

ЦЕНТР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИИ

**Программа по ядерной и радиационной
безопасности
Социально-экологического Союза**

А.В. Яблоков

МИФ О БЕЗОПАСНОСТИ МАЛЫХ ДОЗ РАДИАЦИИ

**Москва
2002**

УДК 621.039
ББК 31.4
Я 13

Яблоков А.В.

Я 13 **Миф о безопасности малых доз радиации: Атомная мифология.** – М.: Центр экологической политики России, ООО «Проект-Ф», 2002. – 145 с.: 16 ил., 34 табл., 405 библиогр. назв.

ISBN 5 - 901815 - 04 - 1

Брошюра посвящена развенчанию мифа о безопасности малых доз ионизирующей радиации для человека и живой природы. На большом фактическом материале показано, что малые уровни облучения (малые дозы и низкие мощности доз), к которым раньше относились, как к совершенно безопасным (а иногда и полезным), являются причиной серьезно-го поражения организмов. Существующие нормы радиационной безопасности не учитывают этого опасного влияния и поэтому должны быть пересмотрены. Любое дополнительное к природному фону техногенное облучение может быть опасным. Защитить от радиации человека и природу могут нормы, в сотни раз более жесткие, чем существующие.

Брошюра рассчитана на читателей, интересующихся проблемами экологии, радиобиологии, атомной индустрии.

ББК 31.4

ISBN 5 - 901815 - 04 - 1

Рецензенты:

доктор биологических наук, проф. Е. Б. Бурлакова
член-корр. РАН Д. А. Криволицкий

Издание подготовлено при поддержке
благотворительной организации ИСАР

© А.В. Яблоков, 2002

© Центр экологической политики России, 2002

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к серии	7
Введение	10
Глава 1. Влияние радиации на живые организмы.....	15
1.1. Последствия облучения	15
1.2. Дозы и нормы	18
1.3. Внешнее и внутреннее облучение.....	18
1.4. Есть ли порог в действии радиации?	19
1.5. Изменчивость радиочувствительности.....	19
1.6. Синергизм в действии радиации.....	20
1.7. Радиация затрагивает все уровни строения живой материи.....	21
1.8. Радиационные нарушения передаются по наследству.....	22
Глава 2. Влияние малых уровней облучения на человека.....	24
2.1. Экспериментальные и расчетные данные.....	24
2.2. Последствия облучения в Хиросиме и Нагасаки.....	28
2.3. Последствия радиационных аварий и катастроф.....	31
2.4. Последствия ядерных испытаний.....	52
2.4.1. Семипалатинский полигон (СССР).....	52
2.4.2. Новоземельский полигон (СССР)	53
2.4.3. Полигон в пустыне Лоб-Нор (Китай)	54
2.4.4. Полигон в штате Невада (США)	54
2.4.5. Испытания на атолле Бикини (США)	55
2.4.6. Испытания в Австралии и на островах Рождества.....	56
2.4.7. Результаты глобального загрязнения от ядерных взрывов.....	56
2.5. Последствия работы предприятий атомной индустрии для населения.....	62
2.6. Последствия работы предприятий атомной индустрии для их персонала.....	71
2.7. Последствия медицинского и другого облучения населения.....	80
2.8. Влияние естественного повышенного облучения малых уровней.....	84
2.9. Заключение.....	85
Глава 3. Влияние низких уровней радиации на растения и животных.....	87
3.1. Экспериментальные данные по влиянию низкоуровневой радиации на растения и животных.....	87
3.2. Влияние повышенного радиационного фона	92
3.2.1. Изменения живых организмов на радиоактивно загрязненных территориях.....	92

3.2.2. Повышение радиорезистентности у популяций из загрязненных местообитаний.....	96
Глава 4. Современные представления о механизмах влияния малых доз радиации	98
Глава 5. Необходимость совершенствования нормирования техногенной радиации.....	104
5.1.О методологическом несовершенстве современных норм радиационной защиты.....	106
5.2. Необходимость более обстоятельного учета последствий облучения.....	108
5.3. Необходимость учета групповой и индивидуальной изменчивости радиочувствительности	112
5.3.1. Важность учета групповой изменчивости.....	113
5.3.2. Важность учета индивидуальной изменчивости радиочувствительности.....	118
5.4. Необходимость защиты всех видов организмов и компонентов экосистем.....	121
5.5. Есть ли приемлемый уровень техногенного облучения?.....	124
5.5.1. Есть ли порог в действии малых доз радиации?	124
5.5.2. Есть ли приемлемый уровень опасности в действии малых доз?.....	125
5.6. Безопасный предел доз облучения: 0,02 - 0,002 мЗв в год	130
Заключение	134
Использованная литература	137
Приложение 1. И. А. Реформатский. Основные понятия дозиметрии и практические сопоставления доз облучения.....	164
Приложение 2. Обращение группы независимых экспертов в Национальную академию наук США.....	171
Приложение 3. Сдержание других брошюр серии.....	175

ALEXEY V. YABLOKOV

MYTH ABOUT THE SAFETY OF THE LOW DOSES OF RADIATION

CONTENTS

Introduction to the Series.....	7
Preface.....	10
Chapter 1. Radiation effect on living organisms.....	15
1.1. Consequences of irradiation.....	15
1.2. Doses and Norms.....	18
1.3. Inner and Outer Irradiation.....	18
1.4. Is there a threshold for the Irradiation Effect?.....	19
1.5. Variability of Radiosensitivity.....	19
1.6. Synergistic interaction of Irradiation.....	20
1.7. All living structures can be damaged by irradiation.....	21
1.8. Radiation effects can be transferred through generations.....	22
Chapter 2. The Effect of Low doses of Low-Level Irradiation in Human	24
2.1. Experimental and theoretical data.....	24
2.2. Hiroshima and Nagasaki radiobiological consequences.....	28
2.3. Consequences of Radiation Catastrophes and Accidents.....	31
2.4. Consequences of the N-tests.....	52
2.4.1. Semipalatinsk test-site (USSR).....	52
2.4.2. Novaya Zemlia test-site (USSR).....	53
2.4.3. Lob Nohr test site (China).....	54
2.4.4. Nevada test site (USA).....	54
2.4.5. Bikini tests (USA).....	55
2.4.6. Australian and Christmas Islands N-tests (GB).....	56
2.4.7. Global Impact of N-tests.....	56
2.5. Consequences of Nuclear Industry' activities for citizens.....	62
2.6. Consequences of Nuclear Industry activities for its staff.....	71
2.7. Consequences of Medical and other irradiation.....	80
2.8. Impact of Natural High level irradiation.....	84
2.9. Conclusion.....	85

Chapter 3. The Effect of Low doses of Low-Level Irradiation in Plants and Animals.....	87
3.1. Experimental data	87
3.2. Impact of Natural High level irradiation.....	92
3.2.1. Growing mutation rate.....	92
3.2.2. Growing radio resistance of populations.....	96
Глава 4. About the mechanisms for the impact of low doses of low-level irradiation	98
Глава 5. The Need to Improve Existing radiation protection norms.....	104
5.1. Methodological deficiencies of existing norms.....	106
5.2. The Necessity of more detailed calculation of irradiation consequences.....	108
5.3. The Necessity of attention to the group's and individual variability of radiosensitivity.....	112
5.3.1. Importance of the group variability.....	113
5.3.2. Importance of individual variability	118
5.4. The Need to protect all species in ecosystems	121
5.5. Is there an acceptable level of technogenic irradiation?	124
5.5.1. Is there a threshold for low level radiation effects?	124
5.5.2. Is there an acceptable level of safety for low doses?.....	125
5.6. Safety level of irradiation is 0,02 - 0,002 mSv per year	130
Conclusion.....	134
Literature.....	137
Appendix 1. I. A. Reformatsky. Main dosimetry conceptions	164
Appendix 2. Letter to National Academy USA from international group of experts.....	171
Appendix 3. Contents of the previous brochures from the Series	175

ПРЕДИСЛОВИЕ К СЕРИИ

В последние годы в печати появляется все больше статей и выступлений, направленных на реабилитацию в общественном сознании атомной энергетики. Выполняя специальный пункт Постановления Правительства России от 21 июля 1998 года № 815 «Об утверждении Программы развития атомной энергетики Российской Федерации на 1998 - 2005 годы и на перспективу до 2010 года» о мерах по созданию благоприятного общественного климата для развития атомной энергетики, пропагандисты ядерных технологий убеждают нас в их исключительной безопасности, необходимости и экономической выгоде, добавляя при этом, что «пора забыть Чернобыль».

Атака на общественное мнение достигла такой силы, что кое-кому может и в самом деле показаться, что ядерные технологии - благо для общества. Возникла реальная опасность того, что в массовом сознании в результате настойчивой пропаганды могут возникнуть своего рода клише, такие, например, как: «Без атомной энергетики человечеству не выжить», «Атомная энергетика - экологически чистая энергетика», «Атомная энергетика - эффективный способ борьбы с изменением климата» или «Атомные программы экономически высокоэффективны», «Атомная индустрия - становой хребет России».

Эти атомные мифы опасны для России, поскольку создают обстановку, способствующую принятию недальновидных решений. И такие решения по развитию атомной энергетики уже стали приниматься (например, упомянутое выше постановление Правительства, решение Правительства от 25 мая 2000 года, одобрявшее малореалистичную стратегию развития Минатома до 2030 года). Под давлением Минатома в Правительстве и Федеральном Собрании рассматриваются предложения, в случае принятия которых будет открыта дверь в Россию для радиоактивных отходов и радиоактивных материалов других государств. Контраргументы «зеленых» не слышны в кабинетах, где принимаются решения. Поэтому первая из трех главных задач настоящей серии - информирование лиц, принимающих решения в области атомной индустрии.

Вторая задача серии - информирование «зеленого» движения и предоставление активистам-экологам аргументов и фактов в области ядерной энергетики и атомных технологий в целом.

Третья задача серии - информирование самих атомщиков («атомщиками»

называют себя сами работники Минатома России, даже в подзаголовке своей газеты «АТОМПРЕССА» они пишут: «Газета Российских атомщиков»). В их критических откликах на публикации и выступления «зеленых» по ядерным проблемам часто обнаруживается явная ограниченность только близкой каждому из них областью. Атомщики-энергетики не знают об опасных последствиях подземных ядерных взрывов, а атомщики-«бомбоделы» не знают о влиянии сверхмалых доз радиации на живые организмы. Те и другие все-речь не анализировали проблему радиоактивных отходов.

Из сказанного выше ясно, что настоящая серия - научно-практическое издание. Это обстоятельство не просто позволяет, но прямо заставляет автора не придерживаться сухого стиля изложения и широко использовать не только научные издания, но и интервью, ведомственные отчеты, сообщения средств массовой информации.

История серии брошюр, одну из которых читатель видит перед собой, такова. В сентябре 1994 года газета «Известия» опубликовала мою статью «Атомная мифология». Первый вице-премьер Правительства России официально попросил Президента Российской академии наук организовать обсуждение. Готовясь к нему, я продолжал собирать материал, и в феврале 1995 года в журнале «Новый мир» опубликовал расширенный вариант статьи. Еще одна журнальная версия книги появилась на немецком языке в 1995 году на страницах специального приложения к журналу «Шпигель» (Германия). Второе русское издание книги вышло в свет в «Бюллетене Комиссии по разработке научного наследия академика В.И. Вернадского» (№ 13, 1995) по инициативе председателя этой Комиссии А.Л. Яншина. Третье (второе книжное) издание книги появилось на свет в издательстве «Наука» в 1997 году.

При работе над четвертым изданием стало ясно, что необходимость включения нового материала резко увеличивает объем всей работы. Так возникла идея создать вместо одной очень толстой книги серию брошюр под тем же общим названием - «Атомная мифология».

Ранее мною были выделены 12 «атомных мифов»:

- о безопасности ядерных реакторов,
- об экологической чистоте атомной энергетики,
- о безопасности малых доз радиации,
- о незначительности Чернобыльской катастрофы;
- об экономической эффективности атомных программ,
- о необходимости переработки отработавшего ядерного топлива,
- о необходимости строительства АЭС,
- о решении проблемы радиоактивных отходов,
- о безопасности и эффективности подземных ядерных взрывов,

- о миролюбии атомной энергетики,
- о Минатоме как становой отрасли России,
- об объективности МАГАТЭ.

Все они с привлечением большого нового материала представлены (см. Приложение 4) или будут представлены в настоящей серии.

Подготовке первых книг «Атомной мифологии» прямо или косвенно способствовали многие десятки лиц, полный список которых приведен в издании 1997 года. В дополнение к приведенному списку я должен добавить, что глубоко признателен редактору серии И.А. Реформатскому, чьи критические замечания способствовали устранению досадных ошибок. Я особо признателен Е.Б. Бурлаковой (Москва), которая сыграла главную роль в привлечении моего внимания к проблеме малых доз и с которой я обсуждал содержание всей брошюры. По отдельным аспектам проблемы малых доз я получал советы и материал от Р.А. Алексахина (Обнинск), Р. Альвареса (R. Alvarez, США), Ю.И. Бандажевского (Гомель), К. Басби (Ch. Busby, Великобритания), Т. Белоокой (Минск), Р. Бертель (R. Bertell, Канада), Н.П. Бочкова (Москва), А.Г. Васильева (Екатеринбург), Р.И. Гончаровой (Минск), Дж. Гулда (J. Gould, США), А. Корбляйна (A. Korblein, Германия), В.М. Котлова (Москва), Е.Ю. Крысанова (Москва), И.И. Крышева (Обнинск), В.М. Кузнецова (Москва), В.И. Ларина (Москва), К.Н. Логановского (Киев), Дж. Мангано (J. Mangano, США), М. Мариотта (M. Mariotte, США), В.Б. Нестеренко (Минск), А.И. Нягу (Киев), В.В. Пашенко (Новосибирск), Л.А. Пельгуновой, Л.В. Поповой (Москва), Б.В. Пшеничникова (Киев), Б. Смирнова (B. Smirnoff, США), А.И. Таскаева (Сыктывкар), В. Тихонова (Санкт-Петербург), С. и М. Ферне (S. and M. Ferne, Франция), А.Ф. Цыба (Обнинск), В.А. Шевченко (Москва), Ж. Шерман (J. Sherman, США). Всем им я приношу глубокую благодарность, как и моим помощникам из Центра экологической политики России - Р.Д. Филипповой, И.В. Лебедевой и Д.В. Щепоткину.

Алексей Яблоков
Москва - Петрушово
Январь 2002 г.

ВВЕДЕНИЕ

Во многих научных статьях и книгах, написанных специалистами, которые связаны с атомной индустрией, утверждается принципиальная допустимость, а порой даже благотворность влияния малых уровней облучения (малых доз и малых мощностей доз)* искусственной (техногенной) радиации на живое, включая человека. В то же время увеличивается число работ, говорящих об опасности влияния любой дополнительной к естественному радиационному фону радиации (уровень фонового облучения в среднем 0,1 - 0,5 мЗв/год) на все живое.

) Малыми обычно считаются: **разовая эквивалентная доза до 0,1 Зв (10 сЗв или 100 мЗв) или 10 бэр; **поглощенная доза** до 0,1 Гр (10 сГр или 100 мГр) или 10 рад.*

Малыми (низкими) мощностями доз (доза за единицу времени) обычно считается **эффективная эквивалентная доза** до 0,1 Зв/год (100 мЗв/год), что примерно соответствует **экспозиционной дозе** 750 мкР/час.

Подробнее о дозах, их соотношениях и дозиметрии см. далее главы 1, 5, а также Приложение 1.

Атомная индустрия под самыми разными предлогами находит способы умалчивать о негативных последствиях радиационного облучения, не способствует или прямо препятствует сбору и анализу таких данных. Энтузиасты атомных технологий с помощью зависящих от них институтов и экспертов вольно или невольно стараются приуменьшить такие опасности, даже убрать их вообще из поля зрения общества. Чаще всего делается это под вполне благовидными призывами «не нагнетать радиофобию» и «оставить решение вопросов специалистам». Однако сегодня страшнее не радиофобия (то есть необоснованный страх перед радиацией), а «радионигилизм» - совершенно недостаточный учет опасного влияния ионизирующей радиации на живые существа и, в том числе, на человека.

Поскольку искусственная радиация самыми разными путями все активнее вторгается в жизнь Человечества (кроме атомной энергетики, это и медицина, и пищевая промышленность, и строительство, транспорт, оборона и многое другое), хотя бы из чувства самосохранения мы должны вовремя обнаруживать возможные опасности.

«Министерство энергетики США и американские правоохранительные органы начали расследование в связи с новым скандалом, связанным с обвинениями со стороны бывших работников военных предприятий по переработке урана и оружейного плутония. Они утверждают, что во время демонтажа старого оборудования на этих предприятиях, а также после уничтожения на них выработавших свой срок ядерных бомб и боеголовок, в утилизацию направлялись золото, никель и другие ценные металлы, которые не проверялись на радиоактивное заражение и могли попасть в гражданский сектор зараженными... Если на вашем пальце окажется обручальное кольцо, сделанное из этих золотых частиц, вы за одни час получите дозу радиации в два раза больше, чем все остальные 5.3.1. люди получают в течение года», - сообщил журналистам адвокат Джозеф Эган, представляющий интересы работников ядерных предприятий. В судебных материалах указывается также, что радиоактивный никель мог оказаться в сплавах, использующихся в бытовых предметах и кухонной утвари, и даже в металлических пластинках, широко использующихся при выправлении зубов у детей».

РИА - ГОРЯЧАЯ ЛИНИЯ: «В США разразился скандал вокруг радиоактивного золота, которое из демонтированных ядерных боеголовок могло попасть в золотые слитки, обручальные кольца и даже в национальный золотой запас США в «Форт-Ноксе».

Вашингтон, 14 августа 1999 г., корр. РИА «Новости» А. Орлов.

Лучший способ борьбы с радиофобией - распространение сведений о реальных опасностях и фактах, связанных с радиационным воздействием. Это должны делать не только атомщики. Оставить этот вопрос на откуп специалистам, оплачиваемым атомной индустрией, для общества опасно. Такие специалисты уже допустили и страшные радиационные катастрофы, и общее опасное радиационное загрязнение биосферы, и много раз были «схвачены за руку» при попытках скрывать неудобные для атомной индустрии факты. Кроме того, и самые лучшие специалисты часто забывают, что имеющиеся знания всегда будут лишь ручейками в море незнания. Именно поэтому так важны «непрофессиональные» вопросы со стороны, важна точка зрения специалистов других областей и - главное! - лиц, не связанных материально с атомной индустрией.

«...дозиметрический контроль обнаружил у пришедшего на работу специалиста превышение радиационного фона в 2 - 3 раза против нормы. В центре Санэпиднадзора, куда отправили бедолагу, подтвердили, что источник излучения находится в желудке этого человека».

Обеспокоенный случившимся ядерщик припомнил, что накануне был в гостях, где его... угостили вкусной лосятиной... В центре Санэпиднадзора фарш из лосятины проверили и были шокированы - уровень содержания цезия в мясе превышал его обычное содержание в мясе диких животных в полторы тысячи раз! Обследовали часть тех гостей и хозяев, которые лакомились лосятиной - результат оказался аналогичным».

«Превышение радиационного фона в 2 - 3 раза обнаружено у пришедшего на работу жителя города уральских атомщиков Озерска». ОЗЕРСК (Челябинская область), 24 февраля 2001 г., корр. ИТАР-ТАСС Е. Ткаченко

Органы чувств человека не способны обнаружить радиацию, которая для нас не имеет ни цвета, ни вкуса, ни запаха (некоторые животные - например, крысы, тараканы, муравьи, - способны каким-то образом улавливать действие радиации). Уже поэтому проблема малых доз может в любой момент неожиданно коснуться любого из нас. Не ведая того, мы можем попасть под выбросы АЭС (влияние АЭС инструментально прослеживается на многие десятки километров вокруг) или можем столкнуться с радиацией от бездумно выброшенных радиоактивных материалов. Например, недавно радиоактивное облачко, образовавшееся в результате случайной переплавки ампулы с цезием-137 из какого-то старого датчика на сталелитейном заводе в испанском городке Альхесирас, затронуло огромные территории Италии и Франции. Малая толика таких примеров «радиации вокруг нас» приведена в *таблице 1*.

Таблица 1
Примеры случайного загрязнения среды малыми дозами техногенной радиации

Источник загрязнения	Место	Величина	Источник загрязнения
Радиоактивный металлолом (железные трубы)	Украина, Керченский торговый порт	В 100 раз выше среднего фонового уровня	ТАСС - Единая лента новостей, 07.05.98
Цезий-137 в переплавленном металлоломе	Испания, Завод в Альхесирас	Облако с уровнем радиации в 1000 раз выше фонового, распространилось на Италию, Швейцарию и Францию	РИА - Горячая линия, 17.06.98; 19.06.98

Алюминиевый шлам	Россия, завод по производству автозапчастей в Саранске	3 000 мкР в час (в 200 - 300 раз выше среднего фонового)	ИНТЕРФАКС, 30.07.98
250 участков радиационного загрязнения	Московская область, выявлено на старых свалках за 1998 год	В десятки и сотни раз выше среднего фонового уровня	Деряга, 1999
Циркониевый концентрат	Россия, Оренбург. Сырье для керамики с Украины	Уровень альфа- и гамма-излучения в несколько раз выше среднего фонового	ТАСС - Единая лента новостей 07.02.00
Радиоактивный металлолом	Россия, Хабаровск. Завод «Мирметалл»	В 30 - 50 раз выше среднего фонового уровня (500 мкР в час)	ТАСС - Единая лента новостей. 05.05.98
В металлоломе вскрытый контейнер с кобальтом-60	Таиланд, г. Самут-Пракан	Лучевая болезнь не менее чем у 15 человек	The Nation (Bangkok) 19.02.00
	Китай, г. Фуян	Лучевая болезнь у двух рабочих	Hu Meidong, 2001
50 - 70 участков радиационного загрязнения	В Москве ежегодно выявляются и ликвидируются	В десятки и сотни раз выше среднего фонового уровня	Яблоков, 1997
Бочки с отходами после извлечения редкоземельных элементов	Свердловская область	В 130 - 200 раз выше среднего фонового уровня (2000 мкР в час)	Авдеев, 1999
Трубы с нефтепромыслов	Самарская область, г. Отрадный	В 200 - 300 раз выше среднего фонового уровня (4 000 мкР в час)	Бондаренко, 1999

Специалисты летом 1998 года успокаивали публику в Италии и Франции, говоря, что самые высокие дозы при этом были не больше, чем во время медицинской рентгенографии. Но они забывали напомнить, что, начиная с 1995 года, в Европейском Союзе беременным, например, официально не рекомендуется проходить какие-либо рентгеновские исследования. Тысячи случаев случайного техногенного низкоуровневого радиационного загрязнения среды остаются необнаруженными, и мы только удивляемся неведь откуда свалившимся на нас головными болями, перепадами давления и другими недомоганиями.

«По данным Госсанэпиднадзора России средняя дозовая нагрузка на жителя России составляет 1.2 - 1.5 мЗв/год, в Москве в 1997 - 1998 годах эффективная доза на душу населения составила 1.82-1.95 мЗв/год, в большинстве западных стран средняя эффективная доза составляет 0.4-0.6 мЗв/год».

«Новая медицинская газета», http://nmgazette.narod.ru/our_sanutation.html). Госсанэпиднадзор РФ - вооружен и очень опасен. (Архив НМГ, 2001 г.)

Среди атомщиков культивируются лозунги вроде: «радиофобия страшнее радиации», «чем меньше человек знает о радиации, тем легче он переносит ее воздействие». Согласиться с такими средневековыми взглядами никак нельзя, тем более что отсюда делается вывод о том, что причиной страданий и заболеваний миллионов людей оказывается вовсе не радиация, а ... средства массовой информации и критики атомщиков!

Структура брошюры следующая. В первой главе приводятся общие сведения о влиянии радиации на живые организмы. Во второй главе рассматриваются известные эффекты влияния малых уровней радиации на человека, а в третьей главе - на другие живые организмы. Короткая четвертая глава содержит описание возможных механизмов влияния малых доз. В пятой, заключительной главе обсуждается проблема несовершенства существующего нормирования техногенной радиации. Поскольку в области низкоуровневой радиации к настоящему времени опубликованы десятки тысяч работ, а настоящая брошюра - не научная монография, то приводимые мною по тексту ссылки являются, как правило, лишь примерами.

Глава 1

Влияние радиации на живые организмы

Ионизирующая радиация называется «ионизирующей» потому, что при прохождении через любое вещество заряженных (электроны) или нейтральных (нейтроны) частиц, а также квантов электромагнитного излучения происходит ионизация: электрически нейтральные атомы и молекулы возбуждаются, и возникают положительные и отрицательные ионы и свободные электроны. Действие ионизирующего излучения существенно отличается от действия химических веществ тем, что радиация не может «растворяться» (Остапенко, 2001) до все более низкой концентрации, переданная энергия (ионизация) концентрируется вдоль трека электрона, нейтрона или кванта электромагнитного излучения, и эту локальную концентрацию энергии нельзя уменьшить. Поэтому радиационное загрязнение - самое опасное для живых существ.

Влияние ионизирующей радиации (далее просто «радиации») на живые организмы разнообразно, и наши знания в этой области постоянно расширяются.

1.1. Последствия облучения

В течение многих лет после открытия радиации основным поражающим воздействием облучения считалось лишь покраснение кожи. До пятидесятых годов XX века основным фактором непосредственного воздействия радиации считалось прямое радиационное поражение некоторых органов и тканей: кожи, костного мозга, центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта (так называемая острая лучевая болезнь).

Одним из первичных эффектов облучения живой ткани является разрыв молекул белка и образование новых молекул, чуждых организму. Эти продукты тканевого распада - чуждые молекулы - уничтожаются антителами, которые вырабатываются некоторыми лейкоцитами (белыми кровяными клетками). Защищаясь от продуктов распада, организм до какого-то предела способен увеличивать число лейкоцитов (образование повышенного числа лейкоцитов называется лейкоцитозом). При дальнейшем действии радиации образующиеся в большом числе для борьбы с чужеродными белками антитела не успевают созреть, и наступает лейкоз или лейкемия - опухолевое системное поражение крови.

К началу шестидесятых годов выяснились, что многочисленные облучения могут сказаться не сразу, а через несколько (иногда несколько десятков) лет. Этот так называемый латентный (скрытый) период оказывается разным для разных видов рака (табл. 2), для нарушений кровообращения, шизофрении, катаракты и других заболеваний, вызываемых радиацией.

Таблица 2
Латентный период для некоторых заболеваний после разового облучения в Хиросиме и Нагасаки (Edwards, 1998)

Заболевание	Массовое проявление
Лейкемия (рак крови)	через 5 лет
Рак щитовидной железы	через 10 лет
Рак груди и легких	через 20 лет
Рак желудка, кожи, прямой кишки	через 30 лет

Вот более близкий пример. Расчет онкозаболеваемости после радиационной катастрофы в 1957 году на Южном Урале показал, что максимум заболеваний всеми формами рака ожидается (Жуковский, Павлюк, 2000) для мужчин в 2012 - 2020 гг. (через 55 - 63 года), для женщин - в 2016 - 2024 гг. (через 49 - 67 лет).

Перечень становящихся известными отдаленных последствий облучения постоянно растет.

Основные отдаленные последствия ионизирующего облучения

- *возникновение злокачественных новообразований (раков) практически любых органов (у человека это чаще всего рак крови (лейкемия), кожи, костей, молочной железы, яичников, легких и щитовидной железы);*
- *нарушения генетического кода (мутации в половых и других клетках);*
- *развитие иммунодепрессии и иммунодефицита и, как результат, повышение чувствительности организма к обычным заболеваниям;*
- *нарушение обмена веществ и эндокринного равновесия;*
- *поражения органов зрения (помутнение хрусталика и возникновение катаракты);*
- *возникновение временной или постоянной стерильности (поражения яйцеклеток, сперматозоидов) и развитие импотенции;*
- *органические поражения нервной системы, кровеносных и лимфатических сосудов в результате гибели медленно размножающихся клеток нервной ткани и эндотелия (выстилки сосудов);*
- *ускоренное старение организма;*
- *нарушения психического и умственного развития.*

Доказательствам того, что те или иные заболевания могут быть связаны с радиацией, посвящены многочисленные научные дискуссии. Обильный материал для таких дискуссий, кроме тысяч и тысяч специальных экспериментальных исследований на животных и растениях, дает изучение послед-

ствий радиационных аварий и катастроф, атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки в 1945 году, последствий производства и испытаний тысяч атомных бомб СССР, США, Великобританией, Францией и Китаем, данные по последствиям рентгенодиагностики и рентгенотерапии.

Под давлением фактов постепенно официально признается связь с радиацией все большего круга заболеваний. Показательны в этой связи последние официальные российские и американские перечни заболеваний, возникновение или обострение которых обусловлено воздействием радиации.

«Перечень заболеваний, возникновение или обострение которых обусловлено воздействием радиации ...

1. Острая и хроническая лучевая болезнь; 2. Лучевая катаракта; 3. Местное лучевое поражение; 4. Миелоидный лейкоз; 5. Эритромиелодисплазия; 6. Апластическая анемия; 7. Злокачественные лимфомы; 8. Миеломная болезнь; 9. Рак щитовидной железы; 10. Рак трахеи, бронхов, легкого; 11. Рак пищевода; 12. Рак желудка; 13. Рак толстой кишки; 14. Рак мочевого пузыря; 15. Рак молочной железы; 16. Рак яичников и яичка; 17. Рак почки; 18. Рак кожи; 19. Злокачественные опухоли костей и суставных хрящей; 20. Злокачественная опухоль мозга; 21. Другие онкологические заболевания».

Из приложения «Перечень заболеваний, возникновение или обострение которых обусловлено воздействием радиации вследствие аварии 1957 года на территории производственного объединения «Маяк» и сбросов радиоактивных отходов в реку Теча» к совместному приказу Министерства здравоохранения РФ и Министерства труда и социальной защиты РФ от 12 января 2000 г. № 6/9 («Российская газета», 16 февраля 2000 г.).

«Перечень заболеваний, обусловленных воздействием радиации, для компенсации государством ущерба здоровью в США

1. Лейкемия; 2. Рак легких; 3. Рак щитовидной железы; 4. Рак молочной железы (у мужчин и женщин); 5. Рак пищевода; 6. Рак желудка; 7. Рак гортани; 8. Рак тонкого и толстого кишечника; 9. Рак поджелудочной железы; 10. Рак желчных протоков; 11. Рак слюнных желез; 12. Рак мочевого пузыря; 13. Рак печени; 14. Рак почек и хронические почечные заболевания, 15. Рак мозга. 16. Рак яичников».

Из Закона США 2000 года о компенсации за полученное радиационное облучение («Radiation Exposure Compensation Act Amendments of 2000» S.1515) в размерах до 100 тыс. долларов, который распространяется на занятых в атомной промышленности (в том числе шахтеров), лиц, связанных с переработкой и транспортом урана, а также на проживающих с подветренной стороны от атомных предприятий («down winders») и вокруг мест испытания атомного оружия (Hatch, 2000; Desert, 2001).

Возникновение подобных перечней - яркое признание того, что в свое время принимавшиеся нормы радиационной безопасности были совершенно недостаточными.

1.2. Дозы и нормы

Несколько десятилетий - вплоть до начала пятидесятих годов - для измерения количества радиации использовалась единица экспозиционной дозы «Рентген» (Р). Один рентген соответствовал эффекту действия одного грамма радия за час на расстоянии одного метра и обнаруживался по покраснению кожи руки.

Потом выяснилось, что огромную роль в лучевом поражении играет не только количество ионизирующего излучения, поглощенного телом («поглощенная доза», измеряемая в «Греях») ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Джоуль энергии, поглощенный массой } 1 \text{ кг}$), но и качество ионизирующего излучения. Качество излучения определяется линейной плотностью ионизации (линейной передачей энергии - ЛПЭ). Пока считается, что ЛПЭ бета-, гамма- и рентгеновского излучения сходно, и оно принимается за единицу, ЛПЭ медленных нейтронов - 5, обычных нейтронов - 10, а ЛПЭ альфа излучения и сверхбыстрых нейтронов - 20. Поэтому пришлось ввести понятие «эквивалентной дозы» - поглощенной дозы, умноженной на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения.

Выяснилось также, что разные органы и ткани имеют различную чувствительность к радиации. Наименее чувствительны кожа и поверхность костей (взвешивающие коэффициент 0.01), наиболее чувствительны - яичники и семенники (взвешивающие коэффициент 0.20). Поэтому пришлось ввести понятие «эффективной дозы» - мера риска возникновения отдаленных последствий облучения для всего тела человека или отдельных его органов с учетом этих взвешивающих коэффициентов.

1.3. Внешнее и внутреннее облучение

Кроме внешнего облучения, есть внутреннее облучение, вызываемое радионуклидами, поступившими в организм с пищей, водой, атмосферным воздухом и через кожу. Внутреннее и внешнее облучение в конкретных условиях радиоактивного загрязнения территорий могут различаться в сотни раз, при этом выше или ниже может быть и внутреннее, и внешнее облучение.

Разные радионуклиды по-разному задерживаются и концентрируются в разных органах и тканях (инкорпорированные - «включенные в состав» - радионуклиды). Время выведения половины поглощенного радионуклида из организма - период «биологического полураспада» - свое для каждого радионуклида.

Внутреннее и внешнее облучения действуют различно. Например, после внутреннего альфа-облучения, вызванного инкорпорированным плутонием (Базыка и др., 2001), эффективность восстановления одонитевых разрывов ДНК оказывается существенно ниже, чем после внешнего гамма облучения такой же силы (подробнее см. главу 5).

1.4. Есть ли порог в действии радиации?

Шведский радиобиолог Р.М. Зиверт в 1950 году пришел к заключению, что для действия радиации на живые организмы нет порогового уровня, то есть любая, сколь угодно малая доза дополнительного облучения вызывает какой-то эффект. При облучении в больших дозах поражения неизбежно возникают у каждой особи (это так называемый детерминированный, т. е. определенный эффект). При облучении в малых дозах эффект будет стохастическим (случайным), т. е. изменения среди группы облученных обязательно возникнут, но у какой именно особи - заранее определить невозможно. Поскольку радиация может нарушать работу любых систем органов, стохастические эффекты оказываются бесконечно разнообразными. В следующих разделах брошюры приводится немало тому примеров.

К настоящему времени беспороговая концепция общепризнана (BEIR V, 1990; UNSCEAR, 1988, Shimizu et al., 1992; Upton et al., 1992, обзор см.: Kohnlein, Nussbaum, 1998)

1.5. Изменчивость радиочувствительности

Существуют значительные различия в радиочувствительности у разных людей. Известно, например, что дети и пожилые люди в большей степени подвержены воздействию радиации. Существует значительная изменчивость радиочувствительности в любой возрастно-половой группе: примерно четверть всех людей обладает повышенной радиочувствительностью, а около 20% - пониженной (подробнее см. гл. 5). Атомщики, которые с гордостью утверждают, что они бесследно для себя перенесли большие дозы облучения, говорят только часть правды. Вся же правда состоит в том, что многие другие их коллеги, получившие такие же дозы, и заболели, и погибли.

В *таблице 3* в качестве примера изменчивости радиочувствительности приведены данные по изменчивости радиочувствительности с возрастом.

Таблица 3
Вероятность развития лейкемии (рака крови) в зависимости от возраста облученных (Sumner et. al., 1991, p.146)

Возраст облучения	Вероятность лейкемии на дозу в один Зиверт
В утробе матери	0,0125
До 10 лет	0,0065
От 11 до 24 лет	0,0035

Из данных таблицы 3 видно, что вероятность заболеть раком крови при облучении эмбриона или плода еще в утробе матери почти в четыре раза выше, чем при таком же уровне облучения молодого человека в возрасте 11 -

24 лет. При анализе данных этой таблицы надо учесть, что она составлена на основании неполных данных медицинского регистра, с недоучетом большого числа случаев лейкозов в 1945 - 1949 годах - в первые годы после атомной бомбардировки (Bertell, 1985, 2000). Поэтому расчетные вероятности должны быть существенно большими.

Особенно чувствительны к действию радиации развивающиеся зародыши и плоды млекопитающих и человека. Среди основных последствий такого воздействия (по С.П. Ярмоненко, 1988):

- гибель плода, новорожденных или младенцев;
- отсутствие (анцефалия) и/или уменьшение размеров (микроцефалия) головного мозга и черепно-мозговых нервов;
- заболевания мозга (нейробластома, водянка); умственная отсталость и идиотия;
- отсутствие или недоразвитие одного или обоих глаз (анофтальмия, микрофтальмия), поражение (вплоть до отсутствия) хрусталика; поражение радужной оболочки, сетчатки; незакрывающиеся веки, косоглазие, дальность зрения, врожденная глаукома;
- нарушения роста и формы тела: карликовость, задержка роста и снижение массы тела; изменение формы черепа и грудной клетки;
- деформация и атрофия конечностей; врожденный вывих бедра; сращивание и расщепление фаланг пальцев;
- нарушения в расположении и строении зубов;
- нарушения в развитии (вплоть до отсутствия) и расположении внутренних органов (сердца, почек, яичников, семенников и др.).

О других формах и типах изменчивости радиочувствительности подробнее говорится в главе 5.

1.6. Синергизм в действии радиации

Эффект радиации может многократно усиливаться при ее воздействии одновременно с другими факторами среды - химическими (пестициды, тяжелые металлы, диоксины и др.) и физическими (электромагнитные, температурные воздействия) загрязнениями (Петин, 1999; и мн. др., обзор см. Яблоков, 2001 а, раздел 4.2.3.). Оказалось, например, что малые количества пестицидов могут усиливать действие радиации. То же самое происходит при действии радиации в присутствии небольших количеств ртути (Mergu..., 1994). Недостаток селена в организме усиливает тяжесть радиационного поражения. Известно, что у курильщиков, подвергающихся облучению в 15 мЗв/год, риск заболеть раком легких возрастает более чем в 16 раз по сравнению с некурящими (Anderson, 1991). Известно также, что на фоне небольшого по величине хронического облучения разовое кратковременное дополнительное облучение дает эффект, много более значимый, чем при простом суммировании этих доз (Москалев, Стрельцо-

ва, 1987). Возможно, эффект такого взаимодействия радиации с другими факторами риска основан на сенсibilизации (повышении чувствительности) организма, испытывавшего воздействие малых доз облучения к химическим мутагенам и канцерогенам (Корогодин, 1990). В таблице 4 приведены некоторые из множества примеров синергизма в действии радиации.

Таблица 4
Примеры сочетанного (синергического) действия радиации

(по: Кудяшова и др., 2000; Ермакова, Роскоша, 2000; Ракин, 2000; Шапошников, 2000)

Объект	Синергический фактор	Характер реакции
Пероксидантный баланс печени, 1,6 сГр*	Нитрат свинца, 0,01 - 0,03 г/кг массы	Усиление поражений до 2,6 раза
Морфо-функциональные перестройки щитовидной железы, 1,4 - 4,3 сГр*	Нитрат тория, 0,03 - 0,3 г/кг массы	Повышение активности при 1,4 сГр и ее понижение при 4,3 сГр
Аномальные сперматозоиды, транслокации, эмбриональная смертность, 1,8 - 5,4 сГр*	Нитрат тория, 0,03- 0,3 г/кг массы	Антагонистический эффект
Атрофия гонад, 60 - 80 сГр*	Скращивание особей с разными цитотипами	Усиление уровня стерильности

*белые мыши (облучение Ra-226)

***Drosophila melanogaster*

1.7. Радиация затрагивает все уровни строения живой материи

Радиация затрагивает все без исключения живые системы, начиная с молекулярного и кончая биосферным уровнем.

Схема череды последствий ионизирующей радиации на живое

Возбуждения на атомном уровне. Ионизация (вдоль трека электрона, нейтрона или фотона).

Радиолиз молекул воды и простых органических молекул.

Повреждения клеточных мембран.

Возникновение мутаций на молекулярном (генном) уровне (разрывы одной и двух цепочек ДНК).

Разрыв сложных органических молекул (белков) и образование чужеродных белков.

Окисление липидов. Нарушение синтеза белков. Инактивация ферментов.

Поражения внутриклеточных структур. Мутации на хромосомном уровне (хромосомные aberrации).

Нарушение функционирования и гибель отдельных клеток. Мутации на геномном уровне (изменение числа хромосом). Возникновение геномной нестабильности.

Накопление продуктов тканевого распада. Нарушение функционирования и повреждение тканей и органов (в том числе возникновение раков). Нарушение эндокринной и иммунной систем.

Нарушение функционирования и гибель особей (сначала более радиочувствительных).

Увеличение дисперсии по разным признакам и уменьшение устойчивости популяции (возникновение популяционной генетической нестабильности).

Нарушение генетической структуры популяции и гибель популяции (сначала более радиочувствительных).

Нарушения структуры и работы экосистем, ухудшение здоровья среды.

Вымирание видов (сначала более радиочувствительных), сокращение биоразнообразия, разрушение биосферы.

1.8. Радиационные нарушения передаются по наследству

Начиная с работ Г. Меллера двадцатых годов прошлого века известно, что все три основных типа мутаций, возникшие при радиационном воздействии (генные, хромосомные и геномные) передаются через половые клетки в чреде поколений. Даже один радиоактивный атом может стать причиной мутации (Timofeeff-Ressovsky et al., 1935; Goffman, 1990; Hei et al., 1997). Исследования второго - третьего поколений жертв ядерных бомбардировок в Хиросиме и Нагасаки, лиц, облученных в Южно-Уральской и Чернобыльской катастрофах и вокруг Семипалатинского полигона, современными молекулярно-генетическими методами обнаружили многочисленные передающиеся по наследству изменения в ДНК и хромосомах (Вейнберг и др., 1999; Dubrova, 2001; Dubrova et al., 1996; Сусков и др., 2001 и др.). Оказалось также, что потомки облученных родителей обнаруживают также и другие нарушения, например, иммунологические (Власова и др., 2000).

В повреждении наследственности состоит самое главное отличие в действии радиации. Атомщики часто говорят, что ежегодно под колесами автомоби-

лей гибнет много больше людей, чем от радиации. Они умалчивают, что действие радиации бесконечно опаснее гибели в любой катастрофе, поскольку ставит под угрозу бессчетное количество будущих поколений. В результате развития атомной индустрии за последние полвека происходит накопление до поры до времени скрытых мутаций. Когда уровень мутаций в популяциях человека и других живых существ достигнет критического, вымирание популяции может оказаться неизбежным.

Выше были перечислены основные особенности действия радиации на живое, не вызывающие сегодня больших споров ни среди атомщиков, ни среди других специалистов. На рис. 1 схематически обозначены основные пути и последствия воздействия радиации на организм человека.



Рис. 1. Пути и основные последствия радиационного поражения организма человека

Признавая эти негативные последствия действия радиации, атомщики постоянно подчеркивают, что они связаны только с большими дозами и большими мощностями доз, а при низких уровнях облучения положение совершенно иное. Однако, как показано в следующих главах, это не так: низкоуровневая радиация оказывается сильнодействующим фактором.

Глава 2

Влияние малых уровней облучения на человека

То, что основные споры в радиобиологии и радиэкологии по влиянию радиации касаются малых уровней облучения (малых доз и малых мощностей доз), не случайно. Ведь если правы те, которые считают влияние малых доз существенным, то современную атомную индустрию (даже при ее безаварийной работе) следует признать опасной. Более детальный анализ «атомных» рисков в сравнении с рисками в других областях человеческой деятельности дается в двух других брошюрах этой серии (Яблоков, 2000а, 2001а).

Несмотря на то, что в XX веке получено множество фактов, связанных со здоровьем облученных по тем или иным причинам миллионов людей (медиков, использовавших рентгеновские лучи, и их пациентов; работников оборонной промышленности и военных, связанных с производством, испытанием и применением ядерного оружия; работников атомной энергетики; людей, пострадавших в результате различных радиационных аварий и катастроф), споры о влиянии малых доз радиации лишь делаются все горячее. С одной стороны, эти споры отражают объективное накопление и углубление наших знаний. С другой стороны, они отражают субъективное желание атомной индустрии приуменьшить опасные последствия своей деятельности.

Рассмотрим как прямые, так и косвенные данные по влиянию низких уровней радиации на человека.

2.1. Экспериментальные и расчетные данные

В таблицах 5 и 6 приведены некоторые данные по влиянию малых уровней радиации на человека.

Таблица 5
Примеры влияния искусственной радиации в малых дозах

Поглощенная доза, сГр	Последствия облучения
25	Временная (на 2 - 6 мес.) стерильность женщин при разовом внешнем облучении. Гибель от рака 1 человека из 100 при суммарном облучении за 70 лет (Danby, 1993)
15	Начало угнетения сперматогенеза у человека. Развития умственной отсталости при разовом облучении в

	утробе в период 8 - 15 недель после зачатия (Рябухин, 2000). Клинически значимое подавление кроветворения в красном костном мозге человека при разовом внешнем облучении (Колышкин, Рыбальский, 1995)
10	Снижение числа сперматозоидов у человека на период до 1 года при разовом внешнем облучении; возникновение уродств у новорожденных (Москалев, Стрельцова, 1978) Увеличение риска смерти от лейкемии на 22 % при суммарном облучении за 70 лет (JARC..., 1994) Повышение проницаемости капилляров руки и фазное изменение кожного сопротивления (Ушаков, Карпов, 1997) Оксидантные повреждения липидов, нарушения свойств клеточных мембран (Volpe, 1999)
5,7 - 21,3	Удвоение числа хромосомных нарушений у рыжей полевки (Смолич и др., 2001)
3 - 10	Увеличение частоты aberrаций хромосом в лимфоцитах, дицентриков и кольцевых хромосом (Lloyd et al., 1988; Polf-Ruling et al., 1983; цит. по: Рябухин, 2000)
9	Учащение случаев возникновения рака щитовидной железы (Ron et al., 1989; цит. по: Рябухин, 2000)*
5	Поражение вилочковой железы человека (Neta, 1992; цит. по: Рябухин, 2000). Смертность от солидных раков в группе получивших дозы 6 - 19 сГр выше, чем в группе, получившей 0-5 сГр Появление врожденных пороков развития у человека (Мельнов, 2001, по Miller, 1976)
4	Повышение смертности от разных раков при суммарном внешнем облучении за 30 лет, сравнительно с необлученным персоналом (Radiation..., 1991)
3 - 5	Вдвое большее число неблагоприятных исходов беременности, чем в контроле (Ижевский, 2001)
1,6	Дополнительные случаи лейкемии у человека (Carter, 1993)
1	Улавливаемые существующими методами изменения биохимических процессов в клетке (Бурлакова и др., 1996; Spitkovsky, 1993). Ускорение полового созревания девочек - появления менструаций (Москалев, Стрельцова, 1978). Увеличение числа мертворождений (Москалев, Стрельцова, 1978).

	Повышение частоты aberrаций в лимфоцитах* при использовании йода-131 с диагностическими целями (Яковлева, 1984; по: Москалев, Стрельцова, 1978). 50 - 350 наследственных аномалий в первом поколении на 1 млн. новорожденных (Шевченко, 1989). Сокращение продолжительности жизни на 1 - 30 суток (Ушаков, Карпов, 1997). Поражения головного мозга новорожденных при облучении в утробе (Schull et al., 1991). Увеличение смертности от всех раков на каждые 10 мЗв, полученные после 45 лет; через 10 лет - на 4,98 %; через 20 лет - на 7,3 % (Richardson, Wing, 1999)
0,5	Эффект фосфена (блестки в глазах) у человека (Ушаков, Карпов, 1997)
0,1 - 0,4	Повышение разницы между порогом исчезновения светового ощущения под влиянием электрического раздражителя в эксперименте (Ушаков, Карпов, 1997)
0,2	Порог вероятности возникновения уродств у новорожденного при облучении области живота матери (Principles..., 1993)
0,005 - 0,0007	Величина аппроксимирующих минимально действующих доз (Зайнуллин, 1998)

*Существует связь между частотой aberrаций и числом случаев рака и смертностью (Ллойд, 2001).

Читатель! ВНИМАНИЕ! **

«Многолетние клинические наблюдения свидетельствуют: облучение в дозе 0,25 Гр не приводит к заметным изменениям в организме...»

Проф. И.Я. Василенко, руководитель медико-биологических исследований на Семипалатинском полигоне (из статьи «Риски, связанные с ликвидацией ядерных боеприпасов». Бюлл. по атомной энергии, 2001, № 10, с. 58).

**** Это обращение здесь и далее предваряет цитаты атомщиков, содержащие заведомо неверные положения**

Таблица 6

Примеры влияния искусственного низко-интенсивного облучения

Мощность эквивалентной дозы, мЗв/год	Последствия облучения
50	Сокращение продолжительности жизни "среднего человека" на 15 мес. при облучении на протяжении 5 лет (Grahn et al. по: Москалев, Стрельцова, 1978).

	Отклонения в соотношении роста, объема грудной клетки и веса тела у детей, облученных в утробе (Ларин, 1994).
25	Увеличение на треть уровня заболеваемости раком поджелудочной железы, легких, костного мозга и множественной миеломы (Schneider, 1990)
20	Ежегодная дополнительная смерть от рака 1 человека из 1250 (Green, 1991). Потеря к 70 годам полугодия жизни (Strather, 1991).
10	Снижение неспецифической резистентности организма (Колышкин, Рыбальский, 1995). Увеличение смертности от лейкемии (на 2 % через 20 лет), смертности от рака (на 5,9 % для облученных до 45-летнего возраста; Wing et al., 2000).
5	Увеличение числа случаев лейкемии среди молодых белых сотрудников (заболеваемость получивших менее 5 мЗв\год на 63 % выше, чем в среднем по США для той же группы; (Wing et al., 2000)
4,7 (в течение пяти лет)	Меньше лейкоцитов, лимфоцитов, сегментоядерных нейтрофилов в периферической крови, более низкие значения содержания иммуноглобулинов А, М и G у мужчин среднего возраста 36,5 лет сравнительно с той же возрастно-половой группой, получивших облучение 0,5 мЗв (Иванов и др., 2001)
1	Потеря 18 дней жизни к 70 годам (Strather, 1991); Считающийся допустимым предел дозы искусственного внешнего облучения для населения (МКРЗ, 1990; НРБ-99).
0,1	Допустимый предел дозы искусственного облучения в ряде штатов США (Aubrey et al., 1990)
0,02 мЗв\год	Допустимый верхний предел искусственного облучения для населения (обоснование см. в гл. 5)

Показано, что повышение концентрации цезия-137 в теле ребенка с 5 (в норме) до 11 Бк на килограмм веса тела отражается на изменении электрокардиограммы (Bandazhevsky, Bandazhevskaja, 2001). Влияние инкорпорированных (включенных в организм и его части) радионуклидов оказывается очень значительным. Небольшие дозы и мощности доз, полученные орга-

низмом в целом, не соответствуют локальным концентрациям энергии и значительным поражениям отдельных органов и структур (Бандажевский. 2001).

Можно считать твердо установленным, что поглощенная доза ниже 10 сГр и эквивалентная доза ниже 10 мЗв оказывают разнообразное негативное влияние на организм человека.

2.2. Последствия облучения в Хиросиме и Нагасаки

Известно, что изначально все официально принятые расчеты влияния малых доз радиации на человека получены по результатам наблюдения за жителями Хиросимы и Нагасаки, пережившими атомные бомбардировки августа 1945 года. Эти данные весьма ненадежны по следующим четырем причинам:

1. Значительная неопределенность при реконструкции исходных уровней облучения. Величина полученных доз восстанавливалась на основании рассказов переживших атомную бомбардировку («хибакуси») о том, как далеко каждый находился от эпицентра взрыва. Точность этих оценок (77% получили дозы менее 0,1 Зв; см. Рябухин, 2000) очень невысока. Оказалось, например, что одни и те же люди, опрошенные в последующие годы, «оказывались» все ближе и ближе к эпицентру (Аклеев, Фонотов, 1995). Разгадка в том, что от величины полученной дозы зависела величина материальной помощи, получаемой ими от правительства. Кроме того, сама реконструкция доз была выполнена в Ок-Риджской лаборатории Министерства энергетики США некачественно, а первичные рабочие документы были уничтожены (Bertell, 1985, 2000).

2. Неполнота исходных данных. Все исследования базируются исходно на регистре, включавшем 77 тысяч человек, выживших после бомбежек. Из этой когорты наблюдаемых («хибакуси») выпало большое число самых высокочувствительных к действию радиации лиц (дети, старики, беременные), погибших в период между началом августа 1946 года и первой официальной переписью 1950 года, сделанной на несколько лет позже. Общее число погибших в этот период было около 150 - 180 тысяч (Mangano, 1998). В результате данные по заболеваемости и смертности «хибакуси» сравнивались с данными по заболеваемости и смертности их соотечественников, родившихся в то же время. При этом оказывалось, что «хибакуси» имели риск заболеть раком не выше среднего, а их средняя продолжительность жизни была выше, чем в среднем по Японии (так называемый the «healthy survivor» effect). Это сравнение методологически ошибочно, так как возрастно-половая структура группы (статистическое обозначение - когорты) «хибакуси» отличалась от возрастно-половой структуры всей японской популяции: расчетные когорты были статистически сдвинуты в сторону менее радиочувствительной части населения (Stewart, 1998, 2000a,b; Stewart, Kneale, 1984, см. также бокс далее).

«В октябре 1945 года, после того, как Оккупационные Силы вошли в Японию, было официально объявлено, что в Хиросиме и Нагасаки смертей в результате атомной бомбардировки больше не будет. По приказу Оккупационных Сил японским ученым и врачам было запрещено изучать выживших после бомбардировки, и не было каких-либо сообщений о выживших до соглашения, подписанного в 1951 году.

Несмотря на этот запрет, один японский гематолог обнаружил увеличение числа заболевших лейкемией среди выживших. Оно началось через год после бомбежки. Он сообщил об этом на профессиональной конференции и был резко осужден исследователями Хиросимы из США и Комиссией по последствиям атомной бомбардировки (теперь Общество исследований последствий радиации - Radiation Effect Research Foundation).

Врач был уверен в своей правоте и убедил одного студента-медика на протяжении двух лет (тайно) собирать сведения обо всех случаях лейкемии среди переживших бомбардировку. Это была трудная работа, поскольку пациенты лечились во многих больницах. Студент получал слайды с мазками крови для каждого больного лейкемией и отмечал, где каждый из пациентов находился по отношению к эпицентру взрыва. Через пять лет после бомбардировок результаты этого исследования удалось опубликовать. Представители США, не имея возможности далее отрицать изложенные в докладе факты, были вынуждены изменить позицию и начать собственные исследования.

Когда подобные исследования последствий атомных бомбардировок официально начались на основе японской переписи 1950 года, обнаруженное до 1950 года увеличение заболеваемости лейкемией оказалось проигнорированным. «Исследования атомной бомбы» не были опубликованы с информацией о дозах до 1965 года. К этому времени дозы рассчитал Дж. Оксиером (John Axtier) из Ок-Риджских лабораторий. Эти расчеты в 1980 году объявили ошибочными, и новая система доз была сконструирована к 1986 году. Хотя новые расчеты доз с научной точки зрения оказались более грамотными, журнал «Science» отметил тот факт, что Дж. Оксиер не предоставил рабочие записи, которые показали бы различия между двумя вариантами расчета доз. Считается, что он потерял эти рабочие записи случайно, запустив их в машину для разрезания ненужных бумаг во время одного из переездов. Все это привело к рекомендации снизить разрешенные дозы радиации в 1990 году ICRP.

США... ошибочно заявляют, что их нормы радиационной защиты, установленные в 1952 году, основаны на «Исследованиях атомной бомбы». Это, конечно, абсурд. Большинство людей в атомной индустрии ставят знак равенства между «разрешенными» и «безопасными» нормами; если вы указываете, что внутри «разрешенного» уровня облучения имеются значительные риски радиационного поражения, они заявляют, что вы «эмоциональны» и «ненаучны».

Более подробно об этой истории можно прочитать в моей книге «No Immediate Danger: Prognosis for a Radioactive Earth». The Women's Press, London UK, 1985».

Др. Р. Бермелл; <http://www.geocities.com/mothersalert/bertell2.html> (перевод мой - А.Я.).

3. Использование надуманной, научно не обоснованной гипотезы «сознательного планирования семьи» после атомной бомбардировки для объяснения того факта, что в апреле - мае 1946 года (через 9 месяцев после атомных взрывов) у «хибакуси» родилось вдвое меньше детей, чем предполагалось. Этот дефицит новорожденных был связан, несомненно, с не учитываемой в расчетах внутриутробной гибелью плода от радиации в первые недели после зачатия (Stewart, Kneale, 1993; Stewart, 1998).

4. Специфичность облучения. Разовое острое внешнее облучение в результате взрыва атомной бомбы (в основном, нейтронное) не аналогично по качественным физическим характеристикам такому же по величине облучению, получаемому за протяженный период от радионуклидов, генерируемых атомной индустрией, и особенно не сопоставимо с влиянием внутреннего облучения, получаемого людьми из пищи, воды и воздуха с разными радионуклидами (подробнее см. гл. 5).

Описанная Розалией Бертелл (см. бокс выше) неприглядная история имеет принципиальное значение для проблемы влияния малых доз: все расчеты, исходно основанные на данных по японским жертвам, должны быть существенно скорректированы в сторону более значительного влияния малых доз на здоровье населения, чем это официально признается Научным Комитетом ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН), МАГАТЭ и ВОЗ. Если учесть эти сознательные искажения (или ошибки?), то уровень последствий облучения детей до 10 лет и пожилых людей после 55 лет оказывается многократно (!) выше, чем это принимается официальными расчетами (Edwards, 1998).

Сравнение предсказаний случаев детской лейкемии, сделанных на основе официальной модели риска Международного комитета по защите от радиации (МКРЗ - ICRP), основанной (как говорилось выше) на данных по Хиросиме и Нагасаки, показало стократное занижение риска по сравнению с реальным раковым кластером в Кумбрии (Великобритания) вокруг плутониевого производства в Селлафилде (Busby, 2001). Такое же стократное расхождение показали и расчеты последствий Чернобыльского загрязнения в Великобритании, Германии, Греции и США (Busby, 2001).

При обследовании жертв атомных бомбардировок, облученных малыми дозами в утробе матери в первые двадцать недель беременности, была обнаружена задержка умственного развития. При этом обращалось внимание на «серьезную» задержку умственного развития (неспособность вести разговор, заботиться о себе и т. п.). Все так называемые «незначительные» задержки умственного развития были вообще проигнорированы. Дж. Гофман еще в 1981 году обратил внимание на необходимость учета всех случаев задержки умственного развития, связанного с радиацией. Пересмотр японских данных и включение туда показателей успеваемости детей, облученных внутриутробно в Хиросиме, по семи школьным предметам в 1 - 4 классах при-

вел к заключению (Гофман, 1994) о несомненном влиянии радиации на степень умственного развития. Особенно заметным это влияние было при облучении в утробе в период восемь - пятнадцать недель беременности.

Несмотря на недостаточность исходных данных по первому поколению «хибакуси» для японских детей, облученных в 1945 году в утробе от момента зачатия до 26 недель беременности в диапазоне малых уровней, обнаружены также следующие эффекты (по обзору Нягу, 2001):

- припадки, фотофобия и другие нарушения зрения;
- снижение остроты слуха;
- повышение (до 6%) заболеваемости шизофренией;
- увеличение частоты многоплодных беременностей;
- снижение массы тела новорожденных;
- повышение числа тромбоцитов и количества фибриногена;
- понижение содержания иммуноглобулинов.

У получивших в утробе дозовые нагрузки на уровне 5 сГр частота микроцефалий возросла на 11% (Мельнов, 2001).

Современные японские данные позволяют проследить отдаленное влияние облучения первого поколения в малых дозах - во втором и третьем поколениях. Данные по более чем тысяче детей «хибакуси» (средний возраст на момент исследования 31 год) показывают, что эти дети по сравнению с контрольной группой страдают болезнями органов кроветворения в 10,5 раз чаще, болезнями печени - в 10 раз чаще и болезнями дыхательной системы - в 3,3 раза чаще (Furitsu et al., 1992).

Итак, несмотря на масштабное занижение последствий низкоуровневого облучения (заведомо менее 10 сГр) жертв атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, увеличение у них случаев заболевания не только раками, но и широким спектром других видов заболеваний не вызывает сомнений.

2.3. Последствия радиационных аварий и катастроф

Огромное количество фактов, касающихся воздействия радиации на человеческий организм, могли бы дать исследования последствий крупных радиационных катастроф в ядерной промышленности: Южно-Уральской (несколько этапов, начиная с 1957 года), на Три-Майл-Айленде (1979), Чернобыльской (1986). Эти катастрофы затронули в первом и втором случаях по несколько сотен тысяч человек, а в третьем - многие миллионы. Три менее крупных радиационных аварии - Виндскейл (Великобритания, 1957), Северск (Россия, 1993) и Токай Имуре (Япония, 1999) - затронули по несколько сотен или тысяч человек.

Последствия первой, Южно-Уральской катастрофы остаются в основном секретными или неизученными. За выселенными десятками тысяч,

как и за десятками тысяч военнослужащих и заключенных, попавших под облучение, никакого постоянного медицинского наблюдения не велось. По явно заниженным оценкам, общее число первично пострадавших здесь могло составить 651,5 тысяч человек (Яблоков, 1997). По другим данным, общее число дополнительно облученных в Уральском регионе достигает 2,5 миллионов человек (Волобуев и др., 2000). Регулярные медицинские наблюдения начались лишь спустя два года после сброса радионуклидов в реку Теча, и велись и ведутся лишь за 52,8 тысячами человек (Косенко, 1994, 2001). Но и эти данные недоступны для независимых экспертов. Упущенная возможность крупномасштабного исследования материалов этой катастрофы по влиянию малых доз облучения навсегда останется черным пятном на советской ядерной индустрии.

Как «выясняли» действие радиации

«...ли один человек не заболел от воздействия депонированных осколков урана - у солдат в первые сутки поступления было 17 млн. бета-распадов в суточном количестве мочи (при норме 1 тыс.) В течение месяца все показатели пришли в норму, правда, мы ничего не знаем об их дальнейшей судьбе - не взяли адреса (выделено мной - А.Я.). Но домой мы их выписали...»

Из выступления на экологическом семинаре Озерского технологического отделения Московского инженерно-физического института (ОТИ - МИФИ) 25 ноября 1999 года в городе Озерске доктора медицинских наук В.Н. Доценко, проработавшего более сорока лет в клиническом отделении филиала Института Биофизики (ФИБ) по теме «Радиация и радиophobia - что вреднее для организма человека?».

«...многие люди, прошедшие через лечение и консультации доктора В.Н. Доценко, люди, пострадавшие от работы на основном производстве, при одном упоминании имени этого доктора сжимают кулаки. Сейчас он на пенсии, но, как видим, продолжает свою пропагандистскую деятельность».

Из письма А. Яблокову от Н. Кутеповой, эксперта Программы по ядерной и радиационной безопасности Социально-Экологического Союза (Озерск, 26.11.99).

Таким же черным пятном останется в истории атомной индустрии США авария на АЭС Три-Майл-Айленд 28 марта 1979 года. По официальной, заведомо неполной (см. воспоминания Р. Бертель и П. Бланш в боксах) версии из реактора вырвалось около 10 млн. Кюри радионуклидов, большая часть которых была задержана защитной оболочкой (контейнментом), и влияние выбросов на население было несущественным.

По заслуживающей большего доверия версии, общий выброс на АЭС Три-Майл-Айленд составил до 40 млн. Кюри. Последствия для населения и живой природы были весьма серьезными: в виде многих дополнительных случаев раковых и множества случаев других заболеваний, а также гибели

домашних животных. Расчеты показывают, что полученное облучение дозой 1 мЗв было в последующие годы коррелировано с ростом рака легкого и лейкемии у взрослых (Hatch et al., 1990; Wing et al., 1997; Гулд и др., 2001 и многие др.). Данные медицинской статистики свидетельствуют о значительном увеличении младенческой смертности и смертности от старости, причем эти цифры коррелированы с расстоянием от места катастрофы (Гулд, Голдман, 2001; Рис. 2, Рис. 3). Смертность от врожденных дефектов в 1979 - 1980 годах на расположенных вокруг АЭС Три-Майл-Айленд территориях возросла на 37 % по сравнению с уровнем 1978 года.

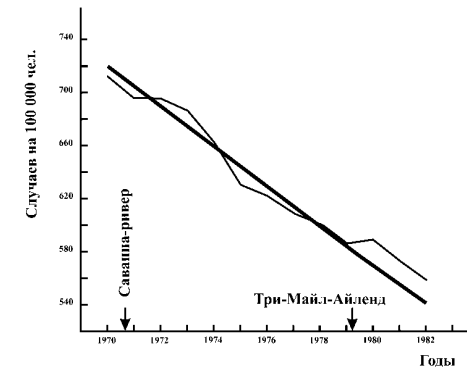


Рис. 2. Смертность по старости в США в 1970 - 1982 гг. Видны два скачка по сравнению со средней ожидаемой на основе многолетних данных. Первый скачок, по-видимому, связан с двумя радиационными авариями на атомном производстве в Саванна-Ривер (ноябрь и декабрь 1970 года), второй - с катастрофой на АЭС Три-Майл-Айленд (Гулд, Голдман, 2001).

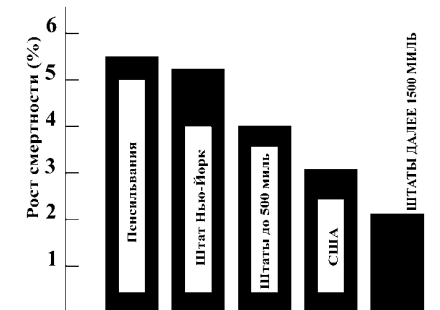


Рис. 3. Рост общей смертности в США с 1979 по 1980 год в зависимости от расстояния от места катастрофы на АЭС Три-Майл-Айленд. Общее число избыточных смертей по стране составило более пятидесяти тысяч (Гулд, Голдман, 2001).

В этом случае на секретность, вызванную опасениями за развитие военных атомных программ США, наложился гримасы американской демократии: атомщики, вложив огромные деньги в талантливых адвокатов, под всякими немислимыми предложениями смогли уйти от ответственности и фактически заморозить исследования последствий этой самой большой (после Чернобыльской) катастрофы в атомной промышленности.

Как атомщики скрывают неудобные факты

«10 июля 2000 г.

От Поля М. Блани (E-mail: pmb Blanch@home.com)

Тема: о сокрытии данных по Три-Майл-Айленд

Др. Бертелл,

Вы не знаете меня, но, может быть, Вы читали статьи обо мне в журнале «Тайм» в феврале 1996 года и также на первой странице «Уолл-Стрит Джорнэл» в марте 1998 года. Я тот активист (whistleblower), который вскрыл коррупцию внутри Комиссии по ядерному регулированию (КЯР) и у моего работодателя - Северовосточной Электрокомпании (Northeast Utilities). В результате дел, которые я обнаружил в Миллстоун, Северовосточная Компания стала почти банкротом, а КЯР была крайне раздражена.

Я был одним из экспертов в судебном процессе по Три-Майл-Айленд и согласен с Вами, что там произошло утаивание очень важной информации.

Президентская комиссия, КЯР и Министерство энергетики, - все участвовали в этом утаивании. Как эксперт и свидетель я имел доступ ко всем исходным документам.

Я представил в КЯР документированные доказательства, что первичный контейнмент был проламен вскоре после взрыва водорода, который произошел 30 марта 1979 года. Этот разлом произошел в момент, когда радиоактивность в контейменте была близка к максимальной. Предварительные оценки показывали, что до 40 млн. Кюри могло быть выброшено в течение следующих часов. КЯР и лицензирующие оценили выброс максимум в 10 млн. Кюри.

Ни один из исследовавших даже не запрашивал письменные документы, поскольку эти данные могли встревожить публику.

Свяжитесь со мной, если у Вас есть какие-то вопросы.

Поль М. Блани»

Paul M. Blanch

135 Hyde Rd.

West Hartford, CT 06117

(<http://www.mothersalert.org/blanche.html>; перевод мой - А.Я. Публикуется с разрешения автора)

Чернобыльская катастрофа, в отличие от первых двух, оказалась интернациональной. Ее последствия изучаются во многих странах тысячами исследователей, и их трудно замолчать - слишком велик масштаб происшедшего.

Полученные данные оказываются крайне важными для понимания влияния малых доз, и поэтому, несмотря на то, что чернобыльским последствиям посвящена отдельная брошюра (Яблоков, 2001б), эти данные (в максимально краткой табличной форме) приводятся и в настоящей брошюре.

Реконструкция доз от чернобыльского облучения не проста. Дозы, получаемые населением на территориях, пораженных чернобыльским выбросом в большинстве европейских стран, колеблются от 0,1 до 10 мЗв/год, в Северной Америке - до 10 мкЗв/год, в зоне строгого контроля - около 22 мЗв/год (Табл. 7), то есть население получало облучение в диапазоне малых доз. В то же время в первые несколько дней после взрыва четвертого реактора ЧАЭС дозы были многократно выше (за счет короткоживущих радионуклидов).

Таблица 7
Примерные суммарные дозы годового внутреннего и внешнего облучения и вероятная мощность экспозиционной дозы на четырех обычно выделяемых чернобыльских зонах

Загрязнение территории	Годовая эффективная (эквивалентная) доза*	Мощность экспозиционной дозы
1 Ки/км ²	около 2 мЗв/год	около 10 мкР/час
5 Ки/км ²	около 7 мЗв/год	около 50 мкР/час
15 Ки/км ²	около 20 мЗв/год	около 150 мкР/час
40 Ки/км ²	около 58 мЗв/год	около 435 мкР/час

*поскольку внутреннее облучение зависит от индивидуального характера использования местных продуктов питания, а внешнее облучение крайне пятнисто, приведенные величины являются сугубо ориентировочными

В таблицах 8 - 15 приведены данные по влиянию такого облучения на здоровье населения.

Таблица 8
Влияние чернобыльского загрязнения на число спонтанных абортот и мертворождений (по обзорам А.В. Яблокова, 2001 б, в с дополнениями)

Признак	Эффект, регион	Автор
Число живых новорожденных за три года до	Коррелированно с уровнем загрязнения и после катастрофы в Полесском и Черкасском районах (Украина)	Kulakov et al., 1993

	Уменьшение на 2 564 человека из числа зачатых в мае - июле 1986 г. сравнительно с расчетными на основе многолетних данных демографической тенденции (Греция)	Trichopoulos et al., 1987
Число спонтанных аборт и мертворождений*	Увеличение в 1986 - 1993 гг. в загрязненных районах России (Брянская, Калужская, Рязанская обл.) и в Беларуси	Добровольска и др., 2001; Ljaginskaya et al., 1996; Медведева и др., 2001;
Число мертворождений	Увеличение в Калужской области: в трех наиболее загрязненных районах мертворождаемость возросла в 1,4 раза. Увеличение в Греции, Венгрии, Польше и Швеции сравнительно со странами Западной и Центральной Европы	Медведева и др., 2001 Scherb et al., 2001; Ericson, Kallen, 1994; Korblein, Kuchenhoff, 1997, 2001
Первичная обращаемость по бесплодию	Увеличение с 1986 по 1991 год в 5,5 раз на загрязненных территориях (Беларусь)	Шилко и др., 1993
Преждевременные роды	Увеличение на 58 % за 1986 г. сравнительно с многолетней демографической тенденцией в Финляндии. На особо пораженных территориях число преждевременных родов в августе - декабре 1986 г. увеличилось на 130 %	Harjulehto et al., 1989

*содержание икорпорированного цезия-137 у абортусов повышено, и еще более значительно - у зародышей с мультифакториальными пороками развития (Бандажевский, 2001)

Таблица 9

Влияние чернобыльского загрязнения на детскую смертность

(Ericson, Kallen, 1994; Шееп и др., 1989; Scheer et al., 1989; Busby, 1995; Korblein, in litt, 1998; Gould, Goldman, 1991; Омелянец, Клементьев, 2001; Korblein, 2001 а; Гулд, Голдман, 2001)

Период	Регион	Смертность
1986 год	Польша	Увеличение детской на 10 %, в т.ч. в мае - на 14 %, в июне - августе на 20 %
Июнь, июль 1986 года	Швеция	Увеличение перинатальной ¹
Июнь 1986 года	Юг Германии	Увеличение перинатальной* на 35 % (в Баден-Вюртемберге - на 68 %)
Январь, февраль 1987 года	Германия, загрязненные районы	Пик ранней младенческой ² (для зачатых в первые недели после катастрофы)
Январь - март 1987 года	Польша	
Май 1986 - март 1987 года	Великобритания	Увеличение неонатальной ³
Май - сентябрь 1986 года	Финляндия	Увеличение младенческой на 25 %
Май - август 1986 года	США (южно-атлантические штаты)	Увеличение младенческой на 20 - 28 % (в среднем для США - на 12,3 %)
1987-1988 годы	Загрязненные районы Украины	Повышение смертности до 39 на 1000 населения

¹в первую неделю после родов

²в первый месяц после родов

³в первый год жизни

Таблица 10

Влияние чернобыльского загрязнения на возникновение генетических нарушений (по обзорам А.В. Яблокова, 2001 б, в)

Признак	Регион	Автор
Хромосомные аберрации	Частота коррелирована с плотностью загрязнения в России (Брянская, Калужская обл.), Беларуси, Украине (Ивано-Франковская обл.)	Бочков, 1993; Севаньяев и др., 1995 а, б; Lukic et al., 1988; Бездобная и др., 2001; Лазюк и др., 2001; Случик и др., 2001

	Повышение уровня хроматидных фрагментов, особенно для детей 1990 и 1991 года рождения (Россия) Многократное увеличение частоты на протяжении года после Чернобыля (Зальцбург, Германия) Повышение частоты в 20 раз после облучения в утробе (Украина)	Сипягина и др., 2001 Ллойд, 2001 Степанова и др., 2001
Нестабильные хромосомные обмены Частота ненормальных хромосом	У «самосёлов» в зоне отчуждения на Украине Увеличение у женщин и детей из загрязненных районов Могилевской обл.; у детей из загрязненных районов Брестской обл.	Бездобная и др., 2001 Лазюк и др., 1994
Частота митозов	Снижение в загрязненных районах Брянской обл.	Пелевина и др., 1996
Частота мутаций в сателлитной ДНК	Вдвое выше у детей, чьи родители жили на загрязненной территории Могилевской обл. (Беларусь); коррелированна с уровнем загрязнения местности	Dubrova et al., 1996; Дуброва, 2001
Геномные нарушения	К 1991 году участилась встречаемость мозаицизма (анеуплоидии и трисомии). У рожденных в 1986 - 1987 годах встречается полиплоидия (Россия)	Сипягина и др., 2001
Хромосомные болезни	Увеличение числа обусловленных структурными aberrациями хромосом, возникших в результате мутаций de novo на загрязненных территориях Беларуси	Лазюк и др., 2001

Читатель, ВНИМАНИЕ!

«Вероятность генетических последствий катастрофы... примерно в три раза меньше, чем онкологических. А они, как мы уже говорили, ничтожны...»

Л. Ильин, «Диагноз после Чернобыля», «Советская Россия», 31 января 1988 г. (цит. по Куркину, 1989, с. 215).

Таблица 11
Частота хромосомных aberrаций в клетках красного костного мозга украинских детей 1986 года рождения, облученных в утробе (Степанова и др., 2001)

Признак	376 мЗв (острое облучение), 340 чел. ^{1/}	50 мЗв (хроническое облучение), 169 чел. ^{2/}	Контроль, 595 чел.
Аберрантные клетки	11,44 1,01	8,31 2,39	2,71 0,61*
Хромосомные aberrации	12,19 1,25	9,94 2,92	2,71 0,61*
Хромосомного типа	10,08 1,54	7,63 0,60	1,14 0,04*
Дицентрики с парными фрагментами	0,12 0,04	0,19 0,07	Нет*
Кольцевые хромосомы	0,10 0,06	0,19 0,07	Нет*
Аномальные моноцентрики	8,93 1,31	5,06 2,72	0,43 0,15*

*различия статистически достоверны (Р 0,05)

^{1/}родившиеся от беременных на момент аварии, затем эвакуированные из г. Припять

^{2/}родившиеся и проживающие в зоне загрязнения

Таблица 12
Влияние Чернобыльского загрязнения на появление врожденных пороков развития (ВПР) (по обзорам А.В. Яблокова, 2001 б, в)

Признак	Эффект, регион	Автор
ВПР нервной системы	Увеличение доли новорожденных, умерших от ВПР нервной системы в 1987 - 1995 гг. в загрязненных районах (Беларусь) Увеличение частоты в 3,4 и 4 раза среди детей, зачатых после Чернобыльской катастрофы в 1986 г. в городах Басра и Измир (Турция) Увеличение в 4,7 раза от средней по Беларуси частоты аномалий нервной	Дзикович, 1996 Akar et al., 1989; Mocan et al., 1990 Ломать, 2001

	системы и головного мозга у детей, облученных на четвертом - шестом месяцах гестации	
ВПП сердца	Увеличение в Беларуси с 41,4 (на 100 000 детей) в 1988 г. до 110,7 в 1999 г.	Чичко и др., 2001
Все случаи ВПП	Рост числа легальных абортс с ВПП в загрязненных районах (Беларусь) Рост числа в загрязненных районах Брянской и Тульской обл. (Россия) В 2 раза больше среди детей, облученных на 4-6 месяцах гестации, чем у облученных раньше или позже (Беларусь) Увеличение с 179,6 (на 100 000 детей) в 1988 г. до 386,9 в 1999 г. (Беларусь) Проявление пика в ноябре и декабре 1987 г., через 7 месяцев после максимальной концентрации цезия в теле матерей. В 96 районах в ноябре - декабре 1997 года пик достоверно коррелирован с уровнем загрязнения цезием (Бавария, Германия) Увеличение частоты ВПП, в происхождение которых велик вклад доминантных мутаций de novo (полидактилия, редукционные пороки конечностей, множественные ВПП) Увеличение частоты случаев на загрязненных территориях Житомирской обл. (Украина) в 1985 - 1999 гг. (375,1 -:- 213,2, в контрольном районе 207,3 -:- 89,24)	Лазюк и др., 1996 Ljaginskaya, Osypov, 1995; Ljaginskaya et al., 1996; Хворостенко, 1999 Ломать, 2001 Чичко и др., 2001 Korblein, 2001b Лазюк и др., 2001 Федоришин и др., 2001

Таблица 13
Встречаемость врожденных пороков развития (на 100 000 детей) в Брянской и Калужской областях (Балева и др., 2001)*

Область	1990	1998	Увеличение
<i>Калужская</i>	104,7	352,6	в 3,4 раза
<i>Брянская</i>	32,3	404,2	в 12,5 раз

*уменьшилось число ВПП сердца и системы кровообращения, увеличилось - органов пищеварения, костно-мышечной и нервной систем, половых органов

Таблица 14
Влияние чернобыльского загрязнения на заболеваемость крови и сердечно-сосудистой системы (по обзорам А.В. Яблокова, 2001 б, в)

Заболевание	Эффект, регион	Автор
<i>Анемии</i>	Увеличение в 7 раз в Могилевской обл., встречаемость коррелирована с уровнем загрязнения территорий (Беларусь)	Гофман, 1994; Дзикович и др., 1994; Нестеренко, 1996
<i>Болезни системы кровообращения</i>	Повышение уровня первичной заболеваемости с 1986 года в 2,5 и 3,5 раза в Могилевской и Гомельской обл.; у детей коррелировано с загрязнением территорий (Беларусь) Повышение в 3 - 6 раз в загрязненных районах Брянской обл. (Россия)	Нестеренко, 1996; Аринчин и др., 2001 Комогорцева, 2001
<i>Артериальная гипертензия</i>	У взрослых чаще на территориях с загрязнением выше 30 Ки/км ² (Могилевская обл., Беларусь)	Подпалов, 1994
<i>Нарушения сердечного ритма на ЭКГ</i>	У более 70 % детей в возрасте до года, на территориях с загрязнением 5 - 20 Ки/км ² При ишемической болезни более частые и стойкие случаи на загрязненных территориях Встречаемость коррелирована с содержанием инкорпорированного цезия-137 (Беларусь)	Цибульская и др., 1992 Аринчина, Милькаманович, 1992 Бандажевский, 1997, 1999
<i>Вегетативная регуляция сердечной деятельности</i>	Нарушения чаще встречаются на загрязненных территориях (Беларусь)	Недвецкая, Ляликов, 1994; Сикоренский, Багель, 1992; Гончарик, 1992
<i>Повышенное артериальное давление</i>	Встречаемость коррелирована с уровнем инкорпорированного цезия-137 у детей (Гомельская обл., Беларусь)	Киеня, Ермолицкий, 1997

Число В- и Т-лимфоцитов	У детей, которым было от 2 до 6 лет во время аварии, случаи коррелированных с уровнем инкорпорированных радионуклидов и с уровнем облучения детей 7 - 14 лет во время аварии (Могилевская, Гомельская обл., Беларусь)	Дзикович и др., 1994; Нестеренко, 1996; Бандажевский, 1999; Khmara et al., 1993
Макроцитоз лимфоцитов Брадикардия	В 6 - 7 раз чаще встречается в загрязненных районах (Беларусь) Встречаемость коррелирована с уровнем загрязнения у детей и подростков (Украина)	Бандажевский, 1999 Костенко, 2001
Средний возраст взрослых, умерших от инфаркта миокарда	В среднем, на 8 лет меньше на территориях с загрязнением свыше 15 Ки/км ² , чем средний показатель по Беларуси	Антипова, Бабицкая, 2001
Младенческая лейкемия в 1987 - 1988 гг.	Увеличение числа случаев на загрязненных территориях: Уэльс и Шотландия в 3,3 раза; Греция (0,2 мЗв) в 2,6 раза; США (10 мкЗв) на 30 %; в Беларуси	Gibson et al., 1988; Busby, Cato, 2000; 2001; Petridou et al., 1996; Mangano, 1997; Savchenko, 1995
Лейкемия и лимфомы	Возрастание числа случаев в первые пять лет после катастрофы на наиболее загрязненных территориях (Украина)	Присяжнюк и др., 1999
Лимфо- и ретикуло-саркома	Возрастание числа случаев на протяжении 10 лет после катастрофы на наиболее загрязненных территориях (Украина)	Присяжнюк и др., 1999
Раки лимфатической кроветворной ткани	Увеличение в поставарийный период (Брянская обл., Россия)	Балева и др., 2001
Первичная заболеваемость врожденными пороками сердца и сосудов	Повысилась в три раза за период с 1988 по 1998 год (Беларусь)	Аринчин и др., 2001; Чичко и др., 2001
Микроядерные лимфоциты	Увеличение частоты случаев при облучении поглощенной дозой 0,6 - 9,2 мГр (Беларусь)	Livingston et al., 1997

Таблица 15
Заболеваемость (на 100 тыс. населения) гемопатиями
взрослого населения Беларуси в 1979 - 1997 гг.
 (Гапанович и др., 2001 б)

Заболевание	Число случаев	1979 - 1985	1986 - 1992	1993 - 1997
Острая лейкемия	4 405	2,82 $\pm$ 0,10	3,17 $\pm$ 0,11*	2,92 $\pm$ 0,10
Хроническая лейкемия	11 052	6,09 $\pm$ 0,18	8,14 $\pm$ 0,31*	8,11 $\pm$ 0,26*
Множественная миелома	2 662	1,45 $\pm$ 0,06	1,86 $\pm$ 0,06*	2,19 $\pm$ 0,14*
Болезнь Ходжкина	4 870	3,13 $\pm$ 0,10	3,48 $\pm$ 0,12*	3,18 $\pm$ 0,06
Неходжкинская лимфома	5 719	2,85 $\pm$ 0,08	4,09 $\pm$ 0,16*	4,87 $\pm$ 0,15*
Миелодиспластический синдром	1 543 ^{1/}	0,03 $\pm$ 0,01	0,12 $\pm$ 0,05*	0,82 $\pm$ 0,16*

*достоверное отличие от дочернобыльского периода

^{1/}все случаи депрессии кроветворения

Таблица 16
Влияние чернобыльского загрязнения на детей
 (по обзорам А.В. Яблокова, 2001 б, в)

Признак	Эффект, регион	Автор
Длина тела новорожденных, окружность головы и грудной клетки	Коррелированы с уровнем загрязнения (Беларусь)	Акулич и др., 1993
Число новорожденных с пониженным весом (менее 1500 грамм)	Увеличение случаев в загрязненных регионах Великобритании (Шотландии и Уэльсе) с января 1987 по январь 1988 года	Busby, 1995; Busby, Cato, 2001

Все ВПР	Встречаемость коррелированна с загрязнением в Беларуси, на Украине, России (Калужская, Брянская обл.) и в Германии (Бавария)	Лазюк и др., 1994;1996; Чичко и др., 2001; Суриков, 1996; Goncharova, 1999; Балева и др., 2001; Korblein, Kuchenhoff, 1997
ВПР нервной системы	Увеличение встречаемости за период с 1985 по 1990 год с 14 до 45 % (Гданьское, Вроцлавское воеводства, Польша)	Добровольска и др.,
Окклюзия и неправильное расположение зубов	У всех детей, родившихся в 1987 г. на территориях с загрязнением 15 - 45 Ки/км ² (Брянская обл., Россия)	Панкратова и др., 2001
Врожденная катаракта	Двукратный рост в загрязненных районах Брянской обл. (Россия) за период с 1993 по 1998 год с 5,7 до 12,8 случаев на 100 000 детей	Балева и др., 2001
Помутнения хрусталика	Встречаемость коррелированна с уровнем радиационного загрязнения (Беларусь)	Аринчин и др., 2001
Синдром Дауна	Десятикратный рост с 1992 по 1998 год с 1,7 случаев (на 100 000 чел.) до 17,1 (Брянская обл., Россия) Рост в 6,5 раза за период с 1990 по 1995 год (Украина)	Балева и др., 2001 Логановский, 1999
Метаболизм нейтрофилов (ЩФ, КФ, НАДН2-ДГ)	Нарушен у детей, облученных в утробе (Украина)	Степанова и др., 2001
Число лейкоцитов с ядрами причудливой формы	Увеличение подобных случаев у детей, облученных в утробе (Украина)	Степанова и др., 2001
Заболевания сердечно-сосудистой системы	Рост (с 206,3 до 639,5 на 100 000 чел.) с 1988 по 1996 год по Беларуси; в Гомельской области - в 4,2 раза Рост первичной заболеваемости врожденными пороками сердца и сосудов с 40 случаев (на 100 000 детей) в 1988 до 119,9 в 1998 году (Беларусь)	Аринчин и др., 2001

Задержка умственного развития, нарушение поведения, запаздывание речевого развития; снижение объема кратковременной памяти и ухудшение функции внимания	У детей, облученных внутриутробно (Украина, Беларусь, Россия)	Гайдук и др., 1994; Белоокая, 1993; Пасечник, Чуприков, 1993; Коломинский, Игумнов, 1994; Игумнов и др., 1993; Логановский, 1999; Базыльчик и др., 2001
Замедление роста	Коррелированно с уровнем загрязнения территорий (Украина)	Антипкин, Арабская, 2001
Нарушение полового созревания	Акселерация полового созревания, связанная с нарастанием концентраций гонадотропных гормонов (инсулина и тестостерона) (Украина)	Антипкин, Арабская, 2001; Леонова, 2001
Злокачественные новообразования	Увеличение (на 30 % от среднего уровня у необлученных) числа опухолей головного мозга после облучения в утробе (Украина) Увеличение случаев после 1986 года, появление ранее не регистрировавшихся раков кожи и половых органов (Тульская, Калужская, Брянская обл., Россия) Рост случаев в период 1988 - 1998 гг. на 33,6 % (Беларусь)	Нягу, 2001 Балева и др., 2001 Антипкин, 2001
Заболевания всеми формами лейкозов и не-ходжскинскими лимфомами, раком крови у новорожденных	В 2,6 раза чаще у детей тех матерей, которые получили около 2 мЗв (Греция); встречаемость коррелированна с уровнем загрязнения территорий (Германии); увеличение для всего детского населения после 1986 года (Беларусь)	Ericson, Kallen, 1994; Petridou et al., 1996; Michaelis et al., 1997; Гапанович и др., 2001 а
Усиление мутационного процесса и снижение индивидуальной гетерозиготности	У детей 1990 и 1991 года рождения (Россия)	Сипягина и др., 2001
Аутоиммунный тиреоидит Хашимото	Встречаемость у детей и подростков коррелирована с уровнем загрязнения территории (Беларусь)	Кучинская и др., 2001

Таблица 17
Влияние чернобыльского загрязнения
на заболеваемость мочеполовой системы (по обзору А.В. Яблокова, 2001 б)

Признак	Эффект, регион	Источник
<i>Гипофункция яичников</i>	Увеличение встречаемости с 1986 по 1991 год в 2,9 раза на загрязненных территориях (Беларусь)	Шилко и др., 1993
<i>Патология спермы</i>	Увеличение встречаемости с 1986 по 1991 год в 6,6 раза на загрязненных территориях (Беларусь)	Шилко и др., 1993
<i>Все нарушения репродуктивной системы</i>	Рост случаев в 5 раз у девочек и в 3 раза у мальчиков, родившихся к 2000 году на загрязненных после катастрофы территориях	Reuters, 2000

Таблица 18
Влияние чернобыльского загрязнения на заболевание катарактой
(частота первичной заболеваемости на 199 999 чел.)
в Беларуси (Goncharova, 2000, с дополнениями).

Годы	Средняя частота по стране	Живущие в зоне 1 - 15 Ки/км²	Живущие в зоне более 15 Ки/км²	Эвакуированные из зоны более 40 Ки/км²
1993	136,2	189,6*	225,8*	354,9*
1994	146,1	196,0*	365,9*	425,0*

*отличие от средней статистически достоверно

Таблица 19
Встречаемость помутнений хрусталика у детей в Беларуси (Аринчин и др., 2001)

Помутнение	В загрязненном районе (110 чел.)		Контрольная группа (64 чел.)	
В одном хрусталике	38 чел.	34,5 %	37 чел.	57,8 %
В двух хрусталиках	72	65,5 %	27	42,2 %*
В том числе крупных помутнений	34	30,9 %	1	1,6 %*

*различия статистически достоверны

Таблица 20
Возможное влияние чернобыльского загрязнения на возникновение
некоторых солидных раков (по обзорам А.В. Яблокова, 2001 б, в)

Рак	Регион, особенности	Автор
<i>Ретино-бластома</i>	Увеличение числа случаев в два раза за период с 1987 по 1990 год в глазном микрохирургическом центре (Беларусь)	Бирич и др., 1994
<i>Легкого</i>	В 4 раза выше среди 32 тыс. выселенных из зоны, чем в среднем по Беларуси	Marples, 1996
<i>Кишечника, почек, прямой кишки, легких, молочной железы, мочевого пузыря</i>	Увеличение числа случаев (и темпа роста), коррелированное с уровнем чернобыльского загрязнения территории (Гомельская обл., Беларусь)	Okeanov, Yakimovich, 1999
<i>Дыхательных путей</i>	Увеличение числа случаев, коррелированное с уровнем чернобыльского загрязнения территории (Калужская обл., Россия)	Ivanov et al., 1997
<i>Мочевого пузыря</i>	Учащение встречаемости у мужчин на загрязненных территориях после 1986 г. (Украина)	Romanenko et al., 1999
<i>Нервной системы</i>	Увеличение числа случаев на 76,9 % в 1989 г. по сравнению с 1986 г. Увеличение встречаемости после 1986 г. (Брянская обл., Россия)	Орлова и др., 2001 Балева и др., 2001
<i>Все раки</i>	У получивших более 20 мЗв рост числа случаев за 12 лет на 10 % (Украина) За 1987 - 1999 гг. около 26 000 случаев радиационно-индуцированных раков, включая лейкозы (умерло 11 000) (Беларусь) Рост числа заболеваний раками с 1988 по 1998 год на 33,6 % (33 525 случаев; мужчин - на 31,8 %, женщин - на 35,5%); увеличение смертности от раков на 25,5 % - от 152,3 до 188,1 чел. на 100 000 (Беларусь)	Licharev, Kovgan, 1999 Мальков, 2001 Аверкин, 2001

Читатель, ВНИМАНИЕ!

«Сколько-нибудь значительного увеличения количества больных раком не предвидится, так как оно намного ниже пределов колебаний естественной частоты онкологических заболеваний...»

Теоретически возможный рост числа злокачественных опухолей среди населения нашей страны, в частности, ее европейской части за 50 лет может составить сотые доли процента от обычного уровня раковых заболеваний. Все расчеты показывают, что опасность, о которой идет речь, скорее теоретического, чем практического характера...»

Вице-президент Академии медицинских наук СССР академик Л. Ильин «Чернобыль: прогноз медиков» («Известия», 18 сентября 1986 г., цит по Куркину, 1989, с. 214) и «Диагноз после Чернобыля» («Советская Россия», 31 января 1988 г., цит. по Куркину, 1989, с. 215).

Таблица 21

Влияние чернобыльского загрязнения на заболеваемость разных органов и систем (по обзорам А.В. Яблокова, 2001 б, в)

Признак	Эффект, регион	Автор
Психические расстройства среди взрослых и подростков	трехкратное увеличение за период 1987 по 1995 год (Украина)	Логановский, 1999; Loganovskaja, Loganovsky, 1999
Шизофрения	Увеличение удельного веса среди психозов у персонала Чернобыльской зоны (Украина)	Логановский, 1999; Loganovsky, Loganovskaja, 2000
Бронхиальная астма	Рост числа диспансеризованных детей, коррелированный с загрязнением территорий (Беларусь)	Дзикович и др., 1994
Нарушение иммунитета, уменьшение образования антител	Коррелировано с уровнем загрязнения (Беларусь)	Петрова и др., 1993; Борткевич и др., 1996; Галицкая и др., 1990
Катаракта	Рост числа случаев в 2,6 раза с 1985 по 1989 год в загрязненных районах (Польша)	Добровольска и др., 2000
Тиреозидоз	Заболеваемость выше общероссийского уровня в 1987 - 1989 гг. в 3 - 4 раза, в 1998 г. - в 1,5 - 2 раза (Брянская обл., Россия)	Балева и др., 2001
Концентрация гормонов ТЗ, Т4, ТСГ	Коррелирована с уровнем загрязнения территорий у рожениц (Гомельская и Витебская обл., Беларусь).	Дудинская, Сурина, 2001

Спектр чернобыльских жертв множится с каждым годом, отдаляющим нас от момента Чернобыльской катастрофы. Несмотря на это, Научный комитет по действию атомной радиации (НКДАР) ООН в обзоре, посвященном последствиям Чернобыля, который был опубликован в 2000 году, утверждает: «К настоящему времени нет увеличения числа случаев ВПР, мертворождений или преждевременных родов, которые могли бы быть связаны с облучением от аварии» (UNCEAR, 2000, параграф 383), «нет увеличения заболеваемости или смертности от раков, которые могли бы быть связаны с наблюдаемыми уровнями облучения», «риск заболеваемости лейкемией, одного из самых чувствительных индикаторов облучения, не обнаруживает повышения, даже среди ликвидаторов и детей» (там же, параграф 413). Подобный вывод делается на том основании, что сообщения, свидетельствующие о противоположном, были опубликованы не в международных, рецензируемых сторонними экспертами («peer-reviewed») журналах. Но даже если посмотреть на состав этих «сторонних экспертов», можно понять, что в подавляющем большинстве это сотрудники учреждений, финансируемых за счет атомной индустрии. Они из чувства самосохранения никогда не признают опасных последствий собственной деятельности! Такое положение давно имеет научное объяснение - «конфликт интересов».

Генеральная прокуратура Франции начала специальное расследование по факту дезинформации французского общества. В отличие от Австрии, Италии, Германии, Бельгии и Польши, где власти оповестили население об опасности использования молока и ряда других продуктов в первые дни после катастрофы, французские власти уверяли, что никакой радиационной опасности нет, так как, благодаря антициклону, радиоактивные осадки миновали Францию. Сейчас известно, что это было не так: восточная и южная Франция оказались сильно загрязнены радиоактивным йодом. Ложь продолжается. В 2000 году во Франции были опубликованы официальные прогнозы роста «чернобыльской» заболеваемости раком щитовидной железы к 2016 году - предполагалось не более 60 дополнительных случаев. Однако уже к 1995 году уровень заболеваемости раком щитовидной железы (в том числе, несомненно, индуцированным радиацией папиллярным раком) во Франции у мужчин уже увеличился в пять, а у женщин - в два раза (Reuters, 2001, Fernex, 2001). В марте 2001 года суд принял к рассмотрению коллективный иск 53 граждан, к которому затем присоединилось еще более сотни человек, заболевших раком щитовидной железы после 1986 года (большинству было менее 16 лет во время катастрофы).

Здесь не анализируется огромный материал по чернобыльским «ликвидаторам»: слишком многое говорит об искажении полученных ими доз облучения. Это делает такой анализ недостаточно надежным для выяснения влияния малых доз.

«Российские специалисты впервые подтвердили, что сравнительно небольшие дозы радиационного облучения, ...полученные сотнями тысяч людей после аварии в Чернобыле, тем не менее, могут привести к серьезным последствиям.

Риск возникновения рака щитовидной железы для «чернобыльцев» в четыре раза выше, чем в среднем по стране, лейкозов - в два раза», - сообщил сегодня в интервью корреспонденту ИТАР-ТАСС заместитель директора Радиологического научного центра Виктор Иванов...

По данным Союза «Чернобыль», почти семьдесят процентов из двухсотпятидесяти тысяч россиян-ликвидаторов больны. Наиболее распространенными заболеваниями являются нарушения в эндокринной системе (в десять раз чаще, чем в среднем по России), психические расстройства (в пять раз), болезни системы кровообращения и пищеварения (в четыре раза).

Ликвидаторы последствий аварии на ЧАЭС становятся инвалидами в четыре раза чаще, чем остальные россияне. Среди них смертность в три раза превышает среднестатистический показатель, причем около десяти тысяч человек уже умерло. У двух процентов детей ликвидаторов выявлены тяжелые патологии (около шестисот детей), а также отмечается «физиологическая несостоятельность»...

ТАСС - Единая лента новостей 1 от 24.04.98. МОСКВА, 24 апреля. (Корр. ИТАР-ТАСС В. Романенкова).

Главными негативными последствиями низкоуровневого чернобыльского облучения для здоровья населения оказываются следующие:

- увеличение числа спонтанных абортов и мертворождений;
- увеличение смертности;
- увеличение числа ослабленных и больных новорожденных;
- увеличение числа генетических нарушений и врожденных пороков развития;
- увеличение числа раковых заболеваний (не только раков щитовидной железы);
- нарушение (замедление) умственного (нервно-психического) развития;
- рост числа психиатрических заболеваний (в том числе шизофрении);
- нарушение иммунитета и гормонального (эндокринного) статуса;
- рост числа заболеваний органов кровообращения и лимфатической системы, дыхательной и мочеполовой системы, кожного покрова, заболеваний желез внутренней секреции и органов зрения;
- аномальный рост детей, аномальные истощения;

- замедленное выздоровление после болезней;
- ускоренное старение.

Все эти чернобыльские эффекты так или иначе связаны с влиянием низкоуровневого облучения.

«Точное число жертв, может быть, никогда не станет известным. Но три миллиона детей, требующих лечения и не до 2016 года, а раньше, дает нам представление о числе тех, кто может серьезно заболеть... Их будущая жизнь будет исковеркана этим, как и их детство. Многие умрут преждевременно. Неужели мы дадим им жить и умирать, думая, что мир безучастен к их бедственному положению?»

Из предисловия Генерального Секретаря ООН Кофи Аннана к публикации Оффиса ООН по координации гуманитарных дел (ОСНА, 2000).

Изучение последствий других радиационных катастроф позволило бы уточнить и расширить этот перечень. К сожалению, такие данные либо не были собраны, либо скрываются. Только через двадцать лет после серьезной аварии на военном атомном реакторе в Саванна-ривер стало известно, что после выбросов в ноябре и декабре 1970 года содержание стронция-90 в дождевой воде, молоке, овощах, дичи и рыбе увеличилось на окрестных территориях в несколько раз. Содержание стронция в рыбе из Саванна-ривер было в 100 000 раз больше, в капусте - в 50 раз, в домашней птице - в 33 раза, в молоке - в 8 раз выше, чем в продуктах из чистых районов. На протяжении трех лет после катастрофы в Южной Каролине наблюдалось статистически достоверное возрастание детской смертности (особенно значительное - от врожденных дефектов), а также возрастание смертности от рака легких. При этом детская смертность в целом по США устойчиво снижалась. Избыточная смертность обнаруживалась в округах, расположенных либо непосредственно у места аварии, либо по направлению господствующих ветров (Гулд, Голдман, 2001). Анализ более сорока всех мыслимых факторов (пестициды, промышленное загрязнение, курение, уровень доходов и медицинской помощи, воздействие асбеста, влияние атомных взрывов в Китае и на полигоне Невада и т. д.) не установил связи какого-либо из них с картиной распространения детской и общей смертности в пространстве и времени. Но это означает, что загрязнение молока на уровне 26 пикокюри, пшеницы - 250, слив - 160, капусты - 500 пикокюри, потребление которых определяет достаточно низкий уровень внутреннего облучения, безусловно, находящийся в диапазоне малых доз, привело к более чем к двадцати тысячам дополнительных смертей (Гулд, Голдман, 2001).

До сих пор остаются тайной последствия для населения самой крупной до Чернобыля аварии на советских АЭС - Ленинградской 1975 года (на следующий год в Ленинграде было зарегистрировано необычно большое число новорожденных с синдромом Дауна).

2.4. Последствия ядерных испытаний

Важным источником сведений о влиянии малых доз радиации могли бы стать статистические данные по состоянию здоровья населения стран и регионов, пострадавших от облучения в малых дозах, вызванного ядерными испытаниями в атмосфере в 1954 - 1980 годах. Однако, ввиду секретности, всегда окружавшей такие испытания, медицинская статистика и дозиметрия для территорий, прилегающих к местам проведения испытаний в СССР (Северный Казахстан, Алтай и Южная Сибирь, Оренбургская область, район Аральского моря, Российская Арктика), США (Невада), на некоторых тихоокеанских атоллах (испытания США, Великобритании и Франции), в Центральной и Южной Азии (испытания Китая, Индии, Пакистана), недоступны для независимых экспертов, и при их анализе приходится базироваться на отрывочных данных. В подавляющем большинстве этих случаев дозы, полученные населением, относились к категории малых доз (не более 250 мЗв).

2.4.1. Семипалатинский полигон (СССР)

Ядерные испытания на Семипалатинском полигоне (Казахстан) проводились таким образом, что большая часть радиоактивных выбросов оставалась в пределах границ СССР. В результате огромные территории не только Казахстана, но и Сибири и Алтая оказались радиационно загрязненными. Спустя 30 - 40 лет после испытаний состояние здоровья сотен тысяч людей, проживающих на этих территориях, таково, что в России в 1994 - 1999 годах пришлось принимать специальные государственные программы помощи населению Алтайского края и Республики Алтай.

С 1985 по 1995 год число больных лейкозами в Семипалатинской области увеличилось в два раза, здесь же повысился уровень младенческой смертности; число врожденных пороков развития (ВПР) увеличилось с 1960 по 1988 год с 11,8 % до 19,2 % при среднем для СССР уровне 11 - 13 % (Часников, 1996). Здесь же произошло увеличение удельного веса шизофрении в структуре психических расстройств (Алимханов, 1995). Частота спонтанных аборт в Егиндыбулакском районе (самом пострадавшем от испытаний на Семипалатинском полигоне) наиболее высокая во всей Семипалатинской области. Частота спонтанных абортов (выкидышей), как это было и в случае чернобыльского загрязнения, - один из чувствительных индикаторов поражения организма человека малыми дозами.

В Егиндыбулакском и Каркаралинском (втором по величине радиоактивного загрязнения) районах наблюдалась и в 7 - 10 раз повышенная частота ВПР (Бигалиев и др., 2001). При этом оказалось, что ВПР «... проявлялись наиболее часто не у первого и второго, а у третьего поколения лиц, родившихся у облученных жителей» (Седунов и др., 1996). В Семипалатинской области за период с 1985 по 1995 год вдвое увеличилась частота лейкемии. Детская смертность в Казахстане и центрально-азиатских странах возраста-

ла после периода наиболее активных испытаний (1971 - 1977) до трех раз (Часников, 1996).

«Можно без преувеличения сказать, что вся планета сейчас обсуждает одну новость - тяжелейшую болезнь Раисы Максимовны Горбачевой... Врачи определили, что у неотразимо обаятельной Раисы Максимовны, красивейшей первой леди за всю историю Советского государства, острый лейкоз, проще говоря - рак крови. Но самое шокирующее то, что болезнь г-жи Горбачевой - скорее всего не трагичная случайность, а, возможно, страшная закономерность... Заболевание Раисы Максимовны, вероятно, является следствием сильнейшего радиационного облучения. Ведь она родилась и около двадцати лет прожила в городе Рубцовске, который находится в ста километрах от Семипалатинского полигона... Население, проживающее на огромных территориях Алтая и Казахстана, получило сильнейшую дозу облучения, равную чернобыльской... Самое распространенное заболевание в Рубцовске - рак крови...»

В. Ушакова, И. Гурьянова. 1999. Тайна болезни Раисы Горбачевой. Московские ведомости, 9 августа, с. 6.

Существенно увеличена частота мутаций в мини-сателлитных локусах хромосом у людей, проживающих вблизи Семипалатинского полигона, по сравнению с контрольной группой из чистых районов Казахстана (Дуброва, 2001).

Несмотря на десятилетия, прошедшие с момента прекращения наземных испытаний атомного оружия на Семипалатинском полигоне, влияние радиационного воздействия от испытаний значимо сказывается на территории Республики Алтай на уровне врожденных аномалий у детей в наше время (Мешков, 2001 а) и на уровень онкозаболеваемости (Мешков, 2001 б). В Новосибирской области, в районах с наибольшими радиоактивными выпадениями в 1949 - 1962 годах, по сравнению с близрасположенными районами в 1994 году младенческая смертность, частота преждевременных родов и врожденных аномалий были в 2 - 4 раза выше (Суслин, 1998).

2.4.2. Новоземельский полигон (СССР)

У населения Ненецкого автономного округа, прилегающего к месту наиболее интенсивных испытаний ядерного оружия в мире в 1959 - 1962 годах, обнаружен рост мертворождаемости, увеличение числа недоношенных новорожденных (Таскаев и др., 1996), а спустя 20 - 25 лет после испытания - увеличение числа случаев заболевания раком (Ткачев и др., 1996).

У местного населения другой близлежащей территории - Ямало-Ненецкого АО - цитогенетический анализ обнаружил в клетках крови в несколько раз большее (по сравнению с контролем) число колец и дицентриков: маркеров радиационного воздействия (Осипова и др., 2001).

2.4.3. Полигон в пустыне Лоб-Нор (Китай)

В южных районах Казахстана (наиболее близких к Лоб-Нору) обнаружена зависимость величины младенческой смертности от накопления радионуклидов при китайских ядерных испытаниях. Через год после взрыва, в октябре 1980 года, на полигоне Лоб-Нор мощного ядерного заряда младенческая смертность в г. Алматы увеличилась на 40 %, что трудно объяснить какими-либо другими причинами (Часников, 1996).

2.4.4. Полигон в штате Невада (США)

В 1951 - 1958 годах в результате девяти случаев испытания атомного оружия в атмосфере на полигоне в штате Невада радиоактивные осадки выпали в сорока восьми штатах США и затронули здесь сто шестьдесят миллионов человек: средняя поглощенная доза для населения составила 1 - 2 сГр (Wadman, 1994). Данные об этом стали достоянием независимых экспертов только спустя сорок лет (!), в 90-е годы (Gallagher, 1993; 50s Nuclear..., 1997; Макхиджани, Салеска, 2000), когда время для строго документированных исследований было безнадежно упущено. Такие исследования даже не планировались как в силу ограниченности тогдашних знаний об опасностях малых доз радиации, так и по причине малочисленности облученного населения: подвергавшаяся особо интенсивному дополнительному облучению часть населения, проживавшая с подветренной стороны от полигона («downwinders»), считалась, по официальным документам Комиссии по атомной энергии США, слишком «...незначительной частью населения» («... a low use segment of the population») (Gallagher, 1993, р. XXIII). В 1982 году Конгресс США поручил Департаменту здравоохранения провести оценку влияния йода-131, выпавшего в США после атомных испытаний в Неваде. Для ста шестидесяти миллионов американцев в сорока восьми штатах средняя кумулятивная доза на щитовидную железу составила 2 рад (2 сГр), дети до пяти лет получили в 3 - 7 раз большие дозы. Наиболее облученными оказались жители двадцати четырех графств в Южных и Восточных штатах, где средняя кумулятивная доза на железу достигала 9 - 16 сГр (соответственно, для детей 27 - 112 сГр). У детей из штатов Юта и Невада, получивших в среднем по 10 сГр на железу, сравнительно с детьми из штат Аризона, получивших в несколько раз меньшее количество йода-131, было обнаружено статистически достоверное увеличение числа раковых и предраковых поражений щитовидной железы (Study ..., 1997). Сравнение числа случаев рака молочной железы в когортах до 1951 года и в 1967 - 1975 годах в штате Юта по основному следу радиоактивных осадков из Невады показало (Bertell, 1984) удвоение уровня заболеваний. Основываясь на общем количестве выброшенных в биосферу радионуклидов, Национальный институт рака США рассчитал, что йод-131, попавший на территорию США, должен был вызвать от 11 до 212 тысяч дополнительных случаев рака щитовидной железы (Makhijani et al., 1995; Sherman, 1998).

Несомненно, истинная картина поражения населения США и других стран малыми дозами радиации, связанными с атомными испытаниями, никогда не будет выяснена досконально. Однако некоторые сопоставления, сделанные Д. Гулдом (Gould et al., 2000) над когортой родившихся в 1945 - 1965 годах (период повышенного выпадения радионуклидов от атомных испытаний), заставляют задуматься. Когда это поколение достигло возраста пятнадцати - двадцати четырех лет, обнаружился беспрецедентно большой в американской истории уровень смертности от актов насилия, статистика зафиксировала также снижение уровня успеваемости в средней школе. Когда поколение достигло возраста двадцати пяти - сорока четырех лет, в стране резко увеличилось число людей, которых статистика определяет как «не ищущих работу». В это же время началось резкое повышение смертности мужчин из-за вируса иммунодефицита. Когда это поколение стало еще на десять лет старше, в США резко увеличилась заболеваемость раком простаты.

Детальный анализ большого массива фактических данных по корреляции увеличенной после проведения испытаний атомного оружия в Неваде концентрации радионуклидов в воздухе и продуктах питания со смертностью и заболеваемостью американцев приведен в сводках Дж. Гулда и Б. Голдмана (2001), Ж. Шерман (Sherman, 1999) и Дж. Мангано (Mangano, 1999).

2.4.5. Испытания на атолле Бикини (США)

После взрыва водородной бомбы в 1954 году на атолле Бикини женщины на расположенном вблизи атолле Ронгелап (Маршалловы острова, Тихий океан) потеряли способность рожать. Их фертильность восстановилась только спустя пять лет. При этом стали частыми спонтанные аборт и мертворождения (обзор см. Яблоков, 2001 а, с.108). У 16 % жителей Маршалловых островов возник гипотиреоз, что значительно больше расчетных данных (Larsen et al., 1982).

«Заплатено за смерть мальчика с Бикини»

«Маджуро. Семья одиннадцатилетнего мальчика, умершего от рака много лет спустя после завершения в 1958 году ядерных испытаний США на острове Бикини, получила компенсацию 100600 долларов США. В прецедентном случае находящийся в Маджуро Трибунал ядерных требований (Nuclear Claims Tribunal) признал достаточными доказательства связи радиационного облучения с раком, чтобы компенсировать в полном объеме заявленное требование от семьи Диала Левитикуса...»

Газета «Times of India», 28 августа 1999 г. (перевод мой - А.Я.).

2.4.6. Испытания в Австралии и на островах Рождества

В Южно-Австралийской пустыне (Маралинга), на островах Монте-Белло у Западной Австралии и островах Рождества в Тихом океане Великобританией был проведен в 50-е годы ряд атмосферных испытаний ядерного оружия. В них участвовали несколько десятков тысяч британских, австралийских и новозеландских военнослужащих («как морские свинки»). Радиоактивные осадки выпадали за тысячи километров, за здоровьем аборигенного населения никто не наблюдал («вымирающая раса не может влиять на сохранение западной цивилизации» - Marks, 2001).

«Фрэнку Грей из графства Дурхэм было 22 года, когда он наблюдал первый атомный взрыв на Монте-Белло с палубы военного корабля «Арвик». Два часа позднее он отвозил группу ученых в защитных одеждах на берег, чтобы они забрали свои наблюдательные приборы. ...Грей умер девять лет назад в возрасте шестидесяти двух лет. У его жены Шейлы, секретаря Ассоциации британских ветеранов ядерных испытаний, первая беременность окончилась выкидышем. Другой выкидыш не имел гениталий вообще. Затем у супругов родилось трое детей. В том числе девочка, родившаяся с дырой в брюшной полости, и мальчик, у которого развился рак двенадцатиперстной кишки в возрасте двух лет. Все трое их детей к двадцати годам были совершенно безволосыми ...»

Из статьи «Как нас научили ненавидеть бомбу», распространенной известным британским концерном «Индепендент» (K. Marks. How we learnt to hate the bomb. Independent Digital (UK) LTD, 16 June 2001, 23:27 GMT+1), перевод мой - А.Я.

Проведенные в 90-е годы под давлением ветеранских организаций исследования показали (Marks, 2001), что:

- средняя продолжительность жизни «атомных ветеранов» составляет всего пятьдесят пять с половиной лет (в целом по стране около семидесяти);
- заболеваемость редкой формой рака крови (множественная миелома) присутствовавших на испытаниях военнослужащих в десять раз выше среднего уровня;
- среди потомков атомных ветеранов второго и третьего поколений повышена частота выкидышей, мертворождений и врожденных пороков развития.

2.4.7. Результаты глобального загрязнения от ядерных взрывов

Поскольку радиоактивное загрязнение от ядерных испытаний в атмосфере является глобальным, через несколько лет после испытаний во всех без исключения регионах Земли выпали долгоживущие («вечные») и глобальные радионуклиды. По геофизическим причинам характер выпадения зависел не столько от удаленности от мест испытаний, сколько от географической широты. Начиная с середины 60-х годов, содержание стронция-90 в продуктах питания во многих странах превысило предельно допустимые концентрации по современным нормам радиационной безопасности (в питьевой воде и молоке 125 Бк/л), и люди по всей планете подверглись дополнительному облучению в диапазоне малых уровней.

Дополнительная к естественному уровню коллективная доза облучения, вызванного радиоактивными осадками от проведенных испытаний, составила несколько процентов от естественного годового фона (в Великобритании в начале 90-х годов - 8,5 %; Busby, 1995). Эта дополнительная радиационная нагрузка была одинаковой для всех стран, независимо от уровня их социального развития. Различия заключались лишь в географической широте местности, определявшей плотность глобальных выпадений техногенных радионуклидов: максимальный уровень выпадения стронция-90 находился в поясе 450 с. ш. (Часников, 1996).

Ретроспективно, по данным медицинской статистики (для стран, где она достаточно детально и доступна), оказывается возможным оценить влияние такого глобального радиоактивного загрязнения в малых дозах. Во всех случаях подробного медико-демографического анализа была обнаружена высокая положительная корреляция между величиной этой дополнительной радиационной нагрузки и следующими показателями:

- смертностью в первый день после родов;
- смертностью в первый месяц после родов (неонатальной);
- мертворождениями;
- заболеваемостью лейкемией.

На рисунках 4 и 5 приведены данные для США и Великобритании, а на рисунке 6 - обобщенные данные по связи младенческой смертности с уровнем выпадения стронция-90.

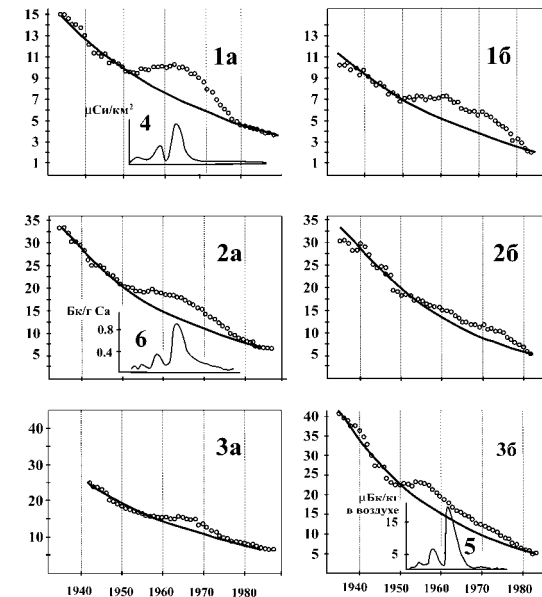


Рис. 4. Смертность (число случаев на 1000) в первый день после родов (1), в первые четыре недели после родов (2) и число мертворожденных (3) в США (а), Англии и Уэльсе (б) в сопоставлении с уровнем выпадения на поверхность земли стронция-90 (4), цезия-137 (5) от ядерных испытаний в атмосфере и уровнем содержания стронция-90 в молоке (6) в Англии (из Busby, 1995; по: Whyte, 1992; Playford et al., 1992).

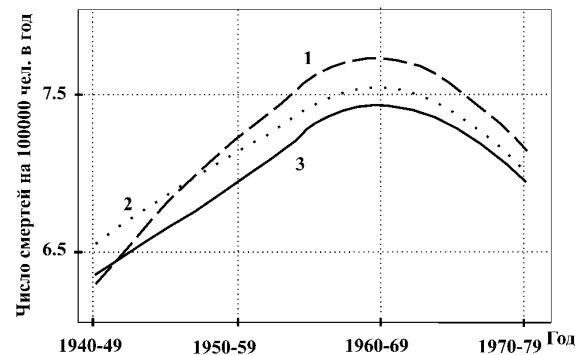


Рис. 5. Смертность от лейкемии в США: 1 - группа с относительно высоким уровнем стронция-90 в скелете (по данным биопсии); 2 - со средним; 3 - с низким. Данные для белых мужчин и женщин (из Busby, 1995, по: Archer, 1987).

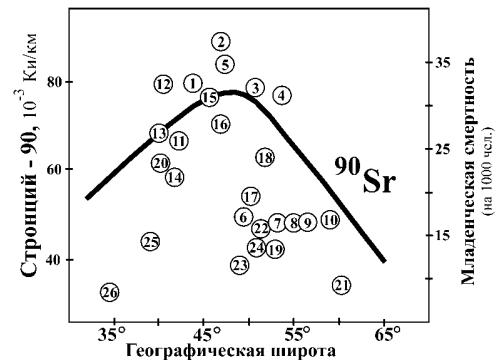


Рис. 6. Связь уровня выпадения стронция-90 до 1974 года (кривая), географической широты местности (по месту расположения столицы) и младенческой смертности в 1970 - 1986 годах в Северном полушарии в 60-е годы (1 - 4 - Казахстан, от 410 до 570, данные Института педиатрии Минздрава Казахстана), 5 - Молдова, 6 - Украина, 7 - Беларусь, 8 - Литва, 9 - Латвия, 10 - Эстония, 11 - Грузия, 12 - Азербайджан, 13 - Армения, 14 - Болгария, 15 - Румыния, 16 - Венгрия, 17 - Чехословакия, 18 - Польша, 19 - ГДР, 20 - среднее для стран Южной Европы, 21 - среднее для стран Северной Европы, 22 - ФРГ, 23 - Франция, 24 - Великобритания, 25 - США, 26 - Япония. Заметна связь уровня смертности с уровнем выпадения радиоактивных осадков (Часников, 1996. По: ЦНИИАтоминформ, 1992, № 8, с. 69; «Население мира», М., «Мысль», 1989)

Видно, что радиоактивные выпадения от ядерных испытаний в атмосфере, резко увеличившиеся в конце 50-х годов и резко сократившиеся после

1966 года, хорошо коррелируют с увеличением смертности новорожденных в первый день после родов, неонатальной смертностью и числом мертворожденных.

Исследования в Великобритании показали (Busby, 1993), что увеличение смертности невозможно объяснить какими-либо другими известными факторами (например, изменением возраста матерей, характером медицинского обслуживания, курением или потреблением алкоголя родителями и т. п.). Исследования этого увеличения смертности в США привели к выводу, что причиной должен быть какой-то один фактор окружающей среды (Whyte, 1992).

Исследование в США интересно тем, что оно обнаружило устойчивую разницу в смертности между группами населения, получавшими несколько различное количество стронция-90 в пище. Эта разница составляла доли процента от естественного радиационного фона, и, тем не менее, она оказалась существенной при возникновении смертельных заболеваний (см. рис. 3).

Среди других аналогичных данных:

- увеличение числа случаев лейкемии в Великобритании, не только положительно коррелированное с годами увеличенного выпадения радиоактивных осадков, но и более значительное в местах, где таких выпадений было больше в результате большего количества атмосферных осадков (Busby, 1995);
- высокая положительная корреляция ($r = 0.75 \pm 0.13$) младенческой смертности от врожденных пороков сердца с содержанием стронция-90 в коровьем молоке (Busby, 1992; A. Busby, 1993). Напомню, что содержание стронция в молоке определялось (до Чернобыльской катастрофы) исключительно глобальными выпадениями от ядерных испытаний, а врожденные пороки сердца являются одним из типичных следствий влияния малых доз радиации на потомство облученных млекопитающих (Смирнова, Лягинская, 1969; и др.);
- высокая положительная корреляция увеличения случаев рака кости, рака простаты и суммы всех типов раковых заболеваний в Уэллсе с выпадением радиоактивных осадков (стронция-90) с лагом (запозданием, характерным для проявления влияния малых доз на возникновение рака) в 20 лет (Busby, 1995) - так называемое «стронциевое эхо».
- увеличение смертности во всех возрастных группах в СССР в период с 1965 по 1982 год наибольшее (до 55% в возрастной группе 40 - 44 года к началу 80-х годов сравнительно с началом 60-х годов) в возрастных группах, подвергшихся облучению в детском возрасте (Часников, 1996);
- увеличение частоты встреч болезни Дауна (вызывается радиоиндуцированной хромосомной мутацией «трисомия 21-й хромосомы») в разных странах, по времени совпадающее с периодом интенсивного загрязнения от испытаний (Ковалева, 2000).

И.Я. Часников (1996) добавляет интересные сопоставления к анализу проблемы влияния малых доз от ядерных испытаний на здоровье населения. До глобального загрязнения продуктами ядерных взрывов средняя продолжительность жизни не была связана (при прочих равных условиях) с широтой местности проживания. К середине 80-х годов средняя продолжительность жизни стала обнаруживать такую корреляцию с географической широтой местности - соответствующую различиям в уровнях выпадения стронция-90 до 1974 года (Рис. 7).

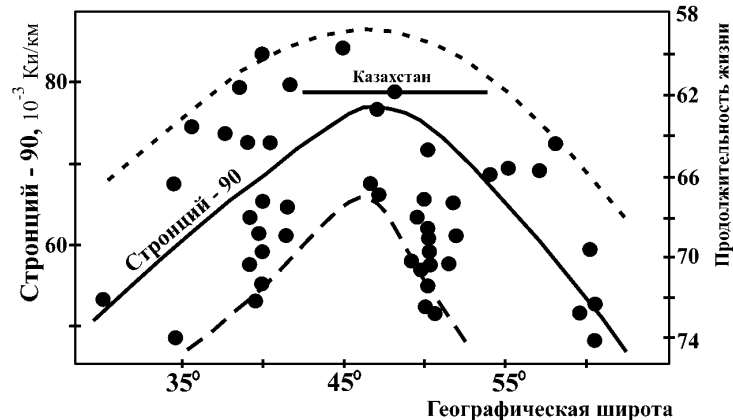


Рис. 7. Корреляция между средней продолжительностью жизни мужчин в 1975 - 1982 гг., широтой места проживания (точки - географическое положение столиц) и уровнем интегрального выпадения стронция-90 из атмосферы (до 1974 года - кривая) для 46 стран, расположенных выше 35° северной широты (Часников, 1996).

В целом, из уже имеющегося сейчас массива данных по влиянию малых доз радиации от ядерных испытаний 50 - 60-х годов ясно, что на следующий год после загрязнения дополнительно к естественному радиационному фону несколькими миллиКюри на квадратный километр (соответствующее повышению радиоактивности в несколько миллиБеккерелей на килограмм воздуха или десятков пикокюри на грамм кальция в молоке; см. рис. 3.3) происходит увеличение числа мертворожденных, повышение смертности новорожденных в первый день и первые четыре недели жизни. Примерно через двадцать лет увеличивается число раковых заболеваний.

Таким образом, даже ничтожная (по сегодняшним официальным нормам) дополнительная доза облучения порядка десятка микроЗиверт в год уже негативно отражается на здоровье человека. Это влияние стохастическое, улавливаемое лишь на популяционном уровне, но оно существует.

«Число детей и внуков с раком в костях, лейкемией в крови и с отравлением в легких может показаться статистически небольшим в сравнении с теми же болезнями, случившимися по естественным причинам, не связанным с радиацией. Но это не естественные угрозы, и не материал для статистики. Потеря даже одной человеческой жизни или уродство одного ребенка, который может родиться после нас, должно нас беспокоить. Наши дети и внуки - это не та статистика, которая может оставить нас безучастными».

Из выступления Президента США Дж. Кеннеди в 1963 году после ратификации Сенатом США Договора о частичном запрещении испытаний ядерного оружия (цит. по: С. Busby, 1995. Р. 85; перевод мой - А.Я.).

Влияние дополнительных доз облучения на самом деле значительно более серьезно, чем только стохастическое повышение неонатальной и перинатальной смертности и появление спустя много лет дополнительных раковых заболеваний. Эти показатели улавливаются в первую очередь потому, что они включаются в официальную статистику. Но есть и другие данные по влиянию малых доз от ядерных испытаний. В Норвегии было обнаружено снижение успеваемости по математике и языкам у учеников, подвергшихся внутриутробному облучению (расчетная поглощенная доза - до сотен мкГр) в районах с особенно интенсивным выпадением радионуклидов от атомных взрывов (Ofstedal, 1984, 1989). Эти наблюдения логично совпали с подобными данными для «хибакуси». В наше время эти наблюдения о влиянии малых доз радиации на умственное развитие получили мощное подтверждение и на большом материале Чернобыльской катастрофы.

Важно, что эффект поражения центральной нервной системы малыми уровнями радиации в ходе внутриутробного развития может оказаться не стохастическим, а детерминированным. Хотя тяжесть поражения увеличивается с дозой, даже при самых малых дозах никто из облученных не избежит такого поражения (Гофман, 1994). Расчеты показали, что уже при поглощенной эмбрионом дозе в 40 мГр процент умственно отсталых значимо увеличивается (Гофман, 1994, табл. 6.4).



Рис. 8. Увеличение числа заболеваний энцефалитом (число случаев на миллион жителей) в Нью-Йорке совпадает по времени с периодом интенсивных выпадений радионуклидов от ядерных испытаний в атмосфере (Часников, 1996).

Итак, быстро накапливающиеся ретроспективные данные по влиянию испытаний ядерного оружия в совокупности дают новые убедительные доказательства разнообразного негативного влияния облучения низкого уровня.

2.5. Последствия работы предприятий атомной индустрии для населения

В предыдущих брошюрах этой серии уже неоднократно приводились данные об опасном воздействии на здоровье населения даже не аварийных, а штатных, регулярных выбросов атомных предприятий ряда стран (Яблоков, 2000 а, б; 2001 а). Дозы, получаемые окрестным населением АЭС, обычно не превышают десятков микроЗиверт в год, составляя (по уверениям атомщиков) лишь несколько процентов от величины естественного радиационного фона. Эти дозы многократно меньше верхнего предела зоны малых доз. И, тем не менее, они оказываются причиной ухудшения здоровья окрестного населения (Табл. 22).

Таблица 22

Примеры влияния предприятий атомной индустрии США на здоровье населения (по: Яблоков, 2001 а)

Предприятие	Эффект	Автор
АЭС «Биг Рок», через 5 - 9 лет после пуска АЭС	Увеличение младенческой смертности, числа новорожденных с низким весом, числа случаев рака и лейкемии, увеличение частоты ВПР	Bertell, 1985
Восемнадцать графств вокруг трех АЭС через 5 лет после пуска	Увеличение смертности от лейкемии	Bertell, 1985
АЭС «Шиппингпорт»	Увеличение младенческой смертности	Sternglass, Gould, 1993
АЭС «Пилгрим»	Четырехкратно больший риск заболеть лейкемией у живших в 1978 - 1983 гг. в радиусе 16 км от АЭС. После снижения выбросов ниже 0,25 мЗв в год (1983 - 1986) лейкемии не обнаруживались Корреляция риска заболевания большинством форм лейкемии с величиной радиоактивных выбросов	Aubrey et al., 1990; Shulman, 1990 Morris, Knorr, 1996
АЭС «Дуэйн Арнольд»	Увеличение числа случаев лейкемии у детей после пуска АЭС	Jablon et al., 1991

Население графств, расположенных вблизи или с подветренной стороны от шести АЭС	Корреляция между смертностью грудных детей, родившихся с весом менее 2500 грамм, и проживанием родителей в зоне влияния АЭС	Шеер и др., 1989
Население 268 графств на расстоянии до 80 км вокруг 5 оборонных атомных производств и 46 АЭС	Увеличение смертности от рака груди в 2,5 раза вокруг АЭС и более чем в 10 раз - вокруг атомных оборонных производств	Cancer awareness..., 1994
Девять оборонных атомных производств	Увеличение смертности от рака кости в окрестностях восьми производств (сравнительно с контрольным районом) и вокруг трех из пяти - после их пуска	Goldsmith, Kordysh, 1998
АЭС «Три-Майл-Айленд», выбросы до аварии 1979 года, население с подветренной стороны	Увеличение заболеваемости раками у детей, числа случаев не-Ходжкинской лимфомы, десятикратное увеличение числа случаев рака крови и легких у взрослых; увеличенное число жалоб населения на тошноту, расстройства пищеварения, раннее облысение, а также на внезапную гибель сельскохозяйственных и домашних животных	Hatch et al., 1990; Bertell, 1998; Warrick, 1997
АЭС «Салем»	Увеличение детской смертности и спонтанных аборт. Оба показателя резко уменьшались с 1994 по 1996 год, когда АЭС останавливалась или работала на минимальной мощности	Cohen, Cohen, 1999
АЭС «Форт Сан Врейн», «Ля Крос», «Миллстоун», «Хэддэм Нэж», «Ранчо Сэко», «Троян»	Уменьшение младенческой смертности с подветренной стороны на расстоянии до 64 км от этих АЭС на 15 - 20% через два года после их закрытия	Cullen, Brown, 2000; Knight, 2000; Mongano, 2000
АЭС «Ранчо Сэко»	Увеличение младенческой смертности после пуска АЭС. Уменьшение случаев лейкемии, раков и смертности от ВПР в возрасте до 5 лет через семь лет после остановки АЭС	Cullen, Brown, 2000; Knight, 2000; Mongano, 2000

АЭС «Ойстер Крик»	Увеличение на 35 - 50 % числа случаев рака у детей с подветренной стороны (www.radiation.org)	Radiation and Public Health Project
94 графства вокруг Ок-Риджской национальной лаборатории (с учетом розы ветров и осадков)	Увеличение смертности от рака за период с 1950 по 1989 год на 34,1 % (в среднем для США - 5,1 %)	Mangano, 1994 (цит. по: Parson, 2001)
Завод по производству ядерного топлива в Пенсильвании	В расположенном рядом с АЭС городом Аполло из 1857 жителей у 351 (каждого пятого) обнаружены раки (19 224 на 100 000, в удаленном соседнем городке - 1189 на 100 000, как и в среднем по США). Этот факт признан судом последствием облучения в малых дозах	Ex-Owners ..., 1998

В монографии старейшего американского эпидемиолога Дж. Гулда «Враг внутри» («Enemy Within», Gould, 1996) приведены статистические данные по смертности от рака молочной железы в графствах (в административных районах), расположенных вокруг всех АЭС США, по пятилетиям с момента пуска каждой АЭС. На рисунке 9 и в таблице 23 приведены, в качестве примера, данные по АЭС «Ранчо Секо», расположенной в 25 милях от города Сакраменто в Калифорнии.

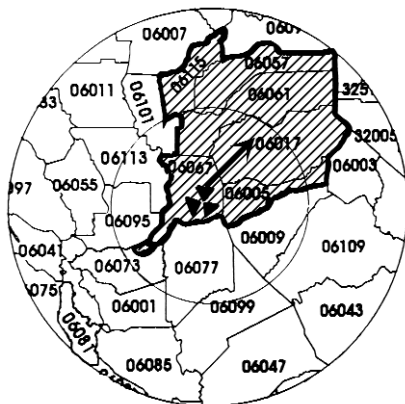


Рис. 9. Расположение АЭС «Ранчо Секо» и границ прилегающих графств в радиусе 100 миль, статистика смертности от рака молочной железы в которых приведена в таблице 23 (Gould, 1996, Appendix B, p. 282). Цифрами обозначен почтовый код графств, стрелками - направление господствующих ветров.

Таблица 23
Смертность женщин от рака молочной железы (на 100 тыс.)
в 1950 - 1989 годах в подветренных графствах и в радиусе 100 миль
от АЭС «Ранчо Секо» (Gould, 1996, p. 282)

Графство (код)	Число смертей			
	1950-1954 гг.	1985-1989 гг.	Изменение, 1985-89/1950-54 (%)	1950-54/1985-89
Сакраменто (6067)	21,8	27,3	+25	153/675
Амадор (6005)	32,4	26,4	-18	8/24
Эль-Дорадо (6017)	12,6	25,7	104	6/84
Невада (6057)	11,3	18,2	62	7/58
Плейсер (6061)	17,5	26,8	53	21/131
Юба (6115)	31,0	28,4	-8	16/38
Все шесть подветренных графств	20,8	26,5*	27*	211/1010
Графства в радиусе 100 миль	24,2	25,8*	7*	1717/5097
Штат Калифорния	25,5	25,9	1	7653/18541
США в целом	24,4	24,6	1	91392/178868

*Р 0001

На рисунке 10 приведены сводные данные по коэффициенту корреляции смертности от рака молочной железы и нахождения атомных реакторов в радиусе 100 миль (Gould, 1996). Смертность статистически достоверно ($r = 0,78$, $P 0,01$) ниже там, где реакторы находятся дальше 100 миль (180 км).

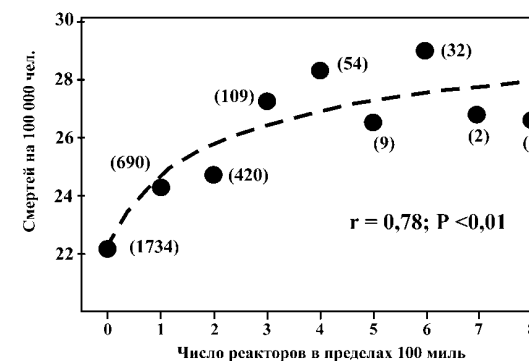


Рис. 10. Корреляция между смертностью женщин от рака молочной железы (число смертей на 100 000) и числом атомных реакторов, находящихся на расстоянии до 100 миль (180 км) (Gould, 1996).

На рисунке 11 приведены данные по заболеваемости раком молочной железы женщин в возрасте 50 - 74 лет в штате Коннектикут (США). Выделяются три тренда (показаны стрелками). Первый относится к 1935 - 1944 годам и не показывает увеличения (скорее, некоторое снижение заболеваемости в период 1938 - 1944 гг.). Тренд 1945 - 1970 годов отражает, по-видимому, выпадения от испытаний ядерного оружия в атмосфере и заметно возросшую радиационную нагрузку (аналогичное возрастание случаев заболевания раком молочной железы прослеживается и для других территорий США). Наконец, третий тренд, начавшийся в 1970 году, вероятнее всего связан с пуском АЭС «Хэддэм Нэк» в 1967 году и АЭС «Миллстоун» в 1970 году.

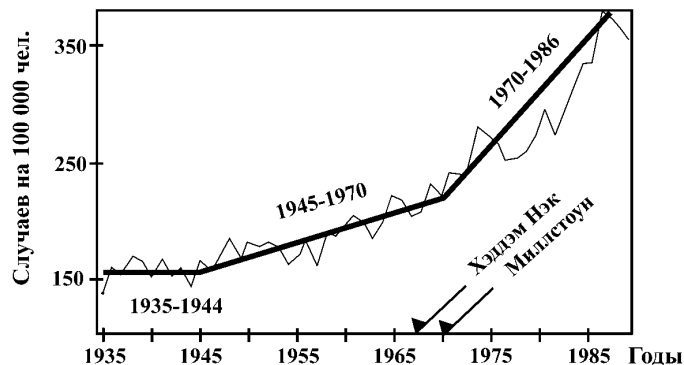


Рис. 11. Заболеваемость раком молочной железы женщин (число случаев заболеваний на 100 тыс.) в возрасте 50 - 74 лет в штате Коннектикут (США) за 1935 - 1990 гг. С 1935 по 1944 год число заболеваний уменьшалось, затем стало стабильно увеличиваться (вероятно, в связи с радиоактивными выпадениями от атомных испытаний). Резкое увеличение заболеваний после 1970 года, по всей вероятности, связано с вводом в действие АЭС «Хэддэм Нэк» и «Миллстоун». Пик заболеваемости в 1987 году, вероятно, связан с черновильскими выпадениями: от 2 пикокюри радиойода в молоке в апреле до 54 пикокюри в мае 1986 года. (Gould, 1996).

Благодаря традиционно хорошей статистике в США оказалось возможным обнаружить корреляцию между некоторыми показателями здоровья и содержанием радионуклидов в среде. На рисунке 12 приведены данные по высокой корреляции ($r = 0,73$; $P < 0,001$) выбросов йода-131 АЭС «Индиан Пойнт» (штат Нью-Йорк, США) и доле чернокожих новорожденных с аномально низким весом тела. Замечу попутно, что эти данные подтверждают вывод о большей чувствительности чернокожих людей к воздействию низких доз радиации (Gould, 1996).

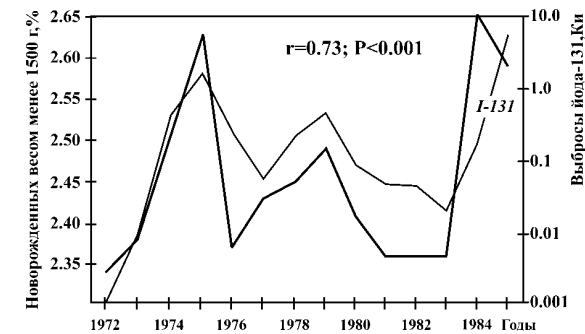


Рис. 12. Корреляция между величиной выбросов йода-131 (Ки, логарифмическая шкала) АЭС «Индиан Пойнт» (штат Нью-Йорк) и числом (в процентах) живых чернокожих новорожденных с весом тела менее 1500 грамм в штате Нью Йорк в 1972 - 1984 гг. (Gould, 1996).

На рисунке 13 приведены данные по достоверной корреляции ($r = 0,91$; $P < 0,001$) смертности женщин от рака молочной железы (с учетом возраста) с величиной выброса стронция-90 и йода-131 на душу населения по 10 группам штатов США в 1979 - 1988 гг.

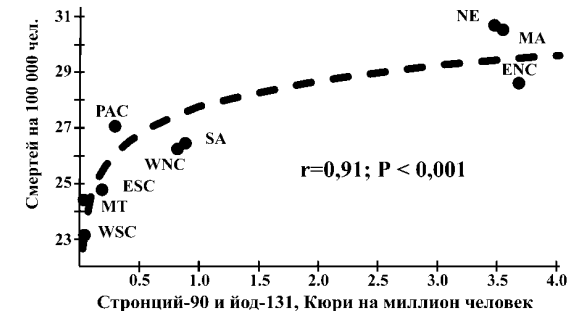


Рис. 13. Корреляция между суммарным выбросом стронция-90 и йода-131 от всех АЭС на душу населения и величиной смертности женщин от рака молочной железы по 10 группам штатов США в 1970 - 1988 гг. WSC - центральные юго-западные штаты, MT - горные штаты, ESC - центральные юго-восточные штаты; PAC - тихоокеанские штаты; WNC - центральные северо-западные штаты; SA - Южно-Атлантические штаты; NE - штаты Новой Англии; MA - Средне-Атлантические штаты; ENC - центральные северо-восточные штаты (Gould, 1996).

Благодаря работе группы энтузиастов во главе с Дж. Гулдом в США за последние десятилетия стали накапливаться данные, подтверждающие более высокие уровни облучения для населения, живущего вокруг АЭС. Оказалось, что молочные

зубы детей из Флориды содержат в три раза больше стронция-90, чем в среднем по США. При этом самые высокие уровни этого радионуклида были обнаружены в зубах, поступивших из семей, проживающих в зоне влияния АЭС «Турки Пойнт» и «Санта Лючия». В полном соответствии с этими данными, медицинская статистика показывает, что в окрестностях АЭС «Санта Лючия» уровень заболеваний раками у детей за последние 15 лет возрос на 300 % (Reactors..., 2000). Аналогичные данные есть и по другим американским АЭС (Gould et al., 2000; Mangano, 2000).

Одним из основных критериев влияния того или иного фактора в эпидемиологии служит эффект от его исчезновения после прекращения действия. Именно это обнаружено во всех семи изученных случаях закрытия АЭС в США: после того как эти АЭС были закрыты, младенческая смертность в радиусе 50 миль от них уменьшилась от 15 до 54 % (Reedy, 2001).

Есть немало данных по влиянию атомной индустрии на здоровье населения и в Германии. Часть из них приведена в таблице 24.

Таблица 24
Примеры влияния предприятий атомной индустрии
Германии на здоровье населения (по: Яблоков, 2000 а)

Окрестности АЭС	Эффект	Автор
<i>АЭС «Линген», 1970 - 1973</i>	Корреляция между величиной выброса "инертных" радиоактивных газов и смертностью от рака детей, числом мертворожденных и младенческой смертностью. Дополнительные случаи рака обнаруживались при облучении в 0,33 мЗв	Шеер и др., 1989; Hoffman, 1998 а
<i>Исследовательские реакторы «Гарчинг», «Наухерберг»</i>	Увеличение заболеваемости и смертности от лейкемии в возрастной группе мальчиков до 15 лет	Hoffman, 1998а
<i>Исследовательский реактор «Джулих» АЭС «Вюртсген»</i>	Увеличение числа случаев острой детской лейкемии Увеличение заболеваемости лейкемией у детей и молодежи (0 -20 лет). Четырехкратное увеличение числа хромосомных aberrаций (дицентриков) у взрослых	Kuni, 1998 Demut, 1989 (по: Hoffman, 1998 а); Heimers et al., 1998
<i>АЭС «Крюммель»</i>	Увеличение числа случаев лейкемии у детей и взрослых в радиусе 5 км от АЭС; увеличение числа хромосомных aberrаций	Hoffman, 1998 а, 1998 b; Heimers et al., 1997
<i>АЭС «Розендорф» АЭС «Райнсберг»</i>	Увеличение числа раковых заболеваний и у детей	Hoffman, 1998 а
<i>АЭС «Гюнцбург», «Диллинген», «Аугсбург»</i>	Раковые заболевания у детей выявляются на 40 % чаще, чем в других местах Баварии	ReMedicus, 2001

На примере официальных и независимых данных по Германии можно проследить, как происходит подтасовка опасных для атомной индустрии данных. В официальное сравнение были включены данные по заболеваемости детей (от рождения до 14 лет) раками в пятнадцатикилометровой зоне вокруг двадцати германских атомных реакторов. В это число вошли три научно-исследовательских реактора, выброс которых в тысячи раз меньше, чем коммерческих, а также два коммерческих, один из которых проработал около года, а другой - несколько месяцев. Официальное заключение - нет статистических различий в заболеваемости. На самом деле, серьезные статистические различия есть. Но для того, чтобы они проявились, оказалось необходимым (Korblein, Hoffman, 2000):

- сравнивать данные вокруг длительно работающих коммерческих АЭС;
- выделять среди раков острую лейкемию и ранние раки (0 - 4 года);
- сравнивать заболеваемость на разном расстоянии от АЭС.

Такие сравнения показали (Korblein, Hoffman, 2000):

1. У детей, проживающих в пятнадцатикилометровой зоне вокруг пятнадцати длительно работающих АЭС, статистически достоверно ($P = 0,047$) на 22 % повышена заболеваемость всеми раками, при этом в большей степени вокруг АЭС с реакторами типа BWR.

2. Достоверно установлено ($P = 0,0034$), что в 53 % случаев повышена встречаемость всех ранних (0 - 4 года) детских раков вокруг всех пятнадцати длительно работающих коммерческих АЭС.

3. Еще более резко выражено повышение частоты ранней детской лейкемии вокруг пятнадцати коммерческих АЭС ($P = 0,012$). Эта лейкемия статистически достоверно ($P = 0,029$) учащается даже при сравнении окрестностей всех двадцати атомных реакторов.

4. Наиболее четко выражена заболеваемость всеми раками в пятикилометровой зоне вокруг АЭС.

«Германия: вблизи атомных станций дети чаще болеют раком.
В районе атомных электростанций дети чаще страдают онкологическими заболеваниями. К такому выводу пришли ученые Мюнхенского института экологии на основе изучения состояния здоровья жителей южногерманских регионов, находящихся в непосредственной близости от трех расположенных там атомных станций.
Итоги исследования, которое провели эксперты регионального отделения организации «Врачи за предотвращение ядерной войны», показали, что в 1983 - 1993 гг. уровень онкологических заболеваний среди детей там был выше среднестатистического показателя. В округах Гюнцбург, Диллинген и Аугсбург раковые заболевания у детей в возрасте до 15 лет выявляются на 40 % чаще, чем в среднем по Баварии». (18.03.2001 г., ReMedicus.)

Из Ежемесячного обзора публикаций информационных изданий «Энергетика и окружающая среда», № 14, 1 апреля 2001 г.

Немецкие данные (Hoffman, 1998 а, в и др.), как и приведенные выше данные по США, показывают, что **во всех случаях, когда имелась детальная и качественная медицинская статистика за каждый год, по возрастным группам населения на разном удалении от АЭС и по розе ветров обнаруживалась достоверная связь уровня выбросов АЭС с какими-либо показателями здоровья.**

Об этом же свидетельствуют и имеющиеся данные по некоторым другим странам. Уже давно обращалось внимание на повышенную заболеваемость раками и смертность вокруг некоторых британских АЭС (Forman et al., 1987; Cook-Mozaffari et al., 1989). Заболеваемость лейкемией детей в поселке около британских ядерных центров в Сискейле (Gardner, 1989; Gardner et al., 1987), Беркшире и Хэмпшире (Roman et al., 1987), а также в Селлафилде, Даунрее и Харуэлле соответственно в 10,8 и 2 раза выше, чем в среднем по стране, и связана с работой этих центров (Chazi, 1993; Busby, 2000, 2001). Недавно в Великобритании вокруг старой АЭС в Олдбари (на реке Северн в окрестностях Чипстоу) был обнаружен еще один раковый кластер (компактное сочетание случаев). Проанализировав данные официального ракового регистра, К. Басби обнаружил статистически достоверное увеличение здесь случаев детской лейкемии. Здесь же, а также в окрестностях АЭС Хинкли Пойнт (Соммерсет) и АЭС Брадвелл (Эссекс) обнаружено увеличение смертности от рака молочной железы (Rogers, 2001). В конце 2001 года в Великобритании был обнаружен еще один кластер вокруг атомного предприятия - на этот раз повышенное число новорожденных с врожденными пороками развития в радиусе семь с половиной километров вокруг завода по производству медицинских изотопов фирмы «Nycomed Amersham» в Кардиффе (Edwards, 2001).

Вокруг французского завода по переработке отработавшего ядерного топлива на мысе Ля Аг отмечено многократное увеличение детской лейкемии (Veil et al., 1995, и др.). Статистически корректно здесь была обнаружена связь заболеваемости лейкемией со временем нахождения в прибрежной полосе и потреблением морских продуктов (Pobel, Viel, 1997). Обнаружено повышение смертности от лейкемии и лимфомы вокруг некоторых АЭС Японии (Iwasaki et al., 1995; Hoffman et al., 1996).

У проживающих вокруг российского атомного центра «Сибирский химический комбинат» (г. Северск) был обнаружен более высокий уровень эритроцитов с микроядрами, изменение формулы крови, нарушение иммунного статуса (Ильинских и др. 1995; Рихванов, 1996; 1997). У жителей сельских районов зоны радиоактивного загрязнения другого Российского атомного центра - «Горно-химический комбинат» (г. Железногорск) - обнаружено значимое превышение как общей, так и онкологической смертности (Мажаров, Кутумова, 2001).

Избегая открытой научной дискуссии по приведенным выше и аналогичным данным о влиянии атомных производств на здоровье населения, атомщи-

ки с порога отвергают их, называя подобные исследования «хламовой», «искажающей» («junk», «flawed») наукой (см. например, BBC News..., 2001; Our..., 2001). Такому же ostracismu были подвергнуты 40 лет назад и признанные ныне выдающимися работы группы британских исследователей под руководством Др. Алисы Стюарт, показавшие высокую опасность применявшихся тогда доз рентгеновского облучения в медицине (Stewart et al., 1970).

«Среди людей, работающих на АЭС или проживающих в прилегающих к ним зонах, даже при строгом соблюдении всех мер радиационной безопасности наблюдаются такие явления как раннее старение, ослабление зрения, угнетение реактивности иммунной системы, чрезмерная психологическая возбудимость, изменения в составе крови и другие. Эти проявления могут быть связаны с дополнительным воздействием аномалий АЭП (атмосферного электрического поля - А.Я.), возникающих в результате радиоактивного загрязнения окружающей среды...»

Из статьи сотрудников Государственного института прикладной экологии в г. Обнинске «Аномалии электрического поля атмосферы при радиоактивном загрязнении окружающей среды» (Бегун и др., 1996).

После знакомства с приведенными в этом разделе материалами непредвзятому читателю нельзя отрицать факт заметного ухудшения здоровья населения вокруг предприятий атомной индустрии. Все многочисленные данные (только часть которых была приведена выше) о связи повышенной смертности от некоторых раковых заболеваний (молочной железы у женщин, детской лейкемии) с длительным проживанием около атомных объектов могут быть объяснены только двумя предположениями: либо официально определяемый уровень облучения вокруг АЭС (в США - 0, 009 мЗв/год для проживающих в радиусе 50 миль от АЭС; McGregor, 2001) и других атомных предприятий существенно выше, чем расчетный (например, за счет каких-то неучитываемых выбросов), либо влияние малых доз значительно серьезнее, чем утверждает официальная атомная наука.

2.6. Последствия работы предприятий атомной индустрии для их персонала.

Несмотря на неоднократные заявления руководителей атомных отраслей России и других стран, что здоровье у атомщиков лучше, чем у остальных граждан, факты свидетельствуют об обратном.

Исследование здоровья работающих на атомных предприятиях и облучаемых (по официальным данным) лишь несколько больше, чем население вокруг АЭС, могло бы быть важным для понимания влияния малых доз и низких мощностей облучения. Прежде чем привести некоторые из имеющихся в этой об-

ласти данных, необходимо упомянуть о так называемом «эффекте здоровых работающих» («healthy workers effect»). На работу в атомную индустрию принимаются люди после специального медицинского отбора. Это надо иметь в виду при сравнении статистических показателей их здоровья с другими.

В результате обобщения данных по 96 тысячам работающим в атомной промышленности разных стран было статистически достоверно установлено, что риск смерти от лейкемии увеличивается на 22 % на аккумулярованную дозу в 0.1 Зв (100 мЗв) за жизнь (IARC..., 1994). По существующим российским нормам это как раз та эффективная доза, которую может получить человек из группы «персонала» за 50 лет трудовой деятельности (НРБ-99, п. 3.1.4). Было обнаружено также (IARC..., 1994), что около 8 % работающих в мировой атомной промышленности подвергаются такому риску.

В обстоятельном анализе двадцати семи исследований официальных данных по влиянию низкоуровневой радиации на здоровье работающих в системе Минатома США (US Department of Energy) показано (Alvarez, 2001), что в целом ряде случаев даже на основании официальных «скорректированных» данных выявлена существенная связь между низкими уровнями гамма- и альфа-облучения и разного рода заболеваниями, в том числе раковыми. С. Винг (S. Wing), эпидемиолог из Университета Северной Каролины в Чапел Хилл, показал, что рабочие четырех военных атомных предприятий США в Хэнфорде, Лос-Аламосе, Ок-Ридже и Саванна-ривер получали дозы менее 5 мЗв в год. Были исследованы истории болезни 98 человек, умерших от множественной миеломы, и истории болезни группы из 391 человека того же возрастного состава, случайно выбранных из 115 143 человек, поступивших на работу перед 1979 годом. Статистически достоверно доказано, что работники, которые получили большую дозу радиации (повторяю, при ежегодной дозе не более 5 мЗв), имели больше шансов заболеть раком крови. У мужчин смертность была вдвое выше, чем у женщин, а чернокожие были в пять раз чувствительнее к радиации, чем белые рабочие. Другие примеры влияния атомных предприятий на здоровье их персонала в США приведены в таблице 25.

Таблица 25
Влияние низкоуровневого облучения
на персонал атомных предприятий США (в основном по: Alvarez, 2001)

Группа влияния	Последствия
8 318 белых мужчин, работавших в период с 1943 по 1972 год в Ок-Ридже	Увеличение через 20 лет общей смертности (2,68 % на каждые 10 мЗв внешнего облучения), в основном от раков (4,94 % на каждые 10 мЗв). Связь раковых заболеваний с уровнем облучения в 10 раз более значительная, чем по данным Хиросимы и Нагасаки (Wing et al., 1991)

14 095 всех категорий, работавших в период с 1943 по 1972 год в Ок-Ридже	Увеличение смертности от всех раков на каждые 10 мЗв внешнего облучения, полученных после 45 лет, с задержкой (лагом) на 10 лет - на 4,98 %, с задержкой на 20 лет - на 7,3% (Richardson, Wing, 1999). Связь с уровнем облучения показана для нераковых заболеваний дыхательной системы. Радиочувствительность старших возрастных групп выше.
44 154 работавших в Хэнфорде	Из 24 исследованных раков только рак поджелудочной железы, множественная миелома и Ходжкинская лимфома показали достоверную связь с уровнем облучения (Gilbert et al., 1993)
8 116 работавших на урановом производстве Y-12	Повышенный уровень смертности от рака мозга, лимфатической системы, простаты, поджелудочной железы, почек для белых мужчин, от рака груди - у женщин (Loomis, Wolfe, 1996).
37 712 работавших на заводе по обогащению урана	Повышенная смертность от всех причин, для белых мужчин повышена заболеваемость раком органов дыхательной системы, кости, нарушениями умственной деятельности, всеми легочными заболеваниями. У черных мужчин увеличена смертность от рака органов дыхательной системы (Dupree et al., рукопись)
15 727 белых мужчин, работавших в Лос-Аламосе в период с 1943 по 1977 год	Связь облучения с возникновением раков мозга, центральной нервной системы, пищевода, почек, а также Ходжкинской лимфомы (Wiggs et al., 1994)
5 413 белых мужчин, работавших в 1952 - 1979 гг. на плутониевом производстве "Роки Флэтс"	Смертность получивших более 74 Бк плутония выше от рака пищевода, желудка, толстой кишки, простаты и лимфосаркомы. Смертность получивших дозу больше 10 мЗв достоверно выше от миелоидной лейкемии, лимфосаркомы, рака печени и мозга (Wilkinson et al., 1987)
9 860 белых мужчин, работавших в период с 1952 по 1974 год на урановом заводе в Саванна-ривер	Средняя полученная доза - 40,9 мЗв. Увеличение смертности от лейкемии на 7,81 % на каждые 10 мЗв (с лагом в 2 года) при расчетах с использованием модели риска MRRБ, и на 18,28 % - при использовании модели ERR (Cragle et al., рукопись)
4 563 человек, работавших на заводе Рокетдин, Санта Сузанна	Увеличение смертности от раков на 3,5 % на каждые 10 мЗв. При облучении после 50 лет - большая чувствительность к раку легких, до 50 лет - к ракам крови и лимфатической системы (Morgenstern et al., 1997)

Анализ медицинской статистики заболеваний раком предстательной железы среди работников атомной промышленности Великобритании показал, что 75 % случаев (из 136, отмеченных между 1946 и 1986 годом) относилось к работавшим на тяжеловодных реакторах и к тем, кто был связанным с хроническим воздействием ряда радионуклидов, из которых, вероятно, главным поражающим агентом был цинк-65 (Radford, 1993). Исследование историй болезни 19 500 работавших на урановом предприятии в городе Спрингфилд (Кумбрия, Великобритания) показало статистически достоверную вероятность заболевания раком легких спустя двадцать лет после облучения в малых дозах (McGeoghean, 2000).

Читатель, ВНИМАНИЕ!

«...Никаких вредных явлений в состоянии здоровья людей, длительное время выполняющих работы, сопровождающиеся контролируемыми дозами облучения, нет. Биологическое воздействие небольших доз не приводит к нарушению иммунной системы человека. Результаты медицинских наблюдений за здоровьем и смертностью больших групп профессионалов в разных странах поразительны. У них наблюдается повышение жизненной активности, улучшение состояния здоровья, увеличение половой потенции, снижение раковых заболеваний и фоновых генетических заболеваний» (подчеркнуто мной – А.Я.) **у потомков. Результат - заметное увеличение средней продолжительности жизни. Все это, в частности, зафиксировано у работников не только зарубежных, но и российских АЭС».**

Из статьи в газете «Век» (издается на средства Минатома) проф. Ю. Корякина и проф. Ю. Сивинцева (Корякин, Сивинцев, 1997).

Так, например, несмотря на жесткий радиационный контроль персонала, уровень заболеваний лейкемией на ПО «Маяк» был в три раза выше, чем в среднем по России (Balter, 1995). По целому ряду показателей (заболеваниям крови и костно-мышечной системы, числу новорожденных с аномалиями и др.) состояние здоровья «населения Минатома» (так в системе специальных медицинских учреждений Медбиоэкстрема в России называется персонал, находящийся под специальным наблюдением) оказывается существенно хуже, чем в среднем по стране.

Состояние здоровья персонала и «населения» Минатома России

- Частота болезней костно-мышечной системы в 1997 году у работающих в контакте с ионизирующим излучением была вдвое выше, чем в среднем по России;

- в 1997 году заболеваний крови у профессионалов Минатома было более чем в 3 раза больше, чем в среднем для России;

- с 1992 по 1997 год онкозаболеваемость «населения Минатома»

выросла более чем в три раза по сравнению со средними показателями по России. Резко увеличилось число больных, впервые выявленных в запущенной стадии;

- первичная заболеваемость психическими расстройствами в атомной отрасли России в 1997 году превысила средний уровень по стране;

- распространенность врожденных аномалий среди детей, проживающих в ЗАТО в 1996 году, вдвое выше, чем в среднем по России;

- для 80 % персонала особо опасных производств Минатома характерен вторичный иммунодефицит;

- в структуре заболеваемости профессионалов Минатома первое место занимают болезни, вызванные радиоактивными веществами (45,1 %).

По материалам Научного совета Минатома «Состояние здоровья работников отрасли» («Атом-пресса», № 3 (394), январь 1999, с. 3 - 4) и Федеральной целевой программе «Медико-санитарное обеспечение современного этапа развития ядерно-энергетического комплекса и других особо опасных производств в условиях ракетного, ядерного и химического разоружения, а также конверсии и разработки новых технологий в 1997 - 1998 годах» (Пост. Правит. РФ № 191 от 22.02.97).

«При сопоставимых абсолютных величинах заболеваемости населения с общероссийскими показателями настораживает темп прироста... в том числе злокачественных новообразований, выходов на инвалидность. Не снижается профессиональная заболеваемость, в том числе за счет радиационной патологии».

Из Решения Научно-технического Совета № 1 Минатома по вопросу «Состояние здоровья персонала предприятий Минатома России и населения, проживающего в районах их размещения» в октябре 1994 г.

«Продолжается общий рост заболеваемости за счет болезней органов дыхания, сердечно-сосудистых заболеваний, злокачественных новообразований, неврологической патологии, болезней органов пищеварения и костно-мышечной системы».

Из справки Федерального управления медико-биологических и экстремальных проблем при Минздраве РФ, представленной в Правительство России в феврале 2000 г. (Информационно-справочные..., 2000, с. 21).

Недавно появились важные данные о состоянии здоровья детей в двух российских атомных городах - Снежинске и Озерске (Petrushkina et al., 1999). Этот материал важен по двум причинам. Во-первых, эти данные отличаются небольшим точным измерением величины облучения (с точностью до 0.001 мЗв). Во-вторых, эти выборки идеально сопоставимы: оба эти города примерно одинаковой величины и социальной структуры (закрытые административно-территориальные образования: ЗАТО или «секретные» города), оба располагаются близко друг от друга в одной географической зоне (на расстоянии около 50 км), обслуживаются медицинскими учреждениями одной и той же системы (Медбиоэкстрем). Главное различие между ними состоит в том, что рядом с Озерском находится ПО «МАЯК» (плутониевое производство), в результате чего население получило в среднем вдвое большую дозу облучения (Табл. 26).

Таблица 26
Сравнение детской смертности в ЗАТО Снежинск и Озерск
 (Petrushkina et al., 1999, Tabl. 1, Tabl. 3, с изменениями)

Показатель	Озерск ¹ /(20 983 чел.)	Снежинск ² /(11 994 чел.)
Средняя величина полученной дозы мЗв (мин. - макс.)	1,60 (0,05 - 3,36)	0,98 (0,04 - 2,04)
Младенческая смертность (на 1000 родившихся живыми)	14,9	11,7
Детская смертность (1 - 15 лет, на 1000)	4,37	3,25
Мертворождений (на 1000 родов)	7,0	5,8
Смертность от всех раков в возрасте от 0 до 4 лет (на 1000)	1,48	0,72
Смертность от всех раков в возрасте 5 - 9 лет (на 1000)	0,71	0,18
Смертность от всех раков в возрасте 10 - 14 лет (на 1000)	0,66	0,56

¹обследовано 20 983 чел.

²обследовано 11 994 чел.

Авторы считают, что различия между показателями Озерска и Снежинска статистически несущественны. На самом деле это не так, поскольку все шесть показателей смертности оказываются большими именно в Озерске, и эти два ряда показателей статистически достоверно отличаются между собой. Как видно из таблицы 26, различие в полученной дозе всего в 0,62 мЗв ведет к дополнительной смерти 55 детей на 10 000 человек (12 погибают при родах, 32 умирают в возрасте до 1 года, 11 - в возрасте от 1 до 15 лет), или на 1,56 %. Учитывая реальную численность наблюдавшегося детского населения (20 983 чел.), результатом дополнительного облучения в 0,62 мЗв явилась смерть 116 детей в городе Озерске (в том числе 29 - от раков).

Более детальное сравнение было сделано в отношении детей из этих городов, родившихся в период с 1974 по 1981 год (Табл. 27), когда дозовые нагрузки были заметно большими.

Таблица 27
Сравнение смертности детей, родившихся в 1974 - 1981 гг. в ЗАТО Снежинск и Озерск
 (Petrushkina et al., 1999, Tabl. 4)

Показатель	Озерск (10 478 чел.)	Снежинск (6 217 чел.)
Средняя величина полученной дозы, мЗв (мин. - макс.)	2,2 (0,05 - 3,40)	1,3 (0,07 - 2,00)
Детская смертность (1 - 15 лет, на 1000)	4,49 ± 0,57	2,92 ± 0,60
Различные раки	9,6 ± 2,7	4,9 ± 2,4
Лейкемия	3,7 ± 1,6	2,4 ± 1,7
Врожденные пороки развития	6,6 ± 2,2	2,4 ± 1,7

Как и в предыдущем сравнении, ясно, что различия в показателях суммарно не могут быть случайными: в Озерске все показатели заметно выше. Странно, что авторы не привели в своей работе сопоставимые данные по этим двум временным когортам (на неоднократные запросы с просьбой прислать недостающие данные, ответа не последовало), но такое сопоставление возможно для показателей общей детской смертности.

Разнице в дозе облучения в 0,9 мЗв соответствует дополнительная гибель в Озерске 16 детей (на 10 000, в возрасте от 1 до 15 лет). Напомню, что на дозу облучения в 0,62 мЗв погибало 11 детей на 10 000 человек (см. Табл. 26). Таким образом, приращение дозы на 0,28 мЗв привело к дополнительной гибели 5 детей из 10 000 человек.

То, что для когорты 1974 - 1981 годов не приведены данные по мертворождаемости и младенческой смертности (данные, которые входят в обязательную отчетность), позволяет предполагать, что они «опасно» высокие. Консервативно предположим, что они отличаются не меньше, чем данные по смертности детей в возрасте 1 - 15 лет, т. е. на 40 % (11,2 и 15,7 человек). Тогда различие между сравниваемыми городами по мертворождениям для когорты 1974 - 1981 годов должно быть не менее 17 на 10 000 человек, а по младенческой смертности - 45 на 10 000 человек. Общее различие в смертности детского населения составит при этом не менее: 16 (1 - 15 лет) + 17 (мертворождения) + 45 (0 - 1 год) = 78 на 10 000 человек. Таким образом, полученная доза в 0,9 мЗв приводит к гибели не менее чем одного ребенка из ста двадцати восьми.

Недавно опубликованы отрывочные данные по состоянию онкозаболеваемости населения города Северска (градообразующее предприятие - Сибирский химический комбинат, одно из трех мест наработки плутония в СССР в годы холодной войны). Они показывают, что при несколько меньшей заболеваемости мужчин (Северск и область соответственно 265,9 4,7

и 279,9 3,0 у мужчин и 169,5 3,6 и 170,1 1,9 у женщин) по сравнению с Томской областью, существует выраженная специфика раковых болезней в Северске (Табл. 28).

Таблица 28

Сравнение встречаемости различных онкологических заболеваний у жителей города Северска сравнительно с населением Томской области в целом за 1994 - 1998 гг. (Писарева и др., 2001)

Тип рака	г. Северск		Томская область	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
Легких	27,2	4,9	27,2	7,4
Молочной железы	-	23,3	-	23,3
Желудка	13,5	10,1	13,5	10,1
Кожи	5,4	?	6,3	10,3
Простаты	5,3	-	5,9	-
Ободочной кишки	7,5	7,1	3,6	4,7
Гемобласты	5,6	4,9	4,3	?
Щитовидной железы	В 1,8 раза больше, чем по области	?	?	?
Мочевого пузыря	4,1	В 1,8 раза больше, чем по области	?	?
Поджелудочной железы	В 1,5 раза больше в Северске, чем по области		?	?
Почки	?	В 1,9 раза больше, чем по области	?	?
Тела матки	-	10,1	-	6,0
Шейки матки	-	?	-	8,6

Из приведенных в таблице 28 данных видно, что в Северске чаще встречаются: рак ободочной кишки (в 2,1 у мужчин и в 1,5 раза у женщин), рак поджелудочной железы (в 1,5 раза в обоих случаях), рак щитовидной железы (у мужчин в 1,8 раз), гемобласты (в 1,3 раза), рак тела матки (в 1,5 раза), рак мочевого пузыря (у женщин в 1,8 раза) и рак почки (у женщин в 1,9 раза). Дозы облучения критических органов составляли для жителей Северска 0,1 - 0,2 мЗв/год, накопленные дозы на все тело, легкие, костный мозг и щитовидную железу - 14-30 мЗв (Булдаков и др., 2001). По другим данным, эквивалентная доза для населения Северска составляла в 1999 году лишь 5,3 мкЗв/год (Маслюк, 2001). Здесь же, в Северске, обнаружен статистически достоверный рост общей частоты врожденных пороков развития (в диапазоне от 10,5 (1980) до 62,6 (1996) на 1000 родов; Минайчева и др., 2001).

Большинство исследований влияния малых доз на работающих в атомной промышленности были профинансированы и проведены под пристальным наблюдением самой атомной промышленности, которая, естественно, была более заинтересована в получении продукции (ядерное оружие, атомная энергия), а не в выяснении последствий облучения в малых дозах или в сохранении здоровья своих сотрудников в отдаленном будущем. В 1992 году общественная организация США «Врачи за социальную ответственность» («Physicians For Social Responsibility») проанализировала все доступные к тому времени 124 официальных исследования по влиянию малых доз радиации, выполненных в США и Великобритании. Двенадцать не связанных с правительством и атомной индустрией врачей и эпидемиологов пришли к четырем ошеломляющим заключениям (Geiger et al., 1992):

- эпидемиологические программы Департамента энергетики США (американский аналог Минатома России) содержат существенные научные изъяны;
- использовавшиеся данные по измерению доз облучения ненадежны и несогласованы;
- из рассмотрения исключались практически все раковые заболевания, которые могли быть вызваны облучением, но еще не привели к смертельному исходу;
- во всех исследованиях, свидетельствующих о негативном влиянии малых доз, проявились тенденции к фальсификации (в сторону занижения) результатов.

Читатель! ВНИМАНИЕ!

«В пределах НУО (низких уровней облучения - А.Я.) статистически не доказано учащения у человека злокачественных новообразований, генетических последствий, тератогенных эффектов, ...причем не только среди работающих и населения в штатных условиях, но и среди жертв атомных бомбардировок, лиц, облученных в результате аварий, пациентов, получавших радиологические процедуры... В пределах НУО, возможно, имеют место эффекты, благоприятные для здоровья человека, - например, такие как стимуляция иммунной системы и снижение риска злокачественных новообразований...»*

Проф. Ю.С. Рябухин, представитель России во Всемирной организации здравоохранения («Низкие уровни облучения: особенности воздействия, поиски эффектов, дефиниции». Информ. Бюлл. «Биологические эффекты малых доз радиации», 2001, № 3, 10 - 12 июня, Минск, с. 8).

*под НУО автор имеет ввиду эквивалентные дозы до 0,1 Зв и мощности эквивалентной дозы до 0,1 Зв/год

Однако сквозь секретность, укрывание и фальсификацию данных, сквозь недомолвки, окутывающие проблему влияния малых доз на «атомное население», отчетливо проступают контуры крайне тревожной картины: и в этой группе людей малые уровни облучения (порядка нескольких мЗв) приводят к улавливаемым даже современными несовершенными методами негативным последствиям для здоровья.

2.7. Последствия медицинского и другого облучения населения

Начиная с 40-х годов, рентгеновское облучение широко распространилось в развитых странах как рутинный метод не только диагностики, но и лечения. При этом как разовые дозы облучения, так и распространенный прием делать несколько снимков за один сеанс, а также сама частота процедур привели к тому, что общее медицинское облучение в 60 - 70-е годы превосходило современное в развитых странах в десятки и даже сотни раз. В Германии, например, в 70-е годы каждый четвертый новорожденный проходил рентгенотерапию на предупреждение развития синдрома врожденного вывиха бедра (Tsavachidis et al., 1981; цит. по: Schmitz-Feuerhake, Ziggel, 1998). При исследовании и терапии щитовидной железы доза облучения в 50-е годы составляла в США 200 - 300 рад на железу, а в 90-е годы 0,4 - 4 рад, то есть в 75 - 500 раз меньше! (Study..., 1997).

Данные об опасном влиянии малых доз радиации при внутриутробном облучении были получены еще в 1956 году. При анализе смертности детей от рака в Англии в 1953 - 1955 годах А. Стюарт показала, что дети, облученные в утробе матери в ходе рентгеновского исследования, имеют вдвое больший шанс заболеть и погибнуть от рака в следующие десять лет жизни, чем необлученные (Stewart, 2000 b). Эти данные были встречены с недоверием, и на протяжении трех десятков лет не признавались учеными, связанными с атомной промышленностью. Под напором ряда других подобных исследований (обзор см. Гофман, 1994) в конце концов они были признаны. Сейчас в Европейском Союзе действует принятая в 1995 году директива, практически запрещающая любые рентгенологические обследования беременных (за исключением чрезвычайных случаев).

«Когда я сделала работу по рентгеновским лучам, никто не хотел поверить в это. Рентгеновские лучи были любимой изюминкой медиков. Еще важнее, что это был момент, когда стала развиваться ядерная индустрия. Если бы мы оказались правы, эта индустрия не могла бы свободно развиваться...»

Из воспоминаний выдающегося английского эпидемиолога Алисы Стюарт, установившей опасное влияние рентгенодиагностики на беременных (Stewart, 2000a) (перевод мой - А. Я.).

Медицинское рентгеновское облучение дозой в 5 сГр увеличивает риск заболевания детей раком (включая лейкемию) на 35 % (Гофман, 1994). Сре-

ди получивших облучение от 1 до 20 сГр в ходе рентгеновского обследования спины, желудочно-кишечного тракта и почек статистически чаще обнаруживался хронический миелолейкоз (Preston-Martin et al., 1989; цит. по: Рябухин, 2000). Облучение в утробе матери при рентгенодиагностике увеличивает вероятность последующего возникновения опухолей мозга у детей на 30 % (Нягу, 2001).

Исследование связи рентгенодиагностики не только матерей, но и отцов детей, заболевших впоследствии детской лейкемией в Китае и в США (Shu, Robinson, 1998), показало, что многократные рентгеновские обследования родителей увеличивают риск детской лейкемии в несколько раз. Особенно велик риск развития острой лимфоцитарной детской лейкемии в случаях рентгенодиагностики в области половых органов, низа живота и груди.

По данным из Нижней Саксонии (Германия), группа детей, отличавшихся от контрольной четырехкратным различием в частоте рентгенодиагностики, имела семикратное превышение заболеваемости деткой лейкемией (Kaletsch et al., 1995; цит. по: Schmitz-Feuerhake, Ziggel, 1998).

Рак щитовидной железы был обнаружен у 12 % людей, подвергнутых в детском возрасте рентгенотерапии против аденоидов, тонзиллитов и подобных заболеваний в 50 - 60-е годы в США; доза на железу при этом составляла 10 - 60 сГр (Goncharova, 1999). С учетом чернобыльского опыта было установлено, что рак щитовидной железы может развиваться, начиная с поглощенной дозы всего в 10 сГр (Цыб, Поверенный, 1996).

История с медицинским облучением недавно получила важное продолжение в монографии выдающегося американского физика и эпидемиолога профессора Дж. Гофмана (Gofman, 2000). Исходя из предположения, что число врачей на 100 000 человек отражает интенсивность прохождения населением рентгенографии, автор сравнил эти данные для США по 9 периодам, начиная с 1940 года до настоящего времени. Заболеваемость всеми болезнями стабильно падала с увеличением обеспеченности населения врачами, кроме двух классов болезней - раков и ишемической болезни сердца. Возможная причина - облучение пациентов в ходе рентгенодиагностики и терапии. Несмотря на то, что сегодняшние уровни облучения от рентгенодиагностики в 50 - 100 раз ниже, чем в 40-х годах (величина дозы при маммографии сейчас в 100 раз ниже, чем в 60-е годы), тем не менее, 75 % случаев рака молочной железы в США может быть вызвано именно рентгеновским облучением (Gofman, 2000).

Другим важным стимулом возникновения раков могли быть регулярные рентгенологические исследования беременных. По статистике, каждая четырнадцатая беременная в США до 70-х годов проходила рентгеновское обследование на ширину родового канала в тазовой кости. Сейчас людям, которые получили радиационный удар еще в утробе, около 30 - 50 лет, и у многих из них развиваются раки (Gofman, 2000). Об-

лучение матери в определенный период беременности дозой в 1 мЗв увеличивает вероятность рождения ребенка с умственными дефектами (Корогодин, 1990). Эта *вероятность* (стохастический эффект облучения, основная зона действия малых доз) превращается в *неизбежность* (детерминированный эффект облучения) при разовом получении плода дозой в 25 мЗв после 28-го дня беременности (Bertell, 1985). Вероятность для малыша родиться с какими-либо уродствами начинается при получении матерью всего лишь 2 мЗв за время беременности на область живота (Principles ..., 1993).

Причины возникновения раков в США (Gofman, 2000)

40 % всех раков возникает от сочетанного действия рентгеновского облучения, курения и неправильного питания;

25 % - от сочетанного действия рентгеновского облучения, неправильного питания и наследственных генетических изменений (мутаций);

25 % - от сочетанного действия рентгеновского облучения, курения и мутаций;

10 % - от сочетанного действия курения, неправильного питания и мутаций.

В каждом случае развития рака необходимо сочетание всех факторов. Таким образом, рентгеновское облучение влияет на появление 90 % всех раков, неправильное питание и курение - на 75 %, мутации - на 60 %. Дж. Гофман считает, что в 1993 году 50 % всех раков у женщин и 74 % всех раков у мужчин в США были связаны с медицинским облучением. Для США это означает 300 тысяч дополнительных смертей в год. Медицинское облучение являлось в 1993 году в США причиной развития 63 % заболеваний коронарных сосудов у мужчин и 78 % - у женщин. Для США это означало 322 тысячи дополнительных смертей ежегодно.

Gofman J.W. 2000 (1999). Radiation from Medical Procedures in the Pathogenesis of Cancer and Ischemic Heart Disease: Dose-Response Studies with Physicians per 100 000 Population. <http://www.ratical.org/radiation/CNR/RMP/>. Rat House Reality Press, San Francisco (<http://www.ratical.org/rhrPress.html>;<http://www.urel.berkeley.edu/>).

Лучевая терапия рака шейки матки приводит к более чем двукратному повышению вероятности развития вторых раков (легкого, мочевого пузыря, тонкого кишечника и других органов; Boise et al., 1989; цит. по: Рябухин, 2000).

Анализ опубликованных материалов об опухолях у детей выявил повышенную частоту лейкемии и злокачественных опухолей у детей, рожденных от матерей, прошедших радиографическое обследование... По данным, касающимся заболеваемости в первые 10 лет жизни, у наблюдавшихся 15 млн. одиночных детей и 350 тыс. близнецов относительный риск заболевания лейкемией или солидными опухолями при облучении во внутриутробном состоянии возрастает в 1,5 раза для одиночных детей и соответственно в 2,2 и 1,6 раза для близнецов...

Из главы 16 «Действие радиации на эмбрион и плод» учебника для ВУЗов С.П. Ярмоненко «Радиобиология человека и животных», М., «Высш. Школа», 1988, с 258-271.

По подсчетам выдающегося американского радиолога Розалии Бертелл (1999), от действия радиации, полученной в ходе рентгенологических процедур, во всем мире пострадало к началу XXI века суммарно около 4 миллионов человек.

«Следует иметь в виду, что облучение эмбриона в малых дозах может вызвать функциональные изменения, которые невозможно зарегистрировать современными методами исследования, но которые способствуют развитию болезненного процесса через много лет после облучения...»

Из главы 16 «Действие радиации на эмбрион и плод» учебника для ВУЗов С.П. Ярмоненко «Радиобиология человека и животных», М., «Высш. Школа», 1988, с 258-271.

По данным «Новой Медицинской газеты» <http://nmgazette.narod.ru/Materials.html>), в России к 2000 году было около 12 000 рентгенодиагностических кабинетов, из которых не более 600 оказались оснащены более или менее современной рентгенодиагностической аппаратурой.

Самой высоко облучаемой группой работающих являются в настоящее время экипажи коммерческих воздушных судов. При нахождении в воздухе 1000 часов в год они получают 2,6 - 6,6 мЗв/год (UNSCEAR, 2000, р. 358 - 359). Накапливается все больше данных о повышенном уровне раковых и других заболеваний среди этой когорты. Только в последние годы эта проблема привлекла общественное внимание.

Данные медицинской статистики, основанные на анализе многих миллионов случаев, свидетельствуют: облучение в дозах нескольких сГр и мЗв резко увеличивает риск развития самых различных заболеваний, в том числе раков. Особенно велик этот риск при облучении в утробе матери и в раннем детском возрасте.

2.8. Влияние естественного повышенного облучения малых уровней

Естественный природный фон составляет на поверхности Земли в среднем 0,1 - 0,6 мЗв в год, что определяет экспозиционную дозу около 5 - 30 мкР/час. Известны колебания этих значений в широком диапазоне - и в пространстве и во времени. Для выяснения влияния малых доз представляет интерес сравнить состояние живых организмов в условиях различного естественного фона. Исследований такого рода немного, но они свидетельствуют о заметном влиянии повышенного естественного фона на состояние организмов.

Дж. Уисли (Wesley, 1960) на огромном статистическом материале обнаружил корреляцию между числом выкидышей с врожденными пороками сердца и величиной космического излучения, достигающего поверхности Земли. В экваториальных районах на 1000 новорожденных приходится 1,8 таких выкидышей, а выше 50° широты - 5,5. Аналогичная зависимость была установлена позднее для некоторых типов рака, например, для рака почек (Archer, 1987; цит. по: Busby, 1995, p. 81). Эти исследования показали, что при десятипроцентном увеличении облучения космическими лучами происходит трехкратное увеличение случаев заболеваемости раком почек.

В районе Яньцзань (Южный Китай) природный фон достигает 5,5 мЗв/год. При сравнении показателей здоровья населения этой территории с показателями контрольного района (фон 2,1 мЗв/год) было обнаружено учащение появления синдрома Дауна (Weil et al., 1990).

А. Корбляйн (2001) сопоставил данные по гамма-фону для всех районов Баварии и по смертности от раннего детского рака. Как видно на рисунке 14, уровень смертности заметно различен при низких (0,08 - 0,09 мкЗв/час), средних (0,10 - 0,12 мкЗв/час) и более высоких (0,12 - 0,15 мкЗв/час) дозах. Разница между максимальным и минимальным уровнем достигает 53 % и статистически достоверна. Видна и существенная корреляция в целом между уровнем природного фона и смертностью от раннего детского рака.

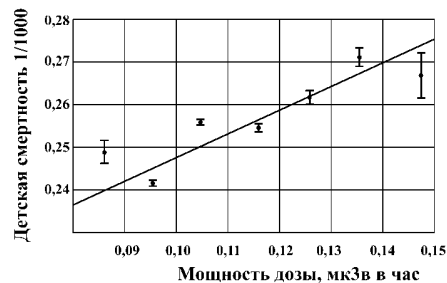


Рис. 14. Уровень смертности от раннего детского рака в разных районах Баварии в сопоставлении с величиной естественного гамма-фона (Корбляйн, 2001 б).

Аналогичная тенденция обнаружена в Баварии и для уровня перинатальной (в первую неделю) смертности.

В станции Воровсколеской Ставропольского края естественный радиационный фон, обусловленный использованием радиоактивных местных строительных материалов, достигает 18 - 21 мр/ч. Дети и подростки этого поселка статистически достоверно отличаются от детей и подростков близрасположенных поселков по снижению абсолютных и относительных величин потребления кислорода и заболеваниям сердечно-сосудистой и эндокринной систем (Губарева, Малышенко, 2001).

В Бразилии в поселке Гуарапары (естественный фон 6,4 мЗв/год) обнаружена повышенная частота хромосомных aberrаций в лимфоцитах. Такое же повышение обнаружено в индийском штате Керала в районе распространения монацитовых песков (естественный радиационный фон 3,8 мЗв/год). Здесь также отмечена повышенная частота встречаемости синдрома Дауна (Freire-Maia et al., 1978; Kochupillai et al., 1976; UNSCEAR, 1986; цит. по: Рябухин, 2000).

Таким образом, не только техногенное облучение в малых дозах, но и превышенные уровни естественного облучения в диапазоне малых доз вызывают негативные последствия для здоровья.

2.9. Заключение

О желании приуменьшить влияние малых доз облучения свидетельствует также и засекречивание результатов атомно-радиационных аварий и катастроф не только в России (о чем после Чернобыля хорошо известно), но и в США (Bertell, 1998; Rickover, 1998), Индии, Великобритании и Китае. Более того, даже Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ), начиная с 1959 года, оказалась связанной обязательством «согласовывать» свою точку зрения с атомной индустрией в лице Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), прежде чем предавать гласности любые данные по действию радиации на здоровье человека.

«Если одна из сторон (то есть ВОЗ или МАГАТЭ - А.Я.) настоящего соглашения инициирует программу или активность в области, в которой другая сторона имеет значительный интерес, она должна согласовать с другой стороной свою точку зрения...»

Из документа ВОЗ ResWHA 12 - 40, ст. 1 (3), от 28 мая 1959 г. (перевод мой - А.Я.).

В самой общей форме можно сказать, что малые уровни облучения, не вызывая видимой немедленной реакции у человека, приводят к многочисленным негативным последствиям позднее. Среди этих последствий:

- дополнительный риск возникновения не только разных раков, но и многих других заболеваний;
- нарушения эмбрионального развития; врожденные пороки развития;
- спонтанные аборт и мертворождения;
- увеличение смертности, особенно младенческой и детской;
- преждевременные роды; пониженный вес новорожденных;
- многообразные нарушения умственного развития;
- половые расстройства;
- иммунодепрессии и иммунодефицит;
- изменения эндокринного статуса;
- возникновение генетической нестабильности;
- преждевременное старение и сокращение продолжительности жизни.

«Цена вопроса» низкоуровневого облучения огромна: по данным «Новой медицинской газеты» (<http://nmgazette.narod.ru/Materials.html>) риск ежегодной дополнительной смертности от облучения, связанный только с раковыми заболеваниями, для России составляет 72 000 - 90 000 человек в год, для Москвы 7 300 - 7 800 человек в год.

* * *

Глава 3

Влияние низких уровней радиации на растения и животных

Конечно, человеку важнее быть самому защищенным от действия радиации. Но такая защита будет неполной без защиты окружающей среды - не только потому, что накопленные радионуклиды в тканях растений и животных могут попасть через пищу в организм человека, но и потому, что без здоровой среды не может быть здорового общества. К тому же здоровье любого человека во многом зависит от благополучного состояния окружающей нас мира.

3.1. Экспериментальные данные по влиянию низкоуровневой радиации на растения и животных

Как уже отмечалось, основная масса огромного экспериментального материала по влиянию радиации на животных связана с выяснением поражающего действия ядерного оружия и касается диапазона больших и средних доз и мощностей. В то же время в радиобиологической литературе есть немало данных о влиянии низкоуровневой радиации на живые организмы. В таблицах 29 - 31 приведены некоторые примеры такого влияния.

Таблица 29
Примеры влияния малых доз на живые организмы в эксперименте

Поглощенная доза	Эффект	Примечания
0,01 мГр, стронций-90	Патологические изменения костного мозга (крыса)	Stokke et al., 1968
0,3 мГр	Удвоение числа хромосомных нарушений (рыжая полевка)	Смолич и др., 2001
2 мГр, цезий, стронций	Через три месяца уменьшение числа сосудов и увеличение массы соединительной ткани; гипоксия тканей и нарушение транспортных процессов (крыса)	Бушуева, Думброва, 1996
2,1 мГр	Изменение нейрохимических показателей коры больших полушарий головного мозга (крыса)	Алесина, 1999
Менее 10 мГр	Изменения физических и других параметров клеток Изменение биохимических процессов в клетках (белая мышь)	Бычкова и др., 2000 Spitkovsky, 1993

Около 6 мГр	Увеличение числа неподвижных сперматозоидов в 1,7 раза, числа патологических сперматозоидов - в 2 раза (крыса)	Алесина, 1999
2 - 45 мГр (рентген) 0,04 сГр	Помутнение хрусталика (белая мышь) Увеличение частоты микроядерных эритроцитов в клетках костного мозга (рыжая полевка)	Streffler, Tanooka, 1996 Смолич, 2001
0,07 сГр, радий-226	Увеличение частоты соматических мутаций и морфологических нарушений строения клеток волосков тычиночных нитей, морфологических нарушений в строении цветка (традесканция)	Евсеева, Шершунова, 1996
0,10 сГр (10 мГр)	Снижение на 30 % активности фермента тимидкиназы	Feinendegen et al., 1995
1,6 сГр	Изменение липидного обмена (ПОЛ) в мозге и печени (белая мышь)	Шевченко и др., 2000; Кудяшова и др., 2000
До 2 сГр	Гибель клеток в криптах тонкого кишечника (белая мышь)	Kondo, 1993
4 сГр	Изменение частоты аберрантных клеток листовой меристемы (ячмень)	Гераськин и др.
5 сГр	Изменение частоты фибробластов с микроядрами (китайский хомячок) Возрастание частоты полидактилии, других скелетных нарушений, снижение среднего веса помета и длины хвоста, аномалии развития (обезьяны, кролик, крыса) Изменение восприимчивости к саркоме при предварительном облучении всего тела (белая мышь)	Заичкина и др., 1996 Мельнов, 2001 (по Ohzu, 1965; Jacobson, 1968; Dobson, 1978; Lebedinsky, 1958; Brent, 1960) Anderson 1988;
До 10 сГр	Увеличение числа хромосомных aberrаций в лимфоцитах	Севаньяев, 1991
24 сГр	Гибель клеток в мозжечке новорожденных (белая мышь)	Kondo, 1993
10 - 50 сГр	После 15 генераций клеточные популяции "помнят" об облучении и отвечают на внешние стимулы иначе, чем контрольные	Пелевина и др., 1996

Таблица 30
Примеры влияния доз малой мощности на организм животных в экспериментах

Мощность поглощенной дозы	Последствия облучения	Примечания
10 мГр/сут (Цезий-137)	Через месяц резкое снижение числа лейкоцитов, лимфоцитов и числа стволовых клеток в селезенке, а также увеличение числа моноцитов, через 8 месяцев увеличение числа нейтрофилов в периферической крови (белая мышь, линия СВА)	Шибкова и др., 2000
10 мГр/сут рентген	При облучении беременных уменьшение размера головного мозга новорожденных (крыса)	Мельнов, 2001 (по Semagin, 1964)
63 мГр/сут	Увеличение частоты хромосомных aberrаций при хроническом облучении (личинки комара хирономуса)	Thompson, 1996
6 мГр/сут	Возникновение стерильности при хроническом облучении (собака)	(Москалев, Стрельцова, 1978)
5 мГр/сут	Уменьшение плодовитости (таракан)	Thompson, 1996
0,2 - 4 мГр/сут	Увеличение частоты хромосомных aberrаций в соматических клетках при хроническом облучении (полевка)	Cristalidi et al., 1991; Goncharova, Smolich, 1998
4,35 мГр/сут	Возникновение уродств головы, глаз, плавников при облучении икры лососа	Thompson, 1996
4 мГр/сут (третий)	Нарушение активности при спаривании у самцов гуппи после облучения икры	Thompson, 1996
3,5 мГр/сут	Увеличение эмбриональной смертности и появление уродств при облучении икры (гамбузия)	Thompson, 1996
3 мГр/сут (третий)	При облучении беременных уменьшение мозга новорожденных (крыса)	Мельнов, 2001 (по Cahill, 1970)
2 мГр/сут	Количественные и качественные изменения периферической крови после облучения в течение 400 дней (крыса)	Иванов, Стрельцова, 1985;
2 мГр/сут (третий)	Подавление иммунного ответа при облучении в течение 20 дней икры тритием (радужная форель)	Thompson, 1996
40 - 60 мкР/час	После внешнего облучения в течение 45 дней - замедление ростовых и морфогенетических процессов. При сочетанном действии внешнего облучения и инкорпорированного стронция-90	Алесина и др., 2001

	на протяжении 4 мес. - образование композитов коллагена с неколлагеновыми белками (крыса, линия Вистар)	
6 мГр/сек	Изменение частоты спонтанной импульсной активности нейронов головного мозга после облучения в течение 5 сек. (крыса)	Дудкин и др., 1985 (цит. по: Григорьев, 1991)
5 мГр/сек	Усиление нервного импульса после 5 мин. облучения (кролик)	Цыпин, 1963 (цит. по: Григорьев, 1991)
3,5 мГр/сек	Изменение энцефалограммы сразу после включения источника облучения (кролик)	Нид, 1958 (цит. по: Григорьев, 1991)
2 мГр/сек	Изменение дыхательных и сердечно-сосудистых рефлексов после рентгеновского облучения в течение 7 - 12 сек. (кролик)	Григорьев, 1991
1 мГр/сек	Выработка условных рефлексов на внешнее гамма-облучение в течение 3 - 5 сек. (рыбы, кролик)	Цыпин, 1964 (цит. по: Григорьев, 1991)
0,5 мГр/сек	Пробуждение при облучении в течение 1 сек. (крыса)	Кимельдорф, Хант, 1969 (цит. по: Григорьев, 1991)
0,1 мГр/сек	Реакция сетчатки при включении источника гамма-излучения (лягушка)	Цыпин и др., 1964 (цит. по: Григорьев, 1991)
0,08 мГр/сек	Изменение поведения сразу после включения источника облучения на затылок (обезьяна)	Григорьев, 1991
2,3 мГр/сек	Изменение поведения сразу после включения источника излучения (крыса)	Даренская, Правдина, 1968 (цит. по: Григорьев, 1991)
24 мГр/сут	через 40 дней - изменение числа лимфоцитов в селезенке, появление ненормальных сперматозоидов (мышь)	Osipov et al., 2000
2 мГр/сут	Увеличение мутабельности соматических клеток при хроническом облучении (полевка)	Goncharova, 2000
2,3 мГр/сут	Повышение частоты микроядерных эритроцитов в костном мозге (рыжая полевка)	Смолич, 2001
0,00000001 Гр/сут (0,1 нГр/сут?)	Аномалии строения плавников при хроническом внутреннем облучении (три вида пресноводных рыб)	Рябов, Крышев, 1990

На последнем из приведенных в таблице 30 примеров остановлюсь несколько подробнее. На рисунке 15 видно, что различия в $v_{\text{ж}}v_{\text{нб}}$ дополнительном внутреннем облучении в 10 - 20 наноГрей в сутки при хроническом облучении коррелированно с заметным увеличением асимметрии ветвистых лучей грудных плавников у трех видов пресноводных рыб.

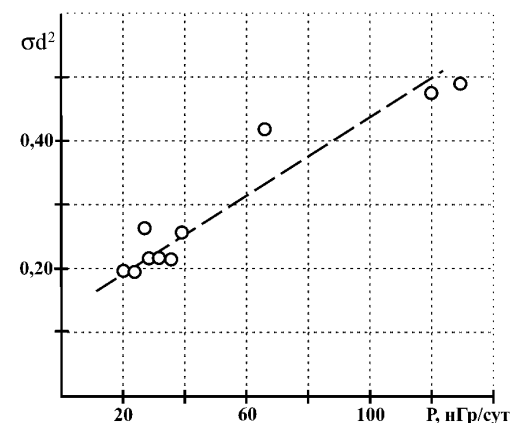


Рис. 15. Зависимость между дополнительной дозой внутреннего облучения (P) и величиной асимметрии (d_2) ветвистых лучей грудных плавников трех видов рыб из водоема охладителя Ленинградской АЭС (Рябов, Крышев, 1990).

В экспериментах показано, что генетическая эффективность малых доз хронического облучения на протяжении 20 - 22 поколений рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) на порядок больше, чем при остром радиационном воздействии (Гончарова и др., 2000). Из экспериментов на крысах, мышах и свиньях известно, что малые дозы радиации вызывают в потомстве облученных животных поражения сердечной мышцы (обзор см.: Busby, 1995). У сирийских хомячков (*Mesocricetus auratus*) инкорпорированный цезий-137 в количестве 200 Бк/кг вызывал нарушения развития и гибель до 59 % плодов (Bandajevsky, 2001), а у карпа радиационные поражения обнаруживались при наличии 48 Бк/кг (Goncharova, 2000).

Приведенные выше данные о влиянии малых доз касаются широкого спектра биологических параметров: от изменений на молекулярно-генетическом и биохимическом уровнях до изменений клеточного и онтогенетического уровней строения живого. Исходя из общепризнанных закономерностей, можно утверждать, что негативные изменения должны затронуть и все остальные уровни живого - прежде всего, популяционно-видовой уровень, а затем уровень экосистем и биосферы в целом.

Приведенные выше данные показывают: в точных экспериментах обнаруживается влияние доз в микрозивертах и мощности доз в микрогрей/сек, что много меньше дозовых пределов, принятых в качестве безопасных для человека. Много фактов (только часть которых была приведена выше) показывают ошибочность принятого МАГАТЭ принципа «радиационная защита человека обеспечивает адекватную защиту окружающей среды» (Linsley, 1996): некоторые организмы и живые системы могут быть много более чувствительными к действию радиации в той дозе, которая пока принимается «безопасной» для человека.

3.2. Влияние на растения и животных повышенного радиационного фона

Известно, что есть ряд регионов, в которых популяции живых организмов обитают в условиях резко увеличенного природного радиационного фона. Это происходит и в естественных условиях (например, район Гуарапары в Бразилии, Кералы в Индии, побережье озера Иссык-Куль в Киргизии, а также некоторые районы Ирана, Нигерии, Мадагаскара, Забайкалья), и на территориях, техногенно загрязненных радионуклидами в прошлом (например, в результате испытаний ядерного оружия, Восточно-Уральский радиационный след, Чернобыльская катастрофа, добыча радия в бассейне реки Ухта в Республике Коми).

Изучение природных популяций из таких районов показывает, что, с одной стороны, там наблюдается большее число генетических нарушений, а с другой стороны, такие популяции оказываются более устойчивыми к радиационной нагрузке.

3.2.1. Изменения живых организмов на радиоактивно загрязненных территориях

Большой материал по влиянию малых доз радиации на живые организмы накапливается при исследовании последствий Южно-Уральской и Чернобыльской катастроф.

Во всех изученных случаях обитающие здесь животные и растения обнаруживали повышенный уровень мутационной изменчивости: растения (Дмитриева, 1990; Попова, Шершунова, 1987); бурые лягушки (Елисеева и др., 1994); млекопитающие (Ракин, Башлыкова, 1996; Рябokonь, 1999; обзор см. Шевченко, 1991). В таблице 30 приведены данные по цитогенетическому анализу полевки-экономки из окрестностей поселка Водный (Республика Коми), обитающей в условиях постоянной повышенной радиоактивности от 170 до 2000 мкР/час (Евсеева и др., 2000).

Таблица 31
Результаты цитогенетического анализа костного мозга полевки-экономки (*Microtus oeconomus*) в условиях повышенного фона радиации в окрестностях поселка Водный, Республика Коми (Башлыкова, 2000)

Участок	Исследовано метафаз	Хроматидные aberrации, %	Хромосомные aberrации, %	Анеуплоидия, %
Контроль	1750	0,20	0,5	0,06
170 мкР/час, радий-226	560	0,70*	1,8*	0,53*
Хроническое облучение до 2000 мкР/час, уран-238, радий-226, торий-230	1296	0,63*	1,5*	0,42*

*различия с контролем статистически достоверны

Из приведенных в таблице 30 данных видно, что в изученной популяции обнаружено очень высокое число животных с более чем в три раза увеличенной частотой хромосомных и хроматидных aberrаций и почти в 9 раз больше животных с аномальным кариотипом (увеличенным числом хромосом). Эти изменения похожи на обнаруженные в штате Керала (Индия) хромосомные нарушения в популяции человека (обзор см. Яблоков, 2001, раздел 4.2.1.).

Изучение 22-х поколений рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) на чернобыльских территориях показало, что в условиях низкоинтенсивного облучения (2 - 700 мкГр/сут-1) наблюдался (Рябokonь и др., 2001; Смолич, 2001):

- постепенный рост частоты различных типов мутаций (aberrаций хромосом в клетках костного мозга выше доаварийного уровня в 3 - 7 раз);
- рост эмбриональной смертности (в 30 - 50 раз);
- рост числа полиплоидных соматических клеток с 1-го по 12-е поколение до 300 раз по сравнению с доаварийным уровнем;
- рост числа аномальных спермиев.

То, что все эти явления наблюдаются при постоянном снижении дозовых нагрузок (в результате естественного распада радионуклидов), говорит о накоплении мутационного груза и дестабилизации всего генома при хроническом облучении малыми дозами. Эти данные совпадают с данными по генетической дестабилизации у ряда видов мелких мышевидных грызунов на протяжении нескольких десятков поколений после облучения в результате ядерного взрыва на Тоцком полигоне (Васильев и др., 1997, Гилева, 1997).

В таблице 31 приведены данные по особенностям популяции одуванчика (*Taraxacum officinale*) на территории с высоким природным уровнем радиоактивного загрязнения в окрестностях поселка Водный (Республика Коми).

Таблица 32

Особенности семенной продуктивности и качество семян популяции одуванчика, обитающей в условиях повышенного природного фона в окрестностях поселка Водный, Республика Коми (Фролова, Таскаев, 2000)

Популяция	Продуктивность соцветия, мг	Число семян в соцветии	Масса 1000 шт., (мг)	Всхожесть, %	Проростков с нарушениями развития, %
Контрольная	102 ± 5	195 ± 10	528 ± 28	57,0 ± 5	2,4
Хроническое гамма облучение до 2000 мкР/час	-63 ± 10*	157 ± 16*	394 ± 43*	36,6 ± 6*	9,7

*различие с контролем статистически достоверно

Видно, что для популяции, обитающей на загрязненном участке, характерно заметное снижение показателей семенной продуктивности, меньшая жизнеспособность семян и четырехкратное увеличение числа проростков с видимыми нарушениями развития. Последний признак, вероятно, отражает повышенную мутационную изменчивость.

В таблице 33 приведены данные по фертильности пыльцевых зерен ежи сборной (*Dactylis glomerata*) при разном гамма-фоне в Чернобыльской зоне. Видно, что максимальная стерильность обнаруживается при самых малых уровнях радиации.

Таблица 33

Фертильность пыльцевых зерен ежи сборной (*Dactylis glomerata*) при разном гамма-фоне в Чернобыльской зоне (Зайнатуллин, 1998)

Гамма, фон, мР/ч	Число фертильных зерен	Стерильность, %
< 0,1	567 123,2	47 6,4
0,3 - 0,5	991 213,0	9,0 2,0
1,5 - 2,0	660 176,8	23,0 3,5
1,8 - 2,5	751 166,3	34 5,1

В условиях Восточно-Уральского радиационного следа на загрязненных стронцием-90 почвах в популяциях этого вида одуванчиков обнару-

живается статистически много больше хромосомных aberrаций в меристеме, увеличение числа особей с морфологическими нарушениями (Позолотина и др., 1992).

Влияние низких доз радиации было обнаружено при многолетнем изучении особенностей размножения нескольких массовых видов воробьиных птиц в Калифорнии (DeSante, Geupel, 1988; обзор см. К. Миллпойнтер, 2001). На стационарных точках наблюдения, где много лет подряд отмечались все вылетающие молодые птицы, после 10 мая 1986 года было обнаружено резкое (на 56 % от средних величин за предыдущие 10 лет) снижение численности большинства видов (белоголовой воробьиной овсянки, американских певчих воробьев, крапивников, оregonских юнко, славковых виронов, черноголовых толстоносов).

Анализ показал:

- снижение численности коснулось только тех районов, где во время прохождения над Северной Америкой чернобыльских облаков выпадали дожди (прибрежные районы штатов Вашингтон, Орегон и северная Калифорния, во всех этих районах было также резко повышен уровень йода-131 в молоке, см. подробнее гл. 2);

- снижение численности затронуло только те виды птиц, которые питались в основном листогрызущими насекомыми и семенами травянистых растений, и не затронуло дятлов (питаются насекомыми, которые поедают древесину и потому не аккумулируют радионуклиды из дождевой воды) и ласточек (поедают насекомых, которые питаются, в основном, гниющей органикой в мелких водоемах и также не используют дождевую воду);

- снижение численности не было связано ни с отсутствием пищи, ни с применением пестицидов, ни с температурными аномалиями или каким-либо другими факторами, обычно влияющими на этот показатель;

- у славковых виронов и черноголовых толстоносов, питающихся исключительно листогрызущими гусеницами, была отмечена стопроцентная гибель потомства, а у птиц, питающихся как листогрызущими, так и другими насекомыми, погибло 63 - 65 % потомства, у зерноядных птиц погибло около 50 % молодняка;

- на близрасположенных горных территориях, где радиоактивных дождей в это время не было, численность птиц в 1996 году не отличалась от средних многолетних величин.

Впоследствии была обнаружена корреляция между концентрацией йода-131 в молоке и численностью мелких насекомоядных птиц в Северной Америке в 1996 - 1997 годах, а также необычно низкая выживаемость старых птиц.

Хотя в описанном выше орнитологическом исследовании не было никакого дозиметрического контроля ни кормов, ни самих выживших и погибших птиц, обобщенная картина оставляет мало сомнений в том, что именно низкоуровневая радиация была причиной этих поражений.

У кракв (*Anas platyrhynchos*), подвергшихся в чернобыльской зоне в период эмбриогенеза воздействию малых доз, обнаружено повышение базального метаболизма и респирационного коэффициента, что говорит о нарушении углеводно-липидного обмена и дисбалансе эндокринной системы (Микитюк, Ермаков, 1990).

Еще один пример влияния низкоуровневой радиации: в трех загрязненных чернобыльскими выпадениями воеводствах Польши обнаружено увеличение спонтанных аборт у коров на 60 - 69 % при сравнении данных за 1983 - 1985 годы с данными за 1987 - 1989 годы (Добровольска, Мелесик, 2001; Добровольска и др., 2001). То, что подобных данных нет для огромных пространств России, Украины и Белоруссии, пораженных чернобыльскими выпадениями, говорит только о плохой ветеринарной статистике, а вовсе не об отсутствии этого феномена на пораженных территориях. Поляки удосужились посчитать - и немедленно получили результаты.

Заключение МАГАТЭ о том, что «*в научной литературе нет убедительных доказательств, что хроническое облучение дозами ниже 1 мГр/сут может повреждать популяции растений или животных*» (IAEA, 1992), является научно необоснованным. Как было показано выше, такие данные есть.

3.2.2. Повышение радиорезистентности у популяций из загрязненных местообитаний

Второй и, по-видимому, также всеобщей особенностью популяций живых организмов, длительное время обитающих в условиях повышенного радиационного фона, оказывается их адаптация (приспособленность) к такому повышенному фону, увеличение их радиорезистентности.

Более жизнеспособные в нормальных условиях семена растений из контрольной (обитающей при низком естественном радиационном фоне) популяции одуванчика в пойме реки Ухты, выращенные в радиационно загрязненных условиях, обнаруживают в 2,5 раза большее число депрессивных проростков, чем выращенные в тех же условиях с меньшей по размеру и массе и с меньшей всхожестью в нормальных условиях семена растений из загрязненной популяции поймы реки Ухты (Фролова, Таскаев, 2000). Повышенная устойчивость потомства к дополнительному облучению обнаружена в популяциях того же вида из Восточно-Уральского радиационного следа (Позолотина и др., 1992).

Наблюдаемые различия между контрольной и облучаемой популяциями находят объяснение действием естественного отбора. На протяжении многих поколений радиационно-чувствительные особи в первую очередь погибали на радиационно-загрязненных территориях. Выжившие оказывались генетически ущербными, но зато способными существовать при повышенной радиационной нагрузке.

Эти процессы популяционной радиоадаптации были бы невозможны, если бы в любой популяции не существовала достаточно широкая индивидуальная изменчивость по радиочувствительности, не было бы материала для отбора (Позолотина, 1996; Яблоков, 2001 а). Это означает, что в природных популяциях, обитающих в нормальных условиях, должны быть группы особей с пониженной радиочувствительностью - они-то и выживают и дают потомство при повышенных уровнях радиации, а более радиочувствительные гибнут или, во всяком случае, устраниаются от размножения.

Любое низко интенсивное облучение сверх эволюционно-привычного уровня изменяет структуру популяции животных, растений, грибов и микроорганизмов, меняет ответы популяции на внешние воздействия, ее взаимоотношения с другими популяциями. Такое облучение, сохраняющееся на протяжении многих поколений, с одной стороны, ведет к развитию радиоадаптации, а с другой, вызывая многочисленные генетические изменения в популяциях, повышает чувствительность популяции к действию любых повреждающих факторов не радиационной природы. Все это должно быть важным для сохранения устойчивости и нормального развития видов, экосистем и биосферы в целом.

* * *

Глава 4

Современные представления о механизмах влияния малых доз радиации

Естественно предположить, что более сильное воздействие должно вызывать более сильный ответ, и, наоборот, слабое воздействие должно вызывать слабые последствия. Однако при облучении малыми дозами и низкими мощностями доз это оказывается не всегда так. Слабые, но постоянные радиационные воздействия могут вызывать значительные биологические эффекты (см. гл. 2 и 3).

Зависимость эффекта от дозы облучения оказывается нелинейной: в определенных интервалах низкоинтенсивное облучение вызывает более значительный эффект, чем большее по величине (Burlakova, 2000, и мн. др.). Оказалось, что число повреждений хромосом и уровень злокачественной трансформации клеток при малых дозах примерно на порядок выше, чем можно было бы ожидать при простой (линейной) экстраполяции влияния от высоких доз к малым (Корогодин, 1990). То же наблюдается при реакции иммунной системы: низкоинтенсивное облучение вызывает неадекватно сильную реакцию, большее нарушение пространственной организации иммунной системы (Ярилин, 1997).

Сейчас становятся более ясными механизмы такого неожиданно сильного влияния малых доз. Радиация (как и другие загрязнения окружающей среды) не только нарушает функционирование живых структур, но и активизирует имеющиеся в каждом организме защитные системы (цитогенетические, иммунологические и др.): повышается концентрация супер-оксид-дисмутазы, уничтожающей возникшие при ионизации радикалы, включаются системы иммунного надзора, быстрее обновляются клеточные популяции и т. д.

Все эти защитные системы активизируют деятельность организма и восстанавливают те повреждения, полученные организмом, которые можно восстановить (так называемый процесс **репарации**, например, энзимная репарация повреждений ДНК). Репарационные процессы, несомненно, должны зависеть от мощности и дозы облучения. Но *в самом начале повреждающего воздействия мощности и дозы облучения могут быть такими малыми (сравниваемыми с уровнем естественной радиации), что сигнальные системы разных уровней - от молекулярно-генетических до клеточных - еще не улавливают такого воздействия и не запускают механизмов репарации*. В таких случаях механизмы репарации или не включаются, или начинают работать с задержкой, или работают не на полную мощность. В результате все полученные организмом радиационные повреждения (кото-

рые в диапазоне более значительных доз, вероятнее всего, стали бы активно исправляться репарационными системами) реализуются, а наблюдаемый при этом эффект будет более значительным, чем при воздействии даже многократно большей дозы (Бурлакова, 2001; Ллойд, 2001).

Если доза облучения будет нарастать, то механизм репарации включается на полную мощность. В результате внешний эффект влияния радиации в следующем за малыми дозами диапазоне должен уменьшиться, и, пока не исчерпан резерв репарации, внешне реакция будет выглядеть как плато (при увеличении дозы эффект не нарастает). Наконец, когда возможности репарации будут исчерпаны, будет проявляться линейная зависимость эффекта от дозы (больше доза - больше эффект). Сложение взаимодействия первичного эффекта от радиации и результата репарации при низких дозах дает S-образную кривую ответа организма на воздействие малых доз радиации (рис. 16 и рис. 17).

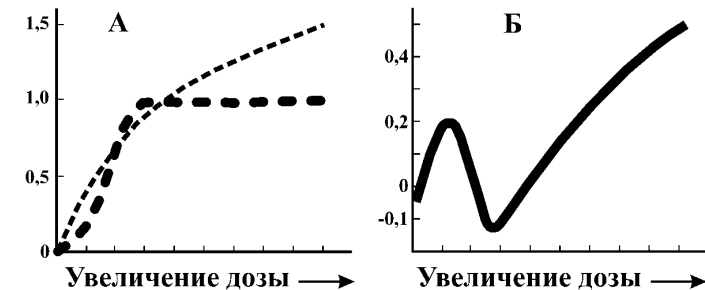


Рис. 16. Схема ответа организма на низкоуровневое радиационное воздействие. А: пунктир - повреждающее действие; точками - действие систем восстановления (репарации). Б: результирующая дозовая зависимость. По оси абсцисс - доза, по оси ординат - величина эффекта в относительных единицах (по: Бурлакова и др., 1999).

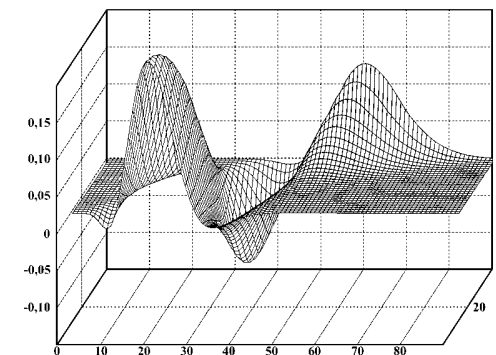


Рис. 17. Модельная реконструкция различных вариантов дозовых зависимостей в диапазоне низкоуровневого облучения при разных исходных значениях воздействий в системе «доза облучения - популяционный эффект» (по: Бурлакова и др., 1999).

Эта сложная зависимость между облучением и повреждением описывается во множестве работ. Например, при облучении дозами до 10 сЗв число смертельных лейкозов оказывается столь же значительным (рис. 18), как и при облучении многократно большими дозами (Бурлакова, 1995; Бурлакова и др., 1999). Та же парадоксальная зависимость прослеживается и на биохимическом уровне (Табл. 34).

Таблица 34
Действие малых доз облучения
(в относительных единицах на 1 сГр) на биохимические параметры
лабораторных мышей (Бурлакова и др., 1999)

Признак	Интенсивность облучения, сГр/сут	
	0,06	0,60
Связывание ДНК селезенки	4,0	0,8
tc липидов	40	0,3
МДА эритроцитов	5	0,09

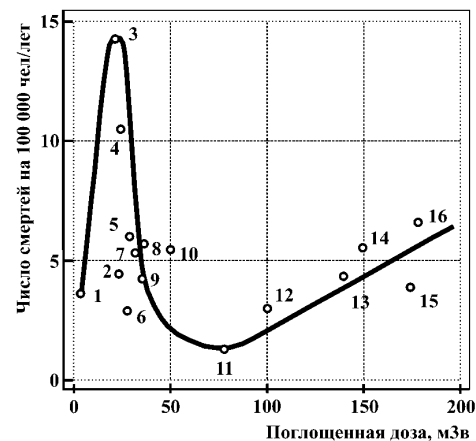


Рис. 18. Зависимость смертности от лейкемии (на 100 000 чел./лет) от поглощенной дозы (по: Burlakova et al., 1996). 1 - Пилгрим, 1983 - 1988; 2 - работающие УКАЕА, 1946 - 1979; 3 - Пилгрим, 1979 - 1983; 4 - Окридж; 5 - Минатом США; 6 - Хенфорд; 7 - Минобороны США; 8 - Япония, 1-я группа; 9 - работающие УКАЕА; 10 - Роки Флетс; 11 - Япония, 2-я группа; 12 - работающие УКАЕА; 13 - Селлафилд; 14 - Япония, 3-я группа; 15 - население по реке Теча, 1-я группа; 16 - население по реке Теча, 2-я группа.

Несомненно, нам еще неизвестны многие механизмы сверх-эффекта малых доз. Дополнительной к гипотезе Е.Б. Бурлаковой является гипотеза английского физического химика и эпидемиолога К. Басби (Busby, 1995), также объясняющая непропорционально большой эффект малых доз, которая развивается им под названием «Теория второго события». Гипотеза Басби также основана на задержке репарации после облучения. После сублетального радиационного удара по ДНК внутри клетки немедленно запускается процесс репарации. Известно, что этот процесс длится 8 - 10 часов. К. Басби предполагает, что пока этот процесс не закончится, ДНК не в состоянии начать новый процесс репарации. Поэтому любое фракционированное облучение на протяжении следующих 8 - 10 часов будет иметь последствием не-репарированные повреждения ДНК. К. Басби считает, что такие вторичные поражения не возникают при внешнем облучении ниже 1 мЗв (средний естественный радиационный фон), но возникают при внутреннем облучении, в том числе в результате появления новых радионуклидов в результате распада инкорпорированных техногенных радионуклидов. Я бы назвал эти взгляды гипотезой «второго удара»: вратарь, бросившийся ловить летящий в сетку мяч, имеет мало шансов отбить второй и третий мячи, одновременно летящие в ворота.

Приведенные выше рассуждения объясняют некоторые давно известные и, казалось бы, противоречащие друг другу факты: доза радиации, получаемая организмом за короткий промежуток времени, в каких-то условиях может вызывать меньшие поражения, чем равновеликая доза, полученная за длительный период (Nussbaum, Kohnlein, 1994); в других случаях эффект кратковременного острого облучения может быть большим, чем равновеликого, растянутого во времени (фракционированного) облучения (эффект Петко). В то же время в отношении ряда раковых заболеваний установлено, что отмеченная выше закономерность не всегда действует: фракционное, растянутое во времени, облучение иногда дает меньший канцерогенный эффект, чем разовое. Получает объяснение и радиационная стимуляция (т. н. «гормезис»): при определенных условиях после воздействия малых доз по каким-то показателям может наблюдаться внешне положительная реакция организма.

Об эффекте радиационной стимуляции известно давно. Атомщики горячо поддерживают работы в этом направлении (см., например, сводку А.М. Кузина «Стимулирующее действие ионизирующего излучения на биологические процессы», опубликованную Атомиздатом в 1977 г.). Иногда атомные энтузиасты даже утверждают, что малые дозы радиации повышают жизненную активность, усиливают половую потенцию и увеличивают среднюю продолжительность жизни (Корякин, Сивинцев, 1997). Может быть, у какого-то небольшого числа малочувствительных к радиации особей (см. далее гл. 5) половая потенция и повышается от радиации, но ничем хорошим это не может обернуться в череде по-

колений, - нарушенный радиацией генетический материал обязательно даст о себе знать в потомстве. Зато противоположные эффекты доказаны на большом статистическом материале (подробнее см. гл. 2). У растений и животных никогда не обнаруживались положительные эффекты от радиации в экспериментах на большом числе поколений. На материале исследований природных сообществ ВУР-Са и Чернобыльской зоны отчуждения можно утверждать, что за внешним благополучием (иногда даже развитием особенно пышных форм растений и грибов) скрываются устойчивые генетические повреждения и дестабилизация.

При обсуждении проблемы влияния малых доз радиации необходимо иметь в виду так называемое правило пропорционального риска (Шевченко, 1990), которое в нашем случае можно сформулировать так: облучение большого числа людей малыми дозами эквивалентно (с точки зрения влияния радиации на всю популяцию) облучению небольшого числа людей большими дозами. Генетический риск для 100 человек, получивших дозу 0,01 Зв, эквивалентен, с точки зрения поражения популяции, риску для 10 человек, получивших дозу 0,1 Зв, и риску для одного человека, получившего дозу 1,0 Зв. Малые индивидуальные дозы суммируются в большие коллективные. На самом деле, зависимость, конечно, сложнее. Во-первых, эквивалентность результатов облучения многих малыми дозами и немногих - большими подразумевает линейную зависимость доза - эффект, но, как говорилось выше, в области сверхмалых доз эта линейность нарушается. Во-вторых, в течение первых десятков поколений зависимость усложняется из-за различной судьбы мутаций в популяции. В одном случае эти мутации будут передаваться следующим поколениям небольшими группами особей, а в другом - более многочисленными.

Несомненно, в области выяснения влияния малых доз нас ждут новые открытия, связанные с более глубоким пониманием путей воздействия ионизирующей радиации на живое. Возможно, что не вполне понятные сегодня эффекты малых уровней облучения связаны не с прямым, а с опосредованным действием радиации, например, через влияние создаваемых радиацией аномалий атмосферного электрического поля (Бегун и др., 1996).

«Среди людей, работающих на АЭС или проживающих в прилегающих к ним зонах, даже при строгом соблюдении всех мер радиационной безопасности наблюдаются такие явления как раннее старение, ослабление зрения, угнетение реактивности иммунной системы, чрезмерная психологическая возбудимость, изменения в составе крови и другие. Эти проявления могут быть связаны с дополнительным воздействием аномалий АЭП (атмосферного электрического поля - А.Я.), возникающих в результате радиоактивного загрязнения окружающей среды...»

Из статьи сотрудников Государственного института прикладной экологии в г. Обнинске «Аномалии электрического поля атмосферы при радиоактивном загрязнении окружающей среды» (Бегун и др., 1996).

В делящемся два последних десятилетия горячем споре сторонников значительного негативного влияния малых доз (и мощностей доз) и сторонников отсутствия такого влияния (или даже позитивного влияния облучения на жизнедеятельность организма) наступил качественно новый этап. Сторонники значительного негативного влияния малых доз теперь не только предоставляют факты такого влияния, но и дают обоснованное теоретическое объяснение этого влияния. На наших глазах гипотеза о влиянии малых доз превращается в настоящую научную концепцию влияния малых доз.

Глава 5

Необходимость совершенствования нормирования техногенной радиации

Безопасной для среднего человека («населения») сейчас считается дополнительная к естественному фону доза облучения в 1 миллиЗиверт в год в среднем за любые последовательные пять лет, но не более 5 миллиЗиверт в год (НРБ-99). Безопасной для работающих в атомной индустрии лиц («персонала») считается доза в 20 миллиЗиверт в год в среднем за любые последовательные 5 лет (но не более 50 миллиЗиверт в год). При этом предполагается, что «персонал» исходно включает в себя специально отобранных молодых и здоровых людей, что он находится под постоянным врачебным наблюдением, что в отношении его осуществляются специальные оздоровительные мероприятия и что общая продолжительность работы не превышает 35 лет.

Проблема совершенствования норм радиационной безопасности важна прежде всего потому, что радиационное загрязнение биосферы оказывается самым значительным антропогенным загрязнением XX века, оно затрагивает жизнь и здоровье сотен миллионов людей.

Жертвы атомного века: оценка числа людей, пострадавших в XX веке от атомного оружия и атомной индустрии (в миллионах человек)

От взрывов атомного оружия, в том числе:

смертельные раки - 240

не смертельные раки - 117

генетические дефекты - 235

врожденные пороки развития - 558

От работы военной атомной индустрии - 3

От работы АЭС - 21

От катастроф с гражданскими реакторами - 15

От медицинского облучения - 4

В результате неонатальной (первого месяца) смертности – около 10?

С проблемами умственного развития - не менее 10?

Выкидыши и мертворождения - 500?

По расчетам известного американского эпидемиолога и радиозоолога Розалии Бертелл, опубликованным в журнале «The Ecologist» (1999, vol. 29, № 7, p. 408 - 411) (цифры со знаком вопроса мои – А.Я.).

Если бы современные нормы радиационной безопасности применялись пятьдесят лет назад, то подавляющее большинство из, вероятно, неполного перечня жертв атомного века более чем в 1 млрд. человек (см. бокс), не пострадало бы! Проблема совершенствования норм радиационной безопасности и сегодня непосредственно касается жизни и здоровья десятков миллионов человек. Поэтому считать, как это настойчиво предлагают атомщики, корректировку таких норм только «делом специалистов» было бы неправильно: слишком много примеров, когда специалисты, в угоду ведомственным интересам, игнорируют опасные последствия своей деятельности. Слишком большое число людей (многие миллионы!) уже расплачивается и будет расплачиваться своим здоровьем и преждевременной смертью за ошибки специалистов.

Современная система нормирования техногенного радиоактивного загрязнения, хотя постоянно развивается и улучшается, все же остается очень несовершенной. Это выражается и в несовершенстве применяемых критериев определения доз и мощностей доз, и в недостаточном учете существенных параметров и направлений воздействия техногенных радионуклидов на живые организмы и их системы, а также в учете эффекта разнообразных взаимодействий техногенной радиации с другими индустриальными поллютантами.

Апологеты атомной индустрии настаивают на «презумпции невиновности» низких уровней облучения и требуют предоставления неопровержимых, с их точки зрения, фактов такого влияния (см., например, Ильин, 1996; Рябухин, 2000). Они были бы правы, если бы не было:

- многочисленных случаев сокрытия важных фактов атомной индустрией и ее защитниками, как это было в случаях ядерно-радиационных катастроф в «Саванна-ривер» (США, 1970), на Ленинградской АЭС (1979), на АЭС «Три-Майл-Айленд» (США, 1979) и Чернобыльской АЭС (1986), а также при многих других менее крупных катастрофах (подробнее см. Макхиджани, Салеска, 2000; Макхиджани, Фрэнк, 2000; Гулд и др., 2001);

- препятствий сбору и анализу в полном объеме крайне существенных данных последствий атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки и Южно-Уральской радиационной катастрофы (подробнее см. Грейб, 1994; Яблоков, 2001 а; Bertell, 1985; Stewart, 1999, 2000);

- фактической фальсификации опасных для атомной индустрии результатов исследований по влиянию низкоуровневой радиации (Geiger et al., 1992).

Перед рассмотрением некоторых важных, с моей точки зрения, направлений совершенствования защиты от техногенного радиоактивного загрязнения приведу некоторые критические замечания по существующим нормам радиационной защиты.

5.1. О методологическом несовершенстве современных норм радиационной защиты

Трудно говорить о серьезной научной обоснованности норм радиационной защиты, если главным эффектом действия радиации долгое время считалось покраснение кожи после облучения. Не изменения генетического материала, не нарушение иммунитета, не возникновение раковых заболеваний, а грубый радиационный ожог, вызываемый мощными дозами! Человечество методом проб и ошибок, ценой жизни и здоровья сотен тысяч людей пробирается к истинному пониманию влияния малых доз радиации, пониманию, которое еще где-то впереди.

Насколько несовершенны наши знания о приемлемо опасном уровне облучения, показывают быстрые изменения представлений о безопасной максимальной эквивалентной дозе для персонала, работающего с радиоактивными веществами (Closing the Circle..., 1995; Краткая ..., 2001):

- 1925 год - 1560 мЗв/год;
- 1934 год - 300 мЗв/год;
- 1954 год - 150 мЗв/год;
- 1958 год - 50 мЗв/год;
- 1990 год - 20 мЗв/год.

Таким образом, с момента начала официального регулирования (с 1925 г.), эта доза уменьшилась в 78 раз. С начала XX века считавшийся приемлемым уровень облучения населения уменьшился в тысячи раз (Gollancz, 1990)! Приведенные данные характеризуют примитивный уровень знаний в области влияния радиации при создании атомного оружия и на начальном этапе развития атомной энергетики. Ретроспективно видны и заниженные официальные оценки опасности возникновения радиогенных раков (табл. 35).

Таблица 35
Изменение оценок уровня дополнительной смертности
от радиогенных раков (число смертных случаев на 10 000 чел/сЗв)
с 1972 по 1990 гг. (Kohnlein, 1997)

Оценка (организация, эксперт)	1972 - 1983	1988 - 1990
BEIR*	1,17 - 6,2 (1972)	5,4 - 12,4 (1990)
UNSCEAR**	0,7 - 1,7 (1977)	4,2 - 11,0 (1988)
ICRP***	1,25 (1977)	5,0 (1990)
Charles et al.; Preston; Pearce;	1,0 - 4,4 (1983)	5,8 - 18,0 (1987)
Nussbaum, Kohnlein		25 (1990)

*Comission on Biological Effects of Ionizing Radiation

**United Nation Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation

***International Committee for Radiological Protection

Из таблицы 34 видно, что оценки опасности смерти от радиогенного рака за двадцать лет изменились в несколько раз. Сходное положение и с пониманием уровня естественного мутагенеза и возникновения малых мутаций. Оценка уровня естественного мутагенеза НКДАР ООН с 1977 по 2001 год изменилась в 7 раз - с 105 100 до 738 000 на миллион новорожденных (В.А. Шевченко, личное сообщение). Ясно, что и современные знания также окажутся примитивными уже через десяток лет.

Выясняются, например, все более глубокие различия последствий фотонного (гамма- и рентгеновского) и разных форм корпускулярного (альфа-, электронного, протонного, нейтронного, мезонного) ионизирующих излучений. Глубокие качественные (а не количественные) различия в действии альфа-, бета-, гамма- и рентгеновского облучений ставят под сомнение возможность определения эквивалентных доз кратными коэффициентами (количественные различия). Какими коэффициентами можно оценить различие в действии гамма- и альфа- излучений, если одно нарушает преимущественно белковый, а другое - углеводный тип обмена веществ (Талалаева, 2000)? Если разные типы излучений вызывают разное по характеру поражение ДНК (Базыка и др., 2001)? О несовершенстве современных знаний в области радиационной безопасности говорит и то, что только за последние годы некоторые взвешивающие коэффициенты (контрольные значения для определения эффективных доз) изменялись в несколько раз.

Сказанное выше дает еще один серьезный аргумент поставить под сомнение возможность использования данных по атомным бомбардировкам Хиросимы и Нагасаки (в основном, нейтронное облучение) в качестве основополагающей модели для расчетов рисков для всех остальных форм облучения (первый аргумент против использования этих данных - т. н. «*эффект здоровой выборки*», подробнее см. гл. 2). Эта позиция нашла поддержку Европейского Парламента, который 26 апреля 2001 года принял специальную резолюцию, призывающую международные организации «*пересмотреть принятую модель риска*» (Fernex, 2001).

Малоизученные опасности низкоуровневого облучения таятся в сочетанном взаимодействии радионуклидов с другими загрязнителями среды, например, химическими и электромагнитными, при которых эффект облучения может как усиливаться, так и ослабляться, - т. н. явление *синергизма* (см. гл. 1, подробнее см. Яблоков, 2001 а).

Приведенные в настоящем обзоре данные свидетельствуют: многие основные положения действующих норм радиационной защиты основаны на ошибочных предположениях о незначительности влияния малых доз и малых мощностей доз. В Нормах радиационной безопасности (НРБ-99) говорится, что «*вероятность возникновения которых (эффектов малых доз облучения - А.Я.) пропорциональна дозе и для которых тяжесть проявления не зависит от дозы*». Выше было показано, что в диапазоне малых доз нет

линейной зависимости между дозой и эффектом (т. е. вероятность возникновения эффектов не пропорциональна). Последствия воздействия малых доз могут быть многократно более тяжелыми, чем более высоких. Все это требует кардинального пересмотра норм для диапазона малых доз в сторону их ужесточения.

«Радиоактивные нормы с самого начала формировались как ревизионные в сторону атомной отрасли»...

Из выступления директора НПО «Радон» Олега Польского на пресс-конференции по радиационной обстановке в Москве (Алленова, 2001).

Наконец, отмечу, что и эффективная и эквивалентная дозы не измеряются непосредственно, это расчетные величины, зависящие от условий облучения. Они не доступны точной проверке (как измерения в других областях) и не могут быть использованы для оперативного контроля радиационной обстановки и определения индивидуальных доз (Власов, Федосеев, 2001). Мощности доз (Грей и Зиверт в единицу времени) - это не физические границы доз, а сконструированные понятия. Как во времена Рентгена и Жолио-Кюри, эти величины рассчитываются по поражению живых структур. Эффективная дозиметрия и эффективная нормативная радиационная защита все еще где-то далеко впереди за современным научным горизонтом.

Современные нормы радиационной безопасности, рекомендованные МКРЗ в 1990 году и принятые в большинстве стран, основаны на неполноценной модели риска по данным Хиросимы (см. гл. 2) и, по-видимому, на два порядка занижают уровень опасности радиационного поражения малыми дозами.

5.2. Необходимость более обстоятельного учета последствий облучения

Много существенных особенностей влияния малых доз радиации еще предстоит открыть. Однако и сейчас уже известно достаточно, чтобы заключить: официальные нормы радиационной безопасности учитывают лишь некоторые последствия облучения.

В основе современной системы регламентации малых радиационных нагрузок человека лежит учет лишь трех эффектов:

- злокачественные новообразования у облученных лиц;
- крупные генетические эффекты;
- значительные нарушения умственного развития.

Предполагается, что:

- 1) риск других негативных последствий много ниже;

2) обеспечение приемлемой безопасности по этим параметрам обеспечит безопасность и в отношении других факторов риска.

Приведенные выше факты влияния малых доз радиации на многие другие важные параметры живого (см. гл. 3) показывают недостаточную обоснованность этих двух основополагающих позиций существующей системы радиационной защиты. Выделю лишь четыре недостаточно учитываемых в принятых официальных нормах радиационной безопасности группы фактов.

1). Нормами не учитывается возможность наследования онкозаболеваний, индуцированных облучением раков в череде поколений (нормами учитываются лишь раки, возникающие у облученных людей).

2). Нормами не учитываются раки, которые являются результатом совместного действия облучения и других факторов (например, курения, алкоголя).

3). Нормами не учитывается негативное воздействие так называемых «малых» мутаций. Таких мутаций много больше, чем учитываемых «серьезных» или «крупных» генетических эффектов. Известно более четырех тысяч «малых» генетических эффектов облучения, и это число быстро растет. К двадцать первому году жизни у человека проявляется только около 10 % этих генетически детерминированных аномалий. Поскольку эти многофакторные генетические заболевания поражают в норме большую часть населения, любой дополнительный мутагенный фактор, сколь бы малым он ни был, может существенно изменить спонтанный уровень и частоту проявления той или иной патологии (подробнее см. Мельнов, 2001). По консервативной оценке Р. Бертелл (Bertell, 1999) вместо 1 - 3 генетических эффектов на 100 чел/Зв надо учитывать не менее десяти (по другим оценкам - несколько десятков). Это означает, что существующая система нормативов допустила появление многих миллионов дополнительных генетических дефектов у человека в XX веке и исходит из неприемлемого появления многократно большего числа таких случаев в грядущей череде поколений.

«На основании полученных мутаций у обследованных жителей, выявленной тенденции к резкому возрастанию числа наследственных заболеваний в третьем поколении переселенцев и коренных жителей поселка Ленинский и расчетов с использованием рекомендованной Международной комиссией по радиационной защите математической модели можно сделать однозначный прогноз о том, что число нарушений в геноме к 2010 - 2020 гг. достигнет значений, которые будут укладываться в понятие «генетическая катастрофа», так как каждый второй ребенок, родившийся живым, будет носителем геномных аномалий...»

Из доклада О.Г. Макеева и др. на III Международном симпозиуме «Урал атомный», 1995 г., Екатеринбург (цит. по сводке И.Я. Часникова «Эхо ядерных взрывов», Алматы, 1996, с. 43).

Данные по увеличению числа малых мутаций у потомства чернобыльских ликвидаторов (Brown, 2001) показывают, что упомянутые в боксе расчеты могут оказаться не далекими от истины. Об этом же говорят и прямые наблюдения в окрестностях Семипалатинского ядерного полигона - частота врожденных пороков развития в потомстве облученных родителей оказывается выше у третьего поколения (правнуков), сравнительно с первым и вторым (Часников, 1996).

4). Нормами не учитывается возникновение множества других, кроме раков и крупных генетических нарушений, заболеваний (Закутинский, 1963; Клемпарская и др., 1968; Ярмоненко, 1988; Гофман, 1994 а; Грейб, 1994; Бандажевский, 2001; Гулд и др., 2001; Нягу, 2001, и многие др.). Среди них - большое число сравнительно мелких нарушений умственного развития (официально учитываются лишь такие нарушения, при которых человек не может сам себя обслуживать), наступающих в результате поражения центральной нервной системы как на ранних этапах эмбрионального развития человека, так и позднее. Если взять за основу данные, полученные Всемирной Организацией Здравоохранения при анализе последствий Чернобыля (Медицинские последствия..., 1997), говорящие о том, что до половины новорожденных на радиационно загрязненных территориях Украины, России и Беларуси испытывают эти проблемы, то окажется, что этот «недо-смотр» НКДАР ООН (с учетом попавших под близкий уровень облучения малыми дозами во время беременности на территориях разных стран) коснется психического здоровья не менее нескольких миллионов человек только среди живущих (и многократно большего числа их потомков). Не исключено, что нарушения умственных способностей и поведения (психо-физиологические нарушения, «mental disorders», «синдром хронической усталости») могут оказаться самыми опасными непосредственными последствиями действия низкоуровневой радиации для человека (обзоры см.: Нягу, Логановский, 1998; Loganovsky, Loganovskaja, 2000; Логановский, 2001; Flor-Henry P., 2001).

Ясны и несколько других важных аспектов низкоуровневого облучения, требующих более полного учета при нормировании дозовых нагрузок.

1. Различия между внешним и внутренним облучением.

В НРБ-99 отсутствует принципиальное различие между внутренним и внешним облучением, хотя на самом деле эти различия огромны. Известный английский физический химик и эпидемиолог Крис Басби заметил (Basby, 2001), что внутреннее и внешнее облучения различаются по действию так же, как отличается тепло, идущее от камина, и тепло от проглоченного раскаленного угля: при равном количестве поглощенной энергии последствия будут весьма различны. Принятый нормами метод учета радиационного воздействия инкорпорированных радионуклидов на ткани органов по средней энергии электронов, образующихся при радиоактивном

распаде, ведет к существенному занижению результатов воздействия радиации (Бандажевский и др., 2001; Busby, 2001).

Последствия локального внутреннего облучения будут зависеть:

- от состояния органа;
- от стадии биоконцентрации радионуклидов в каждом органе;
- от свойств радионуклида (типа распада и продуктов распада);
- от формы присутствия радионуклида (одиночные атомы или в составе т. н. «горячих» частиц).

2. Возможность сенсibilизации (увеличения чувствительности) организма к последующему облучению после облучения в малых дозах.

Уже давно известно, что после облучения в малых дозах чувствительность организма к последующему облучению может заметно возрастать (Мельнов, 2001; Ильинских, 2001, и многие др.). Так, например, инкорпорирование даже малых количеств альфа-радионуклидов меняет последующую реакцию организмов на гамма-облучение (Талалаева, 2000). Существующими нормами не учитывается эта возможность.

3. Специфичность не только разных типов облучения, но и разная радиотоксичность каждого радионуклида.

То, что разные радионуклиды обладают разной токсичностью, известно давно. Например, нейтроны и бета-излучение, как правило, вызывают больше врожденных аномалий, чем радиация с низкой ЛЭП (Мельнов, 2001). При этом разные бета-излучатели одной и той же мощности будут действовать по-разному на живые системы.

На генетически однородном материале (линии лабораторных мышей) показано, что при облучении одинаковой дозой в 12 сГр калифорний-252 вызывает в 10 раз больше раков печени, чем кобальт-60. Интересно, что при облучении в дозе 50сГр эти различия уменьшились и составили всего 6,5 раз (Akihiro Ito, 1999).

Период «биологического полураспада» (время, за которое выводится из организма половина попавшего количества данного радионуклида) у стронция-90 составляет многие годы, а у цезия-137 определяется в несколько месяцев. При одинаковом первичном уровне загрязнения этими радионуклидами последствия могут быть совершенно разными. Нормами учитывается лишь абсолютная и удельная радиоактивность большинства техногенных радионуклидов, но не их разная токсичность (при одинаковом уровне радиационного воздействия).

4. Вторичные последствия техногенной радиации.

Под воздействием техногенных радионуклидов возникают электромагнитные аномалии в почве и атмосфере (Марков, Станко, 1992; Суслин, 1999). Известно, что такие аномалии электрического поля негативно влияют на состояние живых организмов (Бегун и др., 1996). Конечно, существуют и другие, пока нам неизвестные эффекты действия техногенной радиации. По-

явление в биосфере химических элементов в количествах, с которым биота не сталкивалась на протяжении последних сотен миллионов лет (например, плутония, америция, трития в биосфере в XX веке появилось в сотни тысяч раз больше, чем их было), не может не иметь отрицательных последствий.

5. Органические нарушения работы головного мозга и органов чувств.

Не вызывает сомнения факт поражения головного мозга взрослых при воздействии малых доз радиации (Логановский, 1999, и многие др.). Это ведет к нарушениям передачи информации в центральной нервной системе, к изменениям функциональной активности органов чувств (например, возникновение вторичного дальтонизма и избирательной цветовой чувствительности), нарушениям аналитических процессов мышления, частотных характеристик естественных биоритмов органов, тканей и систем, в том числе - биоэлектромагнитной реактивности человека (обзор см. Нягу, Логановский, 1999; Талалаева, 2000). Все эти эффекты нормами не учитываются.

6. Влияние радионуклида с учетом всей цепочки его радиоактивного распада. Нормами недостаточно учитывается распад радионуклидов. Например, считающийся инертным газ криптон-137 со временем превращается по цепочке распада в опасный долгоживущий цезий-137; малоподвижный плутоний превращается в крайне подвижный в экосистемах америций; не особенно токсичный теллур-132 превращается в радиотоксичный йод-132; стронций-90 - в иттрий-90 и т. д.

7. Различия между острым и фракционированным облучением.

Между острым (одномоментным, кратковременным), фракционированным (кратковременным, но неоднократным) и протяженным (продолжительным) во времени (фракционированным) облучением есть существенные различия по влиянию на организмы. Например, при остром облучении происходит быстрое развитие аутоиммунных реакций, при фракционированном - постепенное (Лисянский, Любич, 2001; подробнее см. Грейб, 1994).

Эффективность кратковременного облучения в низких дозах может быть в несколько раз выше продолжительного (Зайнуллин, 1998).

Выше перечислены не все недостаточно учитываемые аспекты действия радиации. Но, пожалуй, наиболее важную роль для совершенствования нормирования и радиационной защиты должен сыграть учет *изменчивости радиочувствительности*.

5.3. Необходимость учета групповой и индивидуальной изменчивости радиочувствительности

Все расчеты радиационных норм относятся не к живым, окружающим нас людям, а к условному «стандартному человеку» - мужчине белой расы, в возрасте 20 лет, с хорошим состоянием здоровья. Ясно, что такого «стандартного человека», как и «идеального газа» в физике, в природе не существует. Мы все различны по множеству признаков, в том числе и по степени

радиочувствительности. Изменчивость радиочувствительности, как и изменчивость по другим признакам млекопитающих (Яблоков, 1966, 1998) подразделяется на *групповую* и собственно *индивидуальную*.

5.3.1. Важность учета групповой изменчивости радиочувствительности

Исходя из имеющихся данных и теоретических положений общей биологии и экологии, существует групповая изменчивость радиочувствительности - устойчивые различия в средних показателях радиочувствительности:

- расовая;
- этническая;
- популяционная;
- половая;
- возрастная;
- физиологическая.

Все три большие расы (кавказоидная, негроидная и монголоидная) отличаются по радиочувствительности. Примером **расовой** радиочувствительности являются разная заболеваемость радиационно-индуцированными раками черного и белого персонала атомных военных предприятий США (см. гл. 2).

Пока нет данных по **этнической** радиочувствительности - различиям в радиочувствительности между разными этническими группами (славянами и кельтами, русскими и словаками, и т. д.). Получение таких данных - задача будущих исследований. Зато таких данных много для целого ряда изученных в этом отношении видов животных - беспозвоночных, рыб, амфибий, птиц и млекопитающих (обзор см. Ильенко, 1978).

Несомненно существование **популяционной** изменчивости - различий между разными эволюционно-генетическими группами людей в пределах этноса, проживающими в течение многих поколений на территориях с разным (повышенным или пониженным) естественным радиоактивным фоном. Такие популяции должны были пройти адаптацию, и их средняя радиочувствительность может быть как понижена (на территориях с повышенным радиационным фоном), так и повышена (на территориях с пониженным радиационным фоном).

Известно немало данных по популяционной изменчивости радиочувствительности для разных видов животных и растений (обзор см. Ильенко, Крапиво, 1989). Например, в точных экспериментах на однородном генетическом материале показано, что разные линии лабораторных мышей обладают на порядок разной радиочувствительностью по развитию рака печени после облучения (Akihiro Ito, 1999). Известно, что разные популяции внутри вида у некоторых насекомых (например, дрозофил), рыб (гамбузии), млекопитающих (крыс, разных видов полевок и др.) значительно различаются по радиочувствительности (Мажейките, 1978).

Известно много примеров **половой** изменчивости радиочувствительности - различий радиочувствительности между мужчинами и женщинами. Часть из них упоминалась выше, часть приводится в таблице 36.

Таблица 36

Примеры половых различий радиочувствительности у человека

Признак	Показатель у женщин	Показатель у мужчин	Примечания
Спонтанные аборт	Эмбрионы и плоды менее чувствительны к внешним воздействиям	Эмбрионы и плоды более чувствительны к внешним воздействиям	Scherb et al., 2001
Смертность от всех раков	Выше	Ниже	Антипкин, 2001
Смертность от рака крови	Вдвое ниже	Вдвое выше	Wing et al., 1991
Все раки	Больше случаев у девочек старше 5 лет на загрязненных территориях	Больше случаев у мальчиков в возрасте 0 - 4 года на загрязненных территориях	Суслин, 2001
Опухоли костей и хрящей	На загрязненной территории у девочек 0 - 4 года чаще, чем у мальчиков	У мальчиков в 6,1 раза чаще, чем у девочек (среднее по миру)	Суслин, 2001
Лимфо- и ретикулосаркомы	7 на 100 000	21 на 100 000 (загрязненные территории Украины)	Медицинские последствия..., 1995
Моноцитарные лейкозы	1,77 0,42 на 100 000 (загрязненные территории Украины)	3,47 0,74 на 100 000 (загрязненные территории Украины)	Медицинские последствия..., 1995
Заболеваемость раком кожи	16,7 (1,1 - 29,0 на 100 000 чел. (по 19 регионам СССР)	21,6 (3,2 - 36,0) на 100 000 чел. (по 19 регионам СССР)	Суслин, 2001
Период полувыведения цезия	В среднем 80 суток	В среднем 110 суток	Мельнов, 2001 (по Elkind, 1967)

О различной радиочувствительности полов говорят и данные по дифференцированной гибели эмбрионов после облучения. В главе 2 приводились данные о влиянии облучения на сдвиг в соотношении полов новорожденных и в окрестностях радиохимических производств, и среди «хибакуси». На-

капливаются данные по изменениям в соотношении полов у пациентов, подвергавшихся интенсивной рентгенотерапии. Интересно, что во втором поколении после облучения гибель мужских эмбрионов (и, соответственно, увеличение доли девочек среди новорожденных) выявляется даже более четко (Головачев, 1983).

Добавлю, что данные о различиях в радиочувствительности самцов и самок есть и для разных видов животных. Так, например, после облучения одной из генетически однородных линий лабораторных мышей калифорнийской породы 252 рак печени развивался у самцов в десять раз чаще, чем у самок (Ito, 1999). Накопление инкорпорированного радиоцезия через 2 - 3 недели после воздействия оказалось втрое выше у самцов лабораторных крыс, чем у самок (Бандажевский, 2001). Чувствительность к воздействию радиации клеток эпителия роговицы глаза и клеток костного мозга самцов полевки-экономки (*Microtus oeconomus*) была существенно выше, чем самок (Зайнуллин, 1998). Давно описана разная радиочувствительность самцов и самок у коз, монгольской песчанки (*Meriones unguiculatus*) и ряда других видов млекопитающих (обзор см. Мажейките, 1978). Показано, что при обитании на загрязненной территории самки красной полевки (*Clethrionomys rutilus*) в период размножения накапливали вдвое больше цезия-137, чем самцы; у самок темной полевки (*Microtus agrestis*) в костях было больше стронция-90; у самок зайца и чернохвостого оленя - больше йода-131 (обзор см. Ильенко, Крапивко, 1989).

К настоящему времени накоплен большой материал по **возрастной** радиочувствительности беспозвоночных (насекомых), рыб, амфибий, птиц, млекопитающих (обзор см. Мажейките, 1978), в том числе и человека (Shimizu et al., 1990; Stewart et al., 1970; Schmitz-Feuerhake et al., 1993 и др.). Начиная с момента зачатия, различные стадии индивидуального развития человека обнаруживают различную радиочувствительность. В таблице 3 были приведены данные по влиянию облучения на возникновение лейкемии (рака крови) в зависимости от возраста облученных (по результатам атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки). Радиочувствительность детей, взрослых, пожилых и старых различна. Известны периоды индивидуального развития, когда облучение могут вызвать особенно существенные изменения (например, характер умственного развития или поражения половых клеток, передающиеся по наследству).

Детальные исследования работавших на американских военных атомных предприятиях показали повышенную чувствительность и мужчин и женщин к низкоуровневому внешнему облучению, полученному после достижения ими 45 лет (Richardson, Wing, 1999). Многочисленные исследования на американских атомных производствах показали повышенную чувствительность старших возрастных групп (45 - 50 лет и старше) к облучению (см. гл.2).

«Период наибольшей радиочувствительности эмбриона человека... начинается... с зачатия и кончается примерно 38 сутками... Облучение эмбриона человека в период первых двух месяцев ведет к стопроцентному поражению, в период от 3 до 5 месяцев - к 64 %, в период от 6 до 10 месяцев - к 23 % поражения...»

Облучение на ранних стадиях (до имплантации и в начале органогенеза), как правило, заканчивается внутриутробной гибелью или гибелью новорожденного...

Фракционированное облучение приводит к более тяжелым повреждениям, так как воздействие захватывает разнообразные типы зародышевых клеток..., что вызывает повреждение большого количества зачатков органов, находящихся на критических стадиях развития. В этот период максимальное поражение может быть спровоцировано очень малыми дозами ионизирующего излучения (выделено мною - А.Я.); для получения аномалий в более поздний период эмбрионального развития требуется воздействие больших доз...

Почти у половины (45 %) детей, родившихся от матерей, подвергшихся облучению при сроках беременности 7 - 15 недель, имелись признаки умственной отсталости. Кроме того, у потомства женщин, перенесших облучение в первой половине беременности, отмечены микроцефалия, задержка роста, монголизм и врожденные пороки сердца... Радиочувствительность плода... в 10 - 300 раз больше по сравнению со взрослым организмом».

Из главы 16 «Действие радиации на эмбрион и плод» учебника для ВУЗов С.П. Ярмоненко «Радиобиология человека и животных», М., «Высш. Школа», 1988, с. 258 - 271.

Выделяются несколько особо радиочувствительных стадий онтогенеза (Мельнов, 2001, и др.):

- предимплантационный период (особенно через 12 и 30 - 60 часов после оплодотворения);
- период органогенеза (от 9 - 11 до 45 суток после оплодотворения; начало формирования нервной системы с 17 - 20-х суток);
- 16 - 25 недели внутриутробного развития;
- период молочного вскармливания;
- период полового созревания (пубертатный период);
- старческий период.

Причины повышенной радиочувствительности различны для каждого из периодов. Например, известно, что уровни биоаккумуляции инкорпорированных радионуклидов в разных органах различаются у детей и взрослых (Bandajevsky, Nesterenko, 2001). Период полувыведения цезия

из детского организма в 1,5 - 2 раза выше, чем из организма взрослых (Мельнов, 2001). Масштаб возрастной изменчивости радиочувствительности, по-видимому, значительно превышает масштаб половых различий по этому признаку: чувствительность разных возрастных групп может отличаться в несколько раз.

Физиологическая изменчивость радиочувствительности существует между группами людей, находящихся в определенных физиологических состояниях (например, между беременными и небеременными женщинами, между страдающими какими-то заболеваниями и здоровыми (диабетиками и не диабетиками) и т. п.), между находящимися в каких-то специальных условиях (например, истощенными и нормально питающимися, или использующими разную диету). Оказалось, например, что период выведения цезия-137 из организма у пяти человек колебался от 36 до 124 суток. Рекомендации МКРЗ (Василенко, Василенко, 2001) предлагают считать этот период равным 70 суткам, что оставляет без должной защиты по этому показателю 20 % популяции. Значение разной диеты для изменения радиочувствительности продемонстрировано на монгольской и большой песчанках (Ильенко, Крапивко, 1989).

Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) лишь в малой степени отражают физиологическую изменчивость, вводя более жесткие требования для работающих с источниками излучения женщин в возрасте до 45 лет (эквивалентная доза на нижнюю часть живота не должна превышать 1 мЗв в мес.).

Остается добавить, что у разных видов животных обнаружена **временная** изменчивость радиочувствительности (по времени суток, месяцам и сезонам года): у бабочки яблоневая плодожорка (*Laspeyresia pomonella*). У грызунов (мыши, полевки, хомячки, белки), кроликов и собак (обзор см. Мажейките, 1978; Ильенко, Крапивко, 1989). Частота ВПР у млекопитающих повышается зимой (Мельнов, 2001, по Jacobsen, 1968; Taylor, 1968). У человека 70 % живорожденных с трисомией по 13, 14, 15, и 18 хромосомам были зачаты зимой (Мельнов, 2001, по Murphree, 1969). Можно предположить, что должны быть изменения радиочувствительности организма в течение года (в разные сезоны), в разные периоды лунного цикла (внутри месяца) и даже в разное время суток. Действующая система норм радиационной безопасности не учитывает этой временной изменчивости радиочувствительности.

Все эти групповые различия в радиочувствительности будут определять и широкий спектр индивидуальных различий по радиочувствительности в любой конкретной группе людей, подвергающейся дополнительному техногенному облучению. Эффект одного и того же по величине облучения будет различным для разных популяций. Существующие нормы радиационной безопасности, рассчитанные на «среднего» человека из «средней» популяции, не могут эффективно защитить большинство людей.

5.3.2. Важность учета индивидуальной изменчивости радиочувствительности

Внутри любой группы, однородной этнически, по возрасту, полу и физиологии (в широком смысле), в данный момент времени всегда есть вариации между особями по радиочувствительности, - истинная *индивидуальная* изменчивость радиочувствительности. Существование такой изменчивости у разных видов животных известно давно (обзор см. Ильенко, 1978). За последние двадцать лет это подтверждено и многими исследованиями на человеке (обзор см. Штреффер, 1999). Даже НКДАР ООН еще в 1986 году признал тот факт, что «... существует необычная часть человеческой популяции, которая склонна к развитию рака, и, как следствие, может быть более чувствительна к радиации и другим канцерогенным агентам по сравнению с остальными» (цит. по Мельнов, 2001, с. 266). На большом материале (1 177 работников ПО «Маяк») показано, что радиочувствительность людей с генотипом гаптоглобина Нр 2-2 существенно отличалась от радиочувствительности людей с генотипами Нр 1-1 и Нр 2-1: при одинаковых радиационных нагрузках риск развития хронической лучевой болезни у них различался более чем в три раза (Тельнов, Сотник, 2001). Темп аккумуляции цезия-137 у резус-положительных лиц оказывается достоверно выше, чем у резус-отрицательных (Бандажевский, 2001).

Изменчивость индивидуальной радиочувствительности (в группе особей одного пола и возраста внутри той же популяции) известна и для ряда млекопитающих (Горизонтов и др., 1966; Ильенко, Крапивко, 1989), и для растений (Дубинин и др., 1980). Еще в 60-е годы было показано, что радиочувствительность между клетками яичника китайского хомячка может различаться в 600 раз (Sinclair, Morton, 1966). Как и другие количественные признаки (например, вес и длина тела, возраст), встречаемость радиочувствительных и радиорезистентных особей внутри каждой популяции подчиняется биномиальному (т. н. «нормальному») распределению, графически выглядящему как колоколообразная кривая.

Если бы популяция была генетически «идеальной» (то есть бесконечной по численности, в которой все особи имели бы равную вероятность вклада своих генов в следующее поколение), около 50 % особей должно были бы попасть в зону среднего значения признака, сверхчувствительные и сверхустойчивые должны были бы составлять по 2,5 % популяции, а среди остальных 22,5 % отнесли бы к более радиочувствительным, чем в среднем, другие 22,5 % - к более радиорезистентным, чем в среднем.

Эти теоретические расчеты далеки от реальности, поскольку «идеальных» популяций не бывает. Реальные популяции всегда имеют ограниченную численность, и панмиксис (свободное скрещивание) в них никогда не достигается в результате социальных, экономических, морально-этических и других ограничений.

В обстоятельной сводке данных по индивидуальной изменчивости радиочувствительности млекопитающих (Kovalev, Smirnova, 1996) показано, что в популяциях человека существует диапазон распределения особей по радиочувствительности: большая часть особей характеризуется средней чувствительностью к действию ионизирующей радиации, 14 - 20 % оказываются заметно более радиорезистентными (мало (гипо) чувствительными), а 10 - 20 % - заметно более радиочувствительными (гиперчувствительными). Разница в реакции на радиацию между гипо- и гиперчувствительными особями может быть многократной. В мировой литературе есть много данных, говорящих о разной индивидуальной радиочувствительности. Например, обнаружена широкая индивидуальная изменчивость по частоте вызванных радиацией аббераций хромосом в лимфоцитах периферической крови человека при одинаковой радиационной нагрузке (Пилинская и др., 2001). Отмечу, что чувствительность людей к малым дозам облучения особенно велика: разные люди различались по этому признаку в 6,4 раза, а при дозах свыше 2,5 Гр - только в полтора раза (Планинда, 2001).

Другая группа фактов, позволяющая подойти к оценке доли более чувствительных особей, основана на результатах искусственного отбора на устойчивость к радиации (Ильенко, Крапивко, 1988; Ильенко и др., 1974). За счет преимущественного размножения устойчивых и, особенно, сверхустойчивых к действию радиации особей и, соответственно, гибели более чувствительных и сверхчувствительных, популяция может стать более радиоустойчивой. Чем выше плодовитость и быстрее смена поколений, тем быстрее должна возникнуть адаптация к действию более высоких уровней радиации. Правда, надо учесть, что при этом в каждом поколении будет погибать (или, во всяком случае, будет устранена от размножения) большая часть популяции. У мелких грызунов потребовалось 20 - 30 поколений интенсивного отбора для статистически достоверного сдвига средней радиочувствительности всей экспериментальной популяции в сторону большей радиорезистентности. Это означает, что среди исходной популяции число менее чувствительных особей было не особенно велико. Это может также означать, что само свойство радиочувствительности у млекопитающих оказывается сложным, комплексным (многофакторным) признаком, зависящим от многих генов. Бактериям для выработки сверхрадиоустойчивости требуется меньше поколений - достаточно выжить одной единственной, чтобы в следующем поколении этот признак оказался распространенным во всей популяции. У бактерий радиочувствительность связана с меньшим числом генов хотя бы потому, что и самих генов у бактерий на порядок меньше, чем у позвоночных.

Накапливаются данные и по различной внутривидовой (популяционной) радиочувствительности для целого ряда других видов животных (Мажейките, 1978). Появляется все больше данных и о большей радиорезистентности

популяций растений, длительное время обитающих на радиационно-загрязненных территориях. Так, например, при проращивании семян одуванчика *Taraxacum officinale* в слабом растворе соли урана-238 (из популяции, обитающей на территории с уровнем радиационного фона до 2000 мкР/час) у 27 % проростков обнаружилась депрессия роста. У растений из контрольной популяции (обитающей в условиях фона 10 - 15 мкР/час) депрессия роста затронула более 70 % проростков (Фролова, Таскаев, 2000). И это происходит несмотря на то, что по качеству семена из контрольной популяции по размерам, массе, всхожести статистически достоверно более жизнеспособны в нормальных условиях (см. табл. 32). Подобные факты объясняются тем обстоятельством, что за многие предыдущие поколения из популяции на территории с повышенным фоном были удалены в ходе естественного отбора все высокочувствительные к действию радиации особи.

Такое же повышение радиорезистентности должно было произойти в ходе жизни многих поколений людей в местах резко повышенного естественного радиационного фона (в Китае, Индии, Бразилии и др.). Отбором на радиорезистентность объясняется отсутствие корреляции более высокого уровня облучения в таких местах с глубиной наблюдаемых опасных изменений в популяциях (в ходе отбора самые радиочувствительные особи были давно устранены). На таких территориях с различным «привычным» фоном должны быть и разные величины приемлемо опасной дозы облучения (Пшеничников, 1996).

Энтузиастам развития атомной индустрии может показаться, что отбор на пониженную радиочувствительность (повышенную радиоустойчивость) может решить многие проблемы приспособления живой природы и человека к повышенному техногенному фону. Это не так. Интенсивный отбор по одному мультифакториальному признаку неизбежно должен привести к нарушению нормального функционирования («приспособленности») по многим другим признакам и свойствам. То есть радиорезистентная популяция должна оказаться ослабленной по другим свойствам. Это как раз то, что наблюдается в природных популяциях в условиях возникшего повышенного радиационного фона (на Южном Урале в зоне ВУРСа, на чернобыльских территориях) (обзор см. Соколов, Криволицкий, 2000).

Обобщая все эти данные, можно утверждать, что любые единые для всех нормы радиационной безопасности по своей природе оказываются неприемлемыми - они легализуют угрозу поражения значительной части населения. Нравственно приемлемыми будут нормы, учитывающие необходимость защиты от радиации не «среднего человека», а наиболее чувствительных групп в популяции - беременных женщин, младенцев, стариков, больных или ослабленных людей. При этом, конечно, они будут избыточными для ча-

сти популяции с малой радиочувствительностью, но эта избыточность - та цена, которую придется заплатить человечеству, если оно хочет выжить во всем многообразии, а не деградировать в наступившем мире техногенной радиации.

5.4. Необходимость защиты всех видов организмов и компонентов экосистем

Атомная индустрия постоянно производит огромное количество искусственных радиоактивных изотопов (радионуклидов). Многие из них так или иначе попадают в окружающую среду, влияя на все без исключения виды живых организмов и экосистемы. Ни сейчас, ни в обозримом будущем невозможно будет исследовать влияние всех техногенных радионуклидов на все эти живые мишени. Это означает, что всегда будет существовать опасность того, что какие-то виды, популяции, экосистемы могут оказаться особенно чувствительными к действию радиации даже в малых дозах. Поэтому провозглашаемый в радиозащите принцип «защиты наиболее чувствительных видов и жизненных стадий» (Thompson, 1996) может оказаться аналогом горизонта, который постоянно отступает по мере расширения и углубления наших знаний.

«Можно ли гармонизировать принципы радиационной защиты и принципы защиты окружающей среды? Радиационная защита использует многие принципы, такие как ALARA, оценка риска, защита будущих поколений, проверка практикой. Могут ли эти идеи быть гармонизированы с такими принципами защиты окружающей среды как принцип предосторожности, оценка экологического риска и лучшая из известных технологий?» (перевод мой - А.Я.)

Из выступления А. Бишоп, президента Совета по контролю атомной энергии (Швеция) на открытии Международного симпозиума по ионизирующей радиации (Bishop, 1996).

Этот же аргумент действителен и при оценке влияния «вечных» радионуклидов (технеция, плутония, америция, кюрия и других). Выяснение их возможного влияния на живые системы находится вне пределов эксперимента (даже в обозримом будущем невозможно исследовать чувствительность всех миллионов видов и экосистем к длительному воздействию различных радионуклидов), и поэтому в значительной степени - вне теоретического знания.

Наглядным примером сложности определения влияния малых доз на живое являются два процесса - аккумуляция радионуклидов и синергизма в действии радиации и других факторов среды. Первый, по-видимому, более изучен и заключается в многократном концентрировании разных радионуклидов по трем причинам: биоаккумуляции в живых организмах (а внутри ор-

ганизма - в определенных частях тела), ландшафтной аккумуляции (например, в поймах, заливах и т. п.) и, наконец, физической аккумуляции. В таблице 37 приведены некоторые примеры биоаккумуляции - увеличение концентрации радионуклида в живых организмах сравнительно с концентрацией этого радионуклида в окружающей среде (воде, почве и др.).

Таблица 37

Биоконцентрация (биоаккумуляция) некоторых химических элементов в ряде живых организмов (увеличение концентрации сравнительно с содержанием радионуклида в окружающей среде)

(Бязров и др., 1993; Василенко, 1999; Гулд, Голдман, 2001; Ильенко, Крапивко, 1989; Кожевникова и др., 1993; Bakunov et al., 1999; Brown et al., 1999; Christensen, Steinners, 1999; Hamilton et al., 1999; Poston, Clopfer, 1988; Radioactivity..., 1989; Rissanen et al., 1999; Ryan et al., 1999; Sokolov, Kryvolutsky, 1998; Trapeznikov et al., 1999).

Радионуклид	Беспозвоночные	Рыбы	Млекопитающие	Растения	Грибы, лишайники
Кобальт-58,60	800 - 5000	30 - 3600		200	
Железо-55	5000 - 30000	250 - 3000			
Марганец-54	500 - 5000	100 - 2500			2000
Никель-63	1000 - 20000	100 - 1000			2500
Цинк-65	30000 - 50000	900 - 87200			
Цезий-137	15 - 200	100 - 17580	50 - 880	780	1200 - 14600
Стронций-90	730 - 8900	5 - 3000	320 - 3500	280 - 970	200 - 2000 (до 182000)
Фосфор-32		1500 - 100000			
Ниобий-95	1300	200 - 30000			
Технеций-99			57000		
Америций	500 - 20000	5 - 2500			
Кюрий	500 - 30000	250			
Плутоний	150 - 10600	5 - 250			
Церий-144		1 - 500			2400 - 6480
Рутений-106	15 - 80	100	15	1700 - 3940	

Для микроорганизмов коэффициенты биоконцентрации могут быть еще выше. Так, например, при культивировании родококков в среде с соединениями цезия этот коэффициент достигал 92 00 (Т. Пешкур, in litt).

Биоконцентрация радионуклидов в тысячи и десятки тысяч раз означает возможность многократного усиления действия малых концентраций радионуклидов в почве, воде, воздухе. Изучить особенности биоконцентрации для всех или хотя бы для заметной части видов невозможно. Поэтому биоконцентрация всегда будет грозной опасностью в проблеме распространения радионуклидов в биосфере и серьезным препятствием для эффективного обеспечения радиационной защиты человека, других видов и экосистем.

В результате высокой скорости миграции радионуклидов по пищевым цепям на торфянисто-болотных почвах коэффициенты перехода цезия-137 из почвы в растительность могут увеличиваться в 15 раз по сравнению с другими типами почв (Аринчин и др., 2001). Примером ландшафтной аккумуляции может служить явление многократной аккумуляции радионуклидов на участках ландшафта, где происходит концентрация стоков (Квасникова, Титкин, 2000): в поймах, заливах, естественных понижениях местности и т. п.

Менее изучено, по-видимому, явление физической концентрации радионуклидов. Давно известно, что концентрация радионуклидов в масштабах всей атмосферы земли кратно повышена в определенных широтах (Часников, 1993). На концентрацию радионуклидов должны влиять и геомагнитные поля. Наконец, концентрация радионуклидов меняется под влиянием электростатических сил (Busby, 2000), - явление, аналогичное описанному для воздействия линий высокого напряжения (Henshaw et al., 1996).

Не менее сложным для целей нормирования и радиационной защиты оказывается явление синергизма (см. гл. 1). Никогда не удастся выяснить сочетанное воздействие радиации с бесконечным множеством факторов нерадиационной природы на все виды живых существ. Значит, и в этой сфере остается навсегда огромная опасность многократного усиления воздействия низких уровней радиации в каких-либо специфических условиях. Выход из этого положения только один: критерии (нормы) безопасности должны быть с многократным «запасом прочности».

Начиная с 90-х годов, внимание исследователей привлекает малопонятное, но очень тревожное явление так называемой «генетической нестабильности» популяций. После облучения могут пройти многие поколения (десятки поколений), и внешне благополучная существующая популяция вдруг демонстрирует неожиданные и резкие генетические изменения. Это явление было обнаружено спустя десятки лет (и 40 - 80 поколений) мелких мышевидных грызунов в зоне атомного взрыва в Оренбургской области в 1957 году (Васильев, 1997; Гилева и др., 1995, 1996), на популяциях дрозофил (Акифьев и др., 1992, цит. по: Бурлакова и др., 1999). В будущем нормировании радиационной безопасности факт возникновения генетической нестабильности (не исключено - одно из самых важных генетических последствий облучения в малых дозах) еще предстоит учесть.

Выше были перечислены не все проблемы, связанные с теоретической и практической трудностью обеспечения радиационной защиты живого. Но и затронутых проблем (влияние «глобальных» и «вечных» радионуклидов, учет явлений биоаккумуляции, синергизма, возникновения генетической нестабильности в популяциях) достаточно, чтобы показать существование огромных (не исключено, что в обозримом будущем непреодолимых) трудностей в разработке эффективных норм радиационной защиты живой природы.

5.5. Есть ли приемлемый уровень техногенного радиоактивного загрязнения?

Негативное влияние техногенного радиоактивного загрязнения низкого уровня грозит жизни и здоровью сотен миллионов людей, ставит под угрозу само существование человечества в его этническом и другом разнообразии. Перевешивает ли эта угроза и уже проявляющееся воздействие малых уровней радиации положительные эффекты, получаемые обществом от развития атомной индустрии? Частичный ответ на этот вопрос дает нормирование радиационного воздействия. Нормы радиационной безопасности - это те границы, которые общество ставит перед радиационными технологиями и атомной индустрией, исходя из имеющихся знаний. Норма - это тот определенный нами порог, ниже которого воздействие может считаться приемлемым.

5.5.1. Есть ли порог в действии малых доз радиации?

Совокупность всех данных, часть из которых приведена в этой брошюре, показывает, что любое дополнительное к природному облучение может оказать негативное влияние на живые существа и человека.

*Калифорнийский университет в Беркли
Беркли, Калифорния 94720*

11 Мая 1999 года

ПИСЬМО ОБЕСПОКОЕННОСТИ

Всем интересующимся

В течение 1942 года я возглавлял «Плутониевую группу» Калифорнийского университета в Беркли, которая выделила первый миллиграмм плутония из облученного урана... В течение следующих десятилетий я изучал биологические эффекты ионизирующей радиации, включая действия альфа-частиц, испускаемых при распаде плутония.

По всем биомедицинским показателям, нет безопасной дозы, даже один распадающийся радиоактивный атом может быть причиной мутации в генетических молекулах (Gofman, 1990: «Radiation Induced Cancer from Low-Dose Exposure»). Для альфа-частиц принцип отсутствия безопасной дозы подтвердил экспериментально в 1997 году Том К. Хей с сотрудниками из Врачебного и хирургического колледжа Колумбийского университета (Proceedings of the National Academy of Sciences [USA] Vol. 94, p. 3765 - 3770, April 1997, «Mutagenic Effects of a Single and an Exact Number of Alpha Particles in Mammalian Cells»). Из этого следует, что граждане всех стран имеют надежное биологическое основание для протеста против активности, которая приводит к возникновению заметного риска облучения человека и других организмов плутонием и другим радиоактивным загрязнением на

любом уровне. Тот факт, что человечество не может избежать облучения радиацией от разных природных источников, которые могут считаться ответственными за большую часть наследственных поражений, не причина для приемлемости антропогенного УВЕЛИЧЕНИЯ облучения ионизирующей радиацией».

Искренне Ваш,

Джон В. Гофман, доктор физики и медицины

Почетный профессор молекулярной и клеточной биологии

(Все выделения в тексте сделаны проф. Дж. Гофманом. Перевод мой - А.Я.)

Надо отменить, что в современном нормировании принята беспороговая концепция (см. гл. 1). Это, с одной стороны, совершенно правильно, но с другой - недостаточно, поскольку не учитывается сверхлинейное влияние малых доз.

Линейная гипотеза исходит из возможности экстраполяции воздействия высоких уровней облучения и больших мощностей доз на более малые. Такая экстраполяция научно не оправдана потому, что влияние малых уровней радиации оказывается непропорционально большим (см. гл. 2 - 4).

Однако, вместо целенаправленного учета опасного влияния низкого уровня облучения, атомщики, столкнувшись со сложностью приведения своей деятельности в соответствие с принятыми в 1996 - 1999 годах повышенными нормами радиационной безопасности, начали новую атаку на беспороговую концепцию своих технологий (см., например, Линге, 2001).

Наличие порога в действии радиации, о чем снова стали говорить сторонники развития атомной индустрии, - артефакт. Обнаружение такого порога всегда связано с недостаточной глубиной исследования: при малом числе изучаемых особей или при использовании недостаточно чувствительных показателей действия радиации. Но этот порог немедленно пропадает, как только исследуется достаточно большая группа особей, а в качестве тестов применяются чувствительные к действию радиации показатели (Моссэ, 2001). При этом биологические эффекты удается обнаруживать при все более низких дозах.

Итак, биологического порога в действии радиации на живые организмы нет. Но каков приемлемый уровень опасности в действии малых доз и низких интенсивностей облучения?

5.5.2. Есть ли приемлемый уровень опасности в действии малых доз?

Нижнего порога действия радиации не существует, но есть ли приемлемые границы опасности? Отсутствие порогового уровня при действии ра-

диации не исключает существования приемлемого по опасности для общества уровня облучения. Общество приемлет развитие автомобильного транспорта, хотя под колесами машин гибнут десятки тысяч человек ежегодно, и многократно большее число страдает от загрязнения воздуха автомобильными выбросами. Это означает, что выгоды и удобства от пользования автомобиля превосходят в общественном сознании связанные с автомобилем опасности и неприятности.

Сейчас принято, что доза облучения 0,001 Зв/год (1 мЗв/год) приемлемо опасна для населения (МКРЗ, 1990). Для сравнения: рентгеновский снимок грудной клетки добавляет к годовой дозе 0,05 мЗв. По рекомендациям Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) в России для персонала АЭС допустимый предел годовой эффективной дозы для мужчин составляет 20 мЗв, для населения - 1 мЗв (НРБ-99). При этом принимается, что величина приемлемого радиационного риска составляет статистически 50 смертельных случаев на 1 млн. человек, каждый из которых получил в течение жизни (70 лет) 0,01 Зв. Это означает дополнительную (ко всем другим причинам) гибель на протяжении 70 лет (при облучении в 0,01 Зв) одного человека из 20 000 (1000000 : 50 = 20000). Из общей радиационной гибели на долю гибели от раковых заболеваний при этом приходится две трети смертей, а на гибель от вызванных радиацией генетических повреждений одна треть.

Ограниченность подобного подхода в том, что кроме смертельных раков и генетических повреждений существует множество других негативных последствий действия низкоуровневой радиации на здоровье населения. Даже официальные их перечни многократно шире и в России и в США (см. гл. 1).

«В некоторых кругах специалистов существует страстная убежденность, что никому не дозволено препятствовать развитию атомной промышленности, апеллируя к концепции пагубности действия малых доз и малых мощностей доз, концепции, которой представителями атомной промышленности придан ярлык спекуляций и догадок. Сами же они, напротив, требуют от мирового сообщества принять их спекуляции и догадки относительно безопасности малых доз и малых мощностей доз, а принятие такой концепции непременно привело бы к увеличению доз радиации, воздействующих на людей. Но если спекуляции о пороге неверны... и если, тем не менее, мы будем загрязнять планету радиоактивным ядом, расплатой со временем могут стать сотни миллионов случаев раковых заболеваний, так же как и ныне не оцененные количественно наследуемые генетические повреждения».

Из монографии Дж. Гофмана «Рак, вызываемый облучением в малых дозах. Независимый анализ проблемы». (Пер. с англ., Москва, 1994, кн. 2, гл. 24, с. 19 - 20.)

Для населения пределы приемлемо опасной дозы дополнительного к естественному радиационному фону облучения (напомним, что абсолютно безопасной дозы нет) были впервые установлены лишь в 1952 году. Они соответствовали 15 мЗв/год. Под напором фактов об опасном воздействии радиации уже в 1959 году пришлось уменьшить эту дозу до 5 мЗв/год, а в 1990 году - до 1 мЗв/год. Сейчас все больше специалистов настаивает на дальнейшем уменьшении этой дозы - до 0,25 мЗв/год (обзор см.: Green, 1990). В Германии нормы радиационной безопасности для населения - 0,3 мЗв в год (Schmitz-Feuerhake, Ziggel, 1998). В некоторых штатах США максимальная допустимая годовая доза искусственного облучения для населения - 0,1 мЗв/год (Aubrey et al., 1990, p. 103). Близкая по величине максимально допустимая доза - 0,15 мЗв в год - была предложена Агентством по охране окружающей среды США для дополнительного облучения, связанного с организацией Федерального хранилища радиоактивных отходов в штате Невада (Sailor et al., 2000). Это соответствует 5 % средней ежегодной дозы естественного фонового облучения в США.

Особо подчеркнем, что существующие международные и национальные нормы радиационной безопасности учитывают только смертельные поражения от радиогенных раковых заболеваний и крупных радиогенных генетических нарушений. При этом не учитываются (Bertell, 1999 и др.):

- не смертельные раки, вызванные радиацией;
- раки, вызванные иными, чем радиация, канцерогенами, но ускоренно развившиеся под действием радиации;
- появление генетической предрасположенности к ракам в результате возникновения «малых» мутаций (в том числе - к раку грудной железы);
- раки, которые возникают не только в результате облучения (например, рак легких у курильщика);
- другие развивающиеся под воздействием радиации заболевания и широкий спектр иных последствий облучения (см. гл. 2, гл. 3).

Нам говорят, что принятые НКДАР ООН и МКРЗ ограничения в учете последствий действий радиации только радиогенными раками и крупными генетическими поражениями оправданы двумя методологическими положениями:

- принятием гипотезы о том, что если будут учтены крупные генетические и раковые последствия действия радиации, то это обеспечит защиту и от всех других заболеваний. К этому иногда добавляется, что практически невозможно количественно оценить действие радиации во всех других случаях, кроме радиогенных смертей;

- постулатом, что если от нерадиационных факторов гибель людей может быть существенно более значительной, чем от действия радиации, нечего особенно беспокоиться по поводу действия радиации.

Ни первое, ни второе положение не являются научно обоснованными, поскольку:

1. Нет оснований считать, что защита от радиогенной смертности обеспечивает защиту и от радиогенной *заболеваемости*. Приведенные в главах 2 и 3 настоящей брошюры данные свидетельствуют, что низкоуровневое облучение вызывает не только статистически улавливаемое на больших когортах увеличение смертности, но и широкий спектр других негативных последствий. С популяционно-генетической точки зрения радиогенная смерть человека, не оставившего потомства, может быть менее опасна для популяции, чем передача будущим поколениям искореженного радиацией гено типа. Кроме того, известный на сегодня риск поражения малыми дозами радиации составляет лишь долю реально существующего спектра поражения радиацией: мы еще не знаем всех последствий действия радиации на живой организм; как видно из приведенных в этой и других брошюрах настоящей серии данных, здесь с каждым десятилетием открывается все больше неприятных фактов.

2. Есть принципиальное различие между смертностью от курения, в авто- или авиационных катастрофах и смертностью, вызванной низкоуровневым облучением? Действительно, увеличение риска заболевания раком легкого от дополнительного облучения много меньше, чем риск для курильщика получить рак легкого по сравнению с некурящим человеком. Принципиальная разница заключается в том, что курильщик **сознательно идет на риск заболевания** и ранней смерти, тогда как **риск заболевания от дополнительного облучения касается любого из нас независимо от нашего желания**. Поэтому справедливы утверждения правозащитников, когда они говорят, что современная **атомная индустрия нарушает права человека**, распространяя свое влияние на не связанных с нею людей.

Кроме того, миллионам людей (и их близким), которым малые дозы радиации уже принесли непоправимый ущерб здоровью, не становится легче оттого, что еще большее число людей пострадало от автомобильных катастроф.

Наконец, расчеты показывают, что как бы ни было велико число жертв в транспортных или каких-либо промышленных катастрофах, оно несравнимо с тысячекратно большим числом людей, получающих генетические нарушения в результате облучения в череде поколений. Ведь радиационные поражения принципиально отличаются от большинства других тем, что они могут затрагивать половые клетки и передаваться из поколения в поколение. Гибель в обычной катастрофе - трагедия для семьи и близких. Нарушение генома - трагедия для множества следующих поколений.

Еще одно чрезвычайно опасное свойство атомной индустрии - безграничность ее влияния. Судя по исследованиям крови и эмали зуба, автор этой брошюры к своему пятидесятилетию «набрал» 0,45 Зв (450

мЗв). Моя работа никогда не была непосредственно связана с источниками радиации. В Институте биологии развития им. Н.К. Кольцова Российской академии наук, где проводились эти исследования, еще несколько человек, также никогда не работавших с источниками радиации, «набрали» к 40 - 50 годам жизни до 0,5 Зв (500 мЗв). О том же говорят быстро накапливающиеся данные по анализу содержания стронция в зубах детей. Во всех странах с развитой атомной индустрией, где такие исследования проводились (США, Германии, Великобритании, Франции), содержание этого радионуклида в организме детей вблизи атомных реакторов заметно растет (Гулд, Голдман, 2001; Gould, 1996; Gould et al., 2001, и др.).

«Последние европейские исследования показали, что индивидуальные счетчики измерения бета- и нейтронного облучения могли занижать в 10 раз полученную дозу... Более 250 тыс. человек, снабженных дозиметрами, предполагают, что они учитывают уровни бета- и нейтронной радиации... Исследователи из семи национальных радиационных агентств обнаружили, что четверть персональных счетчиков внешнего бета- и нейтронного облучения дают многократно заниженные показания... Цель исследования Европейской дозиметрической группы Европейского Союза и Швейцарии была гармонизировать использование персональных счетчиков облучения в шестнадцати странах. Было исследовано около 1000 дозиметров. Точность учета бета-радиации была хуже, чем если бы они мерили радиацию от парящих ангелов...»

B. Edwards, 2000. Are radiation monitors accurate? «NEW SCIENTIST», 26, August, p. 16; со ссылкой на публикацию в журнале «RADIATION PROTECTION DOSIMETRY», vol. 89, p 107. (перевод мой - А.Я.)

Мы можем не курить и тем самым уменьшить риск заболевания раком легкого. Мы можем избегать летать на самолетах и тем уменьшить риск гибели в авиакатастрофах. Можно, в конце концов, уехать подальше от прелестей цивилизации и заняться разведением пчел или другой деятельностью с ничтожным уровнем риска. Но ни вы сами, ни ваши дети не смогут теперь избежать влияния глобальных и вечных техногенных радионуклидов ни в самом удаленном сибирском заповеднике, ни на необитаемом острове в Тихом океане.

При этом напомним, что по прогнозам самих атомщиков при росте атомной энергетики должна существенно (на порядок!) возрасти дозовая нагрузка (табл. 38).

Таблица 38

Прогноз повышения доз техногенного облучения в условиях нормальной эксплуатации АЭС при развитии мировой атомной энергетики до-чернобыльскими темпами (Яблоков, 2001, по: Бадяев, 1990).

Показатель	1980	2000	2100
Производство ядерной энергии, ГВт/год	80	1000	10 000
Коллективная эффективная доза, чел.Зв./год	500 (в СССР - 1,8)	10 000 (в бывш. СССР – 23,3)	200 000
На душу населения, мЗв в год	0,1	1,0	20
Население, млрд. чел.	4	10	10

Итак, никак нельзя согласиться с ограничением нормирования действия радиации только радиогенными смертями от раков и крупными генетическими нарушениями. Такое ограничение вызвано исключительно интересами атомной индустрии, поскольку учет реальных последствий ее работы для здоровья населения и живой природы приводит к выводу о нарастающей опасности ее деятельности. Ясно также, что современная атомная индустрия не обеспечивает приемлемого уровня безопасности (подробнее см. Яблоков, 2000). Но есть ли такой уровень вообще?

5.6. Безопасный предел доз облучения 0,02 - 0,002 мЗв в год?

Учитывая многократные групповые и индивидуальные различия в радиочувствительности, априори можно утверждать, что единого безопасного для всех видов живых существ и всех групп особей внутри населения Земли предела доз облучения быть не может. Можно предвидеть существование более или менее широкого диапазона пределов доз. Какими могут быть границы такого диапазона?

Интересный путь поиска пределов приемлемого уровня облучения для человека был предложен еще в 1955 году сотрудником Курчатовского института, старейшим российским радиологом профессором Ю.В. Сивинцевым. На основании уже тогда ясной исторической тенденции сокращения предельно допустимых доз облучения он заключил: «Из изложенного вытекает порочность подхода к вопросу об установлении предельно допустимых уровней излучения, исходя из анализа повреждающего действия излучений...» (Сивинцев, 1960, с. 7). Ю.В. Сивинцев и, независимо от него, ряд американских ученых (Morgan et al., 1958) предложили взять за точку отсчета фоновое, естественное облучение, к которому эволюционно приспособлено все живое на Земле, и считать приемлемым уровнем его *удвоенную* величину. Соглашаясь с точкой отсчета (фоновый уровень облучения), трудно

согласиться с удваивающим коэффициентом. Почему два, а не полтора, три или четыре?

На основании исследования множества ситуаций в общей экологии было установлено так называемое *правило 11 %*: любая сложная система в среднем выносит без нарушения функций изменения не более 11 % ее составляющих (Реймерс, Яблоков, 1982). Поэтому логичнее считать безопасным превышение фонового уровня не в два раза, а не более чем на 11 %. Если учесть, что фоновое естественное облучение от всех источников (космические лучи, радон и др.) для 95 % человечества составляет в среднем 0,3 - 0,6 мЗв/год (Рябцев, 1996), приемлемо опасной может быть дополнительная доза облучения не более чем в 0,03 - 0,06 мЗв/год.

К поиску приемлемого уровня облучения можно подойти и с позиций уменьшения риска (более подробно о рисках, связанных с атомной индустрией, см. Яблоков, 2000, разд. 10; Яблоков, 2001, гл. 6). В современном обществе считается приемлемым риск дополнительного заболевания или смерти 1 человека в год на 1 миллион. Это риск для каждого из нас ежегодно быть убитым молнией, и принимаемые меры предосторожности здесь минимальны (громоотводы на высоких зданиях).

Принятый ныне в большинстве стран допустимый предел дозы искусственного облучения 1 мЗв в год по правилу пропорционального риска (см. выше) допускает генетическое поражение до 35 человек на каждый миллион новорожденных (т. е. оказывается в 35 раз выше). При учете хронического облучения в череде многих поколений существующие нормы радиационной безопасности допускают появление дополнительных 450 - 3400 случаев наследственных аномалий на 1 миллион новорожденных в первом поколении (Шевченко, 1989). Чтобы не допустить появления более одного дополнительного генетического поражения на миллион новорожденных, приемлемо опасной должна быть доза в 450 раз меньше, чем 1 мЗв в год, т. е. 0,002 мЗв в год.

Другой расчет. Считается, что облучение в дозе 1 мЗв в год на протяжении 70 лет приводит к возникновению дополнительных 50 смертей на миллион человек. Даже если принять этот официальный (и явно заниженный) расчет, то для снижения облучения до приемлемого уровня в 10⁻⁶ (то есть 1 случай на 1000000) этот верхний предел допустимого индивидуального облучения должен быть снижен в 50 раз, то есть до 0,02 мЗв/год.

В Курчатовском институте выдвинуто предложение (исходя из 95 % доверительной границы вероятности, принятой в медико-биологических исследованиях) в качестве нижнего предела значимого уровня риска взять минимальную величину, на 5 % отличную от фона (Оценка..., 1996, с. 46). Пять процентов от мирового фона составляет в среднем 0,015 - 0,03 мЗв в год.

Разные подходы дают, как видим, разброс величин приемлемого по опасности уровня дополнительного к фоновому облучения от 0,02 до 0,002 мЗв

в год. Сейчас эти величины дозы выглядят несколько фантастично. Нет таких приборов, которые могли бы измерить с достаточной точностью подобные радиационные нагрузки. Но, судя по темпу ужесточения радиационных норм в прошлом, к середине XXI века эти нормы будут достигнуты. Это утверждение не более фантастично, чем утверждение в начале XX века о необходимости уменьшить безопасную дозу облучения в тысячу раз от тогда принятой. Однако это уменьшение произошло.

В заключение этого раздела остановлюсь на одном «убийственном» с точки зрения некоторых атомщиков аргументе против учета низкоуровневого техногенного облучения: это облучение многократно меньше естественных месячных, годовых и других изменений (флуктуаций) природного фона в одном и том же месте. Со ссылкой на некие «неопровержимые» математические закономерности говорится о том, что «*обсуждение эффектов, по порядку значимости меньше флуктуаций основной величины, абсолютно лишено смысла - это чушь, бред, сапоги всмятку*» (Колдобский, 2001, с. 10). Такие флуктуации действительно достигают даже кратных величин от среднего фоновой уровня - в результате, например, вспышек на Солнце. Но неправильно считать, что по причине этих флуктуаций не стоит принимать во внимание сравнительно малую техногенную компоненту облучения.

Если встать на позиции такой критики, то не стоит обращать внимания на высоту штормовых и других волн в океане - ведь она (несколько метров) не сопоставима с глубиной океана (несколько километров). Не стоит интересоваться суточными и месячными вертикальными движениями земной коры, ведь они (несколько сантиметров) не сопоставимы с толщиной коры (десятки километров). Не стоит анализировать годовые движения материков, которые (сантиметры) мало сопоставимы с расстоянием между ними (тысячи километров).

В связи с критикой взглядов о несущественности малых изменений, приведу неоднократно приводившийся ранее пример со стаканом воды. Одна единственная капля, добавленная в наполненный до краев стакан, вызывает переливание жидкости через край. Капля - это одна стотысячная часть по отношению к массе воды в стакане. Тот же эффект вызовет единственная капля и в бочке, которая в тысячу раз больше по объему, чем стакан. В научной дискуссии можно порассуждать о *триггерном эффекте* (принципе спускового крючка) или о *принципе усилителя*. От терминов существо дела не меняется: действие одной стомиллионной частицы может оказаться значимым. Почему же все это не применимо к низкоуровневому облучению, которое не в миллионы, а лишь в тысячи раз меньше уровней детерминированных эффектов?

На вопрос, поставленный в начале этой главы, - «Есть ли приемлемый уровень дополнительного к естественному фону облучения?» - ответ может

быть только такой: **нет и не может быть единого для всех приемлемо-опасного уровня облучения**. В одних местностях для одних групп населения приемлемо-опасный уровень может быть один, в других местностях и для других групп - другой. Приемлемо-опасный уровень облучения для одного человека в одной и той же возрастно-половой и этнической группе будет одним, а для другого человека из той же группы - другим. В разное время дня и в разные сезоны года радиочувствительность одного и того же человека будет различной, и, соответственно, приемлемый порог безопасности будет меняться. Более того, в разных природных и социальных условиях (например, характер питания и образа жизни, доступность и объем медицинской помощи, структура той экосистемы, в которой находится человек) приемлемый уровень безопасности при действии малых доз радиации будет различным.

Разным (не только более низким, но и более высоким, чем для человека) может оказаться приемлемо безопасный уровень облучения для других живых существ и экосистем.

Материал, приведенный в этой главе, показывает, что диапазон всех этих безопасных уровней находится по крайней мере на два порядка ниже величин, ныне принимаемых за таковые, и составляет 0,02 - 0,002 мЗв в год.

* * *

Заключение

Психологически можно понять тех атомщиков, которые искренне недоумевают, как можно рассуждениями, относящимися к редким заболеваниям и смертям (в том числе еще не родившихся людей будущих поколений), либо опасениями за судьбу, может быть, даже еще не описанных научно «букашек и таракашек», тормозить развитие атомной индустрии. Однако будем честными: это прямое продолжение той же логики, которая была распространена в период гонки вооружений, когда всем создателям атомной бомбы казались пустяковыми и не заслуживающими внимания временные страдания пусть даже сотен тысяч людей на Южном Урале и в Сибири, в штатах Невада и Юта, в Австралии и Океании. Кроме того, атомщики страдали сами, и это было для них дополнительным моральным основанием обрекать на страдания других.

Но вот прошли годы. Оказалось, что пострадали даже не сотни тысяч, а сотни миллионов. Оказалось, что вся героическая работа атомщиков-бомбоделов была не только опасной, но и напрасной. Президент США Б. Клинтон назвал ее в 1998 году *«самой крупной ошибкой XX века»*. То же самое в будущем произойдет и с современной атомной энергетикой - на фоне других, безопасных и эффективных способов получения энергии ее развитие, с учетом колоссального влияния на биосферу и человека, будет признано трагической ошибкой.

В ходе развития ядерной индустрии вопросы безопасности персонала, населения и окружающей среды всегда были второстепенными (Порфирьев и др., 1993). Влияние радиации на организм человека и природу всегда рассматривалось либо с позиций боевого поражения живой силы противника, либо с позиций краткосрочной безопасности производителей и обслуживающего персонала.

Поскольку критика настороженного подхода к определению допустимых пределов облучения встречается атомщиками дежурными аргументами об *«отсутствии убедительных данных»*, *«недостаточности материала»* или *«статистической недостоверности»* имеющихся наблюдений, напомним, что на выяснение влияния малых доз облучения выделялось тысячекратно меньше средств, чем на выяснение влияния больших доз. Напомним также защитникам атомных технологий о существовании (даже законодательно закрепленного в законе Российской Федерации «Об экологической экспертизе» 1995 г.) принципа **презумпции виновности** любой технологии. Не оппоненты атомной индустрии, а ее сторонники должны доказать приемлемую безопасность их технологий. И не атомщики должны требовать от экологов статистически корректных доказательств вредности атомных производств, а сами атомщики должны предоставить обществу убедительные доказательст-

ва их безопасности. Пока таких убедительных доказательств нет.

Человечеству опасно принимать разработанные под давлением лоббистов атомной индустрии нормы радиационной безопасности, по крайней мере, по двум причинам:

во-первых, как основанные на искаженных исходных данных по последствиям атомных бомбардировок в Хиросиме и Нагасаки (см. главы 2 и 3);

во-вторых, как исключаящие из рассмотрения большую часть негативных эффектов влияния малых доз радиации на человека и живые системы и методологически несовершенные (см. гл. 5).

«В основе всех споров лежат две весьма различные опасности для общества - опасность заболеваний и генетического поражения и опасность тоталитаризма».

Catherine Caufield. Multiple Exposure. University of Chicago Press; Chicago, 1989, p. 127 (перевод мой - А.Я.).

Пожалуй, ни в одной из областей радиобиологии за последние десятилетия не происходит такого быстрого изменения представлений, как в области выяснения влияния низких уровней облучения. Каждый шаг по пути ужесточения допустимых пределов доз облучения означает введение все более труднопреодолимых для атомной промышленности радиационных норм и правил безопасности. И каждый такой шаг по пути обеспечения безопасности человечества от техногенной радиации дается в отчаянной борьбе между теми, кто глубоко обеспокоен действием техногенной радиации, и теми, кто намеренно или невольно поддерживает точку зрения о безопасности малых доз радиации для человека и живой природы.

«Когда я начал свои исследования по влиянию низких уровней радиации на здоровье после Чернобыльской аварии, я руководствовался смутным подозрением, что некоторая часть науки, поддерживающей ядерную энергетику, не внушает доверия. Но в ходе моей работы я обнаружил так много доказательств сокрытий, обманов, секретности и отсутствия истинно научных подходов, что для меня стало очевидным, что большинство ядерных ученых просто поддерживают существующую парадигму».

Радиоактивное загрязнение малыми дозами от ядерной индустрии и его влияние на здоровье человека представляет наибольший публичный медицинский скандал всех времен...»

Крис Басби, физико-химик, из книги «Крылья смерти: ядерное загрязнение и здоровье человека» (Busby, 1995, с. 302; перевод мой - А.Я.).

Проблема влияния низких уровней облучения вышла далеко за пределы научных дискуссий и стала проблемой гуманистической и нравственной. Похоже, что понятия морали и нравственности у представителей атомной индуст-

рии несколько отличаются от общечеловеческих. Это наглядно видно в тех случаях, когда ангажированные атомные специалисты откровенно говорят о своей нравственной позиции. Вот что заявляет один из ведущих теоретиков Минатома России: *«Такие эффекты, как кратковременное угнетение кроветворения, легкий ожог кожи и временное снижение потенции у мужчины не слишком серьезны, поскольку сравнительно быстро проходят без последствий. Помутнение хрусталиков глаз не влияет на остроту зрения»* (Кейрим-Маркус, 1995, с. 44). А вот сходная позиция руководителя Государственного научного центра - Института биофизики (учреждения, определяющего официальную политику в области радиационной защиты) - по отношению к чернобыльским жертвам: *«Большинство этих людей подверглись облучению в уровнях, сравнимых с естественным радиационным фоном или несколько более высоких... Чернобыльская авария нарушила жизнь, однако, с точки зрения радиобиологической науки, следует ожидать, что будут преобладать в целом положительные перспективы для здоровья большинства людей»* (Савкин, 2000). Наконец, вот мнение ведущего сотрудника Всемирной Организации Здравоохранения (созданной ООН для защиты нашего здоровья!): *«...Нельзя считать «радиационными поражениями» несущественные для состояния здоровья биохимические изменения...»* (Рябухин, 2000)!!!

Я не хочу, чтобы у меня, у моих детей и внуков мутнели хрусталики, даже если это действительно не ведет к снижению остроты зрения. Я не хочу, чтобы у кого-то хотя бы временно угнеталось кроветворение или снижалась половая потенция. Профессор И.Б. Кейрим-Маркус умалчивает, что последствием радиационного угнетения кроветворения может быть развитие лейкемии через несколько месяцев или лет, последствием радиационного «легкого» ожога кожи может быть рак кожи (меланома), а «снижение потенции у мужчин» означает возможную передачу им наследственных заболеваний следующим поколениям. Я против того, чтобы «положительные эффекты для здоровья» достигались техногенным облучением. И нельзя согласиться с тем, что биохимические изменения, лежащие в основе нормального функционирования всего живого, могут быть «несущественными» для здоровья. Статья профессора Кейрим-Маркуса, из которой взята вышеприведенная цитата, посвящена критике перехода на более жесткие нормы радиационной защиты. Лучшего подтверждения необходимости принятия более жестких норм и придумать трудно!

Общество должно поставить заслон сегодняшнему опасному развитию ядерных технологий. Атомная индустрия станет общественно приемлемой только в том случае, если перестанет наносить масштабный ущерб состоянию здоровья населения и живой природе. Это произойдет только в том случае, если ею будет объективно оценено и признано опасное влияние малых уровней облучения.

* * *

Использованная литература

- Абильтдинова Г.Ж.** 1998. Применение метода биологической дозиметрии для ретроспективной оценки доз в связи с длительным действием малых доз ионизирующей радиации на население, проживающее на территории, прилегающей к Семипалатинскому ядерному полигону. Матер. междунауч. конф. «Радиационная безопасн. и соц.-эколог. проблемы Казахстана», Казахстан, Караганда, 10-14 ноября 1997 г. Алматы – Караганда, сс. 38–44.
- Авдеев С.** 1999. Радиоактивное наследство Лаврентия Берия. «Известия», 11 ноября, с.2.
- Аверкин Ю.И.** 2001. Заболевания злокачественными новообразованиями в Беларуси. Научная жизнь и сообщения. О работе постоянно-действующего семинара «Биологические эффекты малых доз радиации». Матер. VIII Междунауч. практич. конф. «Экология человека в постчернобыльский период», 4-6 октября 2000 г. В кн.: Т.В. Белоокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник, Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 354-355.
- Аклеев А.В., Фонов М.** 1995. Радиация: риск рака. «Челябинский рабочий», 4 февраля, с.3.
- Акифьев А.П., Обухова Л.К., Измайлов Д.М.** 1992. «Вестн. РАН», том 32, вып. 5, сс. 82-92 (цит. по: Бурлакова и др., 1999).
- Акулич Н.С., Герасимович Г.И.** 1993. Показатели физического развития новорожденных от матерей, получивших малые дозы ионизирующего излучения. Сб. материалов. VI Съезда педиатров Республики Беларусь «Здоровье детей Беларуси в современных экологических условиях: (К последствиям чернобыльской катастрофы)», Минск, с. 9.
- Алесина М.Ю.** 1999. Формирование радиобиологических эффектов при хроническом внутреннем и внешнем облучении экспериментальных животных в малых дозах. «Int. J. Rad. Med.», vol. 2, № 2, pp. 92 – 99.
- Алесина М.Ю., Архипов Н.П., Родионова Н.В., и др.** 2001. Влияние комбинированного (внутреннего и внешнего) облучения в малых дозах на состояние опорно-двигательного аппарата у экспериментальных животных. Тез. докл. 3-й Междунауч. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 150-151.
- Алешко С.Ф.** 1996. Влияние невысоких доз радиации на белки сыворотки молока. Тез. докл. науч. конф. «Десять лет после чернобыльской катастрофы: (Научные аспекты проблемы)» Минск, с.10.
- Алленова О.** 2001. Радиоактивные кладбища в Москве прижились. «Коммерсантъ», 19 апреля, с. 9.
- Алимханов Ж.А.** 1995. Статистический анализ психических расстройств, встречающихся у населения, проживающего в районе Семипалатинского атомного полигона. Матер. междунауч. конф. «Актуальные и прогнозируемые нарушения психического здоровья после ядерной катастрофы в Чернобыле». Киев, с. 88.
- Антипин Ю.Г., Арабская Л.П.** 2001. Особенности гормональной регуляции физического развития и костной системы у детей, родившихся после аварии на ЧАЭС. Тез. докл. 3-й Междунауч. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 151-152.
- Антипова С.И., Бабичевская А.И.** 2001. Смертность взрослого населения Беларуси, проживающего на территориях последующего отселения и выехавших оттуда. Тез. докл. 3-й Междунауч. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 152-153.
- Антипчук Е.Ю.** 2001. Нарушения высших корковых функций у лиц, облученных в результате аварии на ЧАЭС. Тез. докл. 3-й Междунауч. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 153-154.
- Аринчин А.Н., Гресь Н.А., Авхачева Т.В., и др.** 2001. Особенности состояния здоровья детей Беларуси спустя 14 лет после аварии на ЧАЭС. Матер. VIII Междунауч. практич. конф.

«Экология человека в постчернобыльский период», 4-6 октября 2000 г. В кн.: Т.В. Белоокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник, Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 16-23.

Аринчина Н.Т., Милькаманович В.К. 1992. Сравнительная оценка данных суточного мониторингирования аритмий у инвалидов с ишемической болезнью сердца, проживающих на территориях, загрязненных радионуклидами и в чистых районах Беларуси. Тез. докл. юбил. конф. 125-лет. Белорус. науч. об-ва терапевтов, Минск, 22-23 декабря, Минск, сс. 75-76.

Африн Д. 2000. Паника страшнее радиации. Некоторые международные организации склонны преувеличивать последствия чернобыльской аварии. «Век», № 25, 23 июня, с. 5.

Бабіч Т., Липчанська Л.Ф. 1994. Оценка состояния гипофизарно-тиреоидной системы женщин детородного возраста, испытавших воздействие малых доз радиационного излучения. Тез доп. наук.-практ. конф «Функціональні методи дослідження в акушерстві та гінекології.. акушерів-гінекологів України». Донецьк, 19-20 травня 1994 р., Донецьк, с. 9.

Бадяев В.В. и др. 1990. Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС. М.: «Энергоатомиздат», 224 с.

Базыка Д.А., Запесочный А.З., Цыбенко М.В. 2001. Внутреннее облучение: сопоставление эффектов внутреннего и внешнего облучения, нерешенные проблемы, перспективы развития научных исследований. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина. сс. 156-157.

Базыльчик С.В., Дрозд В.М., Райнерс Х., Гаврилин Ю. 2001. Интеллектуальное развитие детей, облученных внутриутробно и в возрасте до 1,5 года в результате аварии на ЧАЭС. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 157-158.

Балева Л.С., Терлецкая Р.Н., Цымлякова Л.М. 2001. Особенности формирования здоровья детского населения в территориях Российской Федерации, подвергшихся радиационному воздействию в результате аварии на ЧАЭС. Матер. VIII Межд. научно-практич. конф. «Экология человека в постчернобыльский период», 4-6 октября 2000 г. В кн.: Т.В. Белоокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник. Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 15-16.

Бандажевский Ю.И. 1997. Патопфизиология инкорпорированного радиоактивного излучения. Гомельский гос. мед. ин-т, Гомель, 104 с.

Бандажевский Ю.И. 1999. Патология инкорпорированного радиоактивного излучения. Гомельский гос. мед. ин-т, Минск, 36 с.

Бандажевский Ю.И. 2001. Радиоцезий и внутриутробное развитие. Минск, «БЕЛРАД», 59 с.

Бандажевский Ю.И., Нестеренко В.Б., Рудак Э.А. 2001. Медицинские и биологические эффекты от инкорпорированного ¹³⁷Cs в радиорезистентных тканях человека. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 158.

Башлыкова Л.А. 2000. Цитогенетическая изменчивость полевок-экономок в условиях хронического радиоактивного воздействия. Труды Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар, сс. 92 – 103.

Бегун Э.Я., Дмитриев Е.С., Иванов А.Б., Марков Г.П. 1996. Аномалии электрического поля атмосферы при радиоактивном загрязнении окружающей среды. В кн.: Рихванов Л.П. (Ред.) Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Матер. межд. конф., посвященной 100-летию со дня открытия явления радиоактивности и 100-летию Томского политехн. универ., 22 – 24 мая 1996, Томск, ТПУ, сс. 469-470.

Бездобная Л.К., Цыганок Т.В., Романова Е.П., и др. 2001. Хромосомный мутагенез в лимфоцитах крови жителей сел зоны отчуждения Чернобыльской АЭС. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 160.

Белоокая Т.В. 1993. Динамика состояния здоровья детского населения Республики Беларусь в современной экологической ситуации. Сб. матер. конф. «Чернобыльская катастрофа: Диагностика и медико-психолог. реабилитация пострадавших:», Минск, сс. 3-10.

Бигалиев А.Б., Кунджабекова Г.Б., Бигалиева Р.К. 2001. Генетические эффекты радиации и прогнозы наследственных патологий у населения регионов, прилегающих к бывшему Семипалатинскому ядерному полигону. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 164-165.

Бирич Т.В., Бирич Т.А., Писаренко Д.К. 1994. Диагностика, клиническая характеристика и профилактика рецидивов злокачественных новообразований у взрослых и детей. Сб. материалы конф. «Чернобыльская катастрофа: Прогноз, профилактика, лечение и медико-психолог. реабилитация пострадавших». Минск, сс. 32-34.

Бондаренко А. 1999. Зачем нефтянику дозиметр. На самарских нефтепромыслах впервые в России всерьез занялись радиационной безопасностью персонала. «НГ-Регионы», № 17, ноябрь, с. 2.

Борткевич Л.Г., Конопля Е.Ф., Рожкова З.А. и др. 1996. Иммунотропные эффекты чернобыльской катастрофы. Тез. докл. научно конф. Минск, «Десять лет после чернобыльской катастрофы: (Научные аспекты проблемы)». с. 40.

Бочков Н.П. 1993. Аналитический обзор цитогенетических исследований после чернобыльской аварии. «Вестн. Рос. акад. мед. наук». № 6, с. 51-56.

Булатов В.И. 1996. Россия радиоактивная. Новосибирск, «ЦЭРИС», 271 с.

Булдаков Л.А., Лягинская А.М., Сауров М.М., Маслюк А.И. 2001. Результаты изучения детерминированных эффектов облучения среди населения города Северска, подвергающегося воздействию низких уровней ионизирующей радиации, обусловленной газоаэрозольными выбросами Сибирского химического комбината. Тез. конф. «Мед. и генет. эффекты ионизирующей радиации» Томск, 21 – 22 июня 2001 г.

Бурлакова Е.Б. 1995. Уменьшается ли риск возникновения лейкемии с уменьшением доз облучения для низкоинтенсивной радиации. М.: Ин-т хим. физики РАН. Рукопись. 6 с.

Бурлакова Е.Б. 2001а. Биологические эффекты малых доз радиации. В кн. Т.В. Белоокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник, Раздел VII. Научная жизнь и сообщения. Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 360-362.

Бурлакова Е.Б. 2001б. Специфические эффекты действия низкоинтенсивного облучения в малых дозах. Тез. докл. Росс.научно конф. «Мед. аспекты рад. и хим. безопасности», 11-12 октября 2001 г., СПб., сс. 11-12.

Бурлакова Е.Б., Голощапов А.Н., Горбунова Н.В., и др. 1996. Особенности биологического действия малых доз облучения. В кн.: Бурлакова Е.Б. (Ред.). Последствия чернобыльской катастрофы: Здоровье человека. Центр экологической политики России, М., сс. 149-182.

Бурлакова Е.Б., Голощапов А.Н., Жижина Г.П., Конрадов А.А. 1999. Новые аспекты закономерностей действия низкоинтенсивного облучения в малых дозах. «Радиационная биология», том 39, № 1, сс. 20-34.

Бушуева Н.Н., Думброва Н.Е. 1996. Влияние радиационных факторов аварии Чернобыльской АЭС на структуру глаза. Матер. научно-практич. конф. Министерства здравоохран. и Акад. мед. наук Украины. Киев (цит. по: Пшеничников, Иванова, 2000).

Бычковская И.Б., Степанов Р.П., Федорцева Р.Ф. 2000. «Мед. радиолог. и радиац. безопасн.», том 45, № 1, сс. 26-35 (цит. по: Рябухин, 2000).

Бязров Л.Г., Архиреева А.И., Тарасов О.В. 1993. О концентрации некоторых радионуклидов в слоевищах эпифитных лишайников. В сб.: В.Е. Соколов, Д.А. Кривошукский (Ред.). «Экологические последствия радиоактивного загрязнения на Южном Урале», М., «Наука». сс. 45-48.

Василенко И.Я. 1999. Токсикология продуктов ядерного деления. М., «Медицина», 210 с.

Василенко И.Я. 2001а. Риски, связанные с ликвидацией ядерных боеприпасов. Бюлл. по атомной энергии, № 10, сс. 55 -59.

Василенко И.Я. 2001б. Проблемы радиационного и химического загрязнения окружающей среды. Тез. докл. Росс. научно конф. «Мед. аспекты рад. и хим. безопасности», 11-12 октября 2001 г., СПб., сс. 41-42.

Василенко И.Я., Василенко О.И. 2001. Радиоактивный цезий. «Энергия», № 7, сс. 16-22.

Василенко И.Я., Лягинская А.М., Осипов В.А. 1997. Радиационно-экологическая оценка глобальных радионуклидов (Н-3, С-14, Кг-85, I-129). Тез. докл. 3-го съезда по радиац. исслед. Москва, 14–17 октября 1997 г., Пушино, том 1, сс. 430–431.

Васильев А.Г. 1997. Итоги эколого-генетического анализа отдаленных последствий Тощого взрыва. В сб.: “Эколого-генетический анализ отдаленных последствий Тощого ядерного взрыва в Оренбургской области в 1954 г. (факты, модели, гипотезы)». Екатеринбург, Изд-во “Екатеринбург”, сс. 149-163.

Вейнберг Г.Ш., Корол А., Нево Е., и др. 1999. Повышение частоты мутаций у детей ликвидаторов Чернобыльской катастрофы. «Int. J. Rad. Med.», vol. 2, № 2, сс. 67–70.

Власова И.А., Казанцева С.В., Фаткулина Э.К. 2000. Изменения в рецепторном аппарате лимфоцитов у потомков лиц, проживающих в районе радиационного загрязнения. Тез. докл. VIII Межд. эколог. симп. «Урал атомный, Урал промышленный - 2000», Екатеринбург, сс. 35–36.

Вовк У.Б., Місургіна О.А. 1994. Использование комплекса лечебно-профилактических мероприятий у девочек и подростков, испытывавших воздействие радиации. Тез. докл. Научно-практ. конф. акушерів-гінекологів України «Функціональні методи дослідження в акушерстві та гінекології», 19-20 травня 1994 р., Донецьк, сс. 27-28.

Волобуев П.В., Чукапнов В.Н., Штинов Н.А., и др. 2000. Комплексная оценка последствий чрезвычайных радиационных ситуаций в Уральском регионе. Тез. докл. VIII Межд. эколог. симп. «Урал атомный, Урал промышленный - 2000», Екатеринбург, сс. 40-42.

Воронцов А.М., Гусев С.А., Королев А.М. 1993. Хроматографический анализ в молекулярной радиоэкологии: Определение низкоэнергетических радионуклидов. СПб НИЦ экол. безопасн., СПб., 13 с.

Гадасина А. 1994. Чернобыль сжимает пружину жизни. “Рос. Вести”, 22 июля, с.3.

Гайдук Ф.М., Игунов С.А., Шалькевич В.Б. 1994. Комплексная оценка психического развития детей, подвергшихся воздействию радионуклидов в пренатальном периоде вследствие Чернобыльской катастрофы. «Соц. и клинич. психиатрия», том 4, № 1, сс. 44-99.

Галицкая Н.Н. и др. 1990. Оценка иммунной системы детей в зоне повышенной радиации. Здравоохр. Беларуси, № 6, сс. 33-35 (цит. По: Уровни облучения... 2000).

Гапонович В.М., Шуваева Л.П., Винокурова Г.Г., и др. 2001. Влияние катастрофы на ЧАЭС на развитие депрессий кровотока у детей в республике Беларусь. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 175-176.

Гапанович В.Н., Шуваева Л.П., Ярошевич Р.Ф., и др. 2001. Заболеваемость гемопатиями взрослого населения Республики Беларусь в 1979 – 1997 гг. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4 - 8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 176.

Гераськин С.А. 1995. Концепция биологического действия малых доз ионизирующего излучения на клетки. «Радиац. биол. Радиоэколог.», том. 35, вып. 5, сс. 563-580.

Германия... 2001. Германия: вблизи атомных станций дети чаще болеют раком. “Энергетика и окружающая среда”, № 14, 1 апреля.

Гилева Э.А. 1997. Эколого-генетический мониторинг с помощью грызунов (уральский опыт). Екатеринбург, Уральск. универ., 106 с.

Гилева Э.А., Нохрин Д.Ю., Любашевский Н.М. 1995. Индикация отдаленных генетических последствий радиоактивного загрязнения среды с помощью грызунов. «Генетика», № 12. сс. 57-64.

Гилева Э.А., Любашевский Н.М., Стариченко В.М. и др. 1996. Наследуемая хромосомная нестабильность у обыкновенной полевки (*Microtus arvalis*) из района Кыштымской ядерной аварии - факт или гипотеза? «Генетика», том 32, № 1, сс. 114-119.

Головачев Г.Д. 1983. Наследственность человека и внутриутробная гибель. М., «Медицина», 152 с.

Гончарик И.И. 1992. Артериальная гипертензия у жителей Причернобыльской зоны. Здравоохранение Беларуси, № 6, сс. 10-12.

Гончарова Р.И., Рябоконь Н.И., Смолич И.И. 2000. Генетические эффекты малых доз ионизирующей радиации и сравнение эффективности хронического и острого облучения. Матер.

Межд. конф., посвящен. 100-летию со дня рожд. Н.В. Тимофеева-Ресовского. Минск, Беларусь, 17 – 18 октября 2000 г., Минск, сс. 143–145.

Гофман Дж. 1994а. Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящего и будущих поколений. Пер. с англ., Минск, «Вышэйшая школа», 574 с.

Гофман Дж. 1994б. Рак, вызываемый облучением в малых дозах: независимый анализ проблемы. Пер. с англ., Соц.-эколог. союз, М., т.т. 1-2, 469 с.

Грейб Р. 1994. Эффект Петко: Влияние малых доз радиации на людей, животных и деревья. Пер. с англ. М., Межд. Движ. «Невада-Семипалатинск», 263 с.

Григорьев А.Ю. 1991. Индивидуальная радиочувствительность. М., Энергоатомиздат, 81 с.

Губарева Л.И., Малышенко Г.Н. 2001. Состояние адаптационных систем у подростков Ставропольского края, проживающих в условиях повышенного фона естественной радиации. Матер. конф. «Мед.аспекты рад. и хим. безопасн.», 11-12 октября 2001 года, СПб., Военно-мед. акад., сс. 260-261.

Гулд Дж., Голдман Б.А. 2001. Смертельный обман. Большая ложь о малых дозах. Пер. с англ. М., Межд. Соц.-эколог. союз, 260 с.

Даренская Р.Г., Правдина Г.М. 1968 Реакция избегания животными радиационных полей. Бюлл. экспер. биолог. и медик., том 65, № 4, сс. 23-27.

Деряга А. 1999. За город - ... дозиметром. Подмосковные свалки опасны для жизни. «Красная звезда», 3 августа, с. 4.

Дзикович И.В. 1996. Эпидемиологический анализ экологически зависимых заболеваний в перинатальном периоде в Беларуси. Тез. докл. науч. конф. «Десять лет после Чернобыльской катастрофы: (научные аспекты проблемы)», Минск, с. 87.

Дзикович И.Б., Ванилович И.А., Кот Т.И. 1994. Заболеваемость детского населения Республики Беларусь, проживающего на территориях, загрязненных радионуклидами. Тез. докл. Межд. конф. «Соц.-психолог. реабилитация населения, пострадавшего от экологич. и техноген. катастроф», Гомель, сс. 21-22.

Дмитриева С.А. 1990. Генетические последствия действия ионизирующей радиации на природные популяции некоторых видов растений. Тез. докл. Межд. конф. «Биолог. и радиоэколог. последствия аварии на Чернобыльской атомной станции», Зеленый Мыс, 10-18 сентября 1990 г., М., ч.1, с. 157.

Добровольска А., Мелёсик М. 2001. Врожденные дефекты у крупного рогатого скота в Польше до и после Чернобыльской аварии. Часть 2. Мазовецкое воеводство. Матер. VIII Межд. научно-практич. конф. «Экология человека в постчернобыльский период», 4-6 октября 2000 г. В кн.: Т.В. Белоокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник, Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 111 –114.

Добровольска А., Мелесик М., Добровольски В. 2001. Врожденные дефекты у крупного рогатого скота в Польше перед и после аварии в Чернобыле. Матер. VIII Межд. научно-практич. конф. «Экология человека в постчернобыльский период», 4-6 октября 2000 г. В кн.: Т.В. Белоокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник, Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 107 – 111.

Дубинин Н.П., Шевченко В.А., Кальченко В.А. и др. 1980. Генетические последствия действия ионизирующих излучений на популяции. В кн.: «Мутагенез при действии физических факторов», М., «Наука», сс. 3 – 44.

Дуброва Ю.Е. 2001. Индукция мутаций в мини-сателлитных локусах млекопитающих. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 192.

Дудинская Р.А., Сурина Н.В. 2001. Состояние тиреоидной системы родильниц, проживающих на территориях с радионуклидным загрязнением в Гомельской области. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 192-193.

Дудкин А.О. 1987. Непосредственное действие малых доз ионизирующей радиации на нейроны млекопитающих. Автореф. дис. ... канд. биол. наук, Киев, 22с.

Евсеева Т.И., Шершунова В.И. 1996. Частота соматических мутаций в волосках тычинок

Tradescantia (клон-02) при облучении в диапазоне малых доз гамма-лучей. Труды Коми научно центра УрО РАН (Сыктывкар), № 145, т. 2, сс. 56-63.

Евсеева Т.И., Таскаев А.И., Кичигин А.И. 2000. Водный промысел. Сыктывкар, Центр социальных и экологических программ, 40 с.

Елисеєва К.Г., Войтович А.М., Плоская М.В. и др. 1994. Генетический мониторинг популяций бурых лягушек, обитающих в загрязненных радионуклидами районах Республики Беларусь. «Радиац. биол. Радиэколог.», том 34, № 6, сс. 838-846.

Ермакова Ш.В., Раскоша О.В. 2000. Гистологический анализ состояния щитовидной железы мышей при сочетанном действии ионизирующего излучения и нитрата тория. Труды Коми научн. центра УрО РАН, № 164, сс. 34-44.

Жуковский М.В., Павлюк А.В. 2000. Радиационные риски для населения зоны ВУРСа Свердловской области. Тез. докл. VIII Межд. эколог. симпоз. «Урал атомный, Урал промышленный - 2000», Екатеринбург, сс. 91-95.

Жураковская Г.П., Петин В.Г. 1987. Влияние мощности дозы на синергизм комбинированного действия ионизирующего излучения и гипертермии. «Радиобиология», том 27, № 4, сс. 487-492.

Занчикова С.И., Аптикаева Г.Ф., Ахмадиева и др. 1996. «Генетика», том 32, № 1, сс. 1721-1724 (цит. по: Рябухин, 2000)

Закутинский Д.И. (Ред.). 1963. Влияние радиоактивных веществ на половую функцию и потомство. М., Гос. изд-во мед. л-ры, 242 с.

Зайнуллин В.Г. 1998. Генетические эффекты хронического облучения в малых дозах ионизирующего излучения. СПб, «Наука», 101 с.

Зайцев Ю.А. 2000. Тритий в системе радиационной безопасности. В кн.: «Тритий – это опасно». Челябинск, Центр поддержки гражд. иниц., сс. 58-64.

Захаров В.М. 1981. Асимметрия морфологических структур животных как показатель незначительных изменений состояния среды. В сб. «Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем». Л., «Гидрометеониздат», том. 4, сс. 59-66.

Золотникова Г.П., Ракитский В.Н., Рязанова Р.А. 2001. Изменение показателей заболеваемости населения в зависимости от интенсивности радиационно-пестицидных нагрузок среды обитания. Тез. докл. Росс. науч. конф. «Мед. аспекты рад. и хим. безопасности», 11-12 октября 2001 г., СПб., сс. 134-136.

Иванов В.Б., Елькин А.И., Васин М.В., и др. 2001. Иммуный статус населения радиоэкологически неблагополучных территорий. Тез. докл. Росс. науч. конф. «Мед. аспекты рад. и хим. безопасности», 11-12 октября 2001 г., СПб., с. 245.

Иванов Е.П., Толочко Г.В., Шуваева Л.П. и др. 1996. Малые дозы радиации Чернобыля как пособники канцерогенеза. Тез. докл. науч. конф. «Десять лет после чернобыльской катастрофы: (Научные аспекты проблемы)», Минск, с.117.

Игумнов С.А., Секач Н.С., Чуйко З.А. 1993. Комплексная диагностика психического развития детей, подвергшихся радиационному воздействию в критический период цереброгенеза. Сб. матер. конф. «Чернобыльская катастрофа: диагностика и медико-психолог. реабилитация пострадавших.», Минск, с. 14-15.

Ижевский П.В. 2001. Генетические последствия облучения. Тез. докл. конф. «Мед. и генет. эффекты ионизирующей радиации». Томск, 21-22 июня 2001 г.

Ильенко А.И. (Ред.). 1978. Радиэкология позвоночных животных. М., «Наука», 272 с.

Ильенко А.И., Исаев С.И., Рябцев И.А. 1974. Радиочувствительность некоторых видов мелких млекопитающих и возможность адаптации популяций грызунов к искусственному загрязнению биогеоценоза стронцием-90. «Радиобиология», том 14, № 1, сс. 5-18.

Ильенко А.И., Крапивко Т.П. 1988. Влияние радиации на метаболизм грызунов. «Изв. АН СССР», сер. биол., № 1, сс. 98-106.

Ильенко А.И., Крапивко Т.П. 1989. Экология животных в радиационном биогеоценозе. М., «Наука». 224 с.

Ильин Л.А. 1996. Реалии и мифы Чернобыля. Изд. 2-е, испр. и доп., М., «АЛАРА», 457 с.

Ильин Л.А., Филов В.А. (Ред.). 1990. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества. Справочное издание. Л., «Химия», 464 с.

Ильинских Н.Н., Адам А.М., Новицкий В.В., и др. 1995. Мутагенные последствия радиационного загрязнения Сибири. Томск, Сибирский Гос. Мед. Универст., 253 с.

ИНТЕРФАКС. 1998. Источник радиоактивного излучения обнаружен на территории ЗАО «МАСИС» в Саранске. 30 июля.

Информационно-справочные материалы ..., 2000. Информационно-справочные материалы к заседанию Правительства по вопросу «Ядерная и радиационная безопасность России». М., Минатом России, рукоп., 65 с.

ИТАР-ТАСС, 1999. К причалам Дальневосточного порта Ванино вернулся из Южной Кореи теплоход «Рязань» с грузом, имеющим мощный радиоактивный фон. Владивосток, 19 октября. Корр. ИТАР-ТАСС Е. Ленц.

Квасникова Е.В., Титкин Г.И. 2000. Особенности динамики уровней радиоактивного загрязнения в городских ландшафтах (на примере гт. Пенза и Плавск). Труды Межд. конф. «Радиоакт. загрязн. при ядерных взрывах и авариях», М., 24-26 апреля 2000 г., СПб, «Гидрометиздат», 2000, сс. 765-770.

Кейрим-Маркус И.Б. 1995. Дозиметрические критерии для населения территорий с радиоактивным загрязнением. Бюлл. ЦОИПАЭ, № 7-8, сс. 43-47.

Киеня А.И., Ермолицкий Н.М. 1997. Вегетативный компонент реактивности организма детей с различным уровнем инкорпорированного ¹³⁷-Cs. В кн.: Бандажевский Ю.И. (Ред.). Структурно-функциональные эффекты инкорпорированных в организм радионуклидов, Гомель, сс. 61-82.

Кимельдорф Д., Хант Э. 1969. Действие ионизирующей радиации на функции нервной системы. М., «Атомиздат», 376 с.

Клемпарская Н.Н., Львицина Г.М., Шальнова Г.А. 1968. Аллергия и радиация. М., «Медицина», 280 с.

Ковалев Е.Е., Смирнова О.А. 1996. Оценка радиационного риска, базирующаяся на концепции варибельности индивидуальной радиочувствительности. М.: Научно-иссл. испыт. центр рад. безоп. космич. объектов. Рукоп., 22 с.

Ковалева Н.В. 2000. Генетические эффекты малых доз. Материалы Российско-Американских слушаний «Перспективы развития безопасной энергетики в Ростовской области», 28–30 мая 2000 г., г. Ростов-на-Дону, Волгодонск, сс. 122– 27.

Ковалевская Л. 1995. Чернобыль: ДСП. Последствия Чернобыля. Киев, «Арбис», 328 с.

Кожевникова Т.Л., Кривоулицкий Д.А., Мищенко Н.Н., и др. 1993. Накопление радионуклидов шляпочными грибами. В сб.: В.Е. Соколов, Д.А. Кривоулицкий (Ред.). Экологические последствия радиоактивного загрязнения на Южном Урале. М., «Наука», сс. 40-44.

Колдобский А. 2001. Насколько велика «углеродная опасность». «Ядерная безопасность», № 46-47, сс. 8-11.

Комогорцева Л.К. 2001. Справка, составленная для Брянской областной Думы депутатом Л.К. Комогорцевой, на основании данных Комитета по здравоохранению Брянской области и Бюро областной медицинской статистики. 31 января, рукоп., 4 с.

Коломинский Я.Л., Игумнов С.А. 1994. Влияние социально-психологических факторов на психическое развитие детей 6-7 лет из районов, пострадавших в результате Чернобыльской катастрофы. Тез. докл. Межд. конф. «Соц.-психолог. реабилитация населения, пострадавшего от эколог. и техноген. катастроф.», Гомель, с. 33.

Кольшкн А.Е., Рыбальский Н.Г. 1995. Радиационная безопасность: Что должен знать о ней каждый человек. М., «РЭФИА», 47 с.

Комаров В.П., Петин В.Г. 1985. Математическое описание эффектов одновременного действия ионизирующей радиации и гипертермии на клетки млекопитающих. «Мед. радиол.», том 30, вып. 1, сс. 41-46.

Комаров В.П., Петин В.Г. 1987. Анализ эффекта синергизма при терморadiационном воздействии на бактериофаг Т4 и споры *Bacillus subtilis*. «Радиобиология», том 27, № 4, сс. 449-454.

Корбляйн А. 2001. Биологические эффекты малых доз радиации. В кн.: Т.В. Белоокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник. Раздел VII. Научная жизнь и сообщения. Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», с. 360.

Корогодин В.И. 1990. Концепция радиационного риска. Рукопись, представленная в Комитете по экологии Верховного Совета СССР, 27 июля, 40 с.

Корякин Ю., Сивинцев Ю. 1997. Атомный синдром в России. Кому выгодно нагнетание истерии вокруг жертв Чернобыля. «Век», № 45, 28 ноября - 4 декабря, с. 14.

Косенко М.М. 1994. Анализ патологии органов дыхания у населения, облучившегося на Южном Урале. «Пульмонология», № 4, сс. 70-77.

Косенко М.М. 2001. Проблема диагноза «хроническая лучевая болезнь» среди населения, облучившегося на Южном Урале. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 216.

Костенко Т.А. 2001. Сердечно-сосудистые нарушения у детей и подростков в отдаленный период после аварии на ЧАЭС. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 216-217.

Костиокова А.И. 1999. Оценка экологического состояния среды по уровню нарушения стабильности развития организмов (на примере березы повислой), как одно из направлений факультативной работы в школе. Дипл. раб., Нижегородск. гос. мед. универ., Н. Новгород, 54 с.

Краткая...2001. Краткая историческая сводка по нормативным пределам годовых доз в США. «Энергетика и безопасность», № 15, с. 9.

Крышев И.И., Рязанцев Е.П. 2000. Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России. М., «ИЗДАТ», 384 с.

Кудяшова А.Г., Шевченко О.Г., Загорская Н.Г. 2000. Функциональное состояние печени мышей при хроническом действии нитрата свинца и гамма-облучения в малой дозе. Труды Коми науч. центра УрО РАН, Сыктывкар, № 164, сс. 23-33.

Куркин Б.А. 1989. Бремя мирного атома. М., «Молодая гвардия», 272 с.

Кучинская Э.А., Воронцова Т.В., Шаврова Е.Н. 2001. Характеристика иммунного статуса детей и подростков с аутоиммунным тиреоидитом Хашимото, проживающих в различных радиоэкологических регионах Беларуси. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 221.

Лазюк Г.И., Кириллова И.А., Николаев Д.Л. и др. 1994. Динамика наследственной патологии в Беларуси и чернобыльская катастрофа. Сб. науч. работ. «Чернобыльская катастрофа: Мед. аспекты», Минск, сс. 167-183.

Лазюк Г.И., Наумчик И.В., Румянцева Н.В., и др. 2001. Основные результаты изучения генетических последствий чернобыльской катастрофы у населения Беларуси. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 221-222.

Ларин И. 1994. Невеселительная радиация. «Энергия». № 12, сс. 5-9.

Леонова Т.А. 2001. Функциональное состояние репродуктивной системы у девочек пубертатного возраста с аутоиммунным тиреоидитом. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 224.

Линге И.И. 2001. О роли радиационных факторов в структуре техногенных рисков. Доклад, представленный в Рос. комис. по радиац. защите (РНКРЗ), октябрь 2001 г. рукоп., 14 с.

Лисянский Н.И., Любич Л.Д. 2001. Роль нейроиммунных реакций в развитии послерадиационной энцефалопатии при воздействии малых доз ионизирующего излучения. Тез. докл. Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 225.

Ллойд Д. 2001. Хромосомные aberrации лимфоцитов человека и малые дозы радиации. Инф. бюлл. «Биолог. эффекты малых доз радиации», № 3, 10-12 июня, Минск, сс. 8-9.

Логановский К.Н. 1999. Клинико-эпидемиологические аспекты психиатрических последствий Чернобыльской катастрофы. «Соц. и клин. психиатрия», том 9, вып. 1, сс. 5-17.

Логановский К.Н. 2001. Синдром хронической усталости у участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 226.

Ломать Л.М. 2001. Состояние здоровья детей, подвергшихся ионизирующему облучению в период внутриутробного развития. Тез. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 227.

Ляликов С.А., Евен Е.В., Макарич А.В. и др. 1993. Особенности эндокринного статуса у детей, подвергавшихся длительному воздействию малых доз радиации. Сб. матер. конф. «Чернобыльская катастрофа: Диагностика и медико-психолог. реабилитация пострадавших», Минск, с. 68-70.

Мажаров В.Ф., Кутумова О.Ю. 2001. Общая и онкологическая смертность сельского населения, проживающего в зоне слабого техногенного радиоактивного загрязнения. Тез. докл. Росс. научно конф. «Мед. аспекты рад. и хим. безопасности», 11-12 октября 2001 г., СПб., сс. 133-134.

Мажейките Р.Б. 1978. Результаты изучения радиочувствительности животных. В кн.: Ильенко А.И. (Ред.). Радиоэкология позвоночных животных. М., «Наука», сс. 171-182.

Макхиджани А., Салеска С., 2000. Обманы атомной энергии. Отчет Института исследований энергетики и окружающей среды. Пер. с англ., Новосибирск, «Новопарель», 360 с.

Макхиджани А., Фрэнк Б. 2000. Учетные записи по дозам облучения персонала глубоко недостоверны. «Энергетика и безопасность», № 14, сс. 1-5.

Мальков М.В. 2001. Радиационно-индуцированные злокачественные новообразования в Беларуси как следствие аварии на Чернобыльской АЭС. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 233-234.

Марков Г.П., Станко В.И. 1992. Радиоактивный распад как источник низкочастотного электромагнитного поля. «Биофизика», том 37, вып. 5, сс. 999-1001.

Маслюк А.И. 2001. Динамика доз облучения населения, проживающего в зоне наблюдения СХК за 1991–2000 гг. Тез. докл. конф. «Мед. и генет. эффекты ионизирующей радиации», 21-22 июня 2001 г., г. Томск.

Медведева А.И., Сауров М.М., Гнеушева Г.И. 2001. Анализ медико-демографической ситуации среди детского населения районов Калужской области, загрязненных радионуклидами вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 236.

Медицинские последствия ... 1995. Медицинские последствия чернобыльской аварии. Результаты пилотных проектов АЙФЕКА и соответствующих национальных программ: Научный отчет ВОЗ. Женева, 1995, 560 с.

Межжерин В.А. 1996. Цивилизация и ноосфера. Кн. 1. Причины взаимного отторжения. Киев, 144 с.

Мельнов С.Б. 2001. Экологическая генетика человека в постчернобыльский период. Матер. VIII Межд. научно-практ. конф. «Экология человека в постчернобыльский период», 4 – 6 октября 2000 г. В кн.: Т.В. Белоокая (Ред.). Экологическая антропология Ежегодник. Минск, Белорусский комитет «Дзедзі Чарнобыля», сс. 262-274.

Мешков Н.А. 2001а. Оценка рисков для здоровья радиационного и химических факторов на территории республики Алтай. Тез. докл. Росс. науч. конф. «Мед. аспекты рад. и хим. безопасности», 11-12 октября 2001 г., СПб., сс. 160-164.

Мешков Н.А. 2001б. Анализ вероятности онкологической заболеваемости вследствие радиационного воздействия. Тез. докл. науч. конф. «Мед. аспекты рад. и хим. безопасности», 11-12 октября 2001 г., СПб., сс. 164-168.

Мизина Т.Ю. 1996. Адаптивные возможности организма в условиях воздействия ионизирующего излучения разной интенсивности и продолжительности действия. В кн.: Рихванов Л.П. (Ред.) Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы международной конференции, посвященной столетию со дня открытия явления радиоактивности и столетию Томского политехнического университета, 22–24 мая 1996 г., Томск, Томск. Политехн. Универ-т, сс. 398-400.

Микитюк А.Ю., Ермаков А.А. 1990. Влияние малых доз ионизирующего излучения на уровень базального метаболизма птиц. В кн.: Биологические и радиоэкологические аспекты последствий

аварии на Чернобыльской атомной станции. М., «Наука», с. 90 (цит. по: Н.В. Лебедева. 1999. Этоксикология и биогеохимия географических популяций птиц. М., «Наука», 200 с.).

Миллопйтер К. 2001. Безмолвное лето. Гл.3. В кн.: Дж. М. Гулд, Б.А. Голдман «Смертельный обман. Большая ложь о малых дозах», пер. с англ., М., Межд. Соц.-эколог. союз, сс. 29-37.

Минайчева Л.И., Салюкова О.А., Назаренко Л.П., Черных В.Г. 2001. Эпидемиологическое исследование врожденных пороков развития в Северске. Тез. докл. конф. «Мед. и генет. эффекты ионизирующей радиации», 21–22 июня 2001 г., г. Томск.

МКРЗ-90. Радиационная безопасность. Рекомендации Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) 1990 г. Публикация 60. Части 1, 2. Пер. с англ., М., «Энергоатомиздат», 1994, 192 с., 207 с.

Москалев Ю.И., Стрельцов В.Н. 1987. Отдаленные последствия радиационного поражения: Непуховые формы. «Итоги науки и техники, Радиационная биология», том 6, М., ВИНТИ, 214 с.

Моссэ И.Б. 2001. Биологические эффекты малых доз радиации. Матер. VIII Межд. научно-практ. конф. «Экология человека в постчернобыльский период», 4-6 октября 2000 г. В кн.: Т.В. Белоокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник, Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 357-358.

Недвечкая В.В., Ляликов С.А. 1994. Кардиоинтервалографическое исследование нервной системы у детей из загрязненных радионуклидами районов. «Здравоохр. Беларуси», № 2, сс. 30–33.

Нестеренко В.Б. 1996. Масштабы и последствия катастрофы на Чернобыльской АЭС для Беларуси, Украины и России. Минск, «Право и экономика». 72 с.

Нестеренко В.Б., Яковлев Е.А., Назаров А.Г. (ред.). 1993. Чернобыльская катастрофа: Причины и последствия (экспертное заключение) часть 4. Последствия катастрофы на Чернобыльской АЭС для Украины и России. Минск, «Тест», 243 с.

Нестеренко П., Сунючев А., Кубанская Д. 1996. Молочные реки из Ставрополя. «Атомпресса». № 29, с. 2.

НРБ-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Санитарные правила СП 2.6.1.758-99. Минздрав России, 113 с.

Нягу А.И. 2001. Научная жизнь и сообщения. В кн.: Т.В. Белоокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник. Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 362- 363.

Нягу А.И., Логановский К. 1998. Нейропсихиатрические эффекты ионизирующих излучений. Киев, «ЧернобильІнтерІнформ», 468 с.

Нягу А.И., Логановский К.Н., Юрьев К.Л., Здоренко Л.Л. 1999. Психофизиологические последствия облучения. «Int. J. Rad. Med.», vol. 2, № 2, pp. 3- 24.

Нягу А.И., Логановский К.Н., Юрьев К.Н. и др. 2001. Нейропсихиатрические эффекты острого, хронического и внутриутробного облучения вследствие Чернобыльской катастрофы. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 251.

Омельянец Н.И., Карташова С.С., Дубовая Н.Ф., Савченко А.Б. 2001. Смертность от новообразований и ее вклад в снижение предстоящей продолжительности жизни населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях Украины. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 254-255.

Омельянец Н.И., Клементьев А.А. 2001. Анализ смертности и продолжительности жизни населения Украины после Чернобыльской катастрофы. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 255–256.

Омельянюк Н.Н., Ариччин А.Н. 2001. Особенности содержания катехоламинов у детей Беларуси спустя 15 лет после аварии на ЧАЭС. Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 256–257.

Остапенко В.А. 2001. Научная жизнь и сообщения. О работе постоянно-действующего семинара

«Биологические эффекты малых доз радиации». Матер. VIII Межд. научно-практ. конф. «Экология человека в постчернобыльский период», 4-6 октября 2000 г. В кн.: Т.В. Белоокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник, Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 355-356.

Оценка... 1996. Оценка экологического риска в связи с радиоактивным загрязнением природной среды Российской Федерации. Москва, РНЦ «Курчатовский Институт», рукоп., 157 с.

Панкратова Н.В., Севбитов А.В., Слабковская А.Б., Скатова Е.А. 2001. Влияние радиационного облучения в период внутриутробного развития ребенка на состояние зубочелюстной системы. Матер. VIII Межд. научно-практ. конф. «Экология человека в постчернобыльский период», 4-6 октября 2000 г. В кн.: Т.В. Белоокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник, Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 167-169.

Пасечник Л.И., Чуприков А.Г. 1993. Влияние радиационного фактора на формирование нервно-психической сферы детей. Сб. матер. конф. «Чернобыльская катастрофа: Диагностика и медико-психолог. реабилитация пострадавших», Минск, сс. 15-16.

Пачини Ф., Воронцова Т., Молинаро Е., и др 1999. Ионизирующие излучения и тиреоидные аутоиммунные реакции. «Int. J. Rad. Med.», vol. 2, № 3-4, pp. 20–24.

Пелевина И.И., Афанасьев Г.Г., Готлиб В.Я., Серебряный А.М. 1996. Цитогенетические изменения в периферической крови населения, проживающего в регионах, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС. В кн.: Буракова Е.Б. (Ред.). Последствия чернобыльской катастрофы: Здоровье человека. М., Центр эколог. полит. России, сс. 229—244.

Петин В.Г., Дергачева И.П., Романенко А.Г., Рябова С.В. 1997. Новая концепция оптимизации и прогнозирования эффектов синергизма при комбинированном воздействии химических и физических факторов окружающей среды. «Рос. хим. журн.», том XLI, № 3, сс. 96-104.

Петин В.Г., Журавская Г.Л., Пантюхина А.Г., Рассохина А.В. 1999. Малые дозы и проблема синергического взаимодействия факторов окружающей среды. «Радиаци. биол. Радиоэколог.», том. 39, № 1, сс. 113-126.

Петин В.Г., Рябченко Н.И., Суринов Б.П. 1997. Концепция синергизма в радиобиологии. «Радиаци. биол. Радиоэкол.», том 37, вып. 4, сс. 482–487.

Петрова А.М., Майстрова И.Н., Зафранская М.М. и др. 1993. Состояние иммунной системы у детей первого года жизни, проживающих на территориях с различным уровнем загрязнения почвы Cs-137. Сб. матер. конф. «Чернобыльская катастрофа: Диагностика и медико-психолог. реабилитация пострадавших», Минск, сс. 740-76.

Пилинская М.А., Шеметун А.М., Дыбский С.С., и др. 2001. Результаты 15-летнего цитогенетического мониторинга за контингентами приоритетного наблюдения, пострадавшими от последствий Чернобыльской аварии. Тез. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 268.

Писарева Л.Ф., Тахауов Р.М., Недавняя И.О., Мельник А.А. 2001. Онкологическая заболеваемость населения Северска и Томской области в сравнительном аспекте. Тез. конф. «Мед. и генет. эффекты ионизирующей радиации». Томск, 21 – 22 июня 2001 г.

Плацинда Ю.И. 2001. Применение дискриминантного анализа в биологической дозиметрии. Тез. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 271–272.

Плохих Г.П. 1998. Радиация и здоровье. Влияние малых доз радиации. Челябинск, «Движ. за ядерн. безопасн.», 34 с.

Подпалов В.П. 1994. Формирование гипертонической болезни (ГБ) среди населения, проживающего в радиационно-неблагоприятных районах. Сб. матер. конф. «Чернобыльская катастрофа: прогноз, профилактика, лечение и медико-психолог. реабилитация пострадавших», Минск, сс. 27-28.

Позолотина В.Н. 1996. Адаптационные процессы у растений в условиях радиационных воздействий. «Экология», № 2, сс. 41–48.

Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Каравасева И.Н. и др. 1992. Отдаленные последствия хронического облучения растений в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа. «Радиобиология», том. 32, вып. 6, сс. 851- 855.

Попова О.Н., Шершунова В.И. 1987. Наблюдения за качеством семян овсяницы луговой, интродуцированной на участке с повышенным содержанием в почве ^{238}U и ^{236}Ra . «Радиобиология», том. 27, № 3, сс. 400–404.

Порфирьев Б.Н., Евтин Ю.К., Корякин Ю.И. и др. 1993. Анализ стратегии развития отечественной ядерной энергетики в свете чернойбыльской катастрофы. Чернобыльская катастрофа: Причины и следствия (экспертное заключение); ч.1. Минск, «Тест», сс. 13–42.

Постановление...1998. Постановление Правительства России от 21 июля 1998 г. № 815 «Об утверждении Программы развития атомной энергетики Российской Федерации на 1998 – 2005 годы и на период до 2010 года».

Присяжнюк А.Е., Грищенко В.Г., Федоренко З.П., и др. 1999. Эпидемиологическое изучение злокачественных новообразований у пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. Итоги, проблемы и перспективы. «Int. J. Rad. Med», vol. 2, № 2, pp. 42–50.

Пшеничников Б. 1998. Малые дозы радиоактивного облучения и лучевой склероз. 2-е изд. Киев, «Соборна Україна», 45 с.

Пшеничников Б.В., Иванов Н.В. 2000. Лучевой склероз. В сб.: «Гигиена населенных мест», вып.36, ч. 2, Киев, сс. 93–99.

Ракин А.О. 2000. Сочетанное действие гамма-излучения и тория на генеративные клетки самцов мышей СВА. Труды Коми научно центра УрО РАН, № 164, сс. 45–53.

Реймерс Н.Ф., Яблоков А.В. 1982. Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. М., «Наука», 144 с.

РИА – Горячая линия. 17.06.98. Медицинское обследование рабочих завода «АКСЕРИНОКС», на котором произошла утечка цезия-137, показало, что никто не получил опасной дозы облучения. Мадрид, 17 июня Корр. РИА «Новости» Х. Кобо.

РИА – Горячая линия. 19.06.98. Специалисты подвергают сомнению утверждения Совета ядерной безопасности Испании по поводу последствий утечки цезия-137 на заводе в Альхемирасе. Мадрид, 19 июня, Корр. РИА «Новости» Х. Кобо.

Рихванов Л.П. (Ред.). 1996. Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Матер. между. конф., посв. столетию со дня открытия явления радиоактивности и столетию Томского политехн. универ., 22–24 мая 1996 г., Томск, Изд. Томского политех. универ., 500 с.

Рихванов Л.П. 1997. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. Томск, Томск. политехн. универ., 384 с.

Романенко А.Е., Нягу А.И., Логановский К.Н., Базыка Д.А. 2000. Радиационная медицина в объективной оценке последствий Чернобыльской катастрофы. «Int. J. Rad. Med.», vol. 1(5), pp. 3–25.

Рябов И.Н., Крышев И.И. 1990. Оценка уровня флуктуирующей асимметрии и дозы облучения рыб морского водоема-охладителя АЭС. «Вопр. ихтиологии», том 30, № 3, сс. 519–522.

Рябокоть Н.И. 1999. Генетический мониторинг мышевидных грызунов из загрязненных радионуклидами районов Беларуси. Автореф. дисс. канд. биол. наук, Минск, 22 с.

Рябокоть Н., Смолич И., Капитонова Н., и др. 2001. Динамика генетических процессов в хронически облучаемых популяциях мелких млекопитающих. Тез. докл. 3-й Между. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4–8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 283–284.

Рябухин Ю.С. 2000. Низкие уровни ионизирующего излучения и здоровье: системный подход (Аналитический обзор). «Мед. радиол. и радиац. безопасн.», том 45, № 4, сс. 5–45.

Рябцев И. 1996а. Естественная радиоактивность. В кн.: А.А. Ярошинская (ред.). Ядерная энциклопедия, М., «Фонд Ярошинской», сс. 22–28.

Рябцев И. 1996б. Радиоактивное загрязнение почвы: миграция радионуклидов. В кн.: А.А. Ярошинская (ред.). Ядерная энциклопедия, М., «Фонд Ярошинской», сс. 297–300.

Савкин М. 2000. Интервью заместителя директора Института биофизики газете «Век» (см. Африн, 2000).

Саноцкий И.В. 2001. Проблема отдаленных последствий воздействия экотоксикантов. Тез. докл. Росс. науч. конф. «Мед. аспекты рад. и хим. безопасности», 11–12 октября 2001 г., СПб., сс. 5–7

Святова Г.С. 1998. Медико-генетические последствия длительного воздействия малых доз радиации в популяции Семипалатинского региона. Матер. между. науч. конф. «Радиац. Безопасн. и соц.-экол. проблемы Казахстана», Казахстан, Караганда, 10–14 ноября 1997 г., Алматы - Караганда, сс. 195–201.

Севанькаев А.В. 1991. Современное состояние вопроса количественной оценки цитогенетических эффектов в области низких доз радиации. «Радиац. Биология. Радиоэкология», том 31, вып. 4, сс. 600–605.

Севанькаев А.В., Жлоба А.А., Потетня О.И., и др. 1995. Результаты цитогенетического обследования детей и подростков, проживающих в загрязненных радионуклидами районах Брянской области. «Радиац. биол. Радиоэколог.», том 35, вып. 5, сс. 596 – 611.

Седунов А.А. и др. 1996. Ионизирующая радиация и стоматологическое здоровье. «Здравоохран. Казахстана», № 6 (цит. по: И.Я. Часников, 1996, с. 59).

Сечко Л. 1996. Половая система после облучения. В кн.: А.А. Ярошинская (Ред.). Ядерная энциклопедия. М., «Фонд Ярошинской», сс. 331–335.

Сивинцев Ю.В. 1960. Фоновое облучение человеческого организма. М.: «Атомиздат», 96 с.

Сикоренский А.В., Багель Г.Е. 1992. Распространение первичной артериальной гипотонии у детей Гомельской и Могилевской областей и перспективы оздоровления в условиях пионерских лагерей. Тез. докл. Респ. конф. «Оздоровление и санитарное лечение лиц, подвергшихся радиационному воздействию», Минск – Гомель, сс. 59–60.

Симонов Е.Я. 1998. Дополнения к книге «Атомная мифология. Заметки эколога об атомной индустрии», которые хотелось бы видеть в ее следующей редакции. Предисловие к предложениям по книге «Атомная мифология». 28 марта 1998 г., Рукоп., 28 с.

Сипягина А.Е., Балева Л.С., Сусков И.И., и др. 2001. Значение нестабильности генома для формирования патологических состояний у детей, подвергшихся действию малых доз радиации. Тез. докл. Росс. науч. конф. «Мед. аспекты рад. и хим. безопасности», 11–12 октября 2001 г., СПб., сс. 207–212.

Случик В.М., Ковальчук Л.Е., Бративных Л.И., Шутак В.И. 2001. Цитогенетические эффекты низких доз ионизирующей радиации и химических факторов (15 лет после Чернобыля). Тез. 3-й Между. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4–8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 290.

Смирнова Е.И., Лягинская Ф.М. 1969. Развитие сердца у крыс, пораженных стронцием-90. В кн. Москалев М.И. (Ред.). Радиоактивные изотопы в природе. М. «Медицина», с. 348 (цит. по: С. Busby, 1995).

Смолич И.И. 2001. Мутагенные эффекты хронического и острого облучения у *Clethrionomys glareolus* (Schreber). Автореф. канд. диссерт., Минск, Ин-т генетики и цитологии НАН, 22 с.

Смолич И., Рябокоть Н., Гончарова Р. 2001. Генетические эффекты малых доз в хронически облучаемых популяциях. Тез. 3-й Между. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4–8 июня 2001 г., Киев, Украина, с. 292.

Степанова Е.И., Вдовенко В.Ю., Кондрашова В.Г., и др. 2001. Оценка отдаленных эффектов внутриутробного облучения детей в результате Чернобыльской катастрофы. Матер. VIII Между. научно-практ. конф. «Экология человека в постчернобыльский период», 4–6 октября 2000 г. В кн.: Т.В. Черноокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник, Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 23 – 28.

Суриков Б.Т. 1996. Чернобыль: 10 лет крупнейшей в истории человечества технологической катастрофы. «Экология и жизнь». № 1, сс. 31–36.

Сусков И.И., Кузьмина Н.С., Шевченко В.А., и др. 2001. Трансгенерационный феномен геномной нестабильности у детей ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС. Мат. конф. «Мед. аспекты рад. и хим. безопасн.», 11–12 октября 2001 г., СПб., Воен.-Мед. акад., сс. 247–248.

Суслин В.П. 1998. Отдаленные эффекты облучения населения вследствие длительного воздействия малых доз ионизирующей радиации (Оценка радиационного риска). Новосибирск, Центр Госсанэпиднадзора, 142 с.

Суслин В.П. 1999. Отдаленные эффекты облучения у населения вследствие длительного

воздействия малых и сверхмалых доз ионизирующей радиации. Новосибирск, Центр Госсан-эпиднадзора, вып. 5, 44 с.

Суслин В.П. 2001. Гипотеза о сверхсмертности мужчин: миф или реальность. Мат. конф. «Мед. аспекты рад. и хим. безопасн.», 11-12 октября 2001 г, СПб., Воен.-Мед. акад., сс. 197 - 201.

Таскаев А.И., Зайнуллин В.Г. 1996. Последствия испытаний на Новоземельском полигоне для населения республики Коми. Тез. докл. 4-й межд. симпоз. «Урал атомный, Урал промышленный», 30 сентября – 3 октября, Екатеринбург (цит. по: Плохих, 1998).

ТАСС - Единая лента новостей. 05.05.98. На предприятии «Мирметалл» /в Хабаровске/ 15 апреля в металлоломе был обнаружен радиоизотопный источник БГИ-6 на основе цезия-137 с мощностью экспозиционной дозы на поверхности 0,5 рентген/час.

ТАСС - Единая лента новостей. 07.05.98. В Керченском порту обнаружен радиоактивный металлолом. Симферополь, 7 мая. Корр. ИТАР-ТАСС Л. Рябчиков.

ТАСС - Единая лента новостей. 07.02.2000. Радиоактивное сырье, поступившее в Оренбургскую область из Украины, вернут назад. Оренбург, Корр. ИТАР-ТАСС В. Ведерников. **Талалаева Г.В. 2000.** Плутоний и здоровье человека. Материалы Рос.-Амер. слушаний: «Утилизация плутония: проблемы и решения», 31 мая – 02 июня 2000 г, г. Екатеринбург. Екатеринбург. союз науч. и инж. организ., Екатеринбург, сс. 73-74.

Тельнов В.И., Сотник Н.В. 2001. Относительный характер генетических механизмов различной радиорезистентности людей. Мат. конф., «Мед. аспекты рад. и хим. безопасн.», 11-12 октября 2001 г, СПб., Воен.-Мед. акад., сс. 257.

Ткачев А.В., Добродеева Л.К., Исаев А.И., Подъякова Т.С. 1996. Отдаленные последствия ядерных испытаний на архипелаге Новая Земля с 1955 по 1962 г. Атом без грифа «секретно». М., кн.2, сс. 9-20.

Уровни облучения..., 2000а. Уровни облучения и последствия Чернобыльской аварии. Приложение Г. Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН), документ А/АС. 82/R. 608, 18 февраля 2000 г., 130 с.

Уровни облучения ..., 2000б. Уровни облучения и эффекты в результате Чернобыльской аварии. Приложение J. Отчет НКДАР 2000. М., «РАДЭКОН», 155 с.

Уткин В.И. 1997. О введении в районе Екатеринбурга режима зоны радиационного наблюдения. «Вест. Уральск. эколог. фонда», № 4 (21), сс. 5-6.

Ушаков И.Б., Карпов В.Н. 1997. Мозг и радиация (к столетию радионейробиологии). ГНИИИ авиац. и косм.мед., М., 76 с.

Федоришин З.М., Печеник С.О., Геник-Березовская С.О., и др. 2001. Мониторинг врожденных аномалий у Житомирської області, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи.) Тез. докл. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований». 4-8 июня 2001 г., Киев, Украина, сс. 305 – 306.

Фролова Н.П., Таскаев А.И. 2000. Радиобиологические эффекты у агамоспермного вида *Taraxacum officinale* Wigg. в условиях урано-радиевого загрязнения. Труды Коми науч. центра УрО РАН, Сыктывкар, № 164, сс.104 – 111.

Цыб А.Ф. 1996. Чернобыльский след в России, «Тверская, 13», № 17, с. 5.

Цыб А.Ф., Поверенный А.М. 1996. Повреждения щитовидной железы в период Чернобыльской аварии: вероятные последствия. В кн.: Бурлакова Е.Б. (Ред.). Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье человека. М., Центр эколог. политики Рос., сс. 219-229.

Цибульская И.С., Суханова Л.П., Старостин В.М., Митюрлова Л.Б. 1992. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у детей раннего возраста при хроническом воздействии малых доз радиации. «Материнство и детство», том 37, № 12, сс. 12–20.

Часников И. 1993. Осознать опасность, связанную с созданием и испытанием ядерного оружия. «Экокурьер», Алма-Ата, 15 апреля, с.5.

Часников И.Я. 1996. Эхо ядерных взрывов. Алматы, 98 с.

Чичко А.М., Чичко М.В., Калед А.Г., Филипович И.В. 2001. Распространенность и некоторые аспекты состояния здоровья детей с врожденными пороками сердца из экологически неблагоприятных регионов. Мат. VIII Межд. научно-практ. конф. «Экология человека в постчернобыльский период», 4-6 октября 2000 г. В кн.: Т.В. Черноокая (Ред.). Экологическая

антропология. Ежегодник, Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 157– 58.

Шапошников М.В. 2000. Механизмы сочетанного действия факторов радиационной и нерадикационной природы на примере *Drosophila melanogaster*. Труды Коми науч. центра УрО РАН, Сыктывкар, № 146, сс. 71 – 75.

Шевченко В.А. 1990. Концепция пропорционального риска: (Рабочие материалы Комитета по экологии Верховного Совета СССР). Рукопись. 7 с.

Шевченко В.А. 1991. О прогнозировании генетических последствий воздействия ионизирующих излучений на флору и фауну. Обзорная информация «Проблемы окружающей среды и природных ресурсов» ВИНТИ АН СССР, № 5, сс. 87–95.

Шевченко В.А. 1999. Действие радиации и генетический груз в популяциях человека. Мат. Межд. симп. «Жизнь в атомном и химическом мире». Москва, 23–26 ноября, с. 41.

Шевченко В.А., Померанцева М.Д. 1985. Генетические последствия действия ионизирующих излучений. М., «Наука», 278 с.

Шевченко В.А., Абрамов В.И., Печкуренок В.Л. 1993. Генетические исследования на Восточноуральском радиоактивном следе В сб: В.Е. Соколов, Д.А. Кривоуцкий (Ред.). «Экологические последствия радиационного загрязнения на Южном Урале». М., «Наука», сс. 258–302.

Шевченко О.Г., Загорская Н.Г., Кудяшева А.Г. 2000. Показатели перексидного окисления липидов у лабораторных мышей в отдаленные сроки после хронического облучения в малых дозах. Труды Коми науч. центра УрО РАН, Сыктывкар, сс. 112 – 119.

Шварц С.С. 1980. Экологические закономерности эволюции. М. «Наука», 280 с.

Шеер Й., Цигтель Х., Шмидт М. 1989. Опасность радиоактивного излучения в диапазоне малых доз: Докл. на совмест. симпоз. «зеленых» и представителей КПСС, Гёрде (ФРГ), январь 1989. Бремский университет. Рукоп., 33 с.

Шибкова Д.З., Андреева О.Г., Шведов В.Л., Аксеев А.В. 2000. Оценка закономерностей гомеостаза системы гемопоза при хроническом радиационном воздействии. «Пробл. радиоэкол. и пограничных дисциплин», вып.3, Заречный, сс. 234–277.

Шилко А.Н., Таптунова А.И., Искрицкий А.М., Щадистов А.Г.1993.. Частота и этиология бесплодия и невынашивания в районах, подвергшихся воздействию факторов чернобыльской катастрофы. Сб. матер. конф. «Чернобыльская катастрофа: Диагностика и медико-психолог. реабилитация пострадавших», Минск, с. 65.

Шилев И.А. 1977. Эколого-физиологические основы популяционных отношений у животных. М., МГУ, 263 с.

Штреффер К. 1999. Карциногенез после воздействия ионизирующих излучений. «Int. J. Rad. Med.», vol. 3 - 4, № 3-4, pp. 4–6.

Яблоков А.В. 1966. Изменчивость млекопитающих. М., «Наука», 364 с.

Яблоков А.В. 1987. Популяционная биология. М., «Высшая Школа», 304 с.

Яблоков А.В. 1997. Атомная мифология. Заметки эколога об атомной индустрии. М., «Наука». 272 с.

Яблоков А.В. 1998. Некоторые проблемы экологии и радиационной безопасности. «Мед. радиол. и радиац. безопасн.», т. 43, № 1, сс. 24–29.

Яблоков А.В. 2000а. Миф о безопасности атомных энергетических установок. М., Центр экологической политики России, 88 с.

Яблоков А.В. 2000б. Миф о необходимости строительства атомных станций. М., Центр эколог. политики России, 84 с.

Яблоков А.В. 2001а. Миф об экологической чистоте атомной энергетики. М., Центр эколог. политики России, 136 с.

Яблоков А.В. 2001б. Миф о незначительности последствий Чернобыльской катастрофы. М., Центр эколог. политики России, 112 с.

Яблоков А.В. 2001в. Недооценка международными организациями влияния Чернобыльской катастрофы на здоровье населения. Мат.. 3-й Межд. конф. «Мед. послед. Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований», Киев. 4-8 июня 2001 г., с.324–325.

Яблоков А.В. 2001г. Сравнение естественной и техногенной компоненты облучения с

микроэволюционной точки зрения. Тез. докл. Межд. конф. «Биолог. эффекты малых доз ионизирующей радиации и радиоактивное загрязнение среды», Сыктывкар, 20-24 марта 2001 г., Коми научно центр УрО РАН, с. 256.

Ярилин А.А. 1997. Действие низкодозовых излучений и химических загрязнителей на иммунную систему как результат искаженной внутриклеточной сигнализации. Мат. межд. симпози. «Жизнь в атомном и химическом мире». Москва, 23-26 ноября, сс. 44-46.

Ярмошенко С.П. 1988. Радиобиология человека и животных. М., «Высшая Школа», 424с.

Ярошинская А.А. 1992. Чернобыль. Совершенно секретно. М., «Другие берега», 576 с.

Akar N., Ata Y., Aytekin A.F. 1989. Neural tube defects and Chernobyl. «Pediatric and Perinatal Epidemiol», № 3, pp. 102-103.

Alvarez R. 2001. The Risks of Making Nuclear Weapons. A review of the Health and Mortality Experience of U.S. Department of Energy Workers. Paper presented at the Annual Meeting of the American Public Health Association, DOE Worker study section, November 13, 29 p.

Anderson I. 1991. Epidemiology reveals the cost of mining uranium.» New Scientist», June 22, p. 43.

Anderson R.E., Williams W.L., Tokura S. 1988.»Int. J. Rad.. Biol.», v. 53, pp. 103-118 (цит. по: Рябухин, 2000).

Archer V.E. 1987. Geomagnetism, cancer, weather and cosmic radiation. «Health Phys.», vol. 34, № 3, pp. 237—247.

Aubrey C., Grunberg D., Hildyard N. 1990. (Eds.) Nuclear Power: Shut it down: An information pack on nuclear power and the alternatives. L., vol. 1, pp. 47—52.

Ayala F.J., Kiger J. A. 1984. Modern Genetics. Mentlo Park, «Benjamin/Cummings», XVIII + 923 p.

Bakunov N.A., Dritchko V.E., Makeyev V.M. 1999. Ecological conditionality of heightened accumulation of 90Sr and Cs137 in food of inhabitants of the Subarctic. In: P. Strand, T. Joble (Eds.). The 4th Int. Conf. «On Environ. Radioact. in the Arctic». Edinburgh, Scotland, 20-23 September 1999, Extended Abstracts, Norwegian Radiation Protection Authority, Norway, pp. 305–306.

Balter M. 1995. Filtering a river of cancer data. «Science», February 24, vol. 267, pp. 1084-1086.

BBC News..., 2000. India Nuclear worker «in danger». BBC News Online: World: South Asia. Sunday, 18 June, H. Sewell of BBC Science.

Bandazhevsky Y.I. 2001. Radiocesium and congenital malformations. Int. Conf. «Health Effect of the Chernobyl Accident: Results of 15-years follow-up Studies», June 4 – 8, Kiev, Ukraine, p. 11.

Bandazhevsky Y.I., Bandazhevskaja G. 2001. Incorporated cesium and cardiovascular pathology. Int. Conf. «Health Effect of the Chernobyl Accident: Results of 15-years Follow-up Studies», June 4–8, Kiev, Ukraine, pp. 11–12.

Bandazhevsky Y.I., Nesterenko V.B. 2001. Cs-137 Measures and Public Health. Int. Conf. «Health Effect of the Chernobyl Accident: Results of 15-years Follow-up Studies», June 4–8, Kiev, Ukraine, p. 12.

BBS News (Health). 2001. Baby teeth clues to «nuclear cancer». 5 April, 11:21 GMT.

BEIR V. 1990. National Research Council, Biological Effect of Ionizing Radiation. Health effect of exposure to low levels of ionizing radiation. Washington, D.C., National Acad. Press (cit. after: W. Kohnlein, R.H. Nussbaum. 1998. Inconsistencies and Open Questions Regarding Low-Dose Health Effects of Ionizing Radiation. In: I. Schmitz-Feuerhake, M. Schmidt (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop, University of Portsmouth, 9-12 July 1996, Portsmouth, England. Ges. für Strahlenschutz, Berlin, pp. 63-83.

Ben-Hur E. 1976. Mechanisms of the synergistic interaction between hypothermia and radiation in cultured mammalian cells. «J. Radiat. Res.», vol. 17, # 1, pp. 92-98.

Ben-Hur E., Bronk B.V., Elkind M.M. 1972. Thermally enhanced radiosensitivity of cultured Chinese hamster cells. «Nature New Biol.», vol. 238, pp. 209-211.

Ben-Hur E., Elkind M.M., Bronk B.V. 1974. Thermally enhanced radioresponse of cultured Chinese hamster cells - inhibition of repair of sublethal damage and enhancement of lethal damage. «Rad. Res.», vol. 58, pp. 38-51.

Beral V., Roman E., Bobrow M. 1993. (Eds). Childhood cancer and nuclear installations. L.: «BMJ Publ. Group», XXXIII + 453 p.

Berg W. Von, Push K.H. 1996. Utilization of by-products from coal-fired power plants in the Federal Republic of Germany. UN Econ. Comm. for Europe, EB. AIR/Sem.3/ B. 22, September 13, 13 p.

Bertell R. 1984. Handbook for Estimation Health Effects from Exposure to Ionizing Radiation. Institute of Concern for Public Health. 67 Mowat Avenue, Suite 343, Toronto, Ontario, M6K 3E3, Canada (цит. по: Sherman, 1998).

Bertell R. 1985. No immediate danger: Prognosis for a Radioactive Earth. L.: «Women press», 435 p.

Bertell R. 1998. Ongoing 3 Mile Island coverup by Jimmy Carter. Signed, notarized statement at July 10. (drrbertell@home.com).

Bertell R. 1999. Victims of the Nuclear Age. «The Ecologist», vol. 29, № 7, pp. 408–411.

Bertell R. 2000. Comments on the History of Permissible Dose Standards <http://www.geocities.com/mothersalert/bertell2.html>.

Biological..., 1999. Biological effects at low radiation doses – models, mechanisms and uncertainties. United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR). A/AC.82/ 598, 5 March 1999, 130 p.

Bishop A.J. 1996. Opening Address. Proc. Int. Symp. On Ionizing Radiation, Stockholm, May 20-24, 1996, pp. 15 – 17.

Boice J.D., Engholm G., Kleinerman R.A. 1988. Radiation Dose and Second Cancer Risk on Patients Treated for Cancer of the Cervix. «Radiat. Res.», vol. 116, № 1, pp. 3-55.

Brent R.L. 1979. Effects of ionizing radiation on growth and development. «Contrib. Epidemiol. Biostat.», vol.1, pp. 147–183.

Brown J.E., Strand P., Bergan T. 1999. Modeling doses to biota in environmental systems. In: P. Strand, T. Joble (Eds.). The 4th Int. Conf. «On Environ. Radioact. in the Arctic». Edinburgh, Scotland, 20-23 September 1999, Extended Abstracts, Norwegian Radiation Protection Authority, Norway, pp. 125-128.

Brown P. 2001. Chernobyl raised mutations 600%. «The Guardian», May 6, pp. 1,7.

Brungot A.L., Carroll J., Rudjord A.L., Foyn L. 1999. A presentation of the Norwegian national surveillance programme of radioactivity in the marine environment in the period 1996 – 1998. : In: P. Strand, T. Joble (Eds.). The 4th Int. Conf. «On Environ. Radioact. in the Arctic». Edinburgh, Scotland 20-23 September 1999, Extended Abstracts, Norwegian Radiation Protection Authority, Norway, pp. 227-229.

Burlakova E.B. (Ed). 2000. Low Doses of Radiation: Are They Dangerous? Huntington, New York, «NOVA Science», XI + 329 p.

Busby A.L., 1993. Radioactive Fallout from Atmospheric Nuclear Weapons Testing and its Association with Infant Mortality in England and Wales from 1958-1970. M. Sc. thesis. L., Imperial College.

Busby C.C. 1992. Low Level Radiation from the Nuclear Industry: the Biological Consequences. Aberystwyth, «Green Audit», 67 p.

Busby C.C. 1995. Wing of Death: Nuclear Pollution and Human Health. Aberystwyth, «Green Audit», 340 p.

Busby, C.C. 1997. Childhood leukaemia and radioactive pollution from the atomic weapons establishments at Aldermaston and Burghfield in West Berkshire: Causation and Mechanisms. «GreenAudit Occasional Paper» № 98, January 1, 1998, MS, 25 p.

Busby C. 2000. On the Biological Effects and Health Risks following Exposure to Aerosols produced by the use of Depleted Uranium Weapons. Invited Presentation to the Royal Society, London (see also: Int. Conf. Against Depleted Uranium. 4 -5 November 2000, Manchester. «Green Audit Occasional Paper» #11, October 2000, MS, 20 p.).

Busby C. 2001. Statement of Chris Busby in Relation to the Millstone Reactors and their Effect on Local Health in Populations Living Near the Sea and River Estuaries. 26 March, MS, 7 p.

Busby C., Cato M.S. 2000. Increases in Leukemia in Infants in Wales and Scotland following Chernobyl : Evidence for Errors in Statutory Risk Estimates. «Energy & Environment», vol. 11, № 2, pp. 127–139.

Busby Ch., Cato M.S. 2001. Increases in Leukemia in Infants in Wales and Scotland following Chernobyl: evidence for errors in statutory risk estimates and dose response assumptions. Abstr.3rd

Inter. Conf. «Health Effects of the Chernobyl Accident: Results of the 15-year Follow-Up Studies». 4–6 June, 2001, Kiev, Ukraine. «Int. J. Rad. Med.», Special Issue, Vol. 3, No. 1-2, 2001. p. 23, MS 15 p.

Cancer Awareness. 1994. PR Condemned. «Ecologist». November / December, p.2.

Carter R.L. 1993. Low doses leukemogenic effects of A bomb irradiation. RERF Update vol. 4, № 1 (1992); RERF technical report 9-91. Hiroshima, Radiation Effect Research Foundation (цит. по: W. Kohnlein, R.H. Nussbaum. 1998. Inconsistencies and Open Questions Regarding Low-Dose Health Effects of Ionizing Radiation. In: I. Schmitz-Feuerhake, M. Schmidt (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop, University of Portsmouth, 9-12 July 1996, Portsmouth, England. Ges. für Strahlenschutz, Berlin, pp. 63-83.

Chazi P. 1993. New cancer fears raise Minister's doubt on THORP. «Observer», October 25.

Christensen G.C., Steinners E. 1999. Radionuclides in minke whale from the Arctic Ocean. In: P. Strand, T. Joble (Eds.). The 4th Int. Conf. «On Environ. Radioact. in the Arctic». Edinburgh, Scotland, 20-23 September 1999, Extended Abstracts, Norwegian Radiation Protection Authority, Norway, pp. 197-199.

Closing the Circle..., 1995. Closing the Circle on the Splitting of the Atom: The environmental legacy of nuclear weapons Production in the United States and what the Department of energy is doing about it. US Dep. of Energy. Wash. (D.C.), 106 p.

Cohen N., Cohen K. 1999. Infant Health in Salem County fares poorly since nuke start-up, says radiation health group. Coalition for Peace and Justice, Press-release from December 6.

Combined ..., 2000. Combined effect of Radiation and other agents. Annex K. United Nation Sci. Comm. on the Effect of Atomic Radiat. (UNSCEAR), A/AC.82.612, 2 February 2000, 162 p.

Commission..., 1995. Commission moves to tighten rules on radiation protection. «Europe Environ.», № 487, pp. 5-6.

Cook-Mozaffari P.J., Darby S.C., Doll R., et al. 1989. Geographical variation in mortality from leukemia and other cancers in England and Wales in relation to proximity to nuclear installations, 1969-78. «Brit. J. Cancer», vol. 59, pp. 476-485.

Cragle D., Robertson-Demeyers K., Watkins J.P. Mortality Among Workers at a Nuclear Fuel Production Facility: the Savanna River Site. 1952 – 1986. Oak Ridge Inst. for Sci. and Educat. (цит. по: Alvarez, 2001).

Cristalidi M., Ieradi L.A., Mascanzoni D., et al. 1991. Environmental impact of the Chernobyl fall-out: Mutagenesis in bank vole from Sweden. «Int. J. Rad. Biol.», vol. 59, № 1, pp. 31-40.

Cullen S., Brown J. 2000. Infant death drop dramatically after nuclear power plants close. (www.radiation.orgwww.radiation.org).

Danby G. 1993. THORP and the nuclear fuel cycle.. Res. Paper., House of Commons Library; # 93/20, L., 20 p.

Demuth M. 1989. Leucaemiemortalitar be Kindern und Jugendlichen in der Umgebung des Kernkraftwerkes Wurgassen. 2nd rev. Ed., Kassel, «Eigenverlag» (цит. по: Hoffman, 1998a).

Demuth M. 1990. Leukämieerkrankungen bei Kindern in der Umgebung von Atomanlagen. In: Kühnlein W, Kuni H, Schmitz-Feuerhake I, (Eds.). Niedrigdosisstrahlung und Gesundheit. Berlin, «Springer», pp. 127-135.

DeSante D.F., Geupel G.R. 1988. Land bird Productivity in Central Coastal California: the Relationship to Annual Rainfall and a Reproductive Failure in 1986. «The Condor», vol. 89, pp. 636–653.

Desert News editorial. 2001. A sound downwinder policy. April 09 (www.desertnews.com).

Dieckmann H. 1992. Hdufung von Leukämieerkrankungen in der Elbmarsch. «Gesundheits-wesen» № 10, pp. 592-596

Dobson R.L., Koehler C.G., Felton J.S. et al. 1978. Vulnerability of female germ cells in developing mice and monkey to tritium, gamma rays and polycyclic hydrocarbons. Proc. 17 th Ann. Hanford Symp., US Dept. of Energy, Symp. Seria CONF –771017, p. 1. (цит. по: Мельнов, 2001).

Dubrova Y.E., Nesterov V.N., Krouchinsky N.G., et al. 1996. Human minisatellite rate after the Chernobyl accident. »Nature», April 25, vol. 380, pp. 683 – 686.

Dupree E.A., Wells S.A., Watkins J.P., et al. (no date). Mortality Among Workers Employed between 1945 and 1984 at a Uranium Gaseous Diffusion Facility. Draft Report. Oak Ridge Instit. for Sci. and

Educat. (цит. по: Alvarez, 2001)

Edwards R. 1995. Will it get any worse? «New Scientist», December 9, pp. 14-15.

Edwards R. 1998. Living dangerously. Standard radiation safety limits used around the word may have to be revised to protect the young and old. «New Scientist», 28 September, p. 12.

Edwards R. 2000. Dangerous work, «New Scientist», p. 16.

Edwards R. 2001. UK Nuke Plants and Birth Defects. «New Scientist», 17 November, p. 16 (www.new-scientist.com/hottopics/pollution/pollution.jsp?id=23172400).

Elkind M.M., Whitmore G.T. 1967. The Radiobiology of Cultured Mammalian Cells. N.Y., «Cambridge Univ. Press» (цит. по: Мельнов, 2001).

Enstrom J.E. 1983. Cancer mortality pattern around the San Onofre nuclear power plant, 1960-1978, «Amer. J. Publ. Health», vol. 73, № 1, pp. 83-2.

Ericson A., Kallen B. 1994. Pregnancy outcome in Sweden after the Chernobyl accident. «Environ. Res.», vol. 67, № 2, p. 149-59.

Ex-Owners...1998. Ex-Owners of Nuclear Fuel Plant Are Ordered to Pay \$36.5 Million. «New York Times», September 18.

Exposures..., 1999. Exposures from man-made sources of radiation. United Nation Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation (UNSCEAR), A/AC.82/R.590, 15 January, 150 p.

Feinendegen L.E., Loken M.K., Booz J. et al. 1995. «Steam Cells», vol. 13, Suppl.1, pp. 7–20 (цит. По: Рябухин 2000).

Fernex S. 2001. Health effects of Chernobyl: Dogma or Quest for truth? 3rd Int. Conf. Health Effects of the Chernobyl Accident. Results of 15-year Follow-up studies», Kiev, 4–8 June 2001. Round table on the «Socio-psychol. consequences of the Chernobyl Accident», Ms., 8 p.

Flor-Henry P. 2001. The Influence of Radiation on the Left Hemisphere and its Relationship to the Increased Incidence of Schizophrenia and Chronic Fatigue Syndrome in the Victims of the Chernobyl Nuclear Reactor Catastrophe. Abstr.3rd Inter. Conf. «Health Effects of the Chernobyl Accident: Results of the 15-year Follow-Up Studies». «Int. J. Rad. Med.», 4 – 6 June, 2001, Kiev, Ukraine. Special Issue, Vol.3, No. 1-2, pp. 39-40.

Forman D., Cook-Mozaffari P., Darby S., et al. 1987. Cancer near nuclear installations. «Nature» vol. 329, p. 499–505.

Freire-Maia A. et al., 1978. «Health Physics», vol. 34, # 1, pp. 61-65 (цит. по: Рябухин, 2000).

Frischknecht R., Braunschweig A., Hofstetter P., Suter P. 2000. Human health damages due to ionising radiation in life cycle impact assessment.. «Envir. Impact Assess. Rev.», vol. 20, pp. 159-189.

Furitsu K., Sadamori K., Inomata M., Murata S. 1992. Underestimate radiation risks and ignored injuries of atomic bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki. The investigation committee of hibakusha of Hannan Chuo hospital. MS, 24 p.

Gallagher C. 1993. American Ground Zero – The Secret Nuclear War. N.Y., «Random House», 360 p.

Gardner M.J. 1989. Review of reported increases of childhood cancer rates in the vicinity of nuclear installations in the UK. «J. Royal Statist. Soc.», vol. 152, pp. 307- 325.

Gardner M.J., Hall A.J., Downes S., Terrell J.D. 1987. Follow up of children born to mothers resident in Seascale, West Cumbria (birth cohort). «Brit. Med. J.», vol. 295, pp. 822-827.

Geiger H.J., Rush D., Michaels D., et al. 1992. Dead resuming: A critical review of the Department of Energy's epidemiological research. Washington, D.C., Physicians for Social Responsibility (цит. по: W. Kohnlein, R.H.Nussbaum. 1998).

Gibson B.E.S., Eden O.B., Barrett A.S. et al. 1988. Leukemia in young children in Scotland. «Lancet», p. 630 .

Gilbert E.S., Omohundro E., Buchanan J.A., Holter N.A. 1993. Mortality of Workers at the Hanford Site. «Health Physics», vol. 64, № 6, pp. 577 – 590.

Gofman J.W. 1999. No Safe Dose for Plutonium Radiation. Letter of Concern (www.raticat.org/radiation/CNR/LetterOfConcern.html).

Gofman J.W. 2000 (1999). Radiation from Medical Procedures in the Pathogenesis of Cancer and Ischemic Heart Disease: Dose-Response Studies with Physicians per 100 000 Population. Executive Summary. San Francisco, «Committee of Nuclear Responsibility», 26 p. ().

Goldman M. 1996. Cancer risk of low-level exposure. »Science». Vol. 271, March 29. pp. 1821-1823.

- Goldsmith J.R., Kordysh E. 1998.** Evidence of Excess Bone Cancer in the Vicinity of U.S. and U.K. Nuclear Installations. In: I. Schmitz-Feuerhake, M. Schmidt (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop, University of Portsmouth, 9-12 July 1996, Portsmouth, England. Ges. fur Strahlenschutz, Berlin, pp. 228 - 235.
- Goncharova R.I. 2000.** Remote Consequences of the Chernobyl Disaster: Assessment after 13 Years. In: E.B. Burlakova (Ed.). Low Doses of Radiation: Are They Dangerous? «NOVA Science», pp. 289–314.
- Goncharova R.I., Smolich I.I. 1998.** Chronic irradiation over many generations induces cytogenetic effects in populations of small mammals. Proc. Int. Conf. «Agricul. Biotechnol.», December 14 – 17, Gorki, pp. 216 – 219.
- Gould J.M. 1996.** The Enemy Within. The High Cost of Living Near Nuclear Reactors. N.Y.- L., «Four Walls Eight Windows», 346 pp.
- Gould J.M. 2000.** A Note on Karl Morgan, John Gofman, Andrei Sakharov, and Ernest Sternglass (www.radiation.org/nuclink.html) <).
- Gould J.M., Sternglass E. 1989.** Low-level radiation and mortality. »Chemtech», № 1, pp. 18.
- Gould J.M., Sternglass E.J., Sherman J.D., et al. 2000.** Strontium-90 in Deciduous Teeth as a Factor in Early Childhood Cancer. Int. J. Health Services, vol.30, #3, pp. 515 - 539.
- Grahn D. 1970.** Biological Effects of Protracted Low-Dose Irradiations of Mans and Animals. In: R.J.M. Fry, D. Grahn, M.L. Frein., J.H. Rust (Eds.) «Late Effect of Radiation». L., «Taylor and Francis», pp. 101-138 (цит. по: Москалев, Стрельцов, 1987).
- Green P. 1990.** Low-level radiation: Questions and answers (цит. по: Aubrey C., Grunberg D., Hildyard N. 1990. (Eds.) Nuclear Power: Shut it down: An information pack on nuclear power and the alternatives. L., vol. 1), pp. , pp.53—81.
- Green P. 1991.** Permitting unacceptable risks: the new international commission on radiological protection radiation safety standards: 7th Int. Standing Conf. on Low Level Radiation and Health, 22-23 June, Bristol, 11 p.
- Hamilton T., Seagars D., Jokela T., Layton D. 1999.** 137Cs and 210Po in Pacific walrus and Bearded Seal from St. Lawrence Island (Alaska): a case study: In: P. Strand, T. Joble (Eds.). The 4th Int. Conf. «On Environ. Radioact. in the Arctic». Edinburgh, Scotland, 20-23 September 1999, Extended Abstracts, Norwegian Radiation Protection Authority, Norway, pp. 227-229.
- Harjulehto T., Aro T., Rita H. et al. 1989.** The accident at Chernobyl and outcome of pregnancy in Finland. «Brit. Med. J.», vol. 298, pp. 995—997.
- Hatch M.C., Beyea J., Sussar M. 1990.** Cancer near the Three Mile Island Nuclear Plant: radiation emission. «Am. J. Epidem.», vol. 132, pp. 397–412.
- Hatch O.G. 2000.** Statement of Sen. Orrin G. Hatch before the United State Senate June 28, 2000. Radiation Exposure Compensation Act Amendments of 2000.
- Heasman M.A., Kemp I.W., Urquhart J.D., Black R. 1986.** Childhood leukemia in northern Scotland [letter]. «Lancet», February 1, № 1, p. 266.
- Hei T.K. et al. 1997.** Mutagenic Effect of a Single and an Exact Number of Alpha Particles in Mammalian Cells. «Proc. Nat. Acad. Sci. (USA)», vol. 94, pp. 3765 – 3770.
- Heimers A., Dannheim B., Grell-Buchtmann I., et al. 1998.** Chromosome aberration analysis in persons living in the vicinity of the Nuclear Power Plant Krummel. In: Schmitz-Feuerhake I., Schmidt M (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop German Society for Radiation Protection, University of Portsmouth, 9–12 July, 1996, Portsmouth, England, Berlin, pp. 212-215.
- Henshaw, D.L., Fewes A., Keitch P., et al. 1999** Increased Exposure to Pollutant Aerosols under High Voltage Power Cables. «Int. J. Rad. Biol.», vol. 75, № 12, pp. 1505- 1521.
- Hoffman W. 1998a.** Review and discussion of epidemiologic evidence for childhood leukemia clusters in Germany. In: Schmitz-Feuerhake I., Schmidt M (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop German Society for Radiation Protection, University of Portsmouth, 9 – 12 July, 1996, Portsmouth, England., Berlin, pp. 86–117.
- Hoffman W. 1998b.** Epidemiologic Evaluation of Leukemia Incidence in Children and Adults in the Vicinity of the Nuclear Power Plant Krummel (KKK). In: Schmitz-Feuerhake I., Schmidt M (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop German Society for Radiation Protection, University of Portsmouth, 9–12 July, 1996, Portsmouth, England., Berlin, pp. 237-250.
- Hoffman W., Kuni H., Ziggel H. 1996.** Leukemia and lymphoma mortality in the vicinity of nuclear power stations in Japan 1973 – 1987 (letter). «J. Rad.. Protect.», vol. 26, № 3, pp. 213 – 215.
- Hoffmann W, Dieckmann H, Schmitz-Feuerhake I. 1997.** A cluster of childhood leukemia near a nuclear reactor in northern Germany. «Arch. Environ. Health», vol. 52, № 4, pp. 275-280.
- Hu Meidong. 2001.** Two in hospital after radioactive accident. «China Daily», October, 26 (www.chinadaily.com.cn).
- IAEA, 1992.** Intern. Atomic Energy Agency (IAEA) Technical Report (цит. по: Linslay, 1996).
- IARC..., 1994.** Studing group on cancer risk among nuclear industry workers. «Lancet». № 344, pp. 1039-1043.
- Ito A. 1999.** Long Term Health Effect of Radioactive Contamination. Proc. 2nd ISTC/SAC Seminar «Large Scale Area Remediation». VNIITF, Snezhinsk, 21-25 June , 1999, Sec.1, pp. 69-75.
- Ivanov V.K., Tsyb A.F., Nilova E.V. 1997.** Cancer risks in the Kaluga oblast of the Russian Federation 10 years after the Chernobyl accident. «Rad. Environ. Biophys.», pp. 36: 161-167.
- Iwasaki T., Nishizawa K., Murata M. 1995.** Leukemia and lymphoma mortality in the vicinity of nuclear power stations in Japan 1973–1987. «J. Rad. Protect.», vol. 25, № 4, pp. 271 – 288 .
- Jablson S., Hrubec Zd., Boice J.D. 1991.** Cancer in populations living near nuclear facilities. «J. Amer. Med. Assoc.», vol. 265, № 11, pp. 1403- 1408.
- Jones N. 2001** Chernobyl's Children. «New Scientist», May 9 (<http://ads.guardianunlimited.co.uk/international/story/0,3604,487861,00.htm>).
- Kaletsch U., Haaf G., Kaatsch P., et al. 1995.** Fallkontrollstudie zu den Ursachen von Leukamie bei Kindern in Niedersachsen. Inst. Fur Medizinische Statistik und Dokumentation, Johannes Gutenberg-Universitat Mainz (цит. по: Schmitz-Feuerhake, Zigel, 1998).
- Khmara et al. 1993.** гл. 2 с 16 (лимфоциты Беларусь)
- Kimber B.F. 1998.** Prenatal irradiation: a major concern for the developing brain. «Int. J. Rad. Biol.», vol. 73, №. 4, pp. 423 – 434.
- Knight D. 2000.** Infant mortality rates drop around five US nuclear power reactors after reactors closed (www.geocities.com/mothersalert/infant.html).
- Kochupillai N., Verma I.C., Glewal V.S.? Ramalingaswami V. 1976.** Down's Syndrome and Related Abnormalities in an Area of High Background Radiation in Coastal Kerala. «Nature», vol. 262, pp. 60-61.
- Kohnlein W. 1997.** Risk Estimates of Low-Level Ionizing Radiation., 13 July (www.belinda/autoray.com).
- Kohnlein W., Nussbaum R.H. 1998.** Inconsistencies and Open Questions Regarding Low-Dose Health Effects of Ionizing Radiation. In: Schmitz-Feuerhake I., Schmidt M (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop German Society for Radiation Protection, University of Portsmouth, 9 – 12 July, 1996, Portsmouth, England., Berlin, pp. 63–83.
- Kondo S. 1993.** Health Effects of Low-Level Radiation. Osaka, «Kinki Univ. Press», 213 p. (цит. по: Рябухин, 2000).
- Korblein A. 2001a.** Infant Mortality in Germany and Poland Following the Chernobyl Accident. Abstr. 3rd Inter. Conf. «Health Effects of the Chernobyl Accident: Results of the 15-year Follow-Up Studies», 4–6 June, 2001, Kiev, Ukraine. «Int. J. Rad. Med.», Special Issue, Vol 3, No. 1 - 2, p.63.
- Korblein A. 2001b.** Malformation in Bavaria following the Chernobyl Accident. Abstr.3rd Int. Conf. «Health Effects of the Chernobyl Accident: Results of the 15-year Follow-Up Studies», 4–6 June, 2001, Kiev, Ukraine. «Int. J. Rad. Med.», Special Issue, Vol. 3, No. 1 -2, pp. 63-64.
- Korblein A., Kuchenhoff H. 1997.** Perinatal Mortality in Germany following the Chernobyl accident. »Rad. and Envir. Biophysics», vol. 36, № 1, pp. 3-7.
- Korblein A., Hoffman W. 2000.** Childhood Cancer in the Vicinity of German Nuclear Power Plants. (www.geocities.com/mothersalert/childrencancer.html).
- Korblein A., Kuchenhoff H. 2001.** Perinatal mortality in Germany following the Chernobyl accident. In: Т.В. Черноокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник, Матер. VIII Межд. научно-практ. конф. «Экология человека в постчернобыльский период», 4–6 октября 2000 г. Минск,

Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 49-53.

Kovalev E.E., Smirnova O.A. 1996. Estimation of radiation risk based on the concept of individual variability of radiosensitivity. AFRRI Contact Report № 96—I. Bethesda, V + 202 p.

Kulakov V.I., Sokur A.L. Volobuev A.L. et al. 1993. Female reproductive function in areas affected by radiation after the Chernobyl power station accident. »Environ. Health Perspect.«. Suppl., Vol. 101, pp. 117-123.

Kuni H. 1998. A Cluster of Childhood Leukaemia in the Vicinity of the German Research Reactor Julich. In: I. Schmitz-Feuerhake, M. Schmidt (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop, University of Portsmouth, 9-12 July 1996, Portsmouth, England. Ges. Fur Strahlenschutz, Berlin, pp. 251-257.

Larsen P.R., Canard R.A., Knudsen K. 1982. Thyroid hypofunction after exposure to fallout from hydrogen bomb explosion. «J. Am. Med. Assoc.», vol. 247, p. 1571 (цит. по: Пачини и др., 1999).

Lebedinsky V., Grigoriev U.G., Demirchoglyan G.G. 1958. The biological effect of small doses of ionizing radiation. Proc. 2nd UN Int. Conf. On peaceful Use of Atomic Energy. Vol. 2, «Biological Effects of Radiation», 26, N.Y., «UN Publ.» (цит. по: Мельнов, 2001).

Licharev I.A., Kovgan I.N. 1999. General structure of Chernobyl exposure sources and doses of Ukrainian population. «Int. J. Rad. Med.», vol.1, № 1, pp. 29 – 38.

Linsley G. 1996. Protection of the natural environment and internationally accepted practice. Proc. Int. Symp. on Ionizing Radiation, Stockholm, May 20 – 24, 1996. vol. 1, pp. 27 – 35.

Livingston G.K., Jensen R.H., Silberstein E.B., et al. 1997. Radiobiological evaluation of immigrants from the vicinity of Chernobyl. «Int. J. Rad. Biol.», vol. 72, № 6, pp. 703 – 713.

Ljaginskaja A.M., Osipov V.A. 1995. Comparison of estimation of reproductive health of population from contaminated territories of Bryansk and Ryazan regions of the Russian Federation. Thesis Int. Conf. «Radioecological, Medical and Socio-economical Consequences of the Chernobyl Accident. Rehabilitation of Territories and Populations», M., p. 91.

Ljaginskaja A.M., Izhevskij P.V., Golovko O.V., 1996. The estimate reproductive health status of population exposed in low doses in result of Chernobyl disaster. Proc. of the Int. Congr. on Rad. Protect., vol. 2, pp. 62–67.

Lloyd D.C., Edwards A.A., Leonard A. et al. 1988. «Int. J. Rad. Biol.», vol. 53, pp. 49-55 (цит.по: Рябухин, 2000).

Loganovskaja T.K., Loganovsky K.N. 1999. EEG, cognitive and psychopathological abnormalities in children irradiated in utero. «Int. J. Psychophysiol.», vol. 34, № 2, pp. 213–224.

Loganovsky K.N., Loganovskaja T.K. 2000. At Issue: Schizophrenia Spectrum Disorders in Person Exposed to Ionizing Radiation as a Result of the Chernobyl Accident. «Schizophrenia Bulletin», vol. 26, № 4, pp. 751–773.

Loomis D.P., Wolfe S.Y. 1996. Mortality of Workers at a Nuclear Materials Production Plant at Oak Ridge, Tennessee, 1947 – 1990. «Am. J. Med.», Vol. 29, pp. 131-141.

Lukic B., Bazjaktarovic N., Todorovic N. et al. 1988. Dynamics of appering of chromosomal aberrations in newborn during last ten years. XI Europ. Congr. Perinatal Med., Rome: «CIC Ed. Intern.

Makhijani A., H. Hu, K. Yih. 1995. Nuclear Wastelands: A Global Guide to Nuclear Weapons Production and Its Health and Environmental Effects. Cambridge, Mass. «MIT Press», XXIV + 666 p.

Mangano J. 1996. Chernobyl and hypothyroidism. «Lancet», vol. 347, pp. 1482 –1483.

Mangano J. 1997. Childhood leukemia in US may have risen due to fallout from Chernobyl. «Brit. Med. J.», vol. 314, p. 1200.

Mangano J. 2000. Improvements in local infant health after nuclear power reactor closing. «Environ. Epidemiol. & Toxicol.», vol. 2, # 1, pp. 32 - 36.

Marples D.R. 1996. The decade of despair. »Bull. Atomic Sci.», May / June, pp. 22-31.

McGregor D. 2001. Rethinking nuclear power. «The New American», vol.17, № 9, April 23, 3.

Mercury...1994. Mercury intensifies genetic damage caused by radiation. «Sci. and Eng.», October 24, p. 23.

Michaelis J., Keller B., Haaf G., Kaatsch P. 1992. Incidence of childhood malignancies in the vicinity of West German nuclear power plants. «Cancer Causes Control», vol. 3, pp. 255 – 263.

Miller R.W., Mulvihill J.J. 1976. Small head size after atomic irradiation. «Teratology», vol. 14, p.

355 (цит. по: Мельнов, 2001)

Mocan M., Mazlum Furtun. 1990. Changing incidence of anencephaly in the eastern Black Sea region of Turkey and Chernobyl. «Pediat. Perinatal. Epidemiol.», vol. 4, pp. 264-268.

Montague P. 1991. Danger of Low-Level Radiation. «Rachel's Environment & Health Week», № 244, July 31, pp. 1-3.

Morgan K.Z., Tipton J.H., Cook M.J. 1958. A summary of data that was used in the revision of the internal dose recommendations of the International Commission on Radiological Protection. (Цит. по: Сивинцев, 1960, с. 85).

Morgenstern H., Froines J., Ritz B., Young B. 1997. Epidemiologic Study to Determine Possible Adverse Effects to Rocketdymne. Atomics International Workers from Exposure to Ionizing Radiation. Final Report. The Public Health Institute, Berkeley, MS, 113 p.

Morris M.S., Knorr R.S. 1996. Adult leukemia and proximity-based surrogates for exposure to Pilgrim Plant's nuclear emissions. «Arch. Environ. Health», vol. 51, № 4, pp. 266-274.

Murphree R.L., Graves R.V. 1969. Effect of dose rate on prenatally irradiated lambs. In: Sikov M.R., Mahlum D.D. (Eds.). Radiation Biology of the Fetal and Juvenile Mammals. Washington, DC, US Atomic Energy Comm.(AEC), Divis. of Technical Inform., pp. 243 – 250.

Neta R. 1992. Radiation Effects on Immune System. In: «Immunological Encyclopedia», L., pp. 1298-1301.

Nussbaum R., Kuhnlein W. 1994. Inconsistencies and open questions regarding low-dose health effects of ionizing radiation. «Environ. Health Perspect.», vol. 102, pp. 656-667.

OCHA. 2000. Chernobyl, an ongoing catastrophe. United Nation Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA), UN Publ., N.Y. and Geneva (цит. по: Fernex, 2001).

Oftedal P. 1991. Biological Low Dose Radiation Effects. «Mutat. Res.», vol. 258, # 2, pp. 191 – 205.

Ozhu E. 1965. Effect of low dose X-irradiation on early mouse embryos. «Rad. Res.», vol.26, p. 107. (цит. по: Мельнов, 2001)

Okeanov N.N., Yakimovich A.V. 1999. Incidence of malignant neoplasms in population of Gomel Region following the Chernobyl Accident. «Int. J. Rad. Med.», vol. 1, № 1, pp. 49-54.

Osipova L.P., Ponomareva A.V., Scherbov B.L. et al., 2000. Impact of Irradiation on the Tundra Nentsi Population in Purovsk District YNAO. Abstracts Int. conf. «Modern Problems of Radiobiology, Radioecology and Evolution» September 6-9, Dubna, p. 140.

Our ..., 2001. Our View: Mangano study provides lessons in flawed science. «The Oak Ridger», August 28.

Parson P. 2001. Controversial cancer study resurfacing locally. «The Oak Reager», August 27.

Pearce D. 1993. Economic Value and Natural World

Peterson K. 1994. The Angry Genie: One Man's Walk through the Nuclear Age. «The University of Oklahoma Press» (цит. по: J. Gould, in litt.)

Petin V.G., Berdnikova I.P. 1979. Effect of elevated temperatures on the radiation sensitivity of yeast cells of different species. «Rad. Environ. Biophys.», vol. 16, № 1, pp. 49-61.

Petin V.S., Komarov V.P., Skvortzov V.G. 1980. Combined action of ultrasound and ionizing radiation on yeast cells. «Rad. Environ. Biophys.», vol. 18, № 1, pp. 45-55.

Petin V.G., Berdnikova I.P. 1981. Responses of yeast cells to heat applied alone or combined with gamma-rays. «Int. J. Rad. Biol.», vol. 39, № 3, pp. 281-290.

Petridou E., Trichopoulos D., Dessypris N. et al. 1996. Infant leukemia after in utero exposure to radiation from Chernobyl. «Nature», vol. 382, pp. 352 – 353.

Petrushkina N.P., Koshurnikova N.A., Kabirova N.P., et al., 1999. Children Registry and Death Rates in Young Population of the Cities of Ozyorsk and Snezhinsk. Proc.2nd ISTC/SAC Seminar «Large Scale Area Remediation», Snezhinsk, 21-24 June, VNIITF, vol. 3, pp. 46-49.

Playford K., Levis G.N.J., Carpenter R.C. 1992. Radioactive Fallout in Air and Rain: Results to the End of 1990. Atomic Energy Authority Report № EE-0362; DOE/RAS/82.015, L., HMSO.

Pobel D., Viel J-F. 1997. Case-control study of leukemia among young people near LaHague nuclear reprocessing plant: The environmental hypothesis revisited. «Brit. Med. J.», vol. 314, pp. 101-106.

Polf-Ruling J., Fisxher P., Haas O. et al. 1983. «Mutat. Res.», v. 110, pp. 71-82 (цит. по: Рябухин, 2000).

Poston T., Clopper D. 1988. Concentration factors used in the assessment of radiation dose to consumer

of fishes: a review of 27 radionuclides. «Health Physics», vol. 55, pp. 751 - 766.

Preston R.J. 1980. The effect of cytosine arabinoside on the frequency of X-ray-induced chromosome aberrations in normal human leukocytes. «Mutat. Res.», vol. 69, pp. 71-79.

Preston-Martin S., Thomas D.C., Yu M.C., Henderson B.E. 1989. «Brit. J. Cancer» (цит. по: Рябухин, 2000).

Principles..., 1993. Principles for intervention for protection of the public in a radiological emergency. «Ann. Int. Comm. Rad. Protect.», vol. 22, № 4. (цит. по: Кейрим-Маркус, 1995. с. 46).

Prindull G., Demuth M., Wehinger H. 1993. Cancer morbidity rates of children from the vicinity of the nuclear power plant of Wurgassen (FRG). «Acta Haematol», vol. 90, pp. 90- 93.

Radford T. 1993. N-plant zinc «may affect prostate». «Guardian», November 26, p. 7.

Redford T. 1996. Chernobyl affects children's genes. »Guardian», April 25, p. 7.

Radiation..., 1989. Radiation and health. Radiation sickness in South Korean village. «WISE News Communiqué», № 137, September 8 .

Radioactivity..., 1989. Radioactivity in North European Waters: Report of Working Group 2 of CEC Project MARINA. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Lowestoft, UK.

Reactors ... 2000. Reactors Linked to Cancer in St. Lucie. March 29

Reuters. 2000. Post-Soviet Belarus has been plunged into a demographic disaster. Minsk. March 1.

Reuters. 2001. French Prosecutor Orders Chernobyl Sickness Probe. (<http://news.excite.com/news/r/010716/17/health-french;Mo July 16 5:19 P>).

Reynolds M.C., Brannen J.P. 1973. Thermal enhancement of radiosterilization. In: «Radiation Preservation of Food», Vienna, «IAEA», pp.165-176.

Richardson D.B., Wing S. 1998. Evidence of Increasing Sensitivity to Radiation at Older Ages Among Workers at Oak Ridge National Laboratory. In: I. Schmitz-Feuerhake, M. Schmidt (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop, University of Portsmouth, 9-12 July 1996, Portsmouth, England. Ges. fur Strahlenschutz, Berlin, pp. 150 - 152.

Richardson D., Wing S. 1999. Radiation and Mortality of Workers at Oak Ridge National Laboratory: Positive Association for Doses Received at Older Ages. «Environ. Health Perspect.», vol. 107, August, p. 8 (цит. по: R. Alvarez. 2001).

Rickover J. 1998. (www.geocities.com/motheralert/rickover.html).

Rissanen K., Pempkowiak J., Ikaheimonen T.K. et al. 1999. ¹³⁷Cs, ^{239,240}Pu, ⁹⁰Sr and selected metal concentrations in organs of Greenland seal pups in the White Sea areas. In: P. Strand, T. Joble (Eds.). Extend. Abstr. The 4th Int. Conf. «On Environ. Radioact. in the Arctic». Edinburgh, Scotland 20-23 September 1999. Norwegian Radiation Protection Authority, Norway, pp. 186-189.

Rogers P. 2001. Nuclear plant study reveals cancer cluster. «The Sunday Times». April 29.

Roman E., Beral V., Carpenter L., et al. 1987. Childhood leukemia in the West Berkshire and Basingstoke and North Hampshire District Health authorities in relation to nuclear establishments in the vicinity. «Brit. Med. J.», vol. 294, pp. 597-602 .

Romanenko A. Lee C., Yamamoto S. et al. 1999. Urinary bladder lesions after the Chernobyl accident: immunohistochemical assessment of proliferating cell nuclear antigen, cyclin D1 and waf1/Cip. «Japan J. Cancer Res.», vol. 90, pp. 144-153 (цит. по: Уровни облучения..., 2000).

Ron E., Modan B., Preston D. et al. 1989. «Rad. Res.», vol. 120, pp. 516-531 (цит. по: Рябухин, 2000).

Ryan T.P., Dahlgard H., Dawdall A.M., at al., 1999. The uptake of plutonium by some marine invertebrates in a contaminated zone of Bylot Sound, Thule, northern Greenland. In: P. Strand, T. Joble (Eds.). Extend. Abstr. The 4th Int. Conf. on Environ. Radioact. in the Arctic. Edinburgh, Scotland 20-23 September 1999. Norwegian Radiation Protection Authority, Norway, pp. 74-76.

Sailor W.C., Bodansky D., Brown Ch., et al. 2000. A Nuclear solution to Climate Change, vol. 288, 19 May pp. 1177 -1178.

Savchenko V.K. 1995. The Ecology of the Chernobyl Catastrophe. Paris, «UNESCO», 324 p.

Scherb H., Weigelt E., Bruske-Hohlfeld I. 2001. European stillbirth proportions before and after the Chernobyl accident. In: T.B. Белоокая (Ред.). Экологическая антропология. Ежегодник. Материалы VIII Межд.научн.-практ. конф. «Экология человека в постчернобыльский период», 4-6 октября 2000 г. Минск, Белорусский комитет «Дзеці Чарнобыля», сс. 53-57.

Schmidt M., Schmitz-Feuerhake I., Ziggel H. 1997. Evaluation on nuclear reactor releases by environmental radioactivity in a German region of elevated leukemia in children and adults. In: Schmitz-Feuerhake I., Schmidt M (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop German Society for Radiation Protection, University of Portsmouth, 9-12 July, 1996, Portsmouth, England., Berlin, pp. 343 - 349.

Schmitz-Feuerhake I., Boetticher H., Dannheim B., et al. 1993. Strahlenbelastung durch Runtgendiagnostik bei Leukämie-fällen in Sittensen im Landkreis Rotenburg/ Wümme. In: Lengfelder E, Wendhausen H, (Ed.). Neue Bewertung des Strahlenrisikos: Niedrigdosis-strahlung und Gesundheit. München: MMV Medizin-Verlag, pp. 93-101.

Schmitz-Feuerhake I., Ziggel H., 1998. Dose-Effect Considerations for Childhood Leucaemia in Populations with Repeated Low Dose Exposures. In: **Schmitz-Feuerhake I., Schmidt M** (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop German Society for Radiation Protection, University of Portsmouth, 9-12 July, 1996, Portsmouth, England., Berlin, pp. 184-190.

Schneider K. 1990. Scientist who managed to «shock the world» on atomic worker health. «New York Times». May 3, p. A20.

Schull W.J., Nell J.V., Hashizume A. 1968. Some further observations on the sex ratio among infants born to survivors of the atomic bombings of Hiroshima and Nagasaki. «Am. J. Hum. Genet.», vol. 18, pp. 328-338.

Schull W.J., Otake M. 1991. Future studies of the prenatal exposed survivors. «J. Radiat. Res.», Suppl., pp. 385-393.

Semagin V.N. 1964. Higher nervous activity of adult rats irradiated daily with X-rays during the embryonic period. US Atomic Energy Comm. Translation (AEC-TR-5553)-7-103, Oak Ridge, TN (цит. по: Мельнов, 2001).

Sheer J., Luning K., Schmidt M., Ziggel H. 1989. Low level radiation: Early infant mortality in West Germany before and after Chernobyl. «Lancet», № 46, pp. 1081-1082.

Sherman J.D. 2000 (1999). Life's Delicate Balance. Causes and Prevention of Breast Cancer. «Taylor and Francis» L., XII + 273 p.

Shimizu Y., Kato H., Schull W.J. 1990. Studies of the mortality of A-bomb survivors. Mortality 1950-1985: Part 2. Cancer mortality based on the recently revised doses (DS86). «Rad. Res.», vol. 121, № 2, pp. 120- 141.

Shimizu Y., Kato H., Schull W.J., Mabuchi K. 1992. Dose response analysis of atomic bomb survivors exposed to low level radiation. RERF Update, vol. 4, № 3, 2 3 (cit. after: W. Kohnlein, R.H. Nussbaum. 1998. Inconsistencies and Open Questions Regarding Low-Dose Health Effects of Ionizing Radiation. In: I. Schmitz-Feuerhake, M. Schmidt (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop, University of Portsmouth, 9-12 July 1996, Portsmouth, England. Ges. fur Strahlenschutz, Berlin, pp. 63-83.

Shu O.X., Robinson L.L. 1998. Parental Pre-Conception Diagnostic X-Ray Exposure and Risk of Childhood Leukemia. In: I. Schmitz-Feuerhake, M. Schmidt (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop, University of Portsmouth, 9-12 July 1996, Portsmouth, England. Ges. fur Strahlenschutz, Berlin, pp. 170 - 183.

Shulman S. 1990. Cancer around nuclear plants. «Nature», October 18, vol. 347, p. 604.

Sinclair W. K., Morton R. A. 1966. X-ray Sensitivity during the Cell Generation Cycle of Culture Chinese Hamster Cells. «Rad. Res.», vol. 29, pp. 450-474 .

Sokolov E., Krivolutsky D.A. 1998. Change in ecology and biodiversity after a nuclear disaster in the Southern Urals. Sofia, «Pensoft», 228 p.

Spitkovsky D.M. 1993. Conception of law dose effect on cell and interpretation of medical and biological irradiation consequences. «Rad. Biol. Ecol.», № 33, pp. 29-40.

Stather J., Muirhead C., Cox R. 1995. Radiation Induced Cancer at Low Doses and Low Dose Rates. «Rad. Protect. Bull.», # 167, pp. 8 - 12.

Stein B. 1998. Krebsmortalität von Kindern unter 15 Jahren, Sduglingssterblichkeit und Tot-geburtenrate in der Umgebung des AKW Lingen. Berlin: Arbeitsgruppe Umweltschutz, Berlin, «E.V., Eigenverlag» (цит. по : Korblein, Hoffman, 2000).

- Steiners M., Burkart W., Groscher B., et al. 1998.** Trends in infant leukaemia in West Germany in relation to in utero exposure due to the Chernobyl accident. «Rad. Environ. Bioph.», vol. 37, # 2, pp. 87-94.
- Sternglass E.J., Gould J.M. 1993.** Breast cancer: Evidence for a relation to fission products in the Diet. «Int. J. Health Serv.», vol. 23, № 4, pp. 783-904.
- Stewart A. 1998.** Fifty Years of Studying A-Bomb Survivors. In: I. Schmitz-Feuerhake, M. Schmidt (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop, University of Portsmouth, 9-12 July 1996, Portsmouth, England. Ges. fur Strahlenschutz, Berlin, pp. 12-19.
- Stewart A. 2000a.** A-bomb Data Wrongly Interpreted. «New Scientist», 5 August.
- Stewart A. 2000b.** A bomb survivors: factors that may lead to a re-assessment of the radiation hazard. «Int. J. Epidemiol.», vol. 29, № 4, 4 August (www.mothersalert.org/stewart.html).
- Stewart A.M., Gilman E.A., Kneale G.W. 1970.** Radiation dose effects in relation to obstetric X-ray and childhood cancer. «Lancet», № 2, pp. 1185-1188.
- Stewart A. M., Kneale G. W. 1993.** A-bomb survivors: further evidence of late effects of early deaths. «Health Physics», vol. 64, № 5, pp. 467-472.
- Stewart A. M., Kneale G. W. 1994.** Mortality Experiences of A-Bomb Survivors. «Bull. Atomic Sci.», № 5, pp. 62-63.
- Stokke T., Oftedal P., Pappas A. 1968.** Effects of Radioactive Strontium on the Rate Bone Marrow. «Acta Radiol.», vol. 7, pp. 321-329.
- Streffer C., Tanooka H. 1996.** Biological effects after small radiation doses. «Int. J. Rad. Biol.» Vol. 69, № 2, pp. 269-272.
- Study 1997.** Study to Estimate Iodine (I-131) Doses from Nuclear Fallout. Updated 10/1/97. National Cancer Institute ()
- Sumner D., Weldon T., Watson W. 1991.** Radiation risks: An evaluation. 3rd ed. Glasgow, «Tarragon», VII+220 p.
- Thompson P.-A. 1996.** Protection of the Environment from the operation of Nuclear Facilities: Proposed Canadian Approach to the Development of Guidelines. Proc. Int. Symp. on Ionizing Radiation, Stockholm, May 20-24, vol.1, pp. 319-325.
- Timofeeff-Ressovsky N.W., Zimmer K.G., Delbruk M. 1935.** Über die Natur der Genmutation und der Genstruktur. Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Biologie, Neue Folge, Bd. 1, № 13, pp. 189-245.
- Trapeznikov A., Aarkrog A., Pozolotina V., et al. 1999.** Migration of long-lived radionuclides in the river and flood plain ecosystems of the Ob-Irtysh basin, subject of the MAYK influence. In: P. Strand, T. Joble (Eds.). The 4th Int. Conf. «On Environ. Radioact. in the Arctic». Edinburgh, Scotland 20-23 September 1999, Extended Abstracts, Norwegian Radiation Protection Authority, Norway, pp. 246-249.
- Trichopoulos D., Zavitsanos X., Koutis C. et al. 1987. The victims of Chernobyl in Greece: Induced abortions after the accident. «Brit. Med. J.», vol. 295. p. 1100.
- Trujillo R., Dugan V.L. 1972.** Synergistic inactivation of viruses by heat and ionizing radiation. «Biophys. J.», vol. 12, pp. 92-113.
- Tsavachidis K., Pietzsch W., Huber O. 1981.** Ermittlung der Häufigkeit von röntgendiagnostischen Untersuchungen in der Bundesrepublik Deutschland. Inst. Fur Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes. STH Bericht 7, Berlin, «Dietrich Reimer-Verlag» (цит. по: Schmitz-Feuerhake, Ziggel. 1998).
- UNSCEAR, 1986.** Genetic and Somatic Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) Report. United Nations, NY, 366 p.
- UNSCEAR, 2000.** Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) Report. United Nations, N-Y.
- Upton A.C., Shore R.E., Harley N.H. 1992.** The health effects of low level ionizing radiation. «Ann. Rev. Publ. Health», vol. 13, pp. 127-150 (цит. по: W. Kohnlein, R.H. Nussbaum. 1998).
- Veil J.F., Richardson S.T. 1990** Childhood Leukemia around the La Hague Nuclear Waste Reprocessing Plant. »Brit. Med. J.», vol. 300, pp. 580-581.
- Veil J.-F., Poubel D., Carre A. 1995.** Incidence of leukemia in young people around the La Hague nuclear waste reprocessing plant: A sensitivity analysis. «Statistics in Medicine», vol. 14, pp. 2459-2472.
- Volpe P., Parasassi T., Sapora O., et al. 1999.** Influence of low doses of radiation on the DNA double helix, gene expression and membranal state. «Int. J. Rad. Med.», Vol. 1, № 1, pp. 78-89.
- Wadman M. 1997.** NCI apologizes. «Nature», vol. 389, № 6651, p. 534.
- Wald M. 2001.** The Frequent Flier and Radiation Risk. «The New York Times», June 12, Science News.
- Waxweiler R.J. 1987.** Mortality Among Plutonium and other Radiation Workers at a Plutonium Weapons Facility. «Am. J. Epidemiol.», vol. 125, № 2 (цит. по: Alvarez, 2001).
- Wesley J.P. 1960.** Background radiation as a cause of fatal congenital malformation. «Int. J. Rad. Biol.», vol. 2, № 1, p. 97-118.
- Whyte R.K. 1992.** First Day neonatal mortality since 1935: re-examination of the cross hypothesis. «Brit. Med. J.», vol. 304, pp. 343-346.
- Wiggs L.D., Johnson E.R., Cox-DeVore C.A., Voeltz G.L. 1994.** Mortality through 1990 among White Male Workers at the Los Alamos National Laboratory: Considering Exposures to Plutonium and External Ionizing Radiation. «Health Physics», vol. 67, № 6, pp. 557-586.
- Wing S., Shy K.M., Wood J.L., Wolf S., Cragle D., Frome E.L. 1991.** Mortality among workers at Oak Ridge National Laboratory: Evidence of Radiation Effect in Follow-up through 1984. «J. Amer. Med. Assoc.», vol. 265, March 20, № 11, pp. 1397-1402.
- Wing S., Richardson D., Armstrong D., Crawford-Brown D. 1997.** A reevaluation of cancer incidence near the Three Mile Island Nuclear Plant: The Collision of Evidence and Assumptions. «Environ. Health Perspect.», vol. 105, № 1, pp. 52-57.
- Wing S., Richardson D., Armstrong D., Crawford-Brown D. 1998.** A Re-Analysis of Cancer Incidence near the Three Mile Island Nuclear Plant. In: I. Schmitz-Feuerhake, M. Schmidt (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop, University of Portsmouth, 9-12 July 1996, Portsmouth, England. Ges. fur Strahlenschutz, Berlin, pp. 165-169.
- Wing S., Richardson D., Wolf S., Crawford-Brown D.J., Mihlan G. 2000.** New Study Finds Multiple Mieloma Linked to Radiation Exposure of Nuclear Worker (www.gracelinks.org; 14 April)
- Wilkinson G.S., Teitjen G.L., Wiggs W.A., et al. 1987.** Mortality Among Plutonium and other Radiation Workers at a Plutonium Weapons Facility. «Am. J. Epidemiol.», vol. 125, #2 (цит. по: Alvarez, 2000).
- Yablokov A. V. 1974.** Variability of Mammals. Rev. Ed. Washington – New Delhi, «Smithsonian Institution – Amerind Publ.», XI+350 p.

Приложение 1.

И.А. Реформатский.

Об ионизирующих излучениях, дозах и дозиметрии

Ионизирующим излучением (радиацией) называют излучение, которое создается при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, торможении заряженных частиц в веществе, и образует при взаимодействии со средой ионы разных знаков, а также свободные радикалы и электроны, которые далее могут объединяться в ином порядке с образованием новых молекул, приводя к возникновению мутаций в молекулах ДНК и РНК.

Передача энергии ионизирующего излучения веществу происходит малыми дискретными порциями. В силу статистической природы излучения передача его энергии веществу представляет собой стохастический процесс, т.е. переданная энергия характеризуется вероятностным распределением и среднестатистическим значением.

Поток ионизирующих частиц представляет собой отношение их числа, проникающих через данную поверхность за единицу времени.

Поток энергии ионизирующего излучения, соответственно, выражается суммарной энергией всех частиц, проходящих через данную поверхность за единицу времени.

Интенсивность излучения называют произведение плотности потока (отношения числа частиц излучения к площади поперечного сечения сферы, в объем которой проникает частица) на суммарную энергию излучения.

Количественная оценка воздействующего на организм излучения первоначально определялась визуально по возникновению эритемы, т.е. по покраснению кожного покрова (как это происходит под воздействием ярких солнечных лучей или при термических ожогах). Позже для количественной оценки меры действия ионизирующего излучения, на облученное вещество, было введено понятие *поглощенной дозы*. Поглощенная доза является мерой энергии ионизирующего излучения, переданного веществу и выражается средней энергией излучения, отнесенной к единице массы облученного вещества.

Количественно эффект, вызываемый ионизирующим излучением в окружающей среде и получивший название *экспозиционной дозы*, представляет собой величину ионизации сухого воздуха при атмосферном давлении. Единицей измерения экспозиционной дозы D является *рентген* (Р). Первоначально считалось, что доза в 1 Р накапливается за 1 час на расстоянии 1 м от источника радия массой 1 г с радиоактивностью в 1 кюри. Радиоактивность (активность) – процесс самопроизвольного выделения энергии в результате распада ядра данного изотопа химического элемента в данный момент времени.

Активность выражается в единицах *кюри* (Ки), что приблизительно соответствует активности 1 г радия, находящегося в равновесии с продуктами его распада. $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}$ распадов в секунду. В международной системе СИ за единицу радиоактивности принят *беккерель* (Бк), равный 1 расп./сек. $1 \text{ Бк} = 0,3 \cdot 10^{-10} \text{ Ки}$. Доза 1 Р создает $2 \cdot 10^{10}$ пар ионов в 1 куб.см сухого воздуха при атмосферном давлении, что соответствует 0,11 эрг/см.

Наряду с экспозиционной дозой в дозиметрии рассматривается количество энергии, переданной от источника ионизирующего излучения облучаемому объекту. В этом случае дозу называют *поглощенной*. Единицей измерения поглощенной энергии первоначально был принят *рад*, представляющий собой аббревиатуру от английского выражения «radiation absorbed dose». $1 \text{ рад} = 100 \text{ эрг/г}$. В международной системе единиц СИ поглощенная энергия измеряется в *греях*. $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$ массы облучаемого объекта или 100 рад, а 1 рад соответственно равен 0,01 Гр.

В связи с тем, что эффект воздействия радиации на биологические объекты зависит от вида излучения (заряженных частиц, нейтронов, фотонов), было введено понятие качества излучения, характеризующее зависимость радиобиологического эффекта от линейной плотности ионизации, т.е. числа пар ионов, образующихся на единице пути в облучаемом веществе. Для количественной оценки данного эффекта принят *взвешивающий коэффициент*, отражающий относительную биологическую эффективность различных видов излучения, и равный отношению поглощенной дозы эталонного излучения, вызывающий определенный радиобиологический эффект, к дозе рассматриваемого излучения, вызывающего такой же биологический эффект.

Нормами радиационной безопасности НРБ-99 *взвешивающие коэффициенты* для различных видов излучения при расчете эквивалентной дозы (W) имеют следующие численные значения:

- фотоны и электроны любых энергий.....1;
- нейтроны с энергией менее 10 кэВ и более 20 МэВ, а также протоны с энергией более 2 МэВ.....5;
- нейтроны с энергией от 10 до 100 кэВ и от 2 до 20 МэВ.....10;
- нейтроны с энергией от 100 кэВ до 2 МэВ и более 20 МэВ, а также альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра.....20.

Введенное понятие позволяет выразить эквивалентную дозу как результат действия различных видов радиации на данный орган или ткань. Единицей эквивалентной дозы является так называемый *биологический эквивалент рада - бэр*. $1 \text{ бэр} = 1 \text{ рад}$.

Мерой риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности служит *доза эффективная*, представляющая сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты.

Единицей эффективной дозы в международной системе СИ является **Зиверт** (Зв). 1 Зв = 100 бэр.

Воздействие радиации может осуществляться как облучением от источника, находящегося вне организма, так и в результате проникновения через кожу, вдыхании или приема пищи и фиксирования (инкорпорирования) радионуклидов в различных органах и тканях. Время выведения половины поглощенной активности называется периодом биологического полувыведения, характерного для каждого радионуклида.

Таким образом, эквивалентная или эффективная доза, ожидаемая при внутреннем облучении, представляет собой дозу за время, прошедшее после поступления радиоактивных веществ в организм. При расчете эффективной дозы взвешивающие коэффициенты для тканей и органов представляют собой множители эквивалентной дозы в органах и тканях, используемые в радиационной защите для учета различной чувствительности разных органов и тканей в возникновении стохастических эффектов радиации. Ниже приводятся численные значения взвешивающих коэффициентов:

- семенники, яичники..... 0,20;
- костный мозг (красный), толстый кишечник, легкие, желудок.....0,12;
- мочевой пузырь, грудная железа, печень, пищевод, щитовидная железа.....0,05;
- кожа, клетки костных поверхностей.....0,01;
- надпочечники, головной мозг, экстракорокальный отдел органов дыхания и другие органы.....0,05.

При обсуждении вопросов радиационной безопасности часто используется понятие «**доза эффективная коллективная**», что представляет собой меру коллективного риска возникновения стохастических эффектов облучения. Она равна сумме индивидуальных доз и измеряется в **человеко-зивертах** (чел.-Зв). Детерминированные эффекты излучения, как это определяют НРБ-99, представляют собой клинически выявляемые биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого обязательный эффект у каждого облученного отсутствует, а выше - тяжесть эффекта зависит от дозы. Стохастические (вероятностные) эффекты излучения являются биологическими эффектами, не имеющими дозового порога возникновения, эффект которых проявляется с той или иной степенью вероятности (риска) у облученных особей.

Одним из главнейших эффектов облучения живой ткани является нарушение химических связей в белковых молекулах. Организм человека примерно на 75 % состоит из воды. К чему приводит облучение воды? Прежде всего, из молекулы воды выбивается электрон, превращая ее в неустойчивый ион H_2O^+ . Далее этот электрон может либо соединиться с образовавшимся положительно заряженным ионом, превратив его снова в нейтральную молекулу воды H_2O , либо с молекулой воды, образовав также неустойчивый от-

рицательно заряженный ион H_2O^- . Возможен и иной вариант: молекула воды разбивается на два радикала Н и ОН с высокой химической активностью, которые, взаимодействуя друг с другом или другими фрагментами первоначальных молекул воды, образуют молекулы сильного окислителя - перекиси водорода H_2O_2 , или, рекомбинируя, снова превращаются в обычную воду.

Возникающие при облучении воды в теле организма химически чрезвычайно активные продукты, воздействуя на белковые структуры, цепочки ДНК, хромосомы нарушают их естественное состояние, которые уничтожаются антителами, вырабатываемыми лейкоцитами (белыми кровяными клетками). Защищаясь от вредных продуктов, организм до некоторого предела способен увеличивать число лейкоцитов, что называется лейкоцитозом, однако при дальнейшем воздействии излучения образующиеся в избыточном количестве для борьбы с чужеродными белками, не успевают сформироваться, в результате чего наступает лейкоз или лейкемия, т.е. опухолевое системное поражение крови

К 60-м годам минувшего века выяснилось, что облучение может сказаться не сразу, а спустя несколько (иногда даже десятков) лет. Этот так называемый латентный (скрытый) период оказывается различным для разных видов рака, для нарушений кровообращения, шизофрении, катаракты и других заболеваний, связанных с воздействием радиации на живой организм.

Предел эффективной дозы для персонала составляет в соответствии с нормами НРБ-99 в среднем 20 мЗв для любых последовательных 5 лет, но не более 50 мЗв в год. Для населения эта величина равна соответственно за любые последовательные 5 лет 1 мЗв, но не более 5 мЗв в год.

Предел годового поступления (ПГП) является допустимым уровнем поступления данного радионуклида в организм в течение года, который, при монофакторном воздействии приводит к облучению «условного» человека ожидаемой дозой, равной соответствующему пределу годовой дозы. Численные значения ПГП зависят от свойств радионуклидов, приведено в таблицах НРБ-99.

Исследования воздействия малых доз на живые организмы, выполненные как в нашей стране, так и за рубежом, неоднозначны. Так, по свидетельству А.М.Кузина облучение дозой в 5-10 рад (0,05- 0,1 Гр) стимулирует размножение клеток, интенсивность синтеза ДНК возрастает на 38-39%, однако при дозе в 0,3 Гр и выше наблюдается угнетение митозов в клетках. Яйценоскость кур, выращенных из предварительно облученных яиц, возрастает на 7-15%, а облучение крыс по 0,8 рад (около 10 Гр) в день увеличивало продолжительность их жизни на 30-45%. Существуют и прямо противоположные воззрения относительно влияния малых доз на жизнедеятельность живого организма и, прежде всего, человека, что подробно рассматривается в настоящей брошюре.

* * *

Активность радионуклеида $\dot{A}$

$$\dot{A} = d\dot{N}/dt,$$

где $\dot{N}$ - число радионуклеидов, t - время.

Единица измерения - **кюри** (Ки) - $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}$ расп/сек

В системе СИ - **беккерель** (Бк) - $1 \text{ Бк} = 1$ расл/сек.
 $1 \text{ Бк} = 0,3 \cdot 10^{-10} \text{ Ки}$

Поток ионизирующего излучения Φ_u :

$$\Phi_u = d\dot{N}_n/dt,$$

где $\dot{N}_n$ - число ионизирующих частиц, t - время.

Поток энергии ионизирующего излучения Φ_e

$$\Phi_e = d\dot{E}/dt,$$

где $\dot{E}$ - суммарная энергия всех частиц, t - время.

Интенсивности излучения $\dot{I}$

$$\dot{I} = d\Phi_e/dS,$$

где Φ_e - поток энергии ионизирующего излучения

S - площадь поверхности элементарной сферы, через которую проникает поток энергии.

Доза экспозиции $D_{\text{эксп}}$

Единица измерения 1 **рентген** (Р).

$$1 \text{ Р} = 0,11 \text{ эрг/см}^2 = 0,88 \text{ рад}.$$

Доза поглощения D_n

$D_n = d\dot{e}/dm$, где e - средняя энергия излучения,

m - масса облученного вещества. Единица измерения - **рад** $1 \text{ рад} = 100$

эрг/г

$$1 \text{ рад} = 1,14 \text{ Р}; 1 \text{ Р} = 0,88 \text{ рад}.$$

В системе СИ единица измерения **грей**.

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад} = 1 \text{ Дж/кг}$$

Средняя **поглощенная доза** в определенном органе или ткани $\bar{D}_T$

$$D_T = \int_{mt}^{l/mt} D \times dm, \text{ где } m - \text{масса органа или ткани, } D - \text{поглощенная доза}.$$

Доза эквивалентная H_{TR} - поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий **взвешивающий коэффициент** для данного вида излучения $\dot{W}$:

$$H_{TR} = W_R \cdot D_{TR},$$

где D_{TR} - средняя **поглощенная доза** в органе или ткани,

W_R - взвешивающий коэффициент для излучения R .

При воздействии различных видов излучения с различными W_R :

$$H = \sum_R H_{TR}.$$

Доза эквивалентная $\dot{H}_\tau$:

$$H = \int_{m_0}^{t_0+t} H_\tau(t) dt, \text{ где } \tau - \text{время: } t - \text{время поступления ионизирующего излучения; } t_0 - \text{момент начала поступления ионизирующего излучения}.$$

Единица эквивалентной дозы - **бэр** (биологический эквивалент рентгена).

$$1 \text{ бэр} = 1 \text{ рад. ОБЭ}.$$

Доза эквивалентная E_t :

$$E_t = \sum_T W_T \cdot H_T,$$

где $H_T(t)$ - мощность эквивалентной дозы к моменту времени t в органе или ткани T .

Единица дозы эффективной - **зиверт** (Зв).

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. **НРБ-99.** Нормы радиационной безопасности СП 2.6.1. 758-99 (НРБ-99). Введены в действие на территории Российской Федерации на основании Федерального Закона «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 г. N 3-ФЗ письмом Министерства здравоохранения РФ от 16 марта 2000 г. N 2510/2629-32. с 1 января 2000 г.
2. **В.И.Иванов. 1978.** Курс радиометрии. Изд. третье, переработанное и дополненное. М., «Атомиздат».
3. **Ю.В.Сивинцев. 1991.** Насколько опасно облучение (Радиация и человек). 2-е издание, переработанное и дополненное. ИздАт, Москва, 1991.
4. **Ю.Н.Шаров, Н.В.Шубин. 1982.** Дозиметрия и радиационная безопасность. Москва, «Энергоиздат».
5. **В.А.Барабой.1991.** Ионизирующая радиация в нашей жизни. Москва, «Наука», 1991.
6. **А.М.Кузин. 1977.** Стимулирующее действие ионизирующего излучения на биологические процессы. М., «Атомиздат».
7. **А.М.Кузин. 1991.** Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли, Москва, Наука, 1991.

Приложение 2

*Др. Ричарду Р. Монсону,
Председателю
Комиссии по проблемам медицинских
рисков в результате действия
малых доз ионизирующего излучения
(BEIR VII) Национальная Академия наук США
2101 Конститушн Авеню,
СЗ Вашингтон, О.К., 20418*

Уважаемый д-р Монсон,

Мы пишем Вам в связи с работой Вашей Комиссии по оценке действия малых доз излучения «Отчет по биологическому действию ионизирующего излучения (BEIR) VII».

Мы рады, что Комиссия BEIR VII выразила намерение «рассмотреть большой объем опубликованных данных... относительно рисков для здоровья людей, возникающих в результате воздействия малых доз излучения» (Описание проекта BEIR VII). Мы надеемся, что в процессе определения биологических эффектов и факторов риска Комиссия изучит противоречивые данные и интерпретации. Мы с нетерпением ждем обсуждений и дискуссий Комиссии в ходе выполнения этой важной работы, за которыми мы будем внимательно следить и в которых мы надеемся принять участие.

Результаты работы предыдущих Комиссий BEIR оказали большое влияние на характер и уровень научных дебатов по этому вопросу, а также на процесс установления норм радиационного излучения. Поэтому мы считаем, что необходимо рассмотреть весь объем информации и вопросов, связанных с действием ионизирующего излучения на здоровье человека. В отчете BEIR V рассматривались только риски заболевания раком, некоторые аспекты генетических нарушений (хотя там не давалась оценка рисков «болезней сложного генетического происхождения, к которым, как считают, относится самая большая категория болезней, связанных с генетическими отклонениями», с. 4) и задержка умственного развития в результате внутриутробного облучения.

Важно, чтобы в работе BEIR VII был рассмотрен весь диапазон рисков, которые до сих пор не были оценены исчерпывающим образом. Сюда необходимо включить риски, о которых стало известно после опубликования отчета BEIR V (такие как совместные эффекты радиационного излучения и гормонально-активных веществ, также называемых эндокринными разрушителями), а также вопросы, которые могли бы быть, но так и не были

рассмотрены BEIR V. Мы составили список наиболее важных вопросов, которые, как мы считаем, вам следует рассмотреть. Сюда вошли следующие темы:

- **Воздействие радионуклидов, проходящих через плаценту.** Здесь необходимо рассмотреть воздействие на сам развивающийся плод (например, выкидыши, уродства и влияние на развитие, кроме задержки умственного развития), а также на соответствующие органы в критические периоды развития плода. В этом исследовании медицинских последствий воздействия на развивающийся плод особым образом должно быть рассмотрено влияние на развитие специфических органов, а также косвенные отрицательные последствия воздействия на такие органы, как щитовидная железа. Мы выражаем особую обеспокоенность по поводу следующих радионуклидов: йод-131, углерод-14 и тритий, способных накопиться внутри плода таким образом, что это может серьезно отразиться на его здоровье. Например, тритий, являясь одной из форм водорода, соединяется с кислородом с образованием воды. Вода, содержащая тритий, химически ведет себя так же, как и простая вода. Но при попадании внутрь часть ее встраивается в клетки организма, в том числе и в генетический материал. Такая радиоактивная вода также проникает через плаценту. Необходимо изучить, насколько внутриутробное облучение может отвечать за родовые дефекты, выкидыши и другие осложнения. При оценке рисков, вызванных малыми дозами излучения, Комиссии BEIR VII следует рассмотреть все эти радионуклиды, а также последствия их воздействия. Если в наших знаниях по этому вопросу есть пробелы, их необходимо четко определить и ясно объяснить их значение.

- **Воздействие радиации на женский эмбрион.** Учитывая тот факт, что яичники формируются один раз на протяжении всей жизни во время эмбрионального развития ребенка женского пола, Комиссия должна оценить влияние радиации на репродуктивную систему эмбриона женского пола и возможные результаты воздействия такой радиации на детей женского пола.

- **Воздействие биологически связанных радионуклидов.** Радионуклиды, такие как тритий и углерод-14, могут стать частью ДНК. При радиоактивном распаде они трансмутируют в другие элементы (тритий становится гелием-3, а углерод-14 становится азотом-14). Такие трансмутации могут оказать серьезное воздействие на ДНК. Необходимо оценить потенциальный эффект воздействия этих трансмутаций на здоровье людей.

- **Синергетические эффекты.** Воздействие радиации иногда происходит одновременно с воздействием других вредных веществ. Комиссии следует рассмотреть эффекты совместного воздействия радиоактивных и нерадиоактивных веществ на здоровье людей. Особое внимание необходимо уделить гормонально-активным веществам, оказывающим влияние на гормональную систему, а также возможности

того, что эти нарушения могут увеличить риск возникновения рака или других болезней, являющихся результатом радиоактивного облучения. И наоборот, радиоактивное облучение может вызвать нарушения эндокринной системы, увеличив таким образом уязвимость по отношению к присутствующим в окружающей среде безвредным веществам. При этом необходимо учитывать возможность того, что эти риски могут меняться в зависимости от давности облучения (и имело ли место облучение на внутриутробной стадии развития).

- **Качество и целостность данных.** В учетных записях по профессиональным дозам облучения на рабочих местах Министерства энергетики и его предшественника в США, Комиссии по атомной энергии, много упущений и ошибок - также как и в данных по загрязнению окружающей среды. Мы знаем это по США, поскольку большая часть исходных данных стала достоянием общественности через судебные разбирательства, запросы в соответствии с Законом о свободе информации и так далее. Польза от исследований, в которых принимаются официальные оценки доз облучения на рабочих местах и вне рабочих мест без анализа исходных данных, в высшей степени сомнительна, если не сказать сильнее. Поскольку исходные данные в других странах все еще остаются в большей степени секретной информацией, принятие их всерьез еще менее обосновано. Например, есть доказательства того, что медицинские данные в бывшем Советском Союзе ненадежны. Комиссии следует рассмотреть эти и связанные с ними принципиальные вопросы о целостности данных и выступить с заключением, пригодны ли эти данные вообще для оценки рисков при малых дозах радиации, и если да, как они должны использоваться. Комиссии следует также поставить вопрос о критериях качества данных, которыми она будет руководствоваться при рассмотрении информации, содержащейся в исследованиях. В этом контексте мы не считаем, что будет достаточным просто принять исследования с рецензией независимых экспертов как верные, если только в них не проанализирована правильность официальных доз и медицинских данных, на которых они основаны. Наконец, при интерпретации всех эпидемиологических исследований, включая и работы по людям, пережившим атомные бомбардировки, необходимо рассмотреть, к каким последствиям приводит неправильная классификация радиационного облучения и последствий для здоровья, а также факторы отбора медицинской информации.

- **Эффекты воздействия радиации на различные группы населения.** Часто для установления норм по радиационной защите используется понятие «стандартный человек» или «среднее». Учитывая потенциально большое разнообразие фактических эффектов воздействия радиации на различные группы населения, Комиссии следует оценить ошибки в оценках рисков, полученных в результате использования этого понятия. Например, следует четко объяснить зависимость чувствительности

к дозе облучения от возраста при различных воздействиях на организм, и не только для детей, но и для более старших возрастов. Другим примером являются возможные вариации чувствительности к малым дозам излучения людей с различными демографическими показателями.

Может оказаться, что во многих этих областях мы просто не обладаем знаниями, достаточными для научных выводов, заслуживающих доверия. В таких случаях Комиссии следует откровенно и четко заявить об этом и рекомендовать поставить вопрос о проведении соответствующих исследований. По возможности желательно, чтобы это сопровождалось авторитетным обсуждением механизмов возможных воздействий на здоровье человека. Для нас представляется чрезвычайно важным, чтобы все области, где нельзя надежно определить риск заболевания, были четко определены. Если тип риска может быть качественно установлен, тогда необходимо точно и определенно заявить о нем. Если риски не могут быть определены даже качественно, этот вывод также может быть весьма существенным.

Здесь мы не стали обсуждать вопросы, связанные с раком, поскольку мы полагаем, что Комиссия рассмотрит соответствующие материалы по канцерогенным эффектам в полном объеме. Было бы полезно, если бы Комиссия опубликовала и затем регулярно обновляла список публикаций, которые она рассматривает, с тем чтобы мы могли следить за анализом и расширять этот список в случае, если это представится необходимым или желательным.

Мы с удовольствием готовы внести свой научный вклад в работу Комиссии BEIR VII и надеемся, что Комиссия рассмотрит вопросы, которые мы здесь подняли, в полном объеме и со всей серьезностью, как если бы эти темы были предложены одним из членов Комиссии.

Мы признательны за предоставленную общественности возможность выступить со своими комментариями и просим, чтобы по необходимости эта возможность была расширена и стало возможным включить в рассмотрение все вопросы и данные, которые мы хотим предложить. Мы ждем Вашего ответа и готовы ответить на все ваши вопросы, а также предоставить дополнительно информацию, если Вам это потребуется. Пожалуйста, направляйте Ваши вопросы или ответы Лизе Ледуидж или Аржуну Макхиджани. Большое Вам спасибо.

Письмо подписано 133 лицами и организациями из 13 стран (от России – А.А. Ярошинской и А.В. Яблоковым) и передано в Национальную Академию наук США в июле 1999 года. Полный список подписей см. в журнале «Энергетика и безопасность», № 11, 1999 (www.ieer.org).

Приложение 3

Содержание предыдущих брошюр серии «АТОМНАЯ МИФОЛОГИЯ»

Миф о необходимости строительства АЭС (2000 г., 84 с., библиография 108 назв., 9 рис., 3 табл.)

Глава 1. Как возникла атомная энергетика

Глава 2. Мир против строительства новых АЭС.

2.1. Положение со строительством АЭС в некоторых странах.

2.2. Что думают в разных странах об атомной энергетике.

2.3. Что думают о строительстве АЭС в России.

Глава 3. Есть ли альтернативы атомной энергетике?

3.1. Хватит ли газа, нефти и угля?

3.2. Возобновимые источники энергии.

3.2.1. Ветроэнергетика.

3.2.2. Гидроэнергетика.

3.2.3. Солнечная энергетика.

3.2.4. Другие источники энергии.

3.3. Резервы энергосбережения.

Глава 4. Нужны ли России новые АЭС?

4.1. Ситуация по регионам России, где планируются АЭС.

4.2. Плавучие АЭС.

4.3 Подземные АЭС.

4.4 Ведомственные и корпоративные интересы превыше всего.

Глава 5. О перспективах развития атомной энергетики.

5.1. Помогут ли АЭС избежать изменения климата?

5.2. Хватит ли урана?

5.3. Три условия развития атомной энергетики.

Миф о безопасности атомных энергетических установок (2000 г., 88 с., библиография 114 назв., 8 табл., 2 рис.)

Глава 1. Атомная энергетика – самая опасная из когда-либо существовавших технологий.

Глава 2. Конструкция современных АЭС неприемлемо опасна.

2.1. Опасности, связанные с водоохлаждаемыми реакторными установками.

2.2. Опасности, связанные с реакторными установками на быстрых нейтронах (бридерами).

2.3. О безопасности других типов реакторных установок.

2.4. Аварийное расхолаживание – серьезная проблема безопасности АЭС.

- 2.5. Опасность выброса радионуклидов за пределы АЭС.
- 2.6. Почему западные АЭС несколько безопаснее российских?.
- 2.7. Худшие из худших.
- Глава 3. Транспортные реакторы также крайне опасны.
- Глава 4. Недостатки в ходе строительства – угроза безопасности АЭС.
- Глава 5. Стареющие АЭС становятся еще более опасными.
- Глава 6. Человеческий фактор – причина атомных катастроф.
- Глава 7. Аварийно-опасные хранилища ОЯТ.
- Глава 8. Реестр аварий и катастроф: где и когда следующая?
- Глава 9. Нет надежной защиты от терроризма и инцидентов.
- Глава 10. О риске атомных аварий без эмоций.
- Приложение. Состояние безопасности АЭС в России (В.М. Кузнецов).

**Миф об экологической чистоте атомной энергетики
(2001 г., 136 с., библ. 209 назв., 15 рис. 28 табл.)**

- Глава 1. Масштабы радиоактивных выбросов АЭС.1
- 1.1. Масштаб газо-аэрозольных выбросов.
- 1.2. Масштаб образования жидких отходов
- 1.3. Масштаб образования твердых отходов.
- Глава 2. Радиоактивное загрязнение вокруг АЭС.
- Глава 3. Ядерные энергетические источники на земле и в космосе.
- 3.1. Радиоизотопные термоэлектродвигатели на земле.
- 3.2. Ядерные энергетические установки в космосе.
- Глава 4. Так ли мало техногенное облучение?
- 4.1. Доля АЭС в дополнительном облучении.
- 4.2. Опасные доли процента.
- 4.2.1. Устранение радиочувствительных особей.
- 4.2.2. Влияние малых доз.
- 4.2.3. О влиянии синергизма.
- 4.2.3. Об опасностях, связанных с короткоживущими радионуклидами.
- 4.2.4. Об «инертных» радиоактивных газах.
- 4.2.5. О «глобальных» радионуклидах.
- 4.2.6. О «вечных» радионуклидах.
- Глава 5. Влияние работающих АЭС на живые организмы.
- 5.1. Опасность биоаккумуляции радионуклидов.
- 5.2. Влияние на растительность.
- 5.3. Влияние на животный мир.
- 5.4. Влияние на микроорганизмы.
- 5.5. Тепловое загрязнение от АЭС.
- 5.6. Гибель гидробионтов на водозаборах АЭС.
- Глава 6. Влияние АЭС на здоровье населения.
- 6.1. Данные по США.
- 6.2. Данные по Германии.

- 6.3. Данные по Великобритании и другим странам.
- 6.4. А что в СНГ?
- 6.5. Риск для человека искусственной радиации.
- 6.5.1. Официальные риски ядерных технологий.
- 6.5.2. Реальные риски ядерных технологий.
- 6.5.3. Возможный масштаб жертв атомной индустрии.
- Глава 7. Сравнение «экологической чистоты» тепловой и атомной энергетики.
- 7.1. О радиационном эффекте угольной энергетики.
- 7.2. Сравнение величины выбросов угольной и атомной энергетики.
- 7.3. АЭС - средство борьбы с изменением климата?

**Миф о незначительности последствий Чернобыльской катастрофы
(2001 г., 112 стр. Библ. 237. Рис. 15. 13 табл.)**

- Глава 1. Масштабы радиоактивного выброса.
- Глава 2. Загрязнение территорий.
- 2.2. Радиоактивное загрязнение.
- 2.1. Свинцовое загрязнение.
- Глава 3. Влияние Чернобыльской катастрофы на здоровье населения.
- 3.1. Увеличение числа спонтанных аборт и мертворождений.
- 3.2. Увеличение смертности.
- 3.3. Увеличения числа ослабленных и больных новорожденных.
- 3.4. Рост числа генетических нарушений.
- 3.5. Рост числа детей с врожденными пороками развития.
- 3.6. Увеличение числа заболеваний раком.
- 3.6.1. Рак щитовидной железы.
- 3.6.2. Рак крови.
- 3.6.3. Другие раки.
- 3.7. Нарушение умственного развития.
- 3.8. Психиатрические последствия Чернобыля.
- 3.9. Нарушение иммунитета.
- 3.10. Активизация микробиологических заболеваний.
- 3.11. Изменение гормонального (эндокринного) статуса.
- 3.12. Заболевания органов кровообращения и лимфатической системы.
- 3.13. Другие заболевания на чернобыльских территориях.
- Глава 4. Влияние Чернобыльской катастрофы на природу.
- 4.1. Влияние на атмосферу.
- 4.2. Влияние на живую природу.
- 4.2.1. Изменения в экосистемах.
- 4.2.2. Изменения в строении организмов.
- 4.2.3. Увеличение частоты мутаций.

4.2.4. Другие последствия.

Глава 5. Цена Чернобыльской катастрофы.

5.1. Стоимость Чернобыля в человеческих жертвах.

5.2. Стоимость Чернобыльской катастрофы в деньгах.

Глава 6. Причины и следствия Чернобыльской мифологии.

Заключение. Уроки Чернобыля.

Литература.

Приложение 1. Перечень заболеваний, возникновение или обострение которых может быть поставлено в связь с выполнением работ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Приложение 2. Содержание других брошюр серии «Атомная мифология»

А.В. Яблоков – член-корреспондент Российской академии наук, почетный иностранный член Американской академии искусств и наук, заместитель председателя Комитета по экологии Верховного Совета СССР (1989 – 1991), советник по экологии Президента России (1991 - 1993), председатель правительственной комиссии по сбросу радиоактивных отходов в моря (1992 - 1993), организатор и председатель Межведомственной комиссии по экологической безопасности Совета Безопасности Российской Федерации (1993 – 1997), основатель (1993) и президент Центра экологической политики России, вице-президент (2001) Всемирного союза охраны природы. Автор сотен научных работ, в том числе более двадцати монографий, сводок и учебных пособий по популяционной и эволюционной биологии, экологии, охране природы, десятков публикаций по проблемам радиозащиты, ядерной и радиационной безопасности.

Яблоков Алексей Владимирович

Серия «Атомная мифология»

Миф о безопасности малых доз радиации

Научный редактор серии

И.А. Реформатский

Дизайн обложки

М. Трубецкой

Редактор

Т.Ю. Буйнова

Компьютерная графика

В.Н. Исаев

Верстка

И.А. Кудина

Издательский центр ООО «Проект-Ф»

109044, Москва, ул. Динамовская, д. 1А, тел.: 276-34-80

Подписано в печать 2002 г. Формат 60Х90/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Усл. печ. л. 9,8.