасных технологий работали в условиях высоких полей радиации (гамма-бета, гамма-нейтронного излучения и плутония-239).

Возвращаясь к анализу прямых непосредственных острых радиационных поражений (табл. 2), можно прийти к общему выводу о том, что во всех случаях так называемых локальных радиационных аварий и инцидентов (с учётом широкого спектра конкретных событий) число лиц, вовлечённых в аварию, у которых возникают детерминированные эффекты облучения, и прежде всего – ОЛБ, колеблется в небольших пределах и составляет как правило от одного до нескольких (не более 10 чел.) пострадавших.



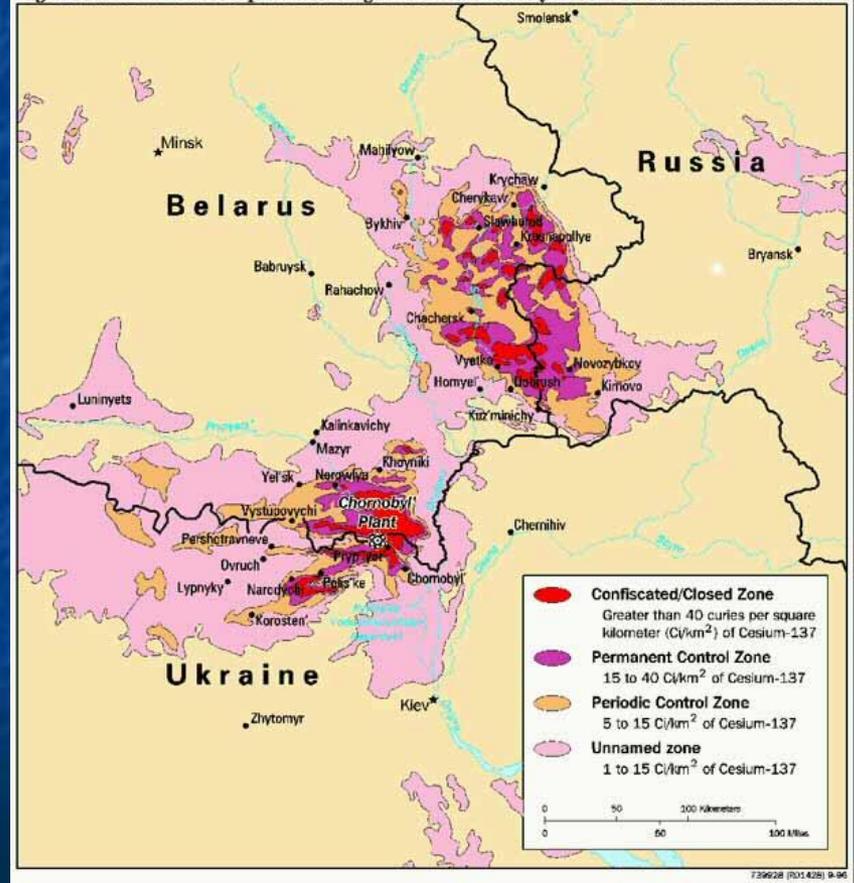
В то же время радиационные аварии на АПЛ не могут считаться локальными: особая специфика жизнедеятельности личного состава подводных атомных лодок (замкнутый объём, автономность плавания), особенности и характер радиоактивного облучения обусловили, в основном, в двух авариях значительно бóльшие масштабы радиационных поражений людей, прежде всего в виде сочетанной радиационной патологии: внешнего и внутреннего облучения и местных радиационных повреждений: число пострадавших достигло 133 человек, в том числе 85 случаев ОЛБ, включая 12 погибших.

**Крупномасштабные радиационные аварии, которые сопровождаются выбросом радиоактивных материалов за пределы промышленной площадки, как правило, обусловлены катастрофическими разрушениями источников радиоактивности, в частности, активной зоны реакторов (пример – авария на 4-м энергоблоке ЧАЭС), что в свою очередь приводит к формированию экстремальной радиационной обстановки на аварийном объекте.**

**По нашему опыту в таких условиях в момент аварии и в начале её ранней фазы развития предотвратить радиационные поражения у всех без исключения свидетелей аварии, находящихся на промплощадке, в подавляющем большинстве случаев – задача практически невыполнимая.**



Figure 31. Radiation Hotspots Resulting From the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident



**Поэтому совершенно очевидно, что при прочих равных условиях в таких экстремальных ситуациях основная задача заключается в экстренной реализации заранее отработанного комплекса мер, направленных на максимальное уменьшение безвозвратных и медицинских потерь от радиационных поражений.**

Анализируя события в момент аварии и в ближайшие часы – первые сутки после катастрофы на 4-м энергоблоке ЧАЭС, резонно поставить вопрос: «Была ли возможность ограничить массовые радиационные поражения среди свидетелей аварии, пожарных и прибывших работников АЭС?».

К сожалению, ответ должен быть утвердительным. Приведём лишь несколько фактов и примеров, свидетельствующих о реальных возможностях (при условии грамотной и адекватной организации аварийно-спасательных работ) уменьшить число пострадавших, либо ослабить возможные последствия переоблучения людей. Например, из 69 пожарных, боровшихся с 30 очагами пожаров на крыше 3-4 энергоблоков, и работавших практически без средств индивидуальной защиты и дозиметрического контроля в условиях воздействия интенсивных полей гамма-, бета-излучения, у 22 из них возникла острая лучевая болезнь в сочетании с местными радиационными поражениями, закончившаяся летальным исходом у 6 пострадавших. Из-за отсутствия какого-либо дозиметрического контроля и, следовательно, контроля за дозозатратами с помощью хронометража работ никакого регулирования их деятельности (облучаемости) не осуществлялось.

**Аналогичная обстановка была и на аварийной АЭС, когда в первые несколько часов из-за отсутствия адекватного дозиметрического контроля и чёткой организации противоаварийных мер не регулировались потоки людей при входе и пребывании (в том числе при повторных входах) в зоны интенсивного радиоактивного излучения.**

**Ни одному из свидетелей аварии и пожарных не был применён с профилактической целью эффективный радиозащитный препарат – препарат Б (индралин), находившийся на здравпункте ЧАЭС[13].**



# ИНДРАЛИН

Л.А. Ильин, Н.М. Рудный, Н.Н. Суворов, Г.А. Чернов,  
В.В. Антипов, М.В. Васин, Б.И. Давыдов,  
П.П. Михайлов

ИНДРАЛИН – РАДИОПРОТЕКТОР  
ЭКСТРЕННОГО ДЕЙСТВИЯ.  
ПРОТИВОЛУЧЕВЫЕ СВОЙСТВА.  
ФАРМАКОЛОГИЯ,  
МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ, КЛИНИКА

Москва 1994

Закономерные требования не допустить в радиационных авариях и инцидентах детерминированных, наиболее тяжёлых непосредственных последствий облучения предопределяет превентивную, а также немедленную, чёткую организацию дозиметрических и радиационно-гигиенических мероприятий, выполнение мер медицинской помощи, которые являются неотъемлемым элементом всего комплекса сложнейших акций технического, экономического и социально-политического характера. Наш опыт выдвигает положение о том, что своевременная реализация комплекса мероприятий на ранней фазе аварии и, частично, в промежуточной фазе, в значительной степени предопределяют масштабы стохастических последствий облучения в отдалённый поставарийный период.

Другими словами: своевременность осуществления защитных мер и их результативность на ранней и промежуточной фазах радиационных аварий – одно из определяющих условий, обеспечивающих минимизацию возможных стохастических последствий облучения.

Одним из наиболее наглядных примеров, подтверждающих это положение, могут служить события, связанные с так называемой йодной опасностью – основным радиологическим следствием катастрофы на ЧАЭС.

Напомним, что в связи с относительно быстрым распадом реакторных радионуклидов йода (наиболее долгоживущий изотоп – йод-131 – имеет период полураспада 8 дней), критический период йодной опасности составляет примерно 4 недели. К сожалению, по многим причинам в течение, по крайней мере, 3-х недель после катастрофы отсутствовала оперативная информация об уровнях и масштабах выпадений радиоиода на обширных территориях европейской части СССР. **Ученые, работавшие в Чернобыле сразу после аварии, настаивали на немедленном введении в указанном регионе повсеместного запрета на потребление цельного молока местного производства, особенно среди детского населения и проведения йодной профилактики** (кстати, инструкция по организации и её проведению была разработана отечественными учёными-медиками за 16 лет (!) до катастрофы на ЧАЭС).



УТВЕРЖДАЮ:  
ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО САНИТАРНОГО  
ВРАЧА СССР  
*[Signature]* Д.Н. ЛОРАНСКИЙ  
1970 г.  
*[Circular stamp]*  
*N-8721-70*

ВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ НАСЕЛЕНИЯ  
В СЛУЧАЕ АВАРИИ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Москва 1971

К сожалению, на уровне высшего руководства СССР такого решения принято не было. Можно лишь предполагать, что в верхних эшелонах власти опасались как дезорганизации сельскохозяйственного производства в стране, так и паники среди населения, совершенно не информированного о подобного рода опасности и не подготовленного к таким событиям. За исключением ряда случаев (например, в г. Припять) во многих районах, там, где йодная профилактика была предпринята, её реализация началась с большим опозданием, когда эффективность этого мероприятия оказалась незначительной.

Известно, что история не приемлет сослагательного наклонения. Тем не менее, если бы удалось, пусть даже не в полной мере, осуществить изложенные выше защитные меры – меры в основном организационного характера – стохастические последствия облучения щитовидной железы, особенно среди детского населения, были бы существенно меньше.

На этом фоне большую роль в плане ограничения доз облучения щитовидной железы у населения сыграли введённые Минздравом СССР и разработанные ранее временные аварийные нормативы (ВДУ) по йоду-131 в молоке и в других пищевых продуктах.

Вообще наш опыт свидетельствует о том, что своевременный и жёсткий санитарный контроль за соблюдением регламентов аварийного и поставарийного облучения населения и профессионалов является одним из важнейших гарантов минимизации последствий облучения. В сущности, это положение является лейтмотивом нашего сообщения. В этом контексте определяющую роль сыграли разработанные НКРЗ и принятые Правительственной комиссией 21 мая 1986 года дифференцированные регламенты общего облучения населения пострадавших районов от внешнего и внутреннего облучения в течение первых трёх лет после аварии на ЧАЭС. Благодаря выполненным комплексным, масштабным мероприятиям, в том числе в АПК, уровни облучения населения, проживающего в районах жёсткого контроля, оказались ниже установленного НКРЗ суммарного трёхлетнего номинала в 4-5 раз [7,8].

Так, согласно оценкам специалистов сельскохозяйственной радиологии [5], только за счёт выполненных защитных мероприятий в АПК, направленных в основном на дискриминацию миграции радионуклидов по звеньям пищевой цепочки (почва – трава, растения – сельскохозяйственные животные – человек) удалось снизить коллективную дозу внутреннего облучения населения в 2,5-3 раза.

По оценкам белорусских учёных [6], в Республике Беларусь в результате проведения всего комплекса защитных мероприятий ожидаемая величина накопленной коллективной дозы (за 1986-2005 гг.) была снижена примерно в 7 раз (соответственно 24000 чел.Зв и 176000 чел.Зв).

Все эти меры, в основном агропромышленного характера, были направлены для борьбы с радиоактивным загрязнением пищевых продуктов - основных источников внутреннего облучения человека. Вопросам купирования лучевых поражений агроценозов уделялось меньше внимания по многим причинам, и в том числе по главному приоритету тех событий: первоочередным задачам защиты людей от переоблучения.

Здесь мы напомним судьбу так называемого «рыжего леса» площадью примерно 400 га, находившегося поблизости от г. Припять и погибшего вследствие радиационного поражения от облака взрыва на ЧАЭС в первые недели после аварии. Более 4 тыс. м<sup>3</sup> леса было захоронено на глубину 1-2 м. В результате мощность дозы гамма-излучения на этой территории снизилась в 40-50 раз, и было купировано вторичное аэрозольное загрязнение воздушной среды. Несмотря на этот огромный радиологический выигрыш, через 2-3 года были обнаружены в грунтовых водах возле траншей долгоживущие радионуклиды, что поставило задачу предотвращения их миграции в гидрографическую сеть. В этой связи важно подчеркнуть, что любые защитные мероприятия должно рассматривать не изолировано, а комплексно и, прежде всего, в экологическом ракурсе.

Детальное описание и анализ практически всех защитных мероприятий и мер, осуществлённых в трёх крупномасштабных радиационных авариях в бывшем СССР, изложено в монографии «Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры», вышедшей в 2001 году под нашей научной редакцией и в соавторстве. Эта книга была издана в Японии уже в следующем году и опубликована на английском языке в 2004 году. **Особое внимание в этой монографии было уделено анализу адекватных, недостаточных или избыточных мер в области противорадиационной защиты населения и биоты [5].**

Р.М.АЛЕКСАХИН Л.А.БУЛДАКОВ В.А.ГУБАНОВ  
Е.Г.ДРОЖКО Л.А.ИЛЬИН И.И.КРЫШЕВ  
И.И.ЛИНГЕ Г.Н.РОМАНОВ М.Н.САВКИН  
М.М.САУРОВ Ф.А.ТИХОМИРОВ Ю.Б.ХОЛИНА

# РАДИАЦИОННЫЕ АВАРИИ

ИздАТ

R.M.Aleksahin, L.A.Buldakov, V.A.Gubanov, E.G.Drojko,  
L.A.Ilyin, I.I.Kruyshev, I.I.Linge, G.N.Romanov, M.N.Savkin,  
M.M.Saurov, F.A.Tikhomirov, Yu.B.Holina

# 放射能汚染の大事故 の影響と防護措置



日本語訳  
西条 泰博

長崎ヒバクシャ医療国際協力会  
NASHIM

R.M.Alexakhin, L.A.Buldakov, V.A.Gubanov,  
Ye.G.Drozhko, L.A.Ilyin, I.I.Kryshev, I.I.Linge,  
G.N.Romanov, M.N.Savkin, M.M.Saurov,  
F.A.Tikhomirov, Yu.B.Kholina

# RADIATION ACCIDENTS

Здесь мы ограничимся подтверждением основного положения о том, что все мероприятия как в медицинском плане (включая эвакуацию населения при наличии критерияльных показаний, радиационно-гигиенический мониторинг пищевых продуктов, питьевой воды, пищевого рациона и др.), так и в сельскохозяйственной деятельности (внесение калийсодержащих удобрений в почву, предубойное содержание сельскохозяйственных животных на «чистых кормах», введение в их рацион эффективных сорбирующих соединений и мн. другое), а также дезактивационные мероприятия в населённых пунктах были направлены на ограничение дозовых нагрузок на население пострадавших районов в рамках жесткого санитарного контроля за соблюдением регламентов внешнего и внутреннего облучения человека [5,7].

По нашим первым оценкам [7,8], впоследствии подтверждённым в серии работ международных экспертов, в обобщенных докладах НКДАР ООН 2000 г. [1] и 2008 г. и на Чернобыльском форуме [4] средние эффективные дозы общего облучения населения загрязнённых территорий, накопленные в период 1986-2005 гг. в различных областях Беларуси, России и Украины составляли от 10 до 30 мЗв. На территории строгого радиационного контроля средняя доза, накопленная за этот 20-летний период, была порядка 50 мЗв. (см. таблицу 4)

Таблица 4

**Сводка средних накопленных доз у лиц, подвергшихся воздействию радиации от чернобыльских выпадений за 20-летний период**

Категория лиц	Численность, чел.	Средняя накопленная доза, мЗв
Ликвидаторы (1986-1987 гг.)	600 000	~100
Эвакуированные из наиболее загрязнённых территорий (1986 г.)	116 000	~33
Жители территорий «строгого радиационного контроля» (1986-2005 гг.)	270 000	~50
Жители других загрязнённых территорий (1986-2005 гг.)	5 000 000	10-30

Детальный анализ радиационной обстановки на ранней, промежуточной и восстановительной фазах аварии на ЧАЭС и реально сформированные дозовые нагрузки на различные контингенты населения и ликвидаторов, объективные трактовки медико-биологических последствий и радиологические прогнозы катастрофы на ЧАЭС обобщены в фундаментальных отчётах Научного Комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) 1998, 2000, 2008 гг. Эти документы основаны на тщательном изучении и критическом анализе международными экспертами многих сотен работ отечественных и зарубежных авторов и на выполненных широкомасштабных международных проектах, в которых наряду с отечественными учёными принимали непосредственное участие сотни зарубежных специалистов. В этих отчётах обращено внимание и на целый ряд осуществлённых у нас мероприятий, которые трактуются НКДАР ООН или как избыточные или как недостаточные. Заключение и выводы этих докладов хорошо известны специалистам и международному сообществу, поэтому их анализ выходит за рамки нашего сообщения.

# ИСТОЧНИКИ И ЭФФЕКТЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Отчет НКДАР ООН — 2000

Том I



# ИСТОЧНИКИ И ЭФФЕКТЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Научный Комитет Организации Объединенных Наций  
по действию атомной радиации

Отчет НКДАР ООН 2000 года Генеральной Ассамблее  
с научными приложениями

ТОМ I: ИСТОЧНИКИ  
(часть 1)

Перевод с английского.

Под редакцией академика РАМН Л.А. Ильина  
и профессора С.П. Ярмоненко



Москва,  
РАДЭЖОН  
2002

В заключение мы полагали бы уместным остановиться на одной из актуальных, и я бы сказал, злободневных проблем радиационной защиты населения, по которой до сих пор нет консенсуса среди специалистов и организаторов, нет узаконенных чётких рекомендаций и, более того, существуют прямо противоположные суждения и подходы.

Речь идёт о показаниях и, более того, вообще о целесообразности применения фармакологических препаратов или иных лечебно-профилактических средств (например, БАД – биологически активных добавок) с целью профилактики возможных эффектов в случаях низкоинтенсивного внешнего и внутреннего облучения населения, проживающего в зонах радиоактивного загрязнения. Иными словами, возникает вопрос об обоснованности (адекватности) или об избыточности подобных мер. Опыт показывает, что в таких ситуациях основными дозообразующими источниками облучения являются в основном долгоживущие нуклиды цезия и стронция.

Субъективный аспект этой проблемы защиты «от радиации» у населения, проживающего на этих территориях, понятен и, казалось бы, очевиден, тем более, если руководствоваться беспороговой гипотезой.

Достаточно напомнить, что многие десятки тысяч людей после аварии на ЧАЭС в инициативном порядке применяли различные разрекламированные и не имевшие всестороннего экспериментально-клинического обоснования препараты, вещества или средства, включая даже некоторые алкогольные напитки для удаления из организма «радионуклеидов». При этом, люди, будучи совершенно не подготовленными к этим драматическим событиям, как правило, не реагировали на предупреждение ряда учёных и медиков о бесполезности этих квазизащитных средств и опасности их бесконтрольного применения.

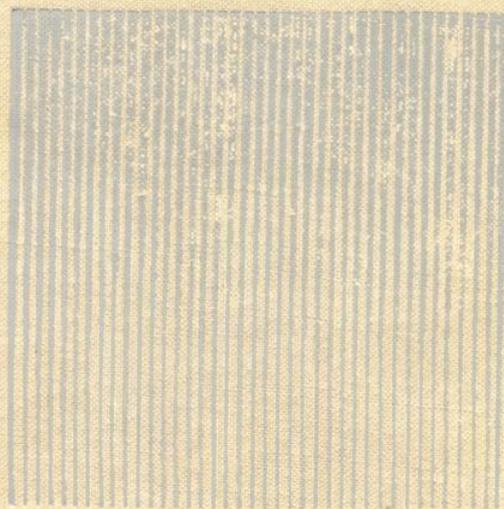
Критический анализ этой проблемы с медико-биологических, радиационно-гигиенических, дозиметрических и социально-экологических позиций, включая конкретные рекомендации, был опубликован нами ещё в 1972 году в монографии «Основы защиты организма от воздействия радиоактивных веществ». В упомянутой работе мы пришли к следующему заключению[9].

Л. А. ИЛЬИН

---

ОСНОВЫ ЗАЩИТЫ  
ОРГАНИЗМА  
ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
РАДИОАКТИВНЫХ  
ВЕЩЕСТВ

---



АТОМИЗДАТ

Основной принцип и наиболее эффективный способ защиты населения в рассматриваемых ситуациях должен базироваться прежде всего на обеспечении таких уровней хронического поступления радионуклидов в организм человека, которые не превышают установленных радиационно-гигиенических регламентов по дозовым нагрузкам. Этот сугубо гигиенический профилактический принцип необходимо реализовать путём применения различных мер санитарного и экологического порядка, способствующих предотвращению или ограничению радиоактивного загрязнения пищевых рационов и питьевой воды и уменьшению уровней внешнего облучения за счёт дезактивационных мероприятий и других мер. В тех обстоятельствах, когда идёт речь о хроническом длительном поступлении биологически значимых радионуклидов в количествах, превышающих регламентные значения, принятие решения о дополнительном назначении средств, к примеру, ограничивающих резорбцию в ЖКТ и способствующих декорпорации радионуклидов, должно решаться только при соблюдении ряда условий, среди которых основным с медико-биологической точки зрения является гарантия биологической безопасности и безвредности назначаемых средств профилактики, имея в виду их обязательное длительное применение пострадавшим контингентам и, особенно, детскому населению. В таких случаях в основе оправданного назначения в условиях низкоинтенсивного облучения должен быть однозначно решен вопрос о соотносительной пользе ослабления ожидаемых радиологических последствий и возможным ущербом для здоровья в результате применения средств защиты от радиоактивного воздействия.

Следует признать, что в настоящее время нет ни одной рекомендации в этом плане, которая имела бы всестороннее экспериментально-клиническое и социально-гигиеническое обоснование. В экспериментальной работе В. Н. Корзуна [10] было показано, что длительное применение некоторых защитных средств (например, берлинской лазури для сорбции в ЖКТ хронически поступающего цезия-137) способствовало уменьшению инкорпорации этого радионуклида в организме белых крыс до 7% от контроля, но увеличивалась их гибель (вымирание) по сравнению с контрольными животными! Известны сотни работ, в которых при разных видах патологии и с целью профилактики различных заболеваний и даже увеличения продолжительности жизни человека рекомендуется применение неких химических соединений и веществ (особенно в составе БАД'ов), обладающих антиоксидантным действием. Хорошо известно, что механизм инактивации свободных радикалов лежит в основе радиозащитного действия радиопротекторов при острых радиационных поражениях, что даёт основание многим авторам рекомендовать подобного рода соединения и для защиты человека в условиях низкоинтенсивного облучения в малых дозах. Недавно в журнале американской медицинской ассоциации опубликован мета-анализ 68 рандомизированных исследований с общим числом участников 232606 человека (JAMA, 2007, 247, pp. 842-857). **Было показано, что применение антиоксидантных добавок с целью первичной и вторичной профилактики ряда заболеваний может способствовать повышению смертности (!) среди профилактируемых пациентов. В частности, с повышением смертности ассоциировалось лечение бета-каротином, витаминами А и Е. Продолжаются аналитические оценки влияния на смертность витамина С и селена[11].**

# Mortality in Randomized Trials of Antioxidant Supplements for Primary and Secondary Prevention

## Systematic Review and Meta-analysis

Goran Bjelakovic, MD, DrMedSci

Dimitrinka Nikolova, MA

Lise Lotte Gluud, MD, DrMedSci

Rosa C. Simonetti, MD

Christian Gluud, MD, DrMedSci

**O**XIDATIVE STRESS IS IMPLICATED in most human diseases.<sup>1,2</sup> Antioxidants may decrease the oxidative damage and its alleged harmful effects.<sup>3,6</sup> Many people are taking antioxidant supplements, believing to improve their health and prevent diseases.<sup>7-10</sup> Whether antioxidant supplements are beneficial or harmful is uncertain.<sup>11-15</sup> Many primary or secondary prevention trials of antioxidant supplements have been conducted to prevent several diseases.

We found that antioxidant supplements, with the potential exception of selenium, were without significant effects on gastrointestinal cancers and increased all-cause mortality.<sup>14,15</sup> We did not examine the effect of antioxidant supplements on all-cause mortality in all randomized prevention trials.<sup>16</sup> Our aim with the present systematic review was to analyze the effects of antioxidant supplements (beta carotene, vitamins A and E, vitamin C [ascorbic acid], and selenium) on all-cause mortality of adults included in primary and secondary prevention trials.

**Context** Antioxidant supplements are used for prevention of several diseases.

**Objective** To assess the effect of antioxidant supplements on mortality in randomized primary and secondary prevention trials.

**Data Sources and Trial Selection** We searched electronic databases and bibliographies published by October 2005. All randomized trials involving adults comparing beta carotene, vitamin A, vitamin C (ascorbic acid), vitamin E, and selenium either singly or combined vs placebo or vs no intervention were included in our analysis. Randomization, blinding, and follow-up were considered markers of bias in the included trials. The effect of antioxidant supplements on all-cause mortality was analyzed with random-effects meta-analyses and reported as relative risk (RR) with 95% confidence intervals (CIs). Meta-regression was used to assess the effect of covariates across the trials.

**Data Extraction** We included 68 randomized trials with 232 606 participants (385 publications).

**Data Synthesis** When all low- and high-bias risk trials of antioxidant supplements were pooled together there was no significant effect on mortality (RR, 1.02; 95% CI, 0.98-1.06). Multivariate meta-regression analyses showed that low-bias risk trials (RR, 1.16; 95% CI, 1.05-1.29) and selenium (RR, 0.998; 95% CI, 0.997-0.9995) were significantly associated with mortality. In 47 low-bias trials with 180 938 participants, the antioxidant supplements significantly increased mortality (RR, 1.05; 95% CI, 1.02-1.08). In low-bias risk trials, after exclusion of selenium trials, beta carotene (RR, 1.07; 95% CI, 1.02-1.11), vitamin A (RR, 1.16; 95% CI, 1.10-1.24), and vitamin E (RR, 1.04; 95% CI, 1.01-1.07), singly or combined, significantly increased mortality. Vitamin C and selenium had no significant effect on mortality.

**Conclusions** Treatment with beta carotene, vitamin A, and vitamin E may increase mortality. The potential roles of vitamin C and selenium on mortality need further study.

JAMA. 2007;297:842-857

www.jama.com

### METHODS

The present review follows the Cochrane Collaboration method<sup>17</sup> and is based on the principles of our peer-reviewed protocol and review on antioxidant supplements for gastrointestinal cancer prevention.<sup>14,15,18,19</sup> We included all primary and secondary prevention trials in adults randomized to receive beta caro-

**Author Affiliations:** The Cochrane Hepato-Biliary Group, Copenhagen Trial Unit, Center for Clinical Intervention Research, Copenhagen University Hospital, Rigshospitalet, Copenhagen, Denmark (Dr Bjelakovic, L. L. Gluud, Simonetti, and C. Gluud and Ms Nikolova); Department of Internal Medicine, Gastroenterology and Hepatology, University of Nis, Nis, Serbia (Dr Bjelakovic); and Divisione di Medicina, Ospedale V. Cervello, Palermo, Italy (Dr Simonetti).

**Corresponding Author:** Goran Bjelakovic, MD, DrMedSci, University of Nis, Department of Internal Medicine, Boulevard Dr Zorana Djindjica 81, 18000 Nis, Serbia (goranb@junis.ni.ac.yu).

Здесь уместно напомнить о целом ряде факторов и обстоятельств, которые, к сожалению, не учитываются в предложениях по применению средств фармакологической защиты при облучении в малых дозах. **Во-первых, все существующие радиопротекторы – специальные радиозащитные препараты, предназначенные для профилактики (ослабления) эффектов острых радиационных поражений (при мощностях доз выше  $5 \cdot 10^{-2}$  Гр/мин) в силу особенностей механизма их действия в условиях низкоинтенсивного облучения (когда мощности доз в сотни раз меньше), являются неэффективными, не говоря уже об их токсичности в условиях многократного и длительного применения.** Напомним, что к низкоинтенсивному излучению относятся мощности доз порядка  $1 \cdot 10^{-4}$  Гр/мин и менее, при этом малыми дозами считаются накопленные дозы до 200 мЗв [1].

**Во-вторых,** в силу особенностей метаболических параметров обмена долгоживущих радионуклидов в организме и, прежде всего, стронция-90, динамика формирования доз внутреннего облучения такова, что необходимо длительное (и не иначе!) назначение соответствующих сорбентов или сорбирующих веществ в т. н. эффективных весовых дозировках. В многочисленных экспериментальных и, особенно, в ряде клинических исследований показано, что эффективные весовые дозы ныне существующих природных или синтетических сорбентов (за исключением берлинской лазури) составляют не менее 20,0 г на приём. Это в свою очередь означает, что суточная доза сорбентов должна быть, по крайней мере, не менее 40,0 г (!), что в рамках приёма, например, пищевых добавок, таблеток или жидкостей (соков) совершенно нереально.

В-третьих, опубликованы многочисленные работы, указывающие на большую роль самых разнообразных веществ: аминокислот, витаминов, адаптогенов и др. агентов, в том числе в виде БАД в поддержании общей неспецифической резистентности организма к неблагоприятным условиям среды [12]. В тех достаточно корректных исследованиях, где их действие ассоциируется с повышением радиорезистентности организма (например, при применении рибоксина, амитетравита, аспаргината калия и магния и др.) дозы облучения экспериментальных животных отнюдь не были малыми и достигали по накопленной дозе нескольких грей, т. е. на порядки величин выше так называемых малых доз. К сожалению, прямых экспериментальных исследований, подтверждающих повышение радиорезистентности организма именно в таком диапазоне малых доз, до настоящего времени осуществлено не было и маловероятно с научной точки зрения, что при осуществлении таких экспериментов будут получены сколько-нибудь статистически надёжные данные, подтверждающие уменьшение стохастических последствий облучения (прежде всего злокачественных опухолей) в указанном диапазоне доз.

Обсуждая эту проблему мы намеренно не касаемся сложнейших вопросов экономики подобного рода мероприятий, когда в орбиту этих акций могут быть вовлечены многие десятки тысяч людей. Именно такая постановка вопроса определяется требованием реалистической оценки действительной необходимости этих мероприятий на фоне одновременно возникающих медико-биологических, гигиенических, социально-организационных и экономических проблем.

**На фоне подобного рода пессимистических соображений мы обращаем особое внимание на недопустимость ортодоксальной трактовки этого заключения.** Действительно, во всех возможных аварийных ситуациях, когда речь идёт о выбросах сравнительно короткоживущих радиоактивных изотопов иода во внешнюю среду – организация и осуществление под контролем медицинских работников научно обоснованной и отработанной методически фармакологической иодной профилактики среди населения и, тем более, профессионалов, является обязательным и наиболее эффективным элементом защиты людей во всём комплексе противоаварийных мероприятий.

И, наконец, в конкретных аварийных ситуациях и с учётом многообразия факторов и обстоятельств в качестве одной из превентивных и обязательных мер в основном применительно к контингентам аварийных работников или ограниченной группы населения, безусловно, необходима организация применения под дозиметрическим (радиометрическим) и медицинским контролем и в течение ограниченного времени – не более 30 суток – средств профилактики инкорпорации долгоживущих радионуклидов и назначения средств, повышающих радиорезистентность организма.

В этом сообщении мы практически не затрагиваем многочисленные организационные и тесно связанные с ними информационные проблемы при радиационных авариях, которые по нашему опыту и глубокому убеждению определяют эффективность действий при противорадиационной защите населения и природной среды.

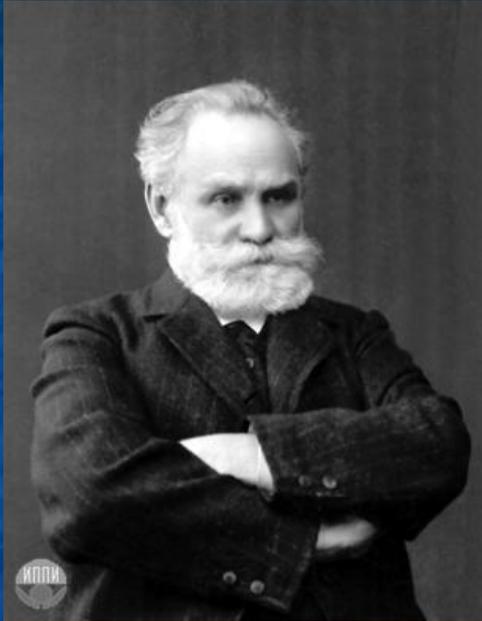
В частности, о значимости информации в подобного рода ситуациях, достаточной иллюстрацией служат последние, месячной давности, события, развернувшиеся в Санкт-Петербурге после инспирированной необъективной информации о будто бы произошедшей аварии на ЛАЭС.

В области научных исследований основная проблема – это доказательство биологических эффектов т.н. малых доз излучения, имеющих, как уже нами отмечалось, важнейшее значение для проблем прогнозов и регламентаций при радиационных авариях.

Через 10 дней на предстоящей 56-й сессии НКДАР ООН будет обсуждаться подготовленный международными экспертами проект документа по Чернобылю (итоги 20-летних исследований), в котором вновь констатируется, что все прогнозы радиационного риска в области малых доз должны считаться весьма неопределенными, особенно в случаях, когда онкологическая смертность рассчитывается на основании коллективных эффективных доз, подразумевающих незначительные облучения больших популяций, имевших место на протяжении многих лет.

МКРЗ считает неуместным пользоваться ими для прогнозирования риска, поскольку биологические и статистические неопределенности слишком велики и крайне сложно представлять подобные прогнозы властям и массовому населению достаточно точно и достоверно.

Вновь подтверждается, что с радиологической точки зрения подавляющее большинство населения может жить, не опасаясь серьезных последствий чернобыльской аварии для своего здоровья.



Ученым, посвятившим свою деятельность исследованиям в области радиобиологии, радиэкологии и радиационной медицины, и в настоящее время как нельзя кстати следует напомнить пророческие слова великого ученого Ивана Петровича Павлова, сказанные им почти 100 лет тому назад:

«... Что нам русским нужно сейчас в особенности – это пропаганда научных стремлений, обилие научных средств и страстная научная работа. Очевидно, что наука становится главным рычагом жизни народов, без нее нельзя удержать ни самостоятельности, ни тем более достойного положения в мире».

И.П. Павлов, 1914 г.

Спасибо за внимание